

“L'air est **essentiel à chacun**
et mérite **l'attention de tous.**”

Étude

Mesure de la qualité de l'air intérieur dans les locaux de l'Ecole des Métiers de l'Environnement, à Bruz (35)

Première campagne, du 27 mai au 7 juin 2013

V1 121213



ORGANISME
DE MESURE, D'ÉTUDE
ET D'INFORMATION SUR
LA QUALITÉ DE L'AIR
EN BRETAGNE



Air Breizh
3 rue du Bosphore - Tour ALMA 8^{ème} étage - 35200 Rennes
Tél : 02 23 20 90 90 – Fax : 02 23 20 90 95

www.airbreizh.asso.fr

Etude réalisée par Air Breizh
A la demande de l'Ecole des Métiers de l'Environnement

Diffusion

Air Breizh, en tant qu'organisme agréé pour la surveillance de la qualité de l'air, a pour obligation de communiquer ses résultats. Toutes ses publications sont accessibles sur www.airbreizh.asso.fr, dans la rubrique téléchargement.

Avertissement

Les informations contenues dans ce rapport traduisent la mesure d'un ensemble d'éléments à un instant donné, caractérisé par des conditions climatiques propres.

Air Breizh ne saurait être tenu pour responsable des événements pouvant résulter de l'interprétation et/ou de l'utilisation des informations faites par un tiers.

Ce rapport d'étude est la propriété d'Air Breizh. Il ne peut être reproduit, en tout ou partie, sans son autorisation écrite. Toute utilisation de ce rapport et/ou de ces données doit faire référence à Air Breizh.

Contribution

Service Etudes	Service Technique	Validation
Cyprien LECLAIR Karine LE MEHAUTE Bénédicte GUIRIEC	Joël GRALL Jean-Luc PIET	Magali CORRON

Sommaire

SOMMAIRE	3
GLOSSAIRE	4
I. INTRODUCTION	5
II. PRESENTATION D'AIR BREIZH	6
III. DEROULEMENT DE L'ETUDE	6
IV. POLLUANTS ETUDIES	7
IV.1. Les composés organiques volatils (COV) : Le formaldéhyde et le benzène	7
IV.2. Les particules PM2.5	9
IV.3. Le dioxyde de carbone (CO ₂)	9
IV.4. Le monoxyde de carbone (CO)	10
V. MATERIEL ET METHODE	11
V.1. Métrologie	11
V.2. Localisation des prélèvements	12
V.3. Déroulement de la campagne	13
VI. RESULTATS	15
VI.1. Le formaldéhyde et le benzène	15
VI.2. Les particules PM2.5	17
VI.3. Le monoxyde et le dioxyde de carbone	17
VI.4. Les paramètres de confort	19
VII. CONCLUSION	20
BIBLIOGRAPHIE	21

Glossaire

AASQA	Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air Intérieur
AFSSET	Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail. Ancienne AFSSE, devenue Afsset en 2005 avec élargissement des missions de l'Agence au champ de la santé au travail : Etablissement public administratif de l'État placé sous la tutelle des Ministres chargés de la santé, de l'écologie et du travail, ayant fusionné en 2010 avec l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa) pour former l'ANSES.
ANSES	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
BTEX	Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes
CIRC	Centre International de Recherche sur le Cancer
CO	Monoxyde de carbone
CO ₂	Dioxyde de carbone
COV	Composé Organique Volatil
CSTB	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
EME	École des Métiers de l'Environnement
ERP	Etablissement Recevant du Public
HCSP	Haut Conseil de la Santé Publique
Humidité relative	Rapport de la pression partielle de vapeur d'eau contenue dans l'air sur la pression de vapeur saturante (ou tension de vapeur) à la même température
HR (%)	Humidité Relative en pourcentage
kPa	Kilopascal
LCSQA	Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air
mg/m ³	milligramme par mètre cube
N (vol/h)	Taux de renouvellement d'air en volume par heure
NO ₂	Dioxyde d'azote
O ₃	Ozone
OMS	Organisation Mondiale pour la Santé
OQAI	Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur
PM10	Particule de diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 10 micromètres
PM2.5	Particule de diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 2,5 micromètres
ppm	Partie par million (unité de mesure des concentrations de polluants)
QAI	Qualité de l'Air Intérieur
RSD	Règlement Sanitaire Départemental
SO ₂	Dioxyde de soufre
T(°C)	Température en degré Celsius
VGAI	Valeur guide de l'air intérieur, définie comme des concentrations dans l'air d'une substance chimique en dessous desquelles aucun effet sanitaire ou aucune nuisance ayant un retentissement sur la santé n'est attendu pour la population générale en l'état des connaissances actuelles (Définition ANSES).
µg/m ³	microgramme par mètre cube

I. Introduction

L'Ecole des Métiers de l'Environnement (EME), située sur le campus de Ker Lann, à Bruz, fait l'objet d'une rénovation et d'une extension de ses locaux, à la fin de l'année 2013. Les objectifs de ces travaux sont, entre autres, d'adapter le bâtiment principal aux nouvelles normes environnementales, et de réduire les charges du bâtiment (consommation énergétique, maintenance, ...).

La qualité de l'air intérieur est une thématique environnementale importante, dans la mesure où nous passons 80 à 90 % de notre temps dans des lieux clos (habitation, lieu de travail, moyen de transport, école...), dans lesquels nous respirons un air différent de l'air extérieur.

Dans le cadre de ce projet, Air Breizh participe à la caractérisation de la qualité de l'air intérieur du bâtiment, via la surveillance de cinq salles de l'école.

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer le gain potentiel, en termes de qualité de l'air intérieur, des travaux de rénovation du bâtiment. Les concentrations relevées lors de cette étude seront également comparées aux valeurs de référence.

Pour ce faire, quatre campagnes de mesure sont programmées : une première campagne avant le début des travaux, pour la constitution d'un état initial, et trois autres campagnes à mener après travaux.

Selon l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI), le formaldéhyde et le benzène font partie des premières substances d'intérêt, en termes de hiérarchisation sanitaire, en raison de leur toxicité (reconnus cancérigènes certains). Ces composés intègrent le groupe des composés « **hautement prioritaires** ».

Ces deux polluants feront l'objet de mesure, ainsi que les particules fines de diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 2,5 μm (PM2.5), le confinement (à partir des concentrations en dioxyde de carbone), et les deux paramètres de confort principaux, la température et l'humidité relative.

Ce rapport présente les résultats de la campagne de mesure menée du 27 mai au 7 juin 2013, avant travaux. Les prélèvements sont réalisés du lundi au vendredi, du 27 au 31 mai, et du 3 au 7 juin.

Cette étude n'est pas une étude sanitaire. Les résultats seront comparés aux seuils réglementaires, lorsqu'ils existent, ainsi qu'aux valeurs guides de l'OMS.

II. Présentation d'Air Breizh

La surveillance de la qualité de l'air est assurée en France par des organismes régionaux (AASQA). En Bretagne, cette surveillance est assurée par Air Breizh depuis 1986.

Les missions d'Air Breizh sont :

- Surveiller les polluants urbains nocifs (SO₂, NO₂, CO, O₃, Métaux lourds, HAP, Benzène, PM10 et PM2.5) dans l'air ambiant,
- Informer la population, les services de l'Etat, les élus, les industriels..., notamment en cas de pic de pollution. Diffuser quotidiennement l'indice ATMO, sensibiliser et éditer des supports d'information : plaquettes, site web....,
- Etudier l'évolution de la qualité de l'air au fil des ans, et vérifier la conformité des résultats par rapport à la réglementation. Apporter son expertise sur des problèmes de pollutions spécifiques et réaliser des campagnes de mesure à l'aide de moyens mobiles (laboratoire mobile, tubes à diffusion, préleveurs, jauges OWEN...) dans l'air ambiant et l'air intérieur.

