

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

Surveillance de la qualité de l'air en Bretagne
**Etude de la qualité de l'air dans
les locaux du Service Territorial
Educatif de Milieu Ouvert de
Rennes**



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



Air Breizh
28 rue des Veyettes - 35000 Rennes
Tél. 02 23 20 90 90 - Fax 02 23 20 90 95

www.airbreizh.asso.fr

ETUDE DE LA QUALITE DE L'AIR DANS LES LOCAUX DU SERVICE TERRITORIAL EDUCATIF DE MILIEU OUVERT DE RENNES

Etude réalisée par Air Breizh
avec la participation
du service Territorial Educatif de Milieu Ouvert de Rennes

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.**

Remerciement

Air Breizh remercie Mme MOUGLI, M. MILANO ainsi que l'ensemble des employés du Centre d'Action Educative, pour leur collaboration.

Contribution

Service Etudes	Service Techniques	Validation
Antonin MAHEVAS	Joël GRALL	Magali CORRON

Sommaire

SOMMAIRE	2
GLOSSAIRE	3
I. INTRODUCTION	4
II. PRESENTATION D'AIR BREIZH	4
III. POLLUANTS ETUDIES	6
III.1. ALDEHYDES ET BTEX [1][2]	6
III.2. MONOXYDE ET DIOXYDE DE CARBONE	9
IV. MATERIEL UTILISE	10
IV.1. MESURE DES BTEX ET DES ALDEHYDES	10
IV.2. MESURE DES PARAMETRES DE CONFORT	10
V. STRATEGIE DE CAMPAGNE	11
VI. RESULTATS	12
VI.1. CONTEXTE METEOROLOGIQUE [5]	12
VI.2. QUALITE DES MESURES	12
VI.3. ALDEHYDES ET BTEX	12
VI.4. MONOXYDE ET DIOXYDE DE CARBONE	14
VII. CONCLUSION	18
BIBLIOGRAPHIE	19

Glossaire

AASQA	Association Agréée pour la Surveillance de la Qualité de l'Air
AFSSET	Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail
ASPA	Association pour la Surveillance et l'Etude de la Pollution Atmosphérique en Alsace
BTEX	Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes
CAE	Centre d'Action Educative
CO	Monoxyde de carbone
CO ₂	Dioxyde de carbone
COV	Composés Organiques Volatils
COVNM	Composés Organiques Volatils Non Méthaniques
CSTB	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
DDPJJ	Direction Départementale de la Protection Judiciaire de la Jeunesse
g/l	grammes par litre
HAP	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
HR(%)	Humidité relative en pourcent
INERIS	Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
LCSQA	Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air
mg/m ³	Milligramme (10 ⁻³ gramme) par mètre cube
µg/m ³	Microgramme (10 ⁻⁶ gramme) par mètre cube
Narcose	Sommeil artificiel obtenu par l'administration d'une substance chimique
N ₂	Diazote
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health (USA)
NO	Monoxyde d'azote
NO ₂	Dioxyde d'azote
NOx	Oxydes d'azote
OQAI	Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
O ₂	Dioxygène
O ₃	Ozone
PM10	Particule de diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 10 micromètres
PM2,5	Particule de diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 2,5 micromètres
PM1	Particule de diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 1 micromètre
ppm	Partie par million
SO ₂	Dioxyde de soufre
STEMO	Service Territorial Educatif de Milieu Ouvert
TSP	Total Suspended Particulate (Particules Totales en Suspension)
T (°C)	Température en degré Celsius
VGAI	Valeur Guide de qualité d'Air Intérieur
VLCT	Valeur Limite Court Terme
VME	Valeur Moyenne d'Exposition

I. Introduction

L'objectif de l'étude était d'effectuer des mesures dans les locaux du Service Territorial Educatif de Milieu Ouvert (STEMO) de la Direction Départementale de la Protection Judiciaire de la Jeunesse (DDPJJ) de Rennes, suite à des plaintes de la part de salariés (notamment des migraines et des irritations oculaires). Les locaux ayant récemment subi des travaux et reçu du mobilier neuf, des mesures de BTEX, d'aldéhydes ainsi que de différents paramètres de confort comme la température, l'humidité relative et le taux de renouvellement d'air, ont été réalisées afin de déterminer si ces composés ou paramètres pouvaient notamment être une des causes possibles des gênes ressenties.

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

A la pollution provenant de l'extérieur, s'ajoutent des polluants issus de trois principales sources : les appareils à combustion (monoxyde de carbone, dioxyde d'azote), les constituants du bâtiment, incluant les équipements et mobiliers (plomb des peintures, formaldéhyde, composés organiques volatils, fibres de toutes sortes) et l'activité humaine (produits ménagers, bricolage, acariens, moisissures, etc...)

De nombreux paramètres sont susceptibles d'être pris en compte pour qualifier l'état de l'air à l'intérieur des espaces clos. Il est possible de distinguer 3 grandes familles :

- **les polluants chimiques** (CO, Aldéhydes, BTEX, COV, NO₂, Biocides, PM10, Métaux lourds, Ozone, HAP,...)
- **les biocontaminants** (moisissures, bactéries, allergènes d'animaux domestiques, allergènes d'acarien,...).
- **les indicateurs de confinement** et paramètres de confort (température, CO₂, humidité, ventilation,...)

Selon l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI), les aldéhydes, les BTEX, et plus particulièrement le formaldéhyde et le benzène, font partie des premières substances d'intérêt en termes de hiérarchisation sanitaire. Ils font partie du groupe des composés «hautement prioritaires».

Cette campagne de mesures n'est pas une étude sanitaire, il s'agit d'une campagne comparative des niveaux rencontrés dans les locaux, d'une vérification des seuils réglementaires lorsqu'ils existent et d'une comparaison avec les valeurs guide de l'OMS.

II. Présentation d'Air Breizh

La surveillance de la qualité de l'air est assurée en France par des associations locales, souvent régionales, constituant le dispositif national représenté par la Fédération ATMO France.

Ces organismes, agréés par le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer, ont pour missions de base la mise en œuvre de la surveillance et de l'information sur la qualité de l'air, la diffusion des résultats et des prévisions, et la transmission immédiate au préfet et au public, des informations relatives aux dépassements ou prévisions de dépassement des seuils d'alerte et de recommandation.

En Bretagne, cette surveillance est assurée par Air Breizh, depuis 1986.

Le réseau s'est régulièrement développé et dispose aujourd'hui de stations de mesures fixes dans neuf villes bretonnes, ainsi que d'un camion laboratoire et de plusieurs cabines mobiles pour la réalisation de campagnes de mesures ponctuelles.

ETUDE DE LA QUALITE DE L'AIR DANS LES LOCAUX DU SERVICE TERRITORIAL EDUCATIF DE MILIEU OUVERT DE RENNES

L'impartialité de ses actions est assurée par la composition quadripartite de son Assemblée Générale et de son Conseil d'Administration, regroupant quatre collèges :

- Collège 1 : services de l'Etat,
- Collège 2 : collectivités territoriales,
- Collège 3 : émetteurs de substances polluantes,
- Collège 4 : associations de protection de l'environnement et personnes qualifiées.

II.1. Missions d'Air Breizh

- Surveiller les polluants urbains nocifs (SO₂, NO₂, CO, O₃, Métaux lourds, HAP, BTEX, PM₁₀ et PM_{2,5}) 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, bulletins, 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, réaliser des campagnes de mesures à l'aide de moyens mobiles (laboratoire mobile, tubes à diffusion, préleveurs, jauges OWEN...).

