

“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 Conseil Général des
Côtes-d'Armor**



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

Etude réalisée par Air Breizh
avec la participation
du conseil général des Côtes d'Armor

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 M. le Président du Conseil Général des Côtes d'Armor, ainsi que Mme PAULMIER et l'ensemble des employés du conseil Général, 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. COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS [1][2].....	6
III.2. MONOXYDE ET DIOXYDE DE CARBONE	9
IV. MATERIEL UTILISE	10
IV.1. MESURE DES COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS ET DES ALDEHYDES	10
IV.2. MESURE DES PARAMETRES DE CONFORT	10
V. STRATEGIE DE CAMPAGNE.....	11
VI. RESULTATS	12
VI.1. CONTEXTE METEOROLOGIQUE [4]	12
VI.2. QUALITE DES MESURES	12
VI.3. COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS	12
VI.4. MONOXYDE ET DIOXYDE DE CARBONE	15
VII. CONCLUSION	20
BIBLIOGRAPHIE.....	21

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
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
g/l	grammes par litre
HAP	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
HR	Humidité relative
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
µm	Micromètre (10 ⁻⁶ mètre)
Narcose	Sommeil artificiel obtenu par l'administration d'une substance chimique
N ₂	Diazote
NO	Monoxyde d'azote
NO ₂	Dioxyde d'azote
NO _x	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
TSP	Total Suspended Particulate (Particules Totales en Suspension)
VLE	Valeur Limite d'Exposition
VME	Valeur Moyenne d'Exposition

I. Introduction

L'objectif de l'étude était d'effectuer des mesures dans plusieurs salles des locaux du conseil général des Côtes-d'Armor dont un étage a récemment subi des travaux de rénovation et notamment de peinture. En effet, une des employées étant allergique aux composés organiques volatils, le Conseil Général des Côtes-d'Armor a souhaité que des mesures soient réalisées afin de connaître les concentrations possibles de ces composés dans les locaux.

La qualité de l'air intérieur est une thématique importante dans la mesure où nous passons 80 à 90 % de notre temps dans des lieux clos : habitations, lieux de travail, moyens de transport, écoles, 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.

L'impartialité de ses actions est assurée par la composition quadripartite de son Assemblée Générale 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. Composés organiques volatils [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).

On dissocie souvent le méthane des COV pour des raisons de sources d'émissions différentes et de son effet particulier sur l'environnement (gaz à effet de serre), on parle alors de composés organiques volatils non méthaniques (COVNM). 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 COVNM 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 COVNM 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 commune de St Brieuc dont la répartition est représentée sur le graphique ci-contre, la principale source d'émission de COVNM est l'Industrie avec **52%** des émissions annuelles de la commune. Les secteurs Résidentiel & Tertiaire et Transport représentent des sources d'émissions annuelles importantes avec **25%** et **23%** des émissions de la commune. Le secteur Agricole ne représente qu'une faible part des émissions annuelles de la commune avec moins de **1%** des émissions.

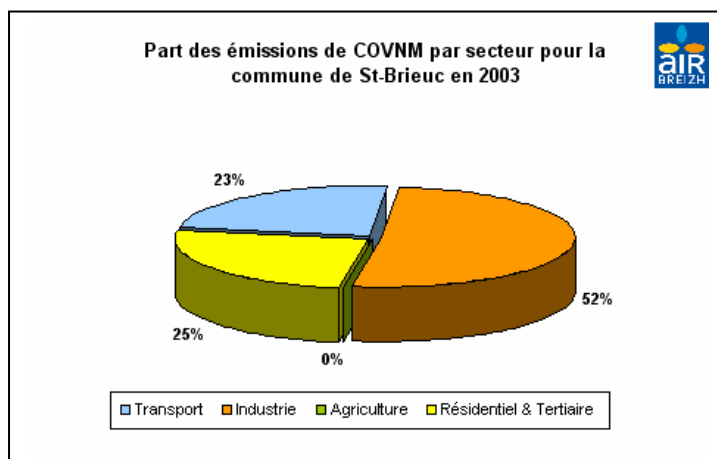


Fig. 2 : Répartition des émissions de COVNM par secteur

Dans la mesure où le type de COV provoquant des allergies sur cet employé n'était pas connu, les mesures ont portées sur les traceurs de la peinture. La peinture utilisée est de type laque glycérophthalique avec une teneur en COV de 399g/l (conforme à la directive COV du 2004/42/CE).