Ainsi, depuis plusieurs années, la structure mène régulièrement des études de la qualité de l'air intérieur, dans des bâtiments de types variés (écoles, crèches, bureaux, logements...).

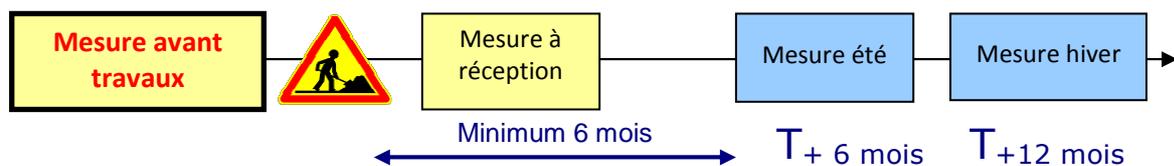
III. Déroulement de l'étude

Cette étude s'inscrit dans un projet d'évaluation du bénéfice potentiel pour la qualité de l'air intérieur, de la rénovation-extension de l'école. Pour ce faire, quatre campagnes de mesure sont programmées.

L'objet de la première campagne est de fournir un état initial de la qualité de l'air intérieur du bâtiment, avant travaux.

La seconde campagne, prévue à la réception du bâtiment, vise à étudier l'impact direct des travaux sur la qualité de l'air intérieur.

Les deux dernières campagnes seront, quant à elles, programmées au minimum six mois après la fin des travaux, sur deux saisons distinctes (en été et en hiver), la pollution de l'air intérieur et extérieur évoluant selon la période de l'année. Ces mesures seront représentatives d'un fonctionnement normal du bâtiment.



IV. Polluants étudiés

IV.1. Les composés organiques volatils (COV) : Le formaldéhyde et le benzène

Les composés organiques volatils (COV) sont des composés contenant au moins un élément carbone et un ou plusieurs autres éléments (hydrogène, halogène, oxygène, soufre, phosphore, silicium ou azote). Les COV regroupent tous les composés organiques dont le point d'ébullition, mesuré à la pression standard de 101,3 kPa, est inférieur ou égal à 250°C (Définition du décret 2006-623 du 29 mai 2006 [1]). Le benzène et le formaldéhyde font partie de cette famille de composés.

- **Le formaldéhyde** est une substance chimique très largement utilisée dans les produits de tous les jours, les équipements des logements, les éléments de décoration et d'ameublement, et la fabrication de certains matériaux de construction. Ce polluant peut se retrouver en forte concentration dans l'air intérieur, en raison des multiples sources d'émissions (colle, moquette, lino, peinture, meuble...). C'est une substance très volatile dont la principale voie d'exposition est l'inhalation. Le formaldéhyde est classé cancérigène certain pour l'homme par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC).
- **Le benzène** est présent dans les carburants automobiles ainsi que dans de nombreux produits dérivés du pétrole. En air ambiant (milieu extérieur), ce polluant est principalement émis par les gaz d'échappement automobile et le secteur résidentiel et tertiaire (combustion du bois). En air intérieur, le benzène peut être émis par différentes sources (tabagisme, combustion du bois, désodorisants, bougies...), mais peut également provenir de l'extérieur (transfert de pollution). La principale voie d'exposition au benzène est l'inhalation. Une exposition aiguë, intermédiaire ou chronique au benzène est susceptible d'entraîner des effets néfastes sur la santé. Connu pour ses effets mutagènes et cancérigènes, c'est une substance d'intérêt majeur sur le plan sanitaire, faisant l'objet d'une réglementation dans l'air extérieur. [2]

Effets sur la santé et sources d'émissions du formaldéhyde et du benzène

Polluants	Effets sur la santé	Sources
Formaldéhyde	Irritations de la peau, des yeux et des voies respiratoires. Classé cancérogène certain (CIRC)	Panneaux de particules, panneaux de fibres, contreplaqués, certains matériaux d'isolation, livres et magazines neufs, peintures à phase solvant, cosmétiques, parfums, cigarettes, photocopieurs.
Benzène	Effets cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques Classé cancérogène certain (CIRC)	Gaz d'échappement, processus de combustion (dont le tabagisme), activités industrielles, matériaux de construction

● Valeurs guides pour l'air intérieur

Valeurs de référence du formaldéhyde et du benzène

Polluants	VGAI chronique et aiguë de l'ANSES *	Valeurs réglementaires	
		VGAI **	Valeurs repère de gestion ***
Formaldéhyde	50 µg/m ³ sur 2 heures 10 µg/m ³ en exposition chronique	30 µg/m ³ pour une exposition longue durée (à partir du 1 ^{er} janvier 2015) 10 µg/m ³ pour une exposition longue durée (à partir du 1 ^{er} janvier 2023)	100 µg/m ³
Benzène	30 µg/m ³ pour une exposition de 1 à 14 jours 2 µg/m ³ pour une exposition vie entière correspondant à un excès de risque de 10 ⁻⁵	5 µg/m ³ pour une exposition longue durée (à partir du 1 ^{er} janvier 2013) 2 µg/m ³ pour une exposition longue durée (à partir du 1 ^{er} janvier 2018)	10 µg/m ³

(*) Valeurs Guides pour l'Air Intérieur (VGAI) en exposition chronique et aiguë, définies par l'ANSES (anciennement AFSSET) en 2007.

(**) Valeurs Guides pour l'Air Intérieur (VGAI) publiées dans le « Décrets n°2011-1727 relatif à la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public ». Ces VGAI sont à atteindre dans la mesure du possible afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs.

(***) Valeurs de référence, publiées dans le « Décret n°2012-14 relatif à la surveillance de la qualité de l'air intérieur de certains établissements recevant du public », pour lesquelles des investigations complémentaires doivent être menées, en cas de dépassement.

Le Haut Conseil de Santé Publique (HCSP) préconise des actions à mettre en œuvre à partir de différentes valeurs repères d'aide à la gestion.

- **Valeurs repères d'aide à la gestion du HCSP**

Le Formaldéhyde [3]

Le Haut Conseil de Santé Publique (HCSP) propose en 2009 de fixer quatre valeurs pour le formaldéhyde pour les expositions chroniques sur le long terme :

- **Une valeur cible** à atteindre à terme : **10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

- **Une valeur repère d'objectif de qualité**, en dessous de laquelle, aucune action n'est à engager : **30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2009**, décroissant vers la valeur cible au fil des ans, avec les bornes suivantes : **20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2014** et **10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2019**.

- **Une valeur d'information et de recommandation**, au-delà de laquelle il est nécessaire d'identifier les sources et de réduire celles dont l'impact est le plus important, et en deçà de laquelle des mesures de meilleure ventilation des locaux sont à mettre en œuvre afin d'atteindre le niveau de la valeur repère d'objectif de qualité : **50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2009**, décroissant linéairement sur 10 ans, avec une échéance de **30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2014**, et **10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2019**.

- **Une valeur d'action rapide**, au-delà de laquelle des travaux sont nécessaires à court terme : **100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . (Cette valeur sera reconsidérée en 2014 en fonction de l'évolution des connaissances).