II.2. Réseau de surveillance en continu



Fig. 1 : Implantation des stations de mesures

II.3. Moyens

Afin de répondre aux missions qui lui incombent, Air Breizh compte une dizaine de salariés, et dispose d'un budget annuel de l'ordre d'un million d'euros, financé par l'Etat (via des subventions directes ou la réaffectation de la Taxe Générale sur les Activités Polluantes), les collectivités locales, les émetteurs de substances polluantes, et via des prestations d'intérêt général et produits divers.

III. Polluants étudiés

III.1. Aldéhydes et BTEX [1][2]

Les composés organiques volatils (COV) sont des composés contenant au moins un élément carbone et un ou plusieurs autres éléments (hydrogène, halogènes, oxygène, soufre, phosphore, silicium ou azote, à l'exception des oxydes de carbone et des carbonates et bicarbonates inorganiques) et qui possède une pression de vapeur de 0,01 kPa ou plus à une température de 293,15 K, ou une volatilité correspondante dans les conditions d'utilisation particulières (Définitions de la Directive 1999/13/CE du 11 mars 1999).

Les BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes) ainsi que les aldéhydes font partie de ces composés organiques volatils. Ils sont présents dans les carburants, les peintures, les encres, les colles, les détachants, les cosmétiques et les solvants. Leurs principales émissions trouvent leurs sources dans le transport et l'industrie [2].

Les effets des COV sur la santé sont multiples, ils peuvent causer des gênes olfactives, des irritations de la peau, des yeux et du système respiratoire et aussi entraîner une baisse des capacités respiratoires, des troubles cardiaques, digestifs, rénaux ou nerveux. Le benzène, considéré comme le composé aromatique le plus toxique, est connu pour ses effets mutagènes et cancérogènes. Il est le seul à faire l'objet d'une réglementation.

Sur l'environnement, les COV qui sont des composés très réactifs, jouent un rôle de précurseur de formation de l'ozone troposphérique avec les oxydes d'azote et certains sont aussi des gaz à effet de serre.

D'après le cadastre  des émissions atmosphériques réalisé par Air Breizh, la répartition par secteur des émissions de composés organiques volatils en 2003 en Bretagne est de **44%** pour le Résidentiel & Tertiaire, **31%** pour les Transports, **22%** pour l'Industrie et de **3%** pour l'agriculture.

Pour la ville de Rennes dont la répartition est représentée sur le graphique ci-contre, la principale source d'émission de COVNM est l'Industrie avec **54%** des émissions annuelles de la commune. Le secteur des Transport représentent une source d'émission annuelle importante avec **37%** des émissions de la commune. Les secteurs Résidentiel & Tertiaire et Agricole ne représentent qu'une faible part des émissions annuelles de la commune avec **9%** et moins de **1%** des émissions.

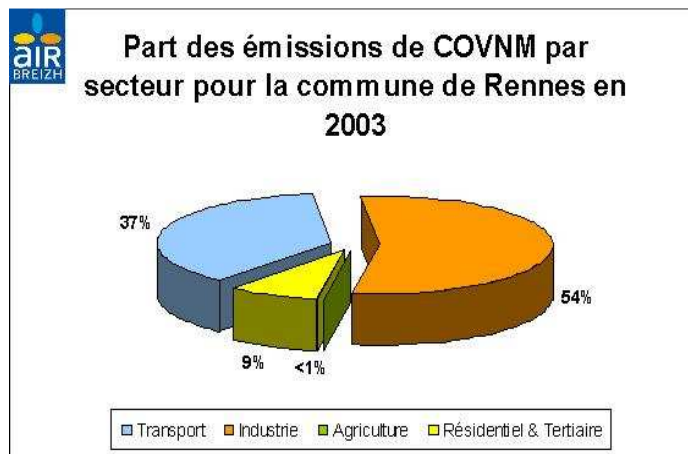


Fig. 2 : Répartition des émissions de COVNM par secteur (Source Air Breizh)

**ETUDE DE LA QUALITE DE L'AIR DANS LES LOCAUX DU SERVICE TERRITORIAL EDUCATIF DE
MILIEU OUVERT DE RENNES**

Nom	Catégorie	Valeurs réglementaires		Impact sur la santé	Sources
		France	Autres		
Formaldéhyde (ou méthanal)	Aldéhyde	AFSSET (VGAI) : 50 µg/m ³ sur 2 heures (exposition court terme) 10 µg/m ³ en exposition chronique (exposition à long terme) Ministère du travail : VME 625 µg/m ³ VLCT 1250 µg/m ³	OMS : 100 µg/m ³ sur 30 min dans l'air ambiant NIOSH (USA) : VME 0,016 ppm (366 µg/m ³) VLCT 0,1ppm (122 µg/m ³)	Problème respiratoire aigu, cancérogène probable chez l'homme (CIRC : Groupe 1)	Panneaux de particules, panneaux de fibres, panneaux de bois brut, livres et magazines neufs, peintures à phase solvant, cosmétiques, parfums, cigarettes, photocopieurs
Propionaldéhyde (ou propanal)	Aldéhyde	<i>Pas de valeur guide</i>	<i>Pas de valeur guide</i>	Irritation des voies respiratoires	Peintures à phase solvant
Valéraldéhyde (ou pentanal)	Aldéhyde	Ministère du travail : VME 175 mg/m ³	Etats-Unis : 175 mg/m ³ à court terme (15 min)	Maux de tête, vertiges, nausées, vomissements, narcose	Panneaux de particules, livres et magazines neufs, peintures à phase solvant
Héxaldéhyde (ou hexanal)	Aldéhyde	<i>Pas de valeur guide</i>	<i>Pas de valeur guide</i>	Irritation des yeux et des voies respiratoires	Panneaux de particules, panneaux de bois brut, livres et magazines neufs, peintures à phase solvant, produits de traitement du bois
Benzaldéhyde	Aldéhyde	<i>Pas de valeur guide</i>	<i>Pas de valeur guide</i>	Irritation des yeux et des voies respiratoires	Peintures, photocopieurs, parquet traité
Acétaldéhyde (ou éthanal)	Aldéhyde	Ministère du travail : VME 180 mg/m ³	Etats-Unis : 9 µg/m ³ entre 14 jours et un an	Irritation des yeux, de la peau et des voies respiratoires, cancérogène possible chez l'homme (CIRC : Groupe 2B)	Photochimie, fumée de tabac, photocopieurs, panneaux de bois brut, panneaux de particules
Acroléine (ou propenal)	Aldéhyde	Ministère du travail : VLCT 250 µg/m ³	Etats-Unis : 7µg/m ³ <14j 0,1 µg/m ³ entre 14 jours et un an	Irritation des voies respiratoires et des muqueuses	Combustion, fumées de cigarette, gaz d'échappement automobiles, chauffage de graisses animales et végétales
Isobutyraldéhyde (ou butanal)	Aldéhyde	<i>Pas de valeur guide</i>	<i>Pas de valeur guide</i>	Irritation des voies respiratoires et des muqueuses	Photocopieurs, imprimantes à tambours
Isovéraldéhyde (ou isopentanal)	Aldéhyde	<i>Pas de valeur guide</i>	<i>Pas de valeur guide</i>	Irritation des voies respiratoires et des muqueuses	Parquets traités, panneaux de particules