Le choix des composés s'est donc orienté vers les composés les plus souvent émis par les peintures et dont l'impact sur la santé est important. Les COV choisis sont le **toluène**, le **o-xylène**, le **m+p-xylène**, le **1-méthoxy-2-propanol**, le **2-butoxyéthanol**, le **n-décane**, le **n-undécane**, le **trichloroéthylène**, le **2-éthoxyéthanol**, et le **cyclohexane**. Les aldéhydes mesurés sont le **formaldéhyde**, le **propion-aldéhyde**, le **valéraldéhyde**, l'**héxaldéhyde** et le **benzaldéhyde**.

Nom	Catégorie	Valeurs réglementaires		Impact sur la santé	Sources
		France	Autres		
Formaldéhyde	Aldéhyde	AFSSET : 50 µg/m ³ pendant 2 heures 10 µg/m ³ en exposition chronique Ministère du travail : VME 625 µg/m ³ VLE 1250 µg/m ³	OMS : 100 µg/m ³ sur 30 min dans l'air ambiant	Problème respiratoire aigus, Cancérogène probable chez l'homme	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	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
Toluène	Hydrocarbure Aromatique	Ministère du travail : VME 192 mg/m ³ VLE 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, atteintes neurologiques	Peintures, vernis, colles, encres, moquettes, tapis, colmatage siliconé, vapeur d'essence
o-Xylène	Hydrocarbure Aromatique	Ministère du travail : VME 435 mg/m ³ VLE 650 mg/m ³	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 Aromatique	Ministère du travail : VME 435 mg/m ³ VLE 650 mg/m ³	Europe : 221 mg/m ³ sur 8h/j ou 40h/semaine 442 mg/m ³ à court terme	Atteintes neurologiques	Peintures, vernis, colles, insecticides

1-méthoxy-2-propanol	Glycols	Ministère du travail : VME 375 mg/m ³ VLE 568 mg/m ³	Europe : 375 mg/m ³ sur 8h/j 568 mg/m ³ à court terme	Irritation des voies respiratoires, maux de tête, effets sur le système nerveux	Peintures, vernis, laques, savons, cosmétiques, fongicides, herbicides, produits de traitement du bois, colmatage siliconé
2-butoxyéthanol	Glycols	Ministère du travail : VME 9,8 mg/m ³ VLE 147,6 mg/m ³	OMS : 13100 µg/m ³ (7j) Europe : 98 mg/m ³ sur 8h 246 mg/m ³ à court terme	Irritation des yeux et des voies respiratoires, altération hématologique	Peintures, vernis, laques, savons, cosmétiques, fongicides, herbicides, produits de traitement du bois, calfatage siliconé
n-décane	Hydrocarbure aliphatique	<i>Pas de valeur guide</i>	<i>Pas de valeur guide</i>	Non connus	White-spirit, colles pour sol, cires, vernis à bois, nettoyeurs pour sol, moquettes, tapis
n-undécane	Hydrocarbure aliphatique	<i>Pas de valeur guide</i>	<i>Pas de valeur guide</i>	Non connus	White-spirit, colles pour sol, cires, vernis à bois, nettoyeurs pour sol, moquettes, tapis
Trichloroéthylène	Hydrocarbure halogénés	Ministère du travail : VME 405 mg/m ³ VLE 1080 mg/m ³	Etats-Unis : 54 mg/m ³ sur 8h 135 mg/m ³ à court terme	Effet neurologique, cancers (testicules, foie, lymphatique)	Peintures, vernis, colles, encres, moquettes, tapis, calfatage siliconé, vapeur d'essence
2-ethoxyéthanol	Glycols	Ministère du travail : VME 19 mg/m ³	Allemagne : 76 mg/m ³	Maux de tête, confusion mentale, perte de conscience, altération de la fertilité, risque d'effets néfastes pendant la grossesse	Peintures, laques, vernis, encre d'imprimerie, huiles solubles, antigel pour carburant d'aviation
Cyclohexane	Cycloalcanes	Ministère du travail : VME 1050 mg/m ³ VLE 1300 mg/m ³	Allemagne : 700 mg/m ³	Somnolence, vertiges, perte de conscience, atteintes du système nerveux	Peintures, encres d'imprimerie, résine, huiles, graisse bitume

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)
VLE : 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)

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 commune de St Brieuc dont la répartition est représentée sur le graphique ci-contre, la principale source d'émission de CO est le secteur Résidentiel et Tertiaire avec **69%** des émissions annuelles de la commune. Les secteurs des Transports représentent des sources d'émissions annuelles importantes avec **31%** 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.