Dans le cas des bâtiments neufs livrés à partir de 2012, et de ceux faisant l'objet d'opérations de rénovation de grande ampleur, plus particulièrement les établissements recevant du public, les teneurs moyennes en formaldéhyde devront être inférieures à **10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** , avant livraison aux occupants.

Le benzène [4]

Le HCSP propose en 2010 de fixer trois valeurs pour le benzène, pour les expositions chroniques sur le long terme :

- **Une valeur cible** à atteindre en 2014 dans tous les espaces clos habités ou accueillant du public : **2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

- **Une valeur repère de qualité d'air**, en dessous de laquelle aucune action corrective n'est préconisée : **5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2009**, décroissant à partir de 2012 de **1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ par an**, jusqu'à la valeur cible de **2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2015**.

Si les teneurs extérieures sont supérieures à **2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** , la valeur repère de qualité d'air intérieur reste fixée à **5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** , décroissant de **1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ par an** jusqu'à atteindre la valeur extérieure. Au-delà de cette valeur repère, il est nécessaire d'identifier les sources intérieures en cause afin d'engager les actions appropriées de réduction des émissions, ou à défaut, d'instaurer des procédures de ventilation des locaux. Une évaluation de la contribution extérieure est aussi à réaliser. Dans le cas exceptionnel où la teneur extérieure est supérieure à **5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** , la valeur repère dans les espaces clos ne peut être en général respectée ; les teneurs intérieures en benzène seront abaissées dans la mesure du possible, en agissant sur les sources intérieures additionnelles et la ventilation.

- **Une valeur d'action rapide**, au-delà de laquelle les sources en cause doivent être identifiées et neutralisées, dans le but de ramener les teneurs intérieures en dessous de la valeur repère : **10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Un délai de mise en conformité de quelques semaines à quelques mois est accordé du fait qu'il s'agit de protéger, non d'un effet aigu, mais d'un effet à long terme.

Dans le cas des bâtiments neufs livrés à partir de 2012 et de ceux faisant l'objet d'opérations de rénovation de grande ampleur, les teneurs en benzène doivent être inférieures à **2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** avant livraison aux occupants.

IV.2. Les particules PM2.5

Les particules en suspension constituent un mélange très hétérogène. Elles peuvent être grosses ou fines, organiques ou minérales, vivantes (pollen) ou non, solides et/ou liquides... Les particules fines, dont le diamètre aérodynamique est inférieur ou égal à 2,5 µm (PM2.5), sont les plus dangereuses. Du fait de leur petite taille, ces particules ont la capacité de pénétrer en profondeur dans l'appareil respiratoire au niveau des alvéoles pulmonaires, et d'atteindre le système sanguin. Elles peuvent être à l'origine de troubles cardiovasculaires et respiratoires, de déclenchements de crises d'asthme. Elles peuvent également avoir des propriétés mutagènes et cancérigènes.

Les sources émettrices de PM2.5 en air ambiant peuvent être naturelles (feux de forêt, volcans, érosion...) ou anthropiques (agriculture, secteurs résidentiel et tertiaire, trafic routier, industrie...).

En air intérieur, les processus de combustion tels que la cuisson des aliments, les appareils de chauffage ou le tabagisme, sont des sources de particules, ainsi que l'utilisation d'un aspirateur, les bombes aérosols, auxquelles s'ajoute le transfert de la pollution extérieure.

L'ANSES ne propose pas de VGAI pour les particules en suspension en air intérieur mais recommande la mise en œuvre des valeurs guides de l'OMS pour l'amélioration de l'air intérieur :

- Exposition aiguë : **25 µg/m³** sur 24 heures,
- Exposition chronique : **10 µg/m³** sur le long terme.

En juillet 2013, le HCSP préconise des valeurs repères d'aide à la gestion pour les PM2.5 dans l'air intérieur, afin de prévenir les effets liés à une exposition chronique :

- **Une valeur cible de 10 µg/m³, applicable en 2025**, avec des valeurs repères dégressives d'ici-là, et un délai d'engagement des actions correctives fixé à un an, lors d'un constat de dépassement.

Valeurs repères de la qualité de l'air intérieur (HCSP)

	Années (au 1 ^{er} janvier)	PM2.5
Valeurs cibles en µg/m ³	2025	10
Valeurs repères en µg/m ³	2023	12
	2021	14
	2019	16
	2017	18
	2015	20

- **Une valeur d'action rapide de 50 µg/m³** (avec confirmation par une deuxième mesure en cas de dépassement), et un délai d'engagement du diagnostic et de définition des actions correctives portant sur les sources intérieures ne devant pas excéder trois mois [5].

Remarque : Des valeurs repères d'aide à la gestion sont également recommandées par le CHSP pour les PM10 dans l'air des espaces clos, depuis juillet 2013.

IV.3. Le dioxyde de carbone (CO₂)

Dans les bâtiments, les émissions de dioxyde de carbone sont dues à la respiration des occupants. Lors de l'inspiration, le dioxygène (O₂) passe au travers du système respiratoire et se fixe sur les hématies (globules rouges). Le sang oxygéné est transporté par les artères et acheminé vers les différents organes où se produit la respiration cellulaire. Le dioxygène est alors utilisé pour une réaction d'oxydoréduction visant à fournir de l'énergie à la cellule. Cette réaction produit du dioxyde de carbone (CO₂) qui, dissout dans le plasma, est acheminé vers les poumons via les veines, puis expulsé à l'expiration.

Contrairement aux COV, le dioxyde de carbone ne présente pas de toxicité pour l'homme aux concentrations observées dans l'air intérieur et extérieur. Cependant, lorsque le niveau de CO₂ est élevé, le processus de respiration cellulaire peut être perturbé. La molécule rentre en compétition avec le dioxygène en se fixant, elle aussi, sur les globules rouges. L'organisme est alors susceptible de manquer d'oxygène et un état de fatigue ainsi qu'une diminution de l'attention peuvent être ressentis, notamment chez les enfants. En effet, une étude européenne a démontré que la concentration des élèves diminuait lorsque les niveaux de CO₂ augmentaient [6].

La teneur en CO₂ est représentative du niveau de confinement des bâtiments. Plus l'air est confiné, plus le niveau de CO₂ est élevé, moins bonne devrait être la qualité de l'air dans la pièce. Le règlement

sanitaire départemental type (RSD) impose de ne pas dépasser la concentration de **1 300 ppm** dans les locaux où il est interdit de fumer.