ETUDE DE LA QUALITE DE L'AIR DANS LES LOCAUX DU SERVICE TERRITORIAL EDUCATIF DE MILIEU OUVERT DE RENNES

Benzène	Hydrocarbure	AFSSET (VGAI) : 30 µg/m ³ pour une exposition de 1 à 14 jours 20 µg/m ³ pour une exposition de 14 jours à un an 10 µg/m ³ pour une exposition supérieure à un an 0,2 µg/m ³ pour une exposition vie entière correspondant à un excès de risque de 10 ⁻⁶ 2 µg/m ³ pour une exposition vie entière correspondant à un excès de risque de 10 ⁻⁵ Ministère du travail : VME 3,25 mg/m ³	OMS : 120 µg/m ³ sur 24 h 17 µg/m ³ pour un excès de risque vie entière de 10 ⁻⁴ 1,7 µg/m ³ pour un excès de risque vie entière de 10 ⁻⁵ 0,17 µg/m ³ pour un excès de risque vie entière de 10 ⁻⁶	Neurologiques et Immunologiques, leucémie, cancérigène chez l'homme (CIRC : Groupe 1)	Combustion, vapeurs d'essence, fumée de tabac, produits de bricolage et d'ameublement, produits de construction et de décoration, combustion d'encens
Toluène	Hydrocarbure	Ministère du travail : VME 192 mg/m ³ VLCT 384 mg/m ³	OMS : 260 µg/m ³ (7j) Allemagne : Guideline value I : 300 µg/m ³ (7j) Guideline value II : 3000 µg/m ³ (7j)	Irritation des voies respiratoires, maux de tête, atteintes neurologiques	Peintures, vernis, colles, encres, moquettes, tapis, calfatage siliconé, vapeurs d'essence
Ethylbenzène	Hydrocarbure	Ministère du travail : VME 88,4 mg/m ³ VLCT 442 mg/m ³	OMS : 22000 µg/m ³ (moyenne annuelle)	Irritation des yeux, de la peau et des voies respiratoires	Carburant, cires
o-Xylène	Hydrocarbure	Ministère du travail : VME 221 mg/m ³ VLCT 442 mg/m ³	OMS : 4800 µg/m ³ sur 24 h Europe : 221 mg/m ³ sur 8h/j ou 40h/semaine 442 mg/m ³ à court terme	Atteintes neurologiques	Peintures, vernis, colles, insecticides
m-+p-Xylène	Hydrocarbure	Ministère du travail : VME 221 mg/m ³ VLCT 442 mg/m ³	OMS : 4800 µg/m ³ sur 24 h Europe : 221 mg/m ³ sur 8h/j ou 40h/semaine 442 mg/m ³ à court terme	Atteintes neurologiques	Peintures, vernis, colles, insecticides

Tab.1 : Valeurs de références et sources d'émissions des composés organiques volatils

VME : Il s'agit de la concentration maximale admissible dans l'air du lieu de travail, où le travailleur est amené à travailler une journée entière (8h/j)

VLCT : Il s'agit de la concentration maximale admissible dans l'air du lieu de travail, où le travailleur peut être exposé pour une courte durée (≤15 min)

VGAI : Il s'agit des Valeur Guide de qualité d'Air Intérieur définies par l'AFSSET

III.2. Monoxyde et dioxyde de carbone

III.2.1. Monoxyde de carbone

Le monoxyde de carbone est un gaz inodore, incolore et inflammable. Il est émis lors de la combustion incomplète de matières organiques (gaz, charbon, carburants...), la combustion complète produisant du CO₂.

D'après le cadastre  des émissions atmosphériques réalisé par Air Breizh, la répartition par secteur des émissions de monoxyde de carbone en 2003 en Bretagne est principalement de **69%** pour le Résidentiel & Tertiaire et de **31%** pour les Transports.

Pour la ville de Rennes dont la répartition est représentée sur le graphique ci-contre, la principale source d'émission de CO est le secteur des Transport avec **59%** des émissions annuelles de la commune. Le secteur Résidentiel & Tertiaire représente une source d'émission annuelle importante avec **41%** des émissions de la commune. Le secteur Agricole et le secteur Industriel ne représentent qu'une faible part des émissions annuelles de la commune avec moins de **1%** des émissions.

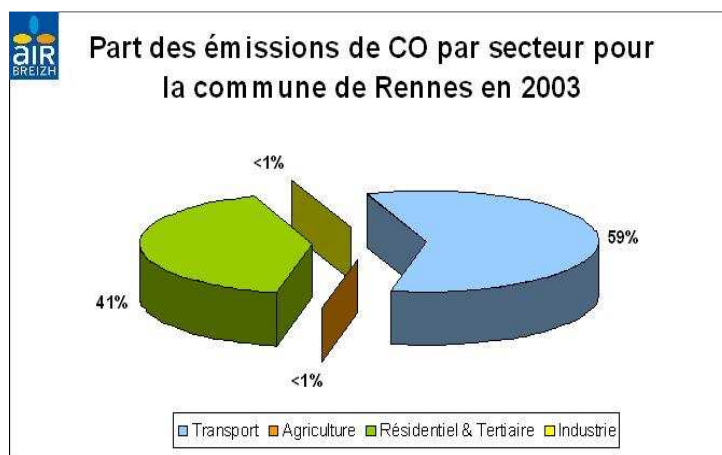


Fig. 3 : Répartition des émissions de CO par secteur (Source Air Breizh)

Le monoxyde de carbone se fixe sur l'hémoglobine du sang, avec une affinité 200 fois supérieure à celle de 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 prolongée à des niveaux élevés en milieu confiné, ce polluant peut avoir un effet asphyxiant mortel.

D'après le **Décret n°2003-1085 du 12 novembre 2003 (modifiant le décret n°98-360 du 6 mai 1998) et Arrêté Ministériel du 17 août 1998**, la valeur limite pour la protection de la santé est de 10 mg/m³ sur 8 heures. Les recommandations de l'OMS et de l'AFSSET indiquent comme valeurs guides des concentrations de 100 mg/m³ sur 15 minutes, 60 mg/m³ sur 30 minutes, 30 mg/m³ sur 1 heure, 10 mg/m³ sur 8 heures.

III.2.2. Dioxyde de carbone

Les émissions de dioxyde de carbone dans les bâtiments sont dues à la respiration des occupants. Lors de l'inspiration, l'air pénètre dans les poumons ; le dioxygène (O₂) passe au travers des parois des alvéoles et se fixe sur les hématies (globules rouges). Le sang oxygéné est transporté par les artères grâce à l'action du cœur (circulation sanguine) et est acheminé vers les différents organes où se produit la respiration cellulaire. Le dioxygène est utilisé pour une réaction d'oxydo-réduction 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 composés organiques volatils, le dioxyde de carbone (CO₂) ne présente pas de toxicité pour l'homme aux concentrations observées dans les atmosphères intérieur et extérieur. Il est utilisé comme un indicateur du confinement des bâtiments. Plus l'air est confiné, plus le niveau de CO₂ est élevé et moins bonne devrait être la qualité de l'air dans la pièce. En 2001, une étude du Laboratoire d'Hygiène et de Santé Publique de la faculté de Pharmacie de Paris V et du Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris [4] a permis de montrer que les concentrations en COV augmentent significativement avec le niveau moyen de CO₂ (à l'exception du formaldéhyde).