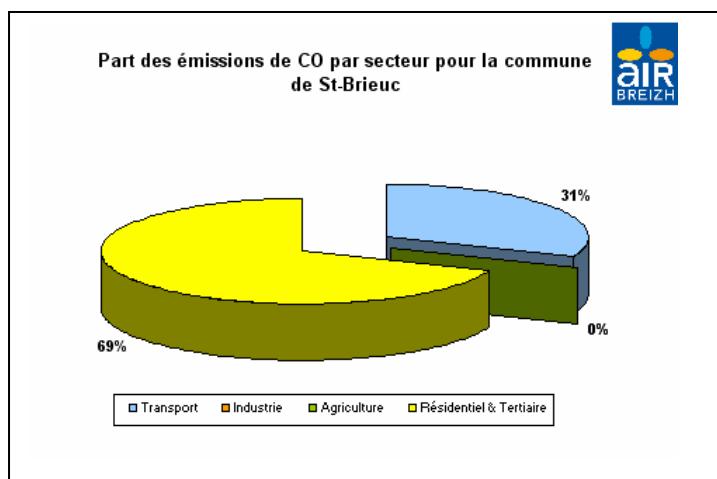


Fig. 3 : Répartition des émissions de CO par secteur

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 [10] 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 salles du Conseil Général des Côtes-d'Armor, ainsi que différents paramètres de confort comme la température l'humidité 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).

IV.1. Mesure des composés organiques volatils et des aldéhydes

Pour la mesure des composés organiques volatils et des aldéhydes, la technique de l'échantillonnage passif par tubes à diffusion sera utilisée. Cette méthode de mesure ne nécessitant pas d'alimentation électrique et peu d'entretien, permettra 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.



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.