La concentration en CO₂ peut être présentée sous forme d'un indice de confinement (ICONE), calculé à partir des valeurs de CO₂ enregistrées pendant l'occupation de la pièce concernée. Cet indice est exprimé sur une échelle de 0 (aucun confinement) à 5 (confinement extrême). L'OQAI a émis certaines recommandations pour les niveaux de confinement les plus élevés [7] :

Indice de confinement

ICONE	Nature du confinement	Informations
0	Confinement nul	Néant
1	Confinement faible	
2	Confinement moyen	
3	Confinement élevé	
4	Confinement très élevé	<p>Message de sensibilisation destiné au maître d'ouvrage :</p> <p>Veiller à ce que l'utilisation des pièces soit conforme au taux d'occupation prévu.</p> <p>Lorsque ces salles sont équipées d'un dispositif spécifique de ventilation, il est souhaitable de faire intervenir un spécialiste pour procéder à une inspection de l'installation.</p> <p>En l'absence de dispositif spécifique de ventilation, il est souhaitable d'améliorer les conditions d'aération de ces salles en procédant à des ouvertures plus fréquentes des fenêtres durant la période d'occupation.</p>
5	Confinement extrême	<p>Message de sensibilisation destiné au maître d'ouvrage :</p> <p>Veiller à ce que l'utilisation des pièces soit conforme au taux d'occupation prévu.</p> <p>Lorsque ces salles sont équipées d'un dispositif spécifique de ventilation, il est souhaitable de faire intervenir un spécialiste pour procéder à une inspection de l'installation.</p> <p>En l'absence de dispositif spécifique de ventilation, il est souhaitable d'améliorer les conditions d'aération de ces salles en procédant à des ouvertures plus fréquentes des fenêtres durant la période d'occupation.</p> <p>Actions à mener par le maître d'ouvrage ou l'exploitant de l'établissement :</p> <p>Nécessité de mener toute expertise nécessaire pour identifier les causes du confinement extrême dans l'établissement.</p>

IV.4. Le monoxyde de carbone (CO)

Le monoxyde de carbone est un gaz incolore et inodore, émis lors d'une combustion incomplète, et ce, quel que soit le combustible utilisé : bois, gaz naturel, charbon, essence, butane, fuel, pétrole...

Absorbé rapidement par l'organisme, il se fixe sur les globules rouges avec plus d'affinité que l'oxygène. Les organes les plus sensibles à cette diminution de l'oxygénation sont le cerveau et le cœur. L'inhalation de CO entraîne des maux de tête et des vertiges. Nausées et vomissements apparaissent à forte concentration.

En cas d'exposition à des niveaux élevés en milieu confiné, ce polluant peut avoir un effet asphyxiant mortel. Le monoxyde de carbone est responsable, en moyenne chaque année, d'une centaine de décès en France [7].

La valeur limite pour la protection de la santé est de **10 mg/m³** sur 8 heures en air extérieur, d'après le **Décret n° 2003-1085 du 12 novembre 2003 (modifiant le décret n° 98-360 du 6 mai 1998) et l'Arrêté Ministériel du 17 août 1998**. L'OMS et de l'ANSES recommandent comme valeurs guides, les concentrations suivantes en air intérieur : **100 mg/m³ sur 15 minutes, 60 mg/m³ sur 30 minutes, 30 mg/m³ sur 1 heure et 10 mg/m³ sur 8 heures**.

V. Matériel et méthode

V.1. Métrologie

V.1.1. Mesure du formaldéhyde et du benzène

Le formaldéhyde et le benzène sont mesurés par **tubes à diffusion passive**.

La méthodologie proposée s'appuie sur les préconisations de la norme NF ISO 16000-2 relative à la stratégie d'échantillonnage pour l'analyse du formaldéhyde dans l'air intérieur.

L'échantillonnage passif, technique de mesure courante dans la surveillance de la qualité de l'air, et largement éprouvée par les AASQA, a été validée par l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES), et l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI).

Cette technique est basée sur le transfert de matière d'une zone à une autre (diffusion moléculaire, sans mouvement actif de l'air), sous l'effet d'un gradient de concentration.

Les polluants gazeux sont piégés par un capteur contenant un adsorbant, comme le charbon actif, ou un adsorbant spécifique (support solide imprégné de réactif chimique), et accumulés. Les échantillonneurs sont analysés ultérieurement en laboratoire. La concentration atmosphérique moyenne sur la période d'échantillonnage, est calculée à partir de la masse piégée, à un débit d'échantillonnage et une durée d'exposition connus.

Cette méthode de mesure, qui ne nécessite pas d'alimentation électrique et demande peu d'entretien, permet de déterminer la concentration de nombreux composés.

L'échantillonnage par tube à diffusion ne fournit pas de données en temps réel, mais fait état d'une situation moyenne sur la durée d'exposition des tubes.

Les analyses sont réalisées par un laboratoire extérieur, accrédité COFRAC pour la mesure du benzène et du formaldéhyde en air intérieur.

V.1.2. Mesure des particules PM2.5

La mesure des PM2.5 est réalisée par **prélèvement actif**.

L'air est aspiré à débit constant, à l'aide d'une pompe. Le préleveur est équipé d'une tête de prélèvement spécifique permettant de sélectionner la fraction PM2.5 des particules, qui est ensuite collectée sur filtre.

L'analyse est faite ultérieurement par un laboratoire extérieur. A l'instar de l'échantillonnage passif, l'échantillonnage actif permet d'obtenir une concentration moyenne sur la période d'échantillonnage.

V.1.3. Mesure du monoxyde de carbone (CO), du dioxyde de carbone (CO₂) et des paramètres de confort

L'utilisation d'un analyseur **Q-Trak** permet le suivi en continu de quatre paramètres : la température, l'humidité, le CO et le CO₂ (mesure toutes les dix minutes).

L'estimation du renouvellement d'air est basée sur le suivi des concentrations en CO₂ d'origine métabolique, c'est-à-dire dû à la présence des habitants.

Tube à diffusion passive



Préleveur PM2.5

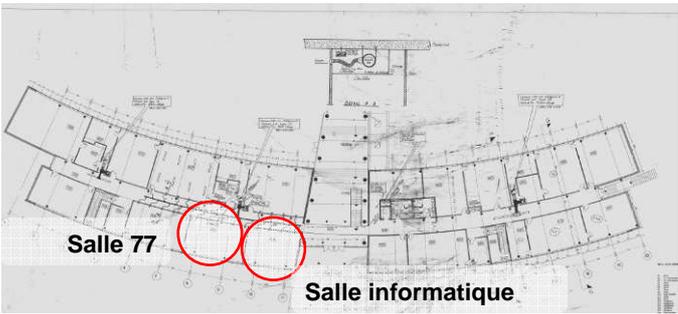
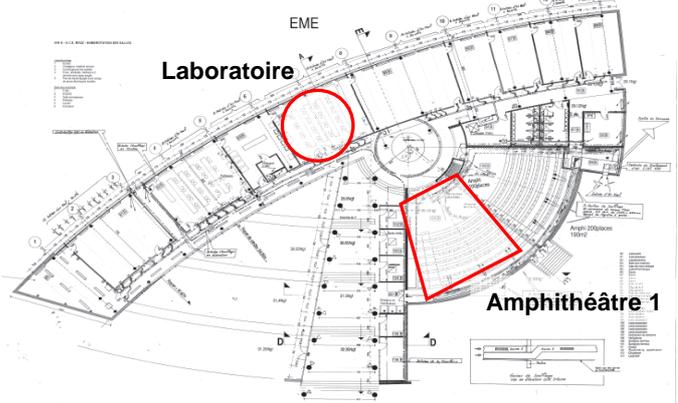
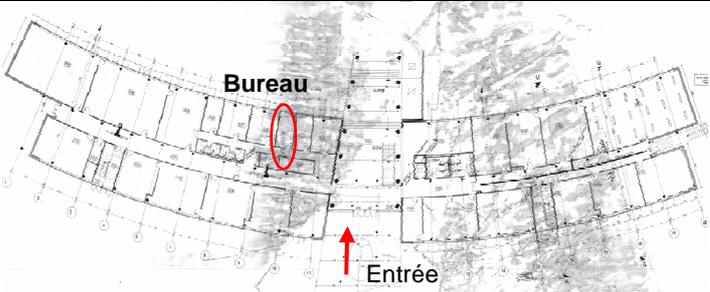


V.2. Localisation des prélèvements

V.2.1. Choix des salles investiguées

En concertation avec l'EME, cinq salles de tailles et d'usages différents ont été sélectionnées pour réaliser les mesures :



	Orientation	Localisation des salles investiguées
Salle informatique n°78	Nord-Ouest	
Salle de cours n°77	Nord-Ouest	
Laboratoire	Est	
Amphithéâtre 1*	Sud	
Bureau administratif	Est	

(*) La cloison amovible entre les amphithéâtres 1 et 2 n'est pas systématiquement installée. Le volume de la pièce investiguée peut donc être doublé à certains moments durant la campagne de mesure.