Le règlement sanitaire départemental type (RSD) impose de ne pas dépasser la concentration de 1000 ppm avec tolérance de 1300 ppm dans les locaux où il est interdit de fumer.

IV. Matériel utilisé

Lors de cette campagne de mesure, Air Breizh a mesuré les concentrations des différents composés organiques volatils et du monoxyde et dioxyde de carbone dans plusieurs bureaux du Service Territorial Educatif de Milieu Ouvert de Rennes, ainsi que différents paramètres de confort comme la température, l'humidité relative et le taux de renouvellement d'air.

Afin d'assurer une bonne représentativité des mesures, une période d'échantillonnage de sept jours a été retenue (installation le jour J au matin et récupération le jour J+7 au matin).

IV.1. Mesure des BTEX et des aldéhydes

Pour la mesure des composés organiques volatils et des aldéhydes, la technique de l'échantillonnage passif par tubes à diffusion a été utilisée. Cette méthode de mesure ne nécessitant pas d'alimentation électrique, permet de déterminer la concentration de nombreux composés.

Le principe de la mesure est de piéger chimiquement les composés à l'intérieur de la cartouche. Celle-ci est ensuite analysée en laboratoire et fournit une concentration moyenne sur l'ensemble de la période d'exposition. En revanche, ces outils ne permettent pas de connaître l'évolution temporelle des niveaux de pollution des composés durant la période d'échantillonnage.

La méthode utilisée correspond au protocole de mesure élaboré par le LCSQA en partenariat avec le CTSB pour la comparaison des concentrations aux valeurs de référence à long terme.



Fig. 4 : Tubes à diffusion passiver

IV.2. Mesure des paramètres de confort

Pour la mesure du taux de renouvellement d'air et des différents paramètres de confort, des analyseurs de type Q-Trak seront utilisés, ils permettent le suivi en continu de 4 paramètres : la température, l'humidité relative, le CO et le CO₂ (mesure toutes les 2 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 de personnes dans les locaux.



Fig. 5 : Analyseur Q-Trak Plus 8554

V. Stratégie de campagne

Pour cette étude, les moyens de prélèvement ont été placés à trois emplacements, deux à l'intérieur et un à l'extérieur pendant la période du 23 au 30 novembre 2009. A l'intérieur, les bureaux des personnes subissant des gênes (direction et secrétariat) ont fait l'objet de prélèvement à l'aide de quatre tubes à diffusion passive (deux pour la mesure des aldéhydes et deux pour la mesure des autres composés organiques volatils) et d'un analyseur Q-trak.

Pour que le point de prélèvement soit représentatif de la concentration d'exposition, les appareils d'échantillonnage doivent être placés de 1 à 2 mètres d'un mur et à une hauteur de 1 à 1,2 mètre (norme NF ISO 16000-2 : stratégie d'échantillonnage du formaldéhyde). De même, les moyens de prélèvement ne doivent pas être exposés au soleil ou être placés à proximité d'un système de chauffage ou à proximité des conduits de ventilation.

Les mesures de composés organiques volatils à l'extérieur ont été réalisées à proximité des bureaux à l'aide de tubes à diffusion passive. Conformément aux préconisations de l'OQAI, la concentration extérieure en CO_2 sera estimée à partir de la valeur minimale de CO_2 enregistrée lors d'une longue période d'inoccupation de la pièce (nuit, week-end).



Analyseur continu T° , CO_2 ,
 CO , HR

Tube à diffusion pour le
prélèvement des composés
organiques volatils

Fig.6: Lieux de prélèvements

VI. Résultats

VI.1. Contexte Météorologique [5]

Pendant la période du 23 au 30 novembre, de nombreuses averses ont eu lieu avec une nébulosité forte. Le vent est majoritairement de sud-ouest et assez fort avec un nombre important de rafales. La température est en baisse tous le long de cette période et inférieur aux normales saisonnières.

VI.2. Qualité des mesures

Les résultats présentés dans ce rapport sont des moyennes sur la période d'exposition, ils sont donnés pour une température de 20°C et une pression de 1013 hPa. Les concentrations moyennes obtenues sont exprimées en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les prélèvements ont tous été effectués en doublon, afin de valider les résultats et de vérifier la répétabilité des échantillonnages.

Des blancs de terrain ont suivi le même parcours que les tubes exposés, à l'exception du prélèvement et sont donc témoins de l'éventuelle contamination environnante durant le stockage et le transport. Les valeurs des blancs (faibles par rapport aux quantités prélevées dans les échantillons) ont été retranchées aux échantillons.

VI.3. Aldéhydes et BTEX

VI.3.1. Aldéhydes

Les concentrations en aldéhydes, mesurées lors de la campagne de mesure, sont systématiquement plus élevées à l'intérieur des locaux et sont relativement homogènes entre le secrétariat et la direction. Ces différences de niveau entre intérieur et extérieur s'expliquent par l'origine majoritairement interne des composés mesurés. Il faut cependant noter qu'il n'est pas possible de déterminer les sources responsables de ses concentrations avec précision, au vu de leurs diversités.

Dans le tableau suivant (Tab. 2), sont présentés les concentrations moyennes des aldéhydes, pour les différents points de mesure, ainsi que les valeurs réglementaires correspondantes.

Moyennes $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Secrétariat	Direction	Extérieur	Valeurs réglementaires
Formaldéhyde (ou méthanal)	14,47	14,78	1,42	$10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (VGAI en exposition chronique)
Propionaldéhyde (ou propanal)	0,74	0,64	0,23	/
Valéraldéhyde (ou pentanal)	1,25	0,91	0,16	$175 \text{ mg}/\text{m}^3$ (VME)
Héxaldéhyde (ou hexanal)	7,77	6,33	Ldq	/
Benzaldéhyde (ou aldéhyde benzoïque)	0,35	0,34	0,07	/
Acétaldéhyde (ou éthanal)	3,31	2,51	0,55	$180 \text{ mg}/\text{m}^3$ (VME)
Acroléine (ou propenal)	-	-	-	$250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (VLCT)
Butyraldéhyde (ou butanal)	3,55	5,46	Ldq	/
Isovéraldéhyde (ou isopentanal)	0,38	0,39	Ldq	/

Tab.2 : Concentrations en aldéhydes

Ldq (Limite de quantification) : il s'agit de la concentration à partir de laquelle le résultat est fiable.

Les concentrations moyennes mesurées les plus fortes concernent le formaldéhyde. **Dans chacune des pièces, elles dépassent la valeur guide fixée à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ par l'AFSSET pour une exposition chronique.** Pour ce composé, les concentrations mesurées sont du même ordre de grandeur que celles mesurées dans des bureaux similaires par l'ASPA en 2007 [6] et d'une manière générale équivalente à celles mesurées habituellement dans des bureaux d'après des rapports de l'INERIS [3] ou de l'AFSSET [7] établissant des inventaires des concentrations mesurées en environnement intérieur en France. Lors d'une précédente

ETUDE DE LA QUALITE DE L'AIR DANS LES LOCAUX DU SERVICE TERRITORIAL EDUCATIF DE MILIEU OUVERT DE RENNES

étude d'Air Breizh dans des locaux du Conseil Général des Côtes d'Armor, une concentration de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ avait été mesurée dans un bureau [8].