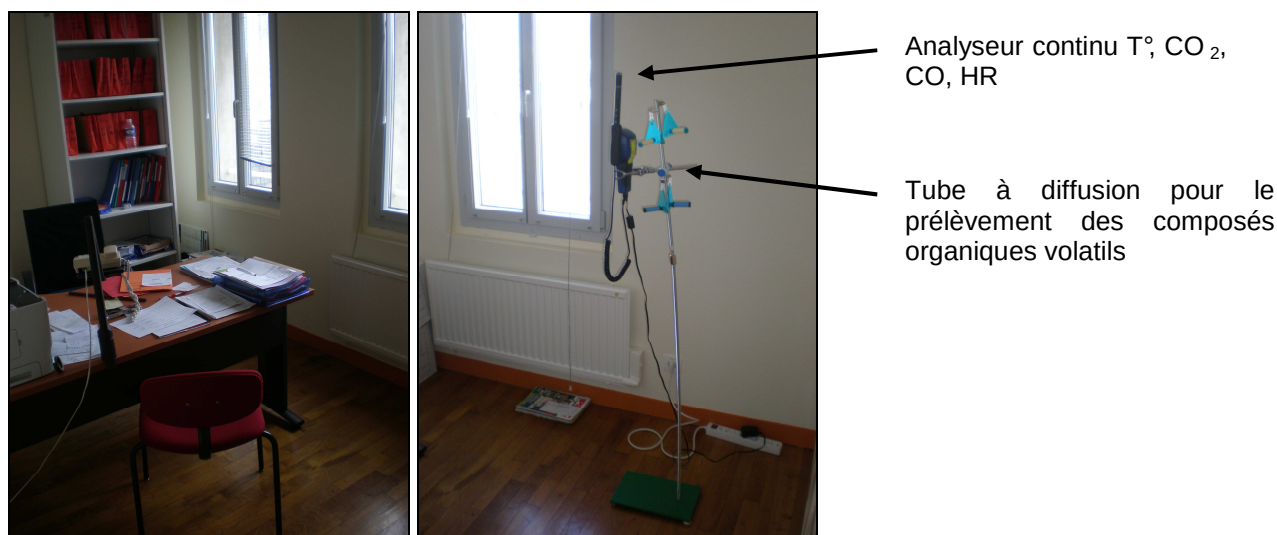
Fig. 5 : Analyseur Q-Trak Plus 8554

V. Stratégie de campagne

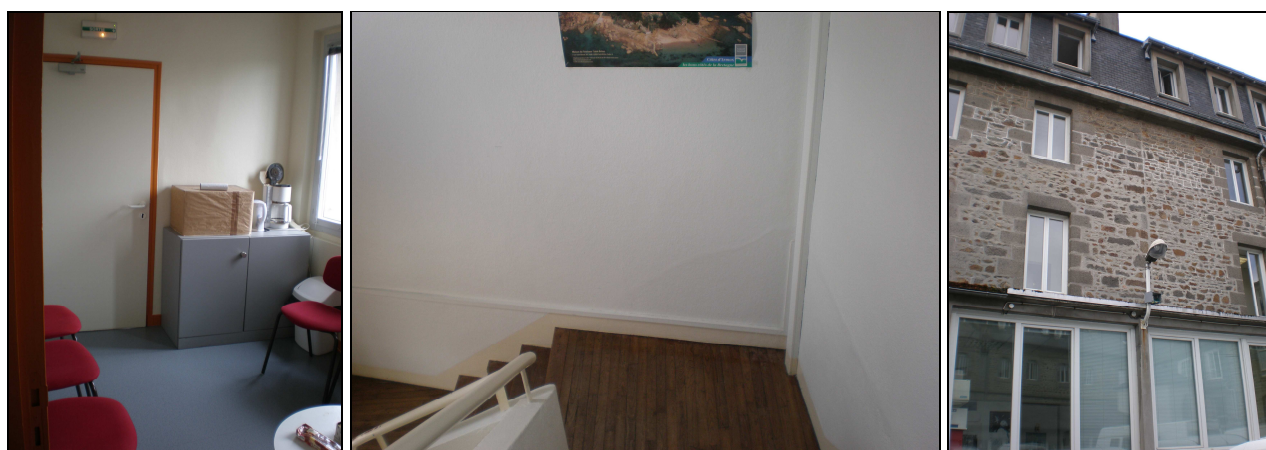
Pour cette étude, les moyens de prélèvement ont été placés à quatre emplacements, trois à l'intérieur et un à l'extérieur. A l'intérieur, le choix des emplacements s'est porté sur le bureau de l'employée concernée, une salle de repos commune à tous les employés et le couloir.

Pour que le point de prélèvement soit représentatif de la concentration d'exposition, les appareils d'échantillonnage doivent être placés à au moins 1 ou 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, 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, en respectant les critères d'implantation des sites de mesure en air extérieur. Conformément aux préconisations de l'OQAI, la concentration extérieure en CO₂ sera estimée à partir de la valeur minimale de CO₂ enregistrée lors d'une longue période d'inoccupation de la pièce (nuit, week-end).



Bureau



Salle de repos

Couloir

Extérieur

Fig.6: Lieux de prélèvements

La campagne de mesure a eu lieu du 22 au 29 juin 2009, chaque emplacement de mesure a été équipé de quatre tubes à diffusion passive (deux pour la mesure des aldéhydes et deux pour la mesure des autres composés organiques volatils) et le bureau a aussi été équipé d'un analyseur Q-trak.

VI. Résultats

VI.1. Contexte Météorologique [4]

En début de semaine (du 22 au 24 juin), le temps est sec et relativement ensoleillé avec des températures agréables en raison du déplacement d'un anticyclone du proche Atlantique vers la Mer du Nord. Pendant le reste de la semaine et jusqu'au début de la suivante (du 25 au 29 juin), le département des Côtes d'Armor est soumis à un flux de sud avec des masses d'air chaudes et humides favorisant la formation d'orages le 25 et 29 juin (avec localement de fortes précipitations) et une remontée des températures.

D'une manière générale, les températures du mois de juin sont supérieures aux normales saisonnières pour les minimales ainsi que pour les maximales.

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. Composés organiques volatils

VI.3.1. Aldéhydes

Les concentrations moyennes en aldéhydes sur la campagne de mesure sont systématiquement plus élevées à l'intérieur des locaux et sont relativement homogènes d'une pièce à l'autre avec tout de même des valeurs légèrement plus fortes dans le bureau. Les différences entre concentrations moyennes intérieures et extérieures permettent de conclure sur une origine majoritairement interne de ces composés.

Le fait que les concentrations moyennes soient sensiblement plus fortes dans le bureau est probablement lié à une aération moins importante de cette pièce comparativement à la salle repos ou au couloir.

Moyennes $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bureau	Salle repos	Couloir	Extérieur	Valeurs réglementaires
Formaldéhyde (ou méthanal)	40,8	38,7	25,4	3,4	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (AFSSET) en exposition chronique
Propionaldéhyde (ou propanal)	2,5	2,3	1,8	0,3	/
Valéraldéhyde (ou pentanal)	5,7	4,5	3,0	0,3	175 mg/m^3 (VME)
Héxaldéhyde (ou hexanal)	30,4	23,5	15,0	0,6	/
Benzaldéhyde (ou aldéhyde benzoïque)	1,3	1,3	1,1	0,1	/
Acétaldéhyde (ou éthanal)	10,2	9,6	7,2	1,7	180 mg/m^3 (VME)
Acroléine (ou propenal)	nd	nd	nd	nd	250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (VLE)
Butyraldéhyde (ou butanal)	13,1	11,6	7,8	0,4	/
Isovéraldéhyde (ou isopentanal)	0,8	0,9	0,6	0,1	/

Tab.2 : Concentrations en aldéhydes

Dans ce tableau (Tab. 2), est présenté l'ensemble des résultats de mesures pour les aldéhydes, y compris ceux qui ne sont pas émis par les peintures et qui n'étaient pas suivis initialement (acétaldéhyde, acroléine, butyraldéhyde et isopentanal).