V.2.2. Choix de l'emplacement des préleveurs dans les salles

La localisation des prélèvements respecte les préconisations des protocoles de surveillance du formaldéhyde, du benzène et du monoxyde de carbone, dans l'air des lieux clos ouverts au public (Décembre 2008), élaborés par le LCSQA, en partenariat avec le CSTB.

Le point de prélèvement est représentatif de l'exposition moyenne. Il est éloigné des courants d'air, des zones proches des portes et des fenêtres, des sources de chaleur et des sources d'émissions, et placé à plus de 50 cm des parois de la pièce.

V.3. Déroulement de la campagne

L'ensemble des prélèvements est réalisé sur une durée de 4,5 jours, du lundi au vendredi, période d'occupation des locaux.

La première série de mesures s'est déroulée du **27 au 31 mai 2013** dans la salle de classe, le laboratoire et la salle informatique, la seconde, du **3 au 7 juin 2013**, dans l'amphithéâtre et le bureau administratif.

Chaque pièce est équipée de tubes à diffusion passive pour la mesure du benzène et du formaldéhyde, d'un préleveur PM2.5 (excepté la salle informatique en raison d'un nombre limité de préleveurs), et d'un analyseur Q-Trak permettant le suivi en continu du CO, CO₂, température et humidité relative.

En parallèle, des prélèvements de benzène sont réalisés en extérieur, à proximité de l'entrée du bâtiment, le benzène étant un polluant également émis en air ambiant, émis notamment par le secteur du transport.

Site de prélèvement extérieur



VI. Résultats

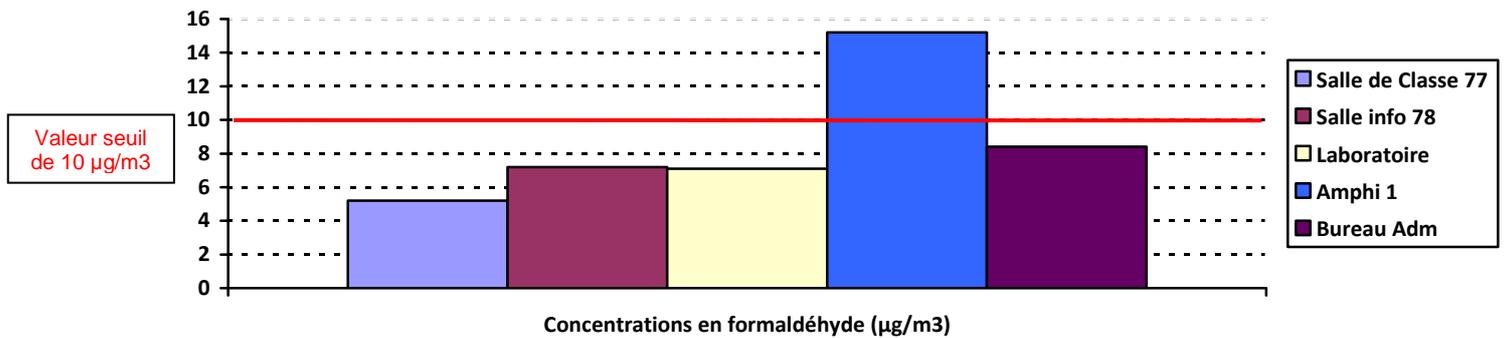
VI.1. Le formaldéhyde et le benzène

VI.1.1. Le formaldéhyde

Les concentrations en formaldéhyde mesurées durant la première campagne sont comprises entre 5,2 et 15,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Concentration en formaldéhyde

Pièces investiguées	Concentrations en formaldéhyde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valeurs de référence
Salle de Classe 77	5,2	VGAJ (ANSES) 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 2 heures 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en exposition chronique Valeur repère du HCSP 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2014
Salle informatique 78	7,2	
Laboratoire	7,1	
Amphithéâtre 1	15,2	
Bureau Administratif	8,4	



Ces concentrations respectent toutes la valeur repère de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ du HCSP applicable en 2014, en dessous de laquelle, aucune action corrective spécifique n'est préconisée.

Les concentrations sont relativement basses pour la saison, les teneurs en formaldéhyde étant généralement plus élevées en période estivale qu'en période hivernale. Seule la concentration relevée dans l'Amphithéâtre 1 dépasse la valeur guide de l'ANSES, fixée à 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en exposition chronique, applicable réglementairement en 2023 (Voir valeurs de référence page 7).

Ces résultats témoignent d'une qualité de l'air intérieur satisfaisante en ce qui concerne ce polluant. Les niveaux en formaldéhyde sont peu élevés au sein des différentes pièces investiguées, par rapport aux moyennes habituellement enregistrées à cette saison, lors des campagnes en air intérieur menées dans des écoles par Air Breizh, ou au niveau national.

Le tableau ci-dessous, présente la répartition des concentrations en formaldéhyde mesurées lors de la campagne nationale de mesure de la qualité de l'air intérieur dans les écoles et les crèches, portant sur 300 établissements en France (2009-2011) [8].

Concentrations en formaldéhyde dans différents établissements scolaires en France

Etude	Etablissements investigués	Répartition des concentrations en Formaldéhyde				
		de 0 à <10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	de 10 à <30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	de 30 à <50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	de 50 à <100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	> 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Campagne nationale de mesures de la qualité de l'air intérieur dans les écoles et les crèches (2009 - 2011)	300	19,6%	68,2%	10,3%	1,9%	0,0%

Les concentrations en formaldéhyde, en air intérieur, varient non seulement en fonction de la température de la pièce (émissivité plus importante de ce polluant lorsque les températures sont plus élevées), mais aussi du renouvellement d'air.

Dans ce cas précis, la concentration la plus importante relevée dans l'amphithéâtre 1 n'est pas due à une température plus élevée, celle-ci étant très proche de celles relevées dans les autres salles occupées par les étudiants, comprises entre 18 et 22°C. La température s'avère nettement plus élevée dans le bureau du service administratif, qui présente une concentration en formaldéhyde nettement plus basse que dans l'amphithéâtre.