Pour les autres aldéhydes, les concentrations mesurées ne dépassent jamais les valeurs seuils de l'OMS ou les valeurs moyennes et limites d'exposition préconisées dans les atmosphères de travail (VME ou VLCT). Elles sont du même ordre de grandeur que les concentrations typiques d'une atmosphère de bureau [3], voire inférieures dans le cas de l'acétaldéhyde et du butyraldéhyde. Les concentrations de ces derniers sont bien inférieures (de 70% environ) à celles mesurées dans des locaux du Conseil Général des Côtes d'Armor en 2009 [8].

Pour certains aldéhydes, les concentrations extérieures ne dépassent pas la limite de quantification, c'est le cas de l'hexaldéhyde, du butyraldéhyde et de l'isovéraldéhyde dont les sources sont principalement internes aux bureaux (revêtements neufs, produits d'entretien...). Pour l'acroléine, aucune trace de ce composé n'a été mesurée que ce soit dans les bureaux ou à l'extérieur.

Pour les concentrations en aldéhydes, il faut noter l'influence de la météorologie et plus particulièrement de la température peu élevée pendant la campagne de mesure (21°C à l'intérieur et 10°C à l'extérieur). En effet, les émissions étant généralement plus fortes en période estivale en raison du caractère volatil de ces composés, il est probable que les concentrations dans les bureaux seraient plus fortes en été.

VI.3.2. BTEX

Les concentrations en BTEX sont systématiquement plus fortes à l'intérieur des locaux et les deux bureaux ont des concentrations du même ordre de grandeur pour tous les composés sauf pour le Toluène. En effet, les différences de concentrations en Toluène entre intérieur et extérieur sont importantes et varient du simple au double entre le secrétariat et la direction.

Dans le tableau suivant (Tab. 2), sont présentés les concentrations moyennes des BTEX, pour les différents points de mesure, ainsi que les valeurs réglementaires correspondantes.

Moyennes $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Secrétariat	Direction	Extérieur	Valeurs réglementaires
Benzène	1,58	1,34	1,03	$30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (VGAI entre 1 et 14 jours)
Toluène	25,78	54,80	2,13	$192\ 000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (VME)
Ethylbenzène	1,13	1,29	0,58	$88\ 400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (VME)
m-+p-Xylène	2,70	2,68	2,35	$221\ 000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (VME)
o-Xylène	1,44	1,51	1,06	$221\ 000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (VME)

Tab.3 : Concentrations en BTEX

L'ensemble des concentrations mesurées respectent les valeurs seuils de l'OMS ou les valeurs moyennes et les limites d'exposition préconisées dans les atmosphères de travail (VME ou VLCT).

Pour le benzène, les concentrations mesurées lors de la campagne de mesure sont inférieures à la moyenne des concentrations des bureaux parisiens ($3,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) indiquée dans l'inventaire des données française sur la qualité de l'air intérieur des bâtiments [4] et inférieur à la médiane des concentrations mesurées par l'OQAI lors d'une campagne nationale dans des logements français réalisé en 2006 ($2,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) [10]. Dans le cadre d'une étude similaire dans des bureaux, l'ASPA avait mesuré en 2007 une concentration en benzène de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [6]. Pour le benzène, seul composé mesuré possédant une valeur réglementaire pour l'air ambiant, l'objectif de qualité de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ainsi que la valeur limite de protection de la santé humaine de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, applicable au 1^{er} janvier 2010, sont respectés pendant la période de mesure.

Le benzène ayant une durée de vie de quelques jours et étant majoritairement émis par le trafic automobile et l'évaporation de l'essence, il est très probable que les concentrations mesurées dans les bureaux soient en partie liées à une source externe. Une accumulation de l'air entrant à l'intérieur des locaux peut avoir lieu si le renouvellement de l'air est insuffisant, notamment en raison d'une isolation trop importante.

ETUDE DE LA QUALITE DE L'AIR DANS LES LOCAUX DU SERVICE TERRITORIAL EDUCATIF DE MILIEU OUVERT DE RENNES

Pour le Toluène, comparativement à la médiane des concentrations mesurées dans des logements lors de la campagne nationale de l'OQAI en 2006 ($12,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) [10], **les concentrations mesurées dans les locaux du STEMO sont plus élevées, avec $25,78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le secrétariat et $54,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le bureau de la direction.**

Ces concentrations sont aussi beaucoup plus importantes que celles ayant pu être mesurées lors de campagnes similaires par Air Breizh en 2009 ($3,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) [8] ou par l'ASPA en 2007 (jusqu'à $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) [6]. Les sources de Toluène en environnement intérieur sont principalement l'usage de peinture, de colles, de solvants ainsi que la fumée de cigarette [9]. En Atmosphère extérieure, son origine est plutôt liée au trafic automobile par l'intermédiaire de l'utilisation de carburant, mais les différences entre les concentrations mesurées à l'intérieur et à l'extérieur montrent l'origine principalement interne de ce composé dans les deux bureaux. Cependant, il est difficile d'établir avec précision l'origine de ce composé en raison de la diversité des sources d'émissions qui peuvent être liées aux usages courants comme aux récents travaux et à l'ameublement. Il est possible que les fortes concentrations mesurées en toluène soient responsables des différentes gênes ressenties par les employés (maux de tête, irritations...).

Les concentrations en xylènes (ortho, méta et para) et en éthylbenzène, mesurées lors de la campagne, sont légèrement plus fortes que celles mesurées lors de campagnes de mesures menées par Air Breizh [8] ou l'ASPA [6] dans des atmosphères de bureaux. En revanche, elles sont plus faibles que les médianes des concentrations rencontrées dans les logements français en 2006 ($5,6$ et $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les m+p- et o-xylène et $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour l'éthylbenzène) [10]. Les différences entre concentrations extérieures et intérieures ne permettent pas d'établir une provenance interne de ce composé, qui est principalement émis par le trafic automobile.

VI.4. Monoxyde et dioxyde de carbone

VI.4.1. Monoxyde de carbone

Dans le tableau suivant (Tab. 4), sont présentés les résultats de mesures pour le monoxyde de carbone dans le secrétariat et dans le bureau de la direction :

Monoxyde de Carbone (en mg/m^3)	Moyenne	Médiane	Maximum	Minimum	Valeur réglementaire
Secrétariat	0,135	0,117	0,816	0	$100 \text{ mg}/\text{m}^3$ (AFSSET)
Direction	0,068	0,117	0,233	0	

Tab.4 : Concentrations en monoxyde de carbone

Les moyennes de concentrations mesurées dans le secrétariat et dans le bureau de la direction lors de la campagne de mesure sont très inférieures à la valeur guide de $100 \text{ mg}/\text{m}^3$ de l'AFSSET, ainsi qu'aux différentes valeurs de recommandation de l'OMS ($100 \text{ mg}/\text{m}^3$ sur 15 minutes, $60 \text{ mg}/\text{m}^3$ sur 30 minutes, $30 \text{ mg}/\text{m}^3$ sur 1 heure, $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ sur 8 heures).

De même, elles sont inférieures à la médiane des concentrations moyennes mesurées par l'OQAI dans une pièce de vie ($0,4 \text{ ppm}$ en moyenne glissante sur 8h) [10].