Le formaldéhyde est le composé dont les concentrations moyennes mesurées sont les plus fortes. Elles dépassent, dans chacune des pièces, la valeur guide pour une exposition à long terme fixée à 10 µg/m³ par l'AFSSET. Ces niveaux de concentrations sont supérieurs aux concentrations que l'on peut retrouver habituellement dans des bureaux similaires (entre 5,8 et 30 µg/m³) d'après des études du LCSQA et de l'ASPA. En revanche, des concentrations allant jusqu'à 500 µg/m³ ont été mesurées dans un immeuble de bureau Parisien [5].

Pour les autres aldéhydes, les concentrations ne dépassent jamais les valeurs seuils de l'OMS ou les valeurs limites et moyennes d'expositions préconisées dans les atmosphères de travail (VME ou VLE), et elles sont du même ordre de grandeur que les concentrations typiques d'une atmosphère de bureau [3]. Seul l'héxaldéhyde présente une concentration légèrement supérieure à celle mesurée par l'INERIS en 2000 (25 µg/m³) [3]. La répartition des concentrations de ce composé dans les différentes pièces est corrélée avec les niveaux des autres aldéhydes et notamment avec celui du formaldéhyde, il est donc probable que les sources d'émission au sein des différents lieux soient les mêmes (résines et colles du mobilier ainsi que peintures). D'après une étude de 2002 sur l'exposition aux aldéhydes dans l'air, les paramètres influençant les concentrations en hexaldéhyde dans un logement sont principalement la présence de revêtements neufs et l'utilisation de produits d'entretien [6].

Pour les concentrations en aldéhydes, il faut noter l'influence de la météorologie et plus particulièrement de la température pendant la campagne de mesure. En effet, les températures étaient supérieures aux normales saisonnières donc assez élevée, favorisant ainsi les émissions dans les locaux (une température maximale de 27°C a été atteinte dans le bureau le samedi 28 juin).

VI.3.2. Autres composés organiques volatils

Les concentrations en composés organiques volatils sont systématiquement plus fortes à l'intérieur des locaux mais les différences ne sont pas aussi notables que pour les aldéhydes. En effet, pour la plupart des composés, les concentrations à l'intérieur des locaux sont très proches de celles mesurées à l'extérieur. Seul le 1-méthoxy-2-propanol, le 2-butoxyéthanol et le cyclohexane présentent des concentrations très supérieures dans les locaux, permettant de conclure sur une origine principalement interne pour ces trois composés. Pour les autres composés organiques volatils dont la différence de concentrations intérieures et extérieures est faible, l'origine des émissions est plus variée. En effet, des composés, comme le toluène par exemple, possèdent des sources intérieures (peintures, vernis, encres...) comme des sources extérieures (vapeur d'essence...).

En µg/m ³	Bureau	Salle repos	Couloir	Extérieur	Valeurs réglementaires
Toluène	3,1	3,5	3,5	2,7	192 mg/m ³ (VME)
o-Xylène	0,7	0,7	0,7	0,5	435 mg/m ³ (VME)
m-+p-Xylène	2	2,1	1,8	1,4	435 mg/m ³ (VME)
1-Méthoxy-2-propanol	7	5,9	4,7	<0,1	375 mg/m ³ (VME)
2-Butoxyéthanol	30,1	32,5	14,5	<0,1	9.8 mg/m ³ (VME)
n-Décane	1,6	1,6	1,3	0,8	/
n-Undécane	1,7	1,4	1,2	1,1	/
Trichloroéthylène	0,2	0,1	0,1	<0,1	405 mg/m ³ (VME)
2-Ethoxyéthanol	4,3	2,6	2,2	<0,1	19 mg/m ³ (VME)
Cyclohexane	nd	nd	nd	nd	1050 mg/m ³ (VME)

nd : non quantifiable en raison d'interférence chromatique lors de l'analyse

Tab.3 : Concentrations en composés organiques volatils

Dans le tableau ci-dessus (Tab.3), sont présentés les résultats des mesures de concentrations moyennes pour 10 composés organiques volatils couramment émis par les peintures et les matériaux utilisés dans le logement.

Le 2-butoxyéthanol est le composé dont les concentrations moyennes sur la campagne de mesure, à l'intérieur, sont les plus fortes. Il est bien supérieur à la médiane des concentrations ($1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) mesurées par l'OQAI dans le cadre de sa campagne nationale dans les logements de 2006 [7] ou à celle mesurée par l'ASPA ($4,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) [8].