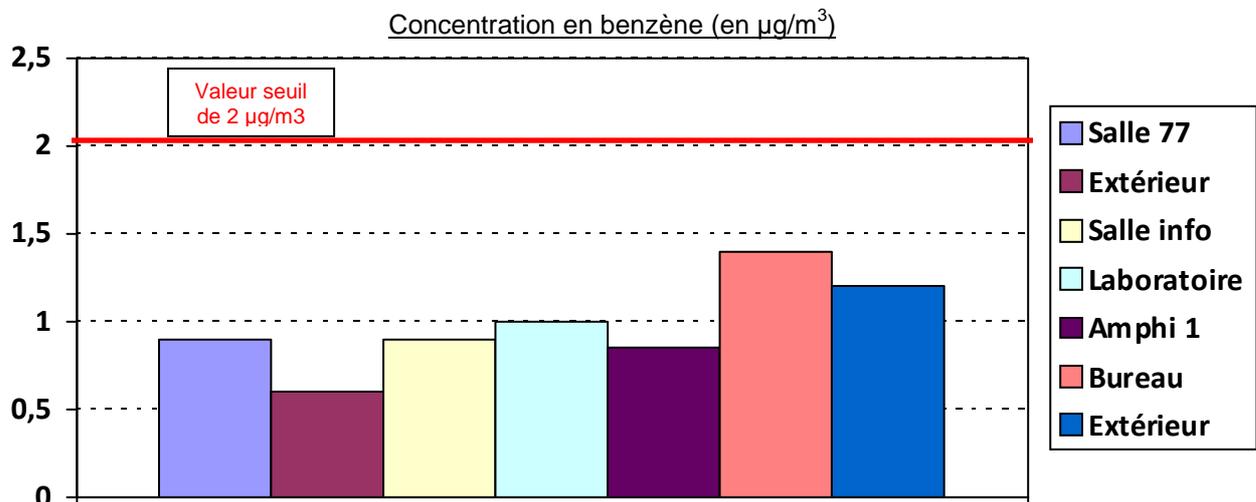
La concentration plus élevée en formaldéhyde mesurée dans l'amphithéâtre pourrait s'expliquer par des émissions plus importantes (mobilier, peintures...), et un renouvellement d'air moindre (ouvertures moins accessibles).

VI.1.2. Le benzène

Les concentrations en benzène mesurées durant cette première campagne sont comprises entre 0,6 et 1,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, avec un maximum enregistré dans le bureau administratif.

Concentration en benzène

Pièces investiguées	Dates des mesures	Concentrations en benzène en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valeurs réglementaires de référence
Salle de classe 77	Du 27 au 31 mai	0,9	2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (VGAI pour une exposition vie entière correspondant à un excès de risque de 10^{-5})
Salle informatique		0,9	
Laboratoire		1,0	
Extérieur semaine 1		0,6	
Amphithéâtre 1	Du 7 au 7 juin	0,85	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (VGAI pour une exposition de 1 à 14 jours)
Bureau administratif		1,4	
Extérieur semaine 2		1,2	



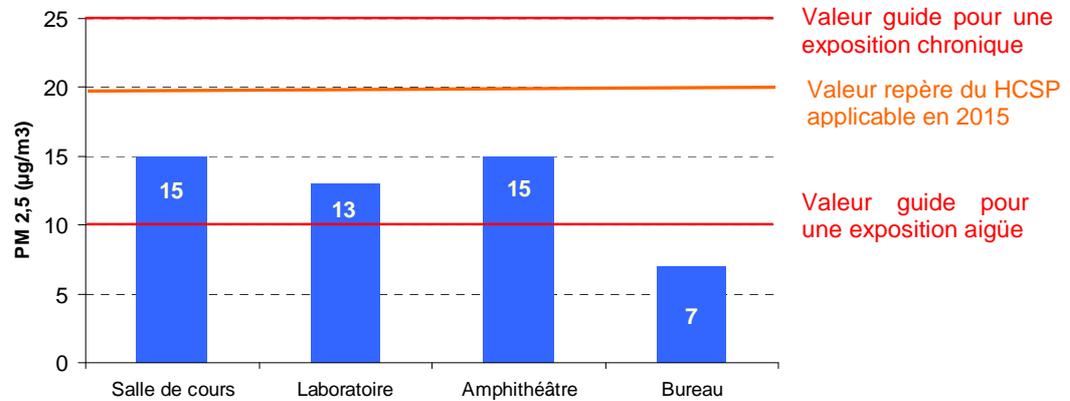
Les concentrations en benzène relevées dans les différentes salles lors de ces 2 semaines de prélèvements, respectent toutes la valeur guide préconisée par l'ANSES, de 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition vie entière. **Satisfaisantes, elles ne requièrent pas d'actions particulières à mettre en place.**

Les concentrations en benzène des prélèvements extérieurs réalisés sur ces 2 semaines de mesures (0,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ la première semaine, 1,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ la seconde semaine), sont également inférieures à la valeur guide, ainsi qu'aux valeurs de référence annuelles, **applicables en air ambiant** (valeur limite égale à 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et objectif de qualité égal à 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Notons que les concentrations en benzène tendent à être plus élevées en hiver.

VI.2. Les particules PM2.5

Les concentrations en PM2.5 sont comprises entre 7 et 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans les différentes salles investiguées, durant la première campagne de mesure.

Concentrations en PM2.5



Les concentrations relevées dans les locaux de l'école **sont inférieures à la valeur guide de l'OMS de 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 24 heures**. A noter que cette comparaison reste limitée, les concentrations mesurées lors de la campagne de mesure couvrant une période différente de celle de cette valeur de référence.

La valeur guide de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle est respectée dans le bureau administratif, mais dépassée dans les salles accueillant les étudiants.

La valeur repère dégressive du HCSP, égale à 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2015, est respectée dans l'ensemble des salles investiguées, pendant la campagne de mesure.

A noter que la concentration moyenne en PM2.5 mesurée sur la station urbaine Pays-Bas, à Rennes, représentative de la pollution de fond urbaine, est de 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ durant la première série de mesure et de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ durant la deuxième série.

VI.3. Le monoxyde et le dioxyde de carbone

VI.3.1. Le monoxyde de carbone

Concentrations en monoxyde de carbone

Monoxyde de carbone (mg/m^3)	Salle de cours	Salle informatique	Laboratoire	Amphithéâtre	Bureau
Minimum sur 10 minutes	0,0	0,1	0,0	0,1	0
Maximum sur 10 minutes	0,2	0,3	2,8	0,5	0,2
Moyenne du lundi au vendredi	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Les concentrations moyennes en monoxyde de carbone mesurées lors de la campagne sont égales à 0,1 mg/m^3 dans toutes les salles investiguées.

La concentration maximale mesurée sur dix minutes est de 2,8 mg/m^3 (dans le laboratoire).

Les valeurs de recommandation de l'OMS (100 mg/m^3 sur 15 min, 30 mg/m^3 sur 1 heure et 10 mg/m^3 sur 8 heures) sont donc très largement respectées pendant cette campagne.

VI.3.2. Le dioxyde de carbone

Les concentrations en dioxyde de carbone s'expriment habituellement en ppm (1 ppm = 1,83 mg/m³ de CO₂).