VI.4.2. Dioxyde de carbone

Au cours de la campagne de mesure, les concentrations en dioxyde de carbone sont particulièrement bien corrélées avec le degré d'occupation du bureau. Sur le graphique suivant, il est possible d'observer l'augmentation des concentrations le matin à l'arrivée des occupants, puis des variations en dents de scie au rythme des sorties des bureaux au cours de la journée et enfin une diminution des concentrations en fin de journée suite au départ du ou des occupants. En fin de journée, la concentration diminue jusqu'à atteindre un niveau de fond (350 ppm environ) que l'on retrouve le samedi et le dimanche. Le vendredi 27 novembre, le bureau de la direction étant inoccupé, seules de faibles variations de concentrations sont observables en raison de la présence d'autres employés dans les locaux. Pour le secrétariat, les mesures ne concernent que les trois premiers jours en raison d'un arrêt de l'appareil pour des causes non déterminées (l'appareil étant été retrouvé éteint, résultat d'un possible problème électrique).

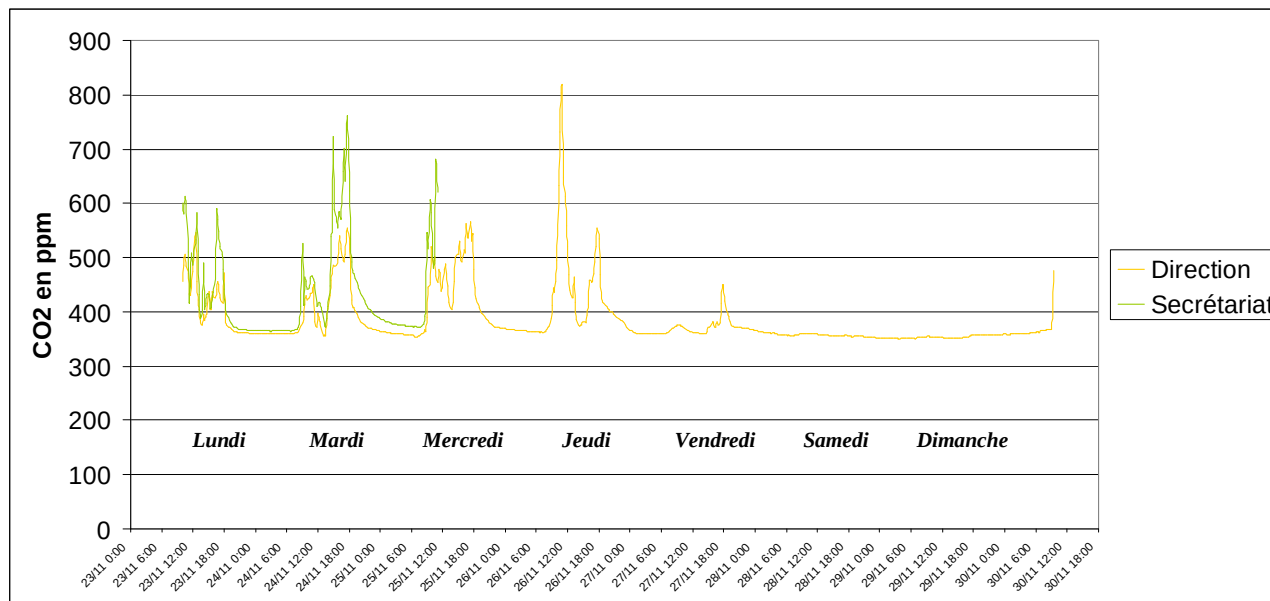


Fig. 7: Evolution des concentrations en dioxyde de carbone pendant la campagne de mesure

Lors de la campagne de mesure, les concentrations en CO₂ ne dépassent jamais le niveau de référence du Règlement Sanitaire Départemental de 1300 ppm. La concentration maximale atteinte pendant la campagne de mesure est de 759 ppm le 24 novembre à 17h45 dans le secrétariat et de 817 ppm le 26 novembre à 11 heures dans le bureau de la direction, en raison de la présence de trois personnes.

VI.4.3. Evaluation du confinement à partir des concentrations en dioxyde de carbone

Dans le cadre de cette étude, nous allons évaluer le taux de renouvellement d'air dans les bureaux à partir des enregistrements des concentrations en dioxyde de carbone, et plus particulièrement à partir de l'étude des phases de décroissance du CO₂.

La loi de décroissance des concentrations en fonction du temps est la suivante :

$$(C_{\text{int}(t)} - C_{\text{ext}}) / (C_{\text{int}(0)} - C_{\text{ext}}) = e^{(-Nt)} \quad [10]$$

Avec : C_{int(t)} est la concentration intérieure de CO₂ à l'instant t
C_{ext} est la concentration de CO₂ à l'extérieur, soit la concentration minimum
N est le taux de renouvellement d'air du local (vol/h).

L'exploitation des séquences de décroissance permet donc de connaître le renouvellement d'air en période d'inoccupation du bureau. En période d'occupation, ce renouvellement est nécessairement moins important dans la mesure où une ou plusieurs sources sont présentes dans la pièce.

L'ensemble des phases de décroissance est repéré par un numéro sur le graphique d'évolution des concentrations en CO₂ pour le secrétariat et pour la direction (Fig. 8). Le renouvellement d'air est ensuite calculé à partir de la loi de décroissance des concentrations. Les résultats numériques sont présentés dans le tableau en annexe.