L'ensemble des composés organiques volatils mesurés ne dépasse jamais les valeurs seuil de l'OMS ou les valeurs limites ou moyennes d'expositions préconisée dans les atmosphères de travail (VME ou VLE).

Pour le toluène, l'o-xylène, le m-+p-xylène, le n-décane, le n-undécane et le trichloroéthylène, les concentrations moyennes mesurées à l'intérieur lors de la campagne de mesure, sont inférieures aux médianes de concentrations mesurées par l'OQAI dans les logements [7] ou aux concentrations moyennes mesurées par l'ASPA dans une école primaire en 2008 [8].

Pour le 1-méthyl-2-propanol, les concentrations moyennes mesurées sont légèrement plus fortes que la médiane des concentrations moyennes mesurées par l'OQAI dans les logements ($1,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) [7] mais sont très largement inférieures à celles qui ont été mesurées par l'ASPA ($57 \mu\text{g}/\text{m}^3$) [8].

Le 2-éthoxyéthanol présente, quant à lui, des concentrations légèrement plus fortes que celles mesurées par L' ASPA en 2008.

Comme pour les aldéhydes, la température plutôt élevée lors de la campagne de mesure, a une influence sur les émissions de composés organiques volatils à l'intérieur des locaux.

VI.3.3. Somme et contribution des composés organiques volatils

Pour le formaldéhyde, l'hexaldéhyde, le 2-butoxyéthanol, le 2-éthoxyéthanol et le 1-methoxy-2-propanol, les différences de concentrations mesurées à l'intérieur et à l'extérieur sont importantes et permettent de conclure sur une origine principalement intérieure. En revanche, pour le toluène, les xylènes, le n-décane et le n-undécane, les faibles différences de concentrations entre les mesures intérieures et extérieures permettent de déduire que ces composés possèdent une origine externe importante. Le Toluène est à l'extérieur le composé avec les concentrations mesurées les plus importante, notamment en raison du trafic automobile. Pour les autres composés (propanal, benzaldéhyde, pentanal, trichloroéthylène et cyclohexane), les concentrations sont trop faibles pour permettre de conclure sur leur origine.

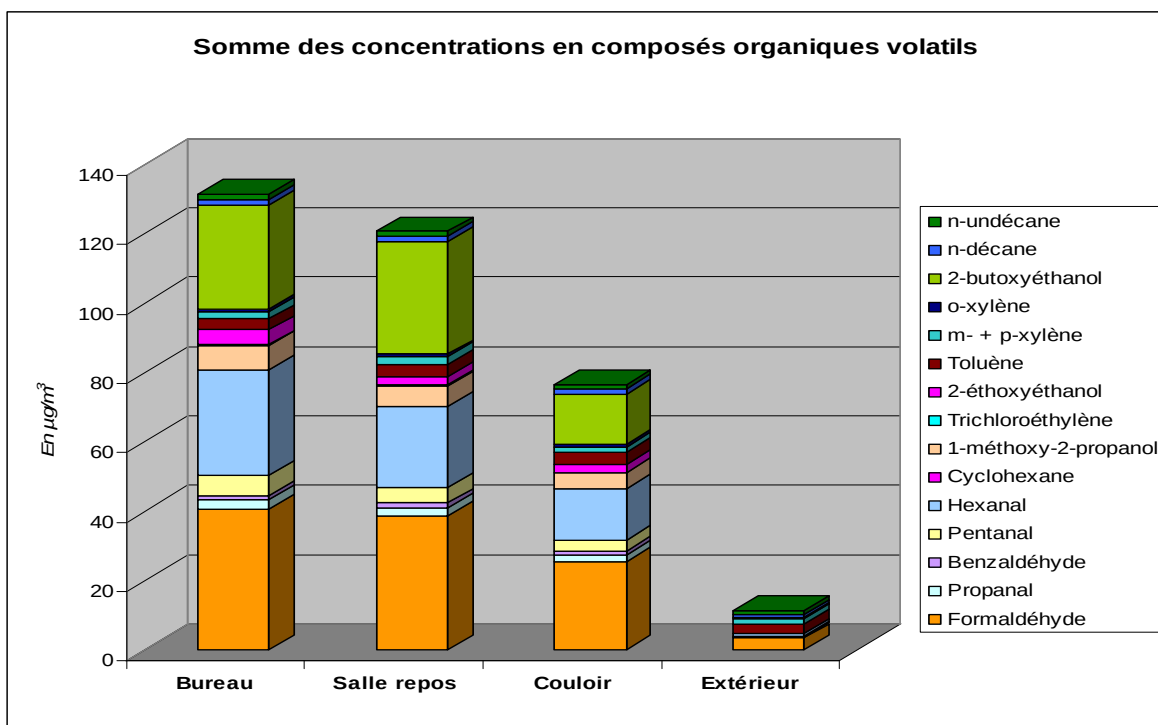


Fig.7: Somme des concentrations des composés organiques volatils en fonction du lieux de prélèvement