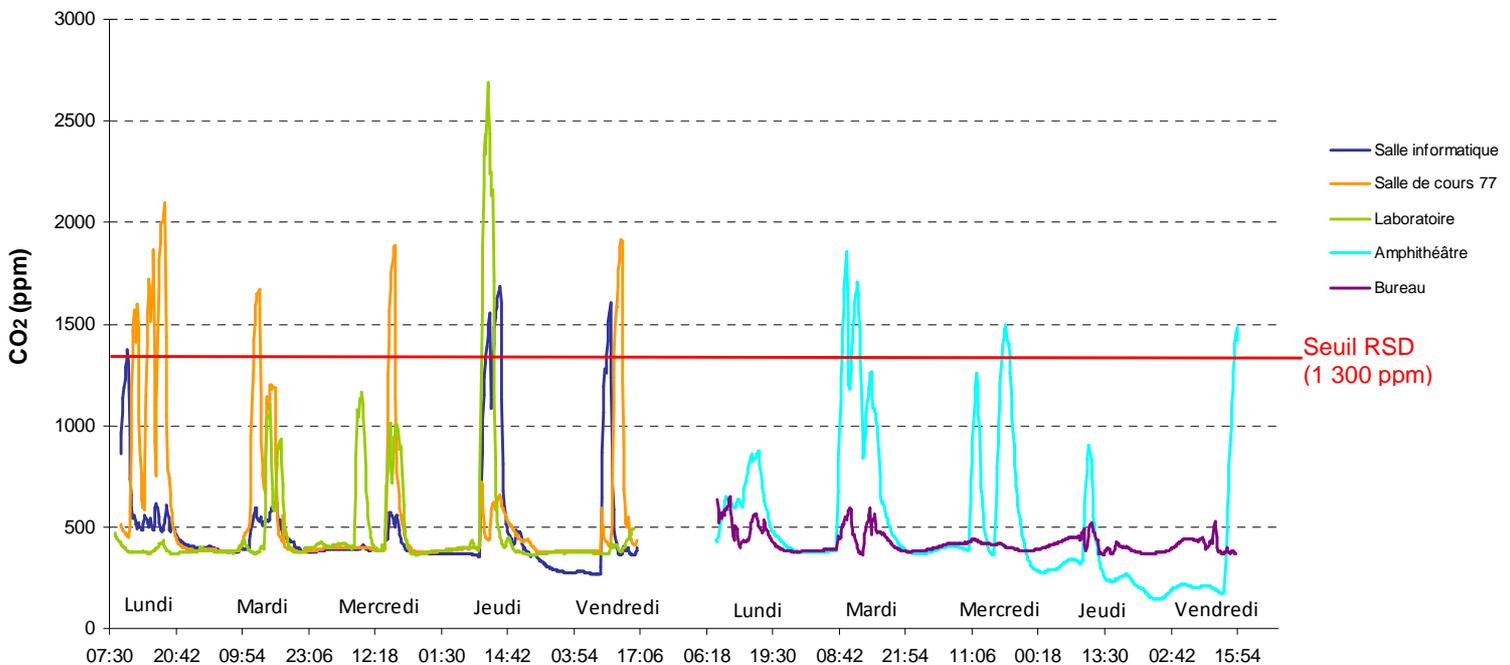
L'évolution de la concentration en dioxyde de carbone varie d'une pièce à l'autre, selon l'usage et le taux d'occupation de la salle considérée.

Le seuil du Règlement Sanitaire Départemental, fixé à 1300 ppm, a été dépassé à diverses reprises, dans la salle de cours (le 27, 28, 29 et 31 mai), la salle informatique (le 27, 30 et 31 mai) et l'amphithéâtre (le 4, 5 et 7 juin).

Le laboratoire présente un seul dépassement du seuil RSD, le jeudi 30 mai, dans la matinée, de 9h35 à 11h35, avec des concentrations comprises entre 1589 et 1716 ppm, et une concentration maximale sur la totalité de la campagne, de 2686 ppm sur 10 minutes (4915 mg/m³), à 10h45.

Les concentrations en dioxyde de carbone enregistrées dans le bureau sont très faibles et ne dépassent pas 650 ppm (1190 mg/m³) pendant la semaine de mesure.

Concentrations en dioxyde de carbone



VI.3.3. Indice de Confinement (ICONE)

Le niveau de confinement de l'air caractérise l'ambiance au regard de la pollution liée aux bio-effluents humains, ainsi que l'efficacité du renouvellement de l'air de la pièce.

Le niveau de confinement de la pièce est quantifié avec l'indice ICONE (Indice de CONfinement d'air dans les Ecoles).

À partir des concentrations en CO₂ enregistrées en période d'occupation, l'indice de confinement est calculé selon la formule :

$$ICONE = \left(\frac{2,5}{\log_{10}(2)} \right) \log_{10}(1 + f_1 + 3f_2)$$

$$f_1 : \text{proportion de valeurs comprises entre 1000 et 1700 ppm} \left(f_1 = \frac{n_1}{n_0 + n_1 + n_2} \right)$$

$$f_2 : \text{proportion de valeurs supérieures à 1700 ppm} \left(f_2 = \frac{n_2}{n_0 + n_1 + n_2} \right)$$

Avec

n₀ : nombre de valeurs inférieures à 1 000 ppm

n₁ : nombre de valeurs comprises entre 1 000 ppm et 1 700 ppm

n₂ : nombre de valeurs supérieures à 1 700 ppm

Indices de confinement des pièces investiguées

	Salle informatique	Salle de cours	Laboratoire	Amphithéâtre	Bureau
ICONE	2	3	2	2	0
	Confinement moyen	Confinement élevé	Confinement moyen	Confinement moyen	Confinement nul

Selon l'OQAI, aucune action spécifique n'est à mener pour des ICONE compris entre 0 et 3, valeurs obtenues dans l'ensemble des pièces investiguées.

A noter que les mois de mai et de juin ne sont pas les mois les plus appropriés pour le calcul de cet indice, le confinement étant souvent plus élevé en période hivernale, avec une aération des locaux moins importante qu'en été. Il est généralement recommandé d'effectuer la mesure en période de chauffe d'un établissement.

VI.4. Les paramètres de confort

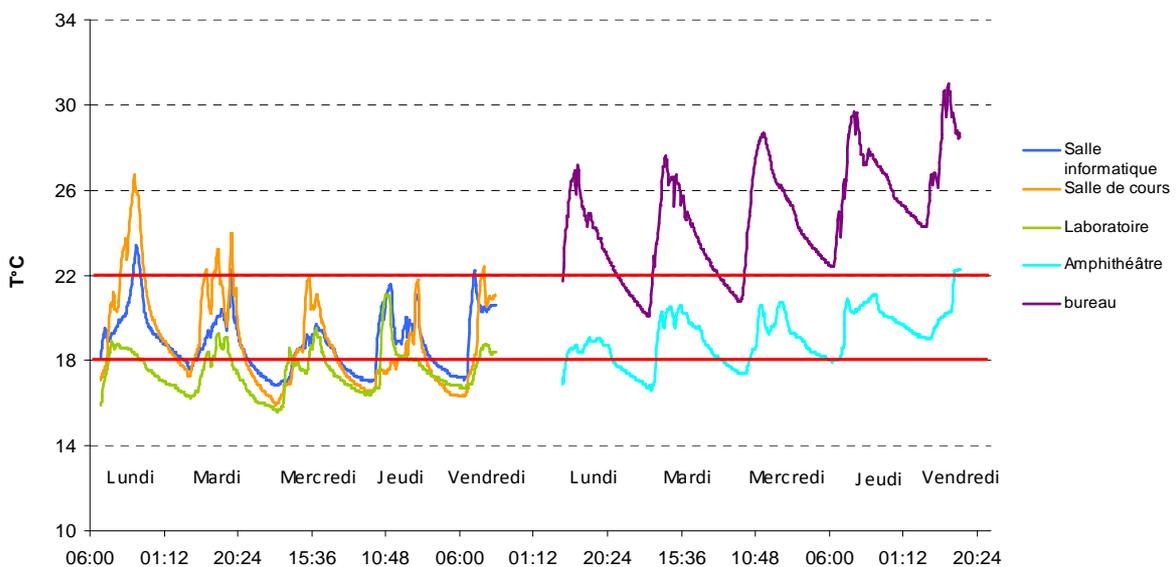
La température T (°C) et l'humidité relative HR (%) sont les principaux paramètres de confort à prendre en compte.