ETUDE DE LA QUALITE DE L'AIR DANS LES LOCAUX DU SERVICE TERRITORIAL EDUCATIF DE MILIEU OUVERT DE RENNES

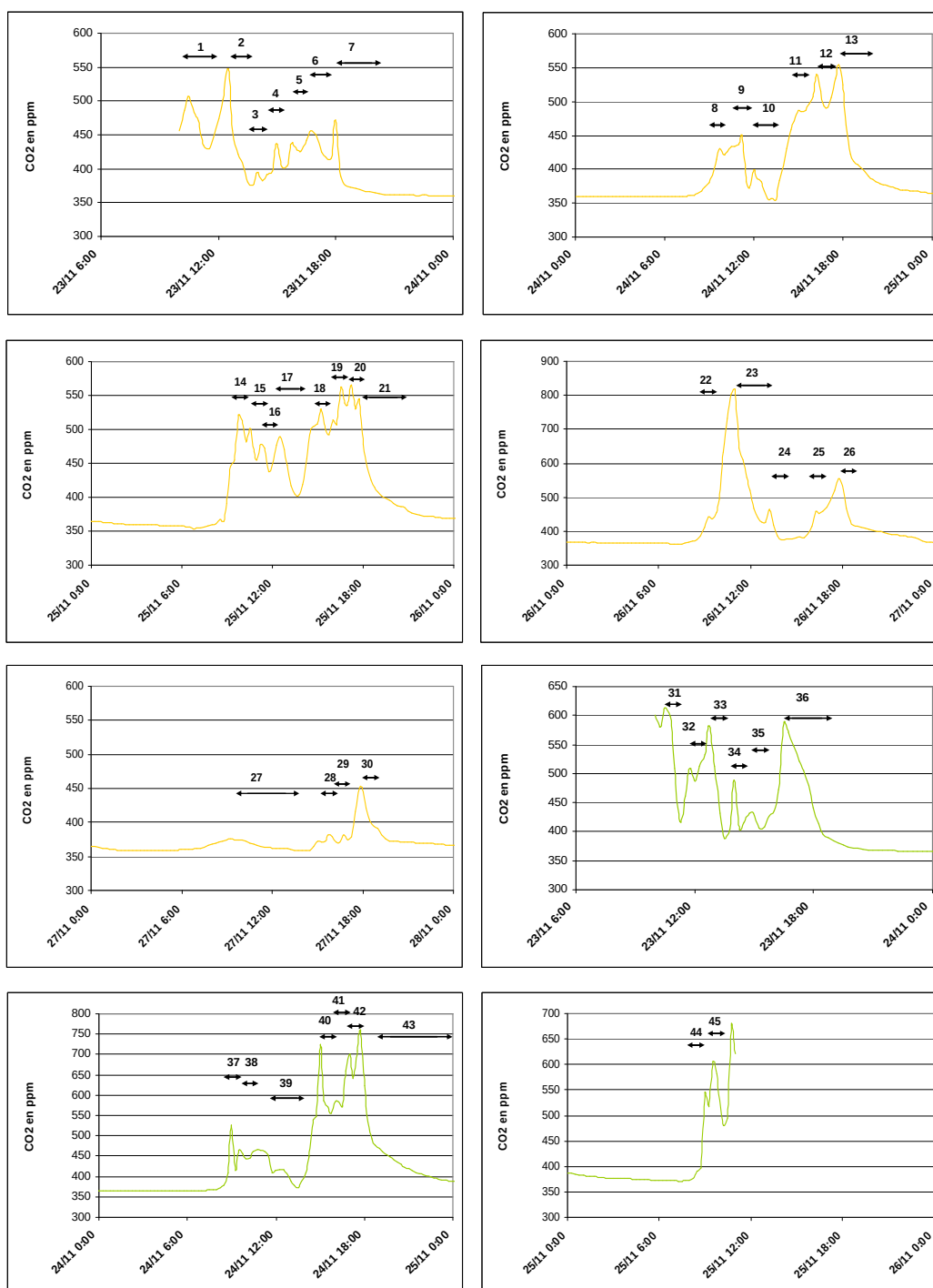


Fig.8: Evolution des concentrations et phases de décroissance du CO₂ pour le secrétariat(en vert) et la direction (en orange)

Les taux de renouvellement d'air N, calculés à l'aide de la méthode de décroissance, sont compris entre 0,07 vol/h et 2,94 vol/h. Ils sont conditionnés en grande partie par les conditions d'aération de la pièce comme l'ouverture ou la fermeture des portes et des fenêtres, par le renouvellement d'air par les ventilations et par la présence de personnel dans la pièce.

Aucune information précise sur la présence des occupants n'est disponible pendant les phases de décroissance, il est donc impossible d'établir des situations typiques de renouvellement d'air dans le bureau. Cependant, d'après l'expérience acquise lors de précédentes campagnes de mesures, pour des taux de

ETUDE DE LA QUALITE DE L'AIR DANS LES LOCAUX DU SERVICE TERRITORIAL EDUCATIF DE MILIEU OUVERT DE RENNES

renouvellement d'air faibles ($N < 1$), le bureau est dans une atmosphère relativement cloisonnée où les fenêtres de la pièce sont probablement fermées. Dans notre cas, plusieurs situations de bon renouvellement d'air peuvent être observées (valeur de N importante) en cas d'absence de personnel dans la pièce lors des repas ou en fin de journée. Ces mesures de renouvellement d'air ont été réalisées à titre indicatif, elles montrent un relatif cloisonnement du bureau avec une augmentation des concentrations en présence de personnel.

VI.4.4. Paramètres de confort

La température $T(^{\circ}\text{C})$ et l'humidité relative $HR(\%)$ sont les principaux paramètres de confort, ils peuvent notamment être à l'origine de l'apparition d'acariens ou de moisissures qui peuvent à leur tour avoir un impact sur la santé et sur le ressenti de l'habitant. D'après l'OQAI, l'humidité relative doit être comprise entre 40 et 70% et la température entre 18 et 22°C pour que le confort soit optimum.

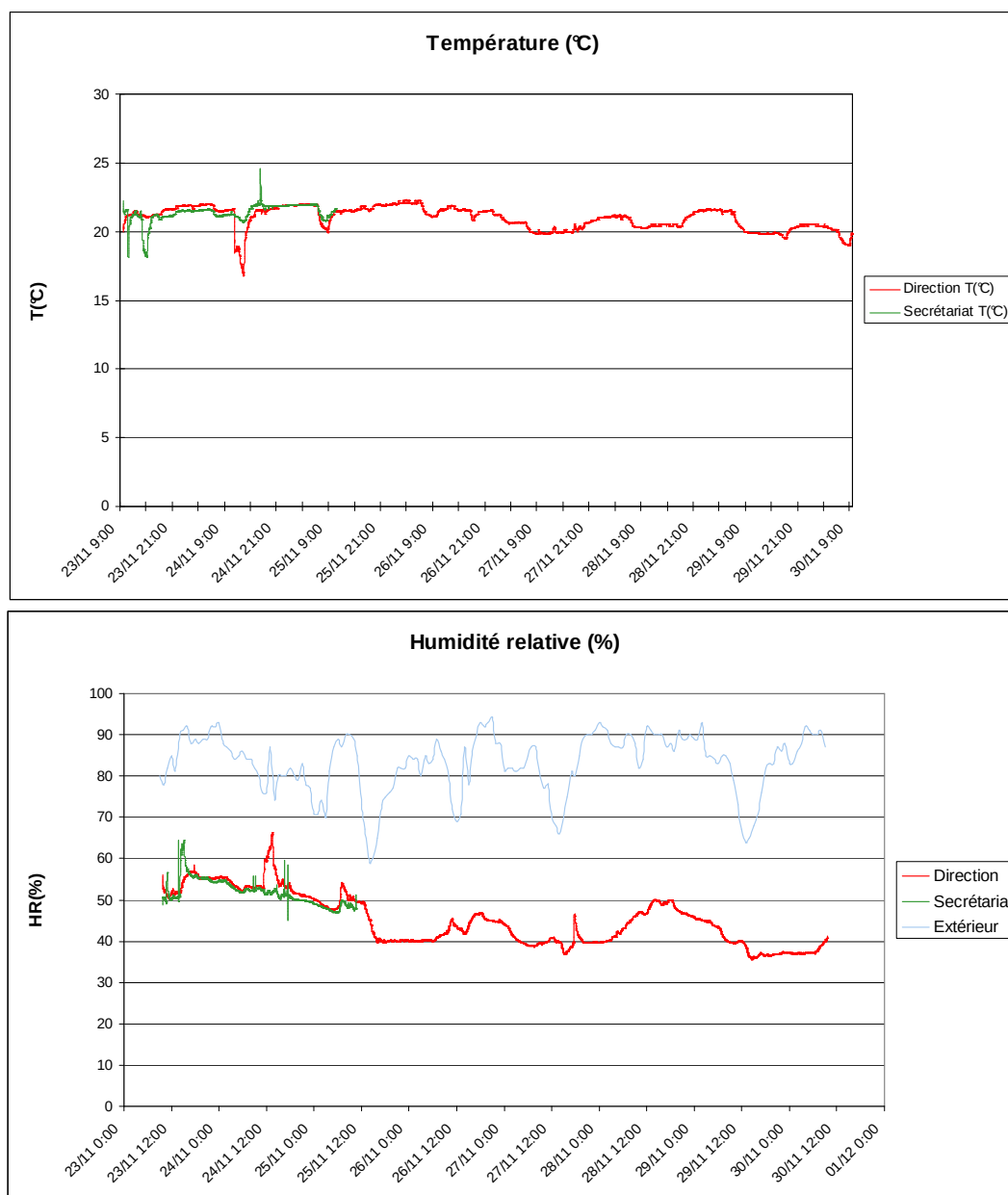


Fig.9: Evolution de la température et de l'humidité relative dans le bureau de la direction et du secrétariat

Lors de la campagne de mesure, l'humidité relative est pratiquement toujours située entre les bornes requises pour un confort optimum sauf le 27 et 29 novembre où elle descend légèrement en dessous des 40%. D'une manière générale, l'humidité relative varie de manière importante (environ 15 % entre le début et la fin de semaine) dans les locaux et semble être influencée par les conditions météorologiques extérieures (averses en début de semaine) ainsi que par l'ouverture probable des fenêtres notamment dans le cas de variations rapides.