Sur la figure 8, il est possible d'observer que la répartition des composés mesurés est homogène dans l'atmosphère de tous les points de prélèvement à l'intérieur des locaux. Les résultats de mesure montrent que le formaldéhyde, l'hexanal (hexaldéhyde) et le 2-butoxyéthanol sont les composés majoritaires parmi les composés organiques volatils étudiés. En effet, ils représentent respectivement 32%, 21% et 23% du mélange de composés mesurés en air intérieur (en moyenne sur les trois pièces).

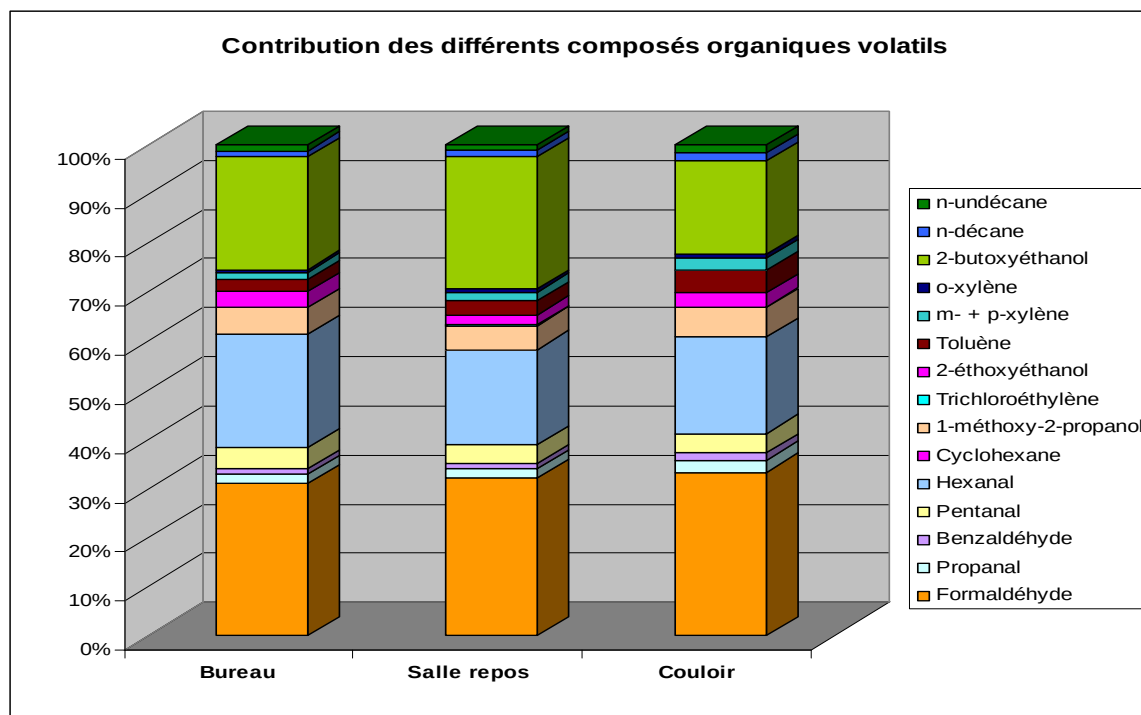


Fig.8: Contribution des composés organiques volatils en fonction du lieux de prélèvement

VI.4. Monoxyde et dioxyde de carbone

VI.4.1. Monoxyde de carbone

Les mesures en monoxyde de carbone réalisées pendant la campagne de mesure fournissent les résultats suivants :

En mg/m^3	Moyenne	Médiane	Maximum	Minimum	Valeur réglementaire
Monoxyde de carbone	0,068	0,117	0,583	0	100 mg/m^3 (AFSSET)

Tab.4 : Concentrations en monoxyde de carbone

Le niveau moyen mesuré lors de la campagne de mesure est bien inférieur à la valeur guide de 100 mg/m^3 de l'AFSSET, ainsi qu'aux différentes valeurs de recommandation de l'OMS (100 mg/m^3 sur 15 minutes, 60 mg/m^3 sur 30 minutes, 30 mg/m^3 sur 1 heure, 10 mg/m^3 sur 8 heures).

La concentration moyenne mesurée à l'intérieur lors de la campagne de mesure est inférieure à la médiane des concentrations moyennes mesurées par l'OQAI dans une pièce de vie (0,4 ppm en moyenne glissante sur 8h) [7].

VI.4.2. Dioxyde de carbone

Les concentrations en dioxyde de carbone pendant la campagne de mesures sont particulièrement bien corrélées avec le degré d'occupation du bureau. Les variations de concentrations correspondent au temps de présence de l'employé dans la pièce. Sur le graphique ci-dessous (Fig. 9), il est possible d'observer une augmentation brusque des concentrations à son arrivée le matin, puis des variations en dents de scie au rythme des sorties du bureau au cours de la journée et enfin une diminution des concentrations en fin de journée liée au départ de l'employé. En fin de journée, la concentration diminue jusqu'à atteindre un niveau de fond (400 ppm) que l'on retrouve le samedi et le dimanche. En raison de l'absence de l'employée le vendredi, on observe de très faibles variations de la concentration. Ces variations ne sont pas nulles en raison de la présence d'autres employés dans les locaux.

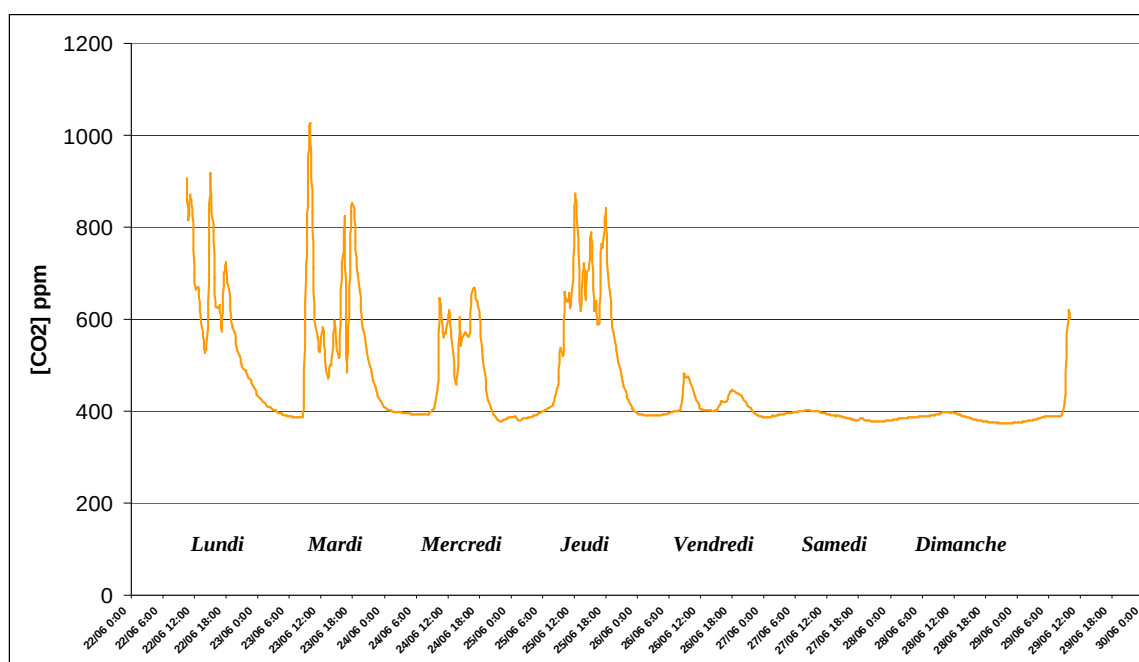


Fig.9: Evolution des concentrations en dioxyde de carbone pendant la campagne de mesure

A titre indicatif, 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 1024 ppm le 23 juin à 10 heures.

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

L'évaluation du taux de renouvellement d'air dans le bureau s'effectue à partir des enregistrements des concentrations en dioxyde de carbone, et plus particulièrement à partir de l'étude des phases de croissance ou de décroissance du CO₂.

La loi de croissance en fonction du temps est la suivante :

$$C_{\text{int}(t)} = C_{\text{ext}} + [C_{\text{int}(0)} - C_{\text{ext}} - (P/NV)] \times e^{(-Nt)} + P/NV \quad [9]$$

Avec : $C_{\text{int}(t)}$ est la concentration intérieure de polluant à l'instant t
 C_{ext} est la concentration de CO₂ à l'extérieur
 P est la production de CO₂ due à la présence humaine (m³/h)
 V est le volume du local (m³)
 N est le taux de renouvellement d'air du local (vol/h).

Une autre méthode d'évaluation du taux de