Une faible humidité peut causer des gênes, telles qu'un dessèchement de la peau ou une irritation des yeux ou de la gorge. A l'inverse, une humidité importante liée à une température élevée favorise l'apparition d'acariens et de moisissures, provoquant, chez certaines personnes, des réactions allergiques.

D'après l'OQAI, l'humidité relative doit être comprise entre 40 et 70%, et la température, entre 18 et 22°C, pour un confort optimal.

En règle générale, la température est inversement proportionnelle à l'humidité relative.

Évolution de la température dans chacune des pièces investiguées



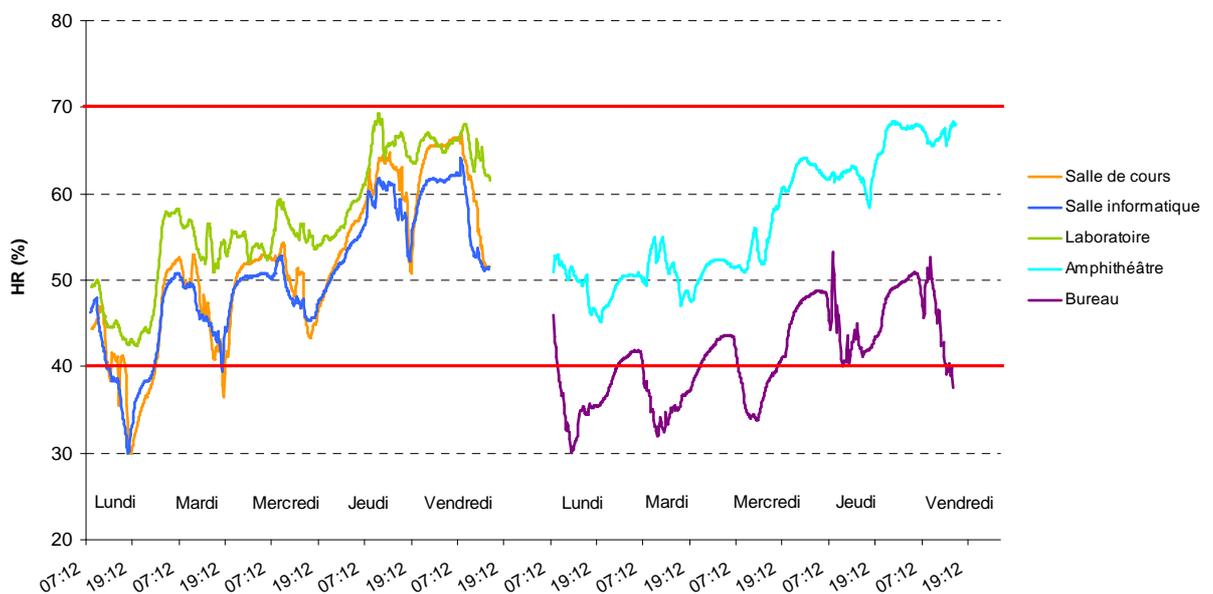
La température des locaux varie dans la journée, selon l'occupation de la pièce, augmentant de 9 heures du matin à 17 heures, et baissant ensuite jusqu'au lendemain matin. Elle varie également dans la semaine en fonction de l'évolution de la température extérieure. Ainsi, l'augmentation des températures maximales, notables dans l'amphithéâtre et le bureau administratif, durant la semaine du 3 au 7 juin, suit-elle la hausse des températures extérieures, qui sont passées de 18,9°C le lundi à 28,5°C le vendredi (Données Météo France de la station Rennes Saint-Jacques).

Lors de la campagne de mesure, pendant le temps d'occupation des pièces, la température est majoritairement comprise entre 18 et 22°C, dans la salle informatique, la salle de cours, l'amphithéâtre et le laboratoire.

A noter cependant que les températures ont atteint 26,7°C dans la salle de cours l'après-midi du lundi 27 mai, alors que la température extérieure étaient peu élevées (19°C maximum), et que les matinées sont souvent fraîches dans le laboratoire (inférieures à 18°C).

Le bureau administratif est soumis à des températures nettement plus élevées, toujours supérieures à 22°C pendant le temps de travail, et variant selon l'orientation du soleil. La pièce, orientée Est, voit sa température augmenter dès le lever du soleil (vers 6 heures) pour atteindre un pic vers midi. Celle-ci redescend ensuite le reste de la journée, jusqu'au lever du soleil du jour suivant. Au fil de la semaine, les pics sont de plus en plus élevés pour atteindre, le vendredi, une température de 31°C vers 12h30, parallèlement aux températures extérieures, élevées cette semaine-là.

Évolution de l'humidité relative dans chacune des pièces investiguées



L'humidité relative au sein de la salle de cours, de la salle informatique, du laboratoire et de l'amphithéâtre est comprise, dans la majorité du temps, entre les limites de confort optimal (40-70%).

Du fait de températures relativement élevées, le taux d'humidité relative est souvent inférieur à 40 % dans le bureau administratif.

VII. Conclusion

La première campagne de mesure réalisée dans les locaux de l'Ecole des Métier de l'Environnement du 27 mai au 7 juin 2013, présente des concentrations des différents polluants étudiés globalement satisfaisantes, **ne requérant aucune action corrective spécifique à mettre en œuvre.**

Cette série de mesure a été réalisée sur les mois de mai et de juin. Les résultats présentés dans ce rapport ne sont représentatifs que de la période dite estivale. Les concentrations des différents polluants étudiés peuvent être très différentes en hiver, pour diverses raisons : émissions plus ou moins importantes selon le polluant, ventilation moindre en hiver et confinement plus élevé, pollution extérieur et son transfert différents.

A noter que les concentrations en formaldéhyde, polluant majeur de la pollution en air intérieur, s'avèrent satisfaisantes durant cette campagne, période de l'année présentant habituellement les niveaux les plus élevées.

Ces premiers résultats seront complétés par ceux des campagnes suivantes.

Bibliographie

- [1] Décret 2006-623 du 29 mai 2006 relatif à la réduction des émissions de composés organiques volatils dues à l'utilisation de solvants organiques dans certains vernis et peintures et dans les produits de retouche de véhicules.
- [2] L. CHIAPPINI, LCSQA, INERIS, Métrologie - Benzène / HAP / Métaux, Surveillance du Benzène : Etat des lieux des niveaux de benzène en air intérieur, Rapport DRC-10-111581-08963A, Décembre 2010.
- [3] HCSP, Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos : Le formaldéhyde, Octobre 2009.
- [4] HCSP, Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos : Le benzène, Juin 2010.
- [5] HCSP, Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos : Les particules, Juillet 2013.
- [6] Myhrvold, A.N., E.Olsen, and O. Lauridsen, Indoor Environment in Schools - Pupils'Health and Performance in regard to CO₂ Concentrations, Indoor Air. The Seventh International Conference on Indoor Air Quality and Climate. Vol 4, 1996, pp. 369–371.
- [7] CSTB, Guide d'application pour la surveillance du confinement de l'air dans les établissements d'enseignement, d'accueil de la petite enfance et d'accueil de loisirs, Mai 2012.
- [8] CSTB, Données nationales de l'ensemble de la campagne pilote (2009-2011, *Phase 1 et Phase 2* – 2012.