La température est toujours en-dessous de 22°C, borne supérieure de confort optimum, et pratiquement toujours au-dessus de la borne inférieure de 18 °C. En revanche, lors de l'ouverture probable d'une fenêtre, il est possible d'observer une chute rapide de la température (le 24 novembre à 11h15 par exemple).

VII. Conclusion

Les mesures réalisées au cours de cette campagne d'étude ont permis d'effectuer un bilan de la qualité de l'air intérieur de locaux au sein du Service Territorial Educatif de Milieu Ouvert (STEMO) de la Direction Départementale de la Protection Judiciaire de la Jeunesse (DDPJJ) de Rennes, en mesurant les concentrations de différents polluants dans deux bureaux et à l'extérieur des locaux.

Les concentrations en formaldéhyde (14,78 µg/m³ dans le bureau de la direction et 14,47 µg/m³ dans le secrétariat) dépassent toujours la valeur guide de l'AFSSET pour une exposition chronique (10 µg/m³). En revanche, les valeurs pour une exposition à court terme ainsi que les valeurs seuil de l'OMS sont respectées.

L'ensemble des autres composés mesurés respectent les valeurs guides proposés par l'OMS ou les valeurs moyennes et limites d'exposition préconisées dans les atmosphères de travail. Pour le Toluène, les concentrations mesurées lors de la campagne (54,8 µg/m³ dans le bureau de la direction et 25,78 µg/m³ dans le secrétariat) sont plus élevées que celles mesurées traditionnellement dans les atmosphères de bureau.

Les concentrations mesurées à l'intérieur sont plus fortes qu'à l'extérieur, mais ces différences ne permettent pas d'établir une provenance interne certaine pour l'ensemble des composés. Seuls le Toluène et le formaldéhyde dont les écarts de concentrations internes et externes sont importants, ont très probablement une origine interne. Les sources d'émissions potentielles étant multiples à l'intérieur des locaux (peintures, matériaux, produits d'entretiens...) [10], il est difficile de les identifier.

L'évaluation du taux de renouvellement d'air dans les bureaux a montré que ces pièces possédaient une atmosphère plutôt confinée en présence de personnel, pouvant avoir un impact sur l'accumulation de polluants. Une aération systématique de la pièce notamment par ouverture des fenêtres pourrait permettre d'agir sur la qualité de l'air dans le bureau, mais ceci reste à vérifier.

Enfin, il faut noter que cette campagne de mesure n'est représentative que de la période étudiée et ne permet pas d'appréhender l'ensemble des gênes ressenties.

Bibliographie

- [1] INRS – Fiches Toxicologiques (Toluène, o-Xylène, m+p-Xylène, 1-méthoxy-2-propanol, 2-butoxyéthanol, n-décane, n-undécane, Trichloroéthylène, 2-éthoxyéthanol, cyclohexane, formaldéhyde, propion-aldéhyde, valéraldéhyde, hexaldéhyde, benzaldéhyde, Ethers de Glycol)
- [2] AFSSET – Valeurs guides de qualité d'air intérieur – Document cadre et éléments méthodologiques – Juillet 2007
- [3] INERIS – Exposition aux aldéhydes dans différents microenvironnements - *Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air* - Convention 31/2001 - Y. GODET – I. ZDANEVITCH - *Unité Qualité de l'Air Direction des Risques Chroniques* - Juin 2003
- [4] MOSQUERON L., NEDELLEC V. – Inventaire des données françaises sur la qualité de l'air intérieur des bâtiments - Actualisation des données sur la période 2001-2004 – Rapport OQAI - Paris – 2004 – 61 p.
- [5] Météo France – Bulletin Climatologique Mensuel – Ille-et-Vilaine – Novembre 2010
- [6] ASPA - Campagne de mesure de la qualité de l'air intérieur dans les locaux de la cité administrative de Colmar – Juin 2007
- [7] AFSSET - Risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde dans les environnements intérieurs et extérieurs - Evaluation des risques sanitaires pour la population générale - Mai 2008
- [8] Air Breizh – Etudes de la qualité de l'air dans les locaux du Conseil Général des Côtes-d'Armor – Septembre 2009
- [9] INERIS Exposition par inhalation au benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes (BTEX) dans l'air Sources, mesures et concentrations
- [10] OQAI - Campagne nationale Logements – Etat de la qualité de l'air dans les logements français – Rapport Final – Novembre 2006

ETUDE DE LA QUALITE DE L'AIR DANS LES LOCAUX DU SERVICE TERRITORIAL EDUCATIF DE
MILIEU OUVERT DE RENNES

ANNEXE

Jour	N°	Heure du début	Durée	N (Vol/h)	Jour	N°	Heure du début	Durée	N (Vol/h)
Direction					Secrétariat				
23-nov	1	10h30	1h	0,67	23-nov	31	10h30	45min	1,27
	2	12h30	1h15	1,64		32	11h45	15min	0,42
	3	14h	15min	1,26		33	12h45	45min	1,49
	4	15h	30min	0,98		34	14h	15min	1,92
	5	15h45	30min	0,28		35	15h	30min	0,23
	6	16h45	1h	0,49		36	16h30	2h	0,53
	7	18h	1h	1,75					
24-nov	8	9h45	15min	0,47	24-nov	37	9h	15min	2,65
	9	11h15	30min	2,94		38	9h30	30min	0,24
	10	12h	1h15	1,53		39	12h30	1h	0,45
	11	15h15	15min	0,07		40	15h	45min	0,66
	12	16h15	45min	0,40		41	16h15	15min	0,15
	13	17h45	1h15	1,40		42	17h	15min	0,63
						43	17h45	2h	0,55
25-nov	14	9h45	30min	0,52	25-nov	44	9h	15min	0,46
	15	10h30	30min	0,74		45	9h30	1h	0,44
	16	11h15	30min	0,77					
	17	12h30	1h15	0,76					
	18	15h15	30min	0,47					
	19	16h30	30min	0,26					
	20	17h15	15min	0,73					
	21	17h45	1h15	1,23					
26-nov	22	9h15	15min	0,40					
	23	11h	2h	0,90					
	24	13h15	1h	1,54					
	25	16h30	15min	0,16					
	26	17h45	6h15	1,08					
27-nov	27	9h30	5h	0,19					
	28	16h	30min	0,82					
	29	16h45	30min	0,18					
	30	18h	1h30	0,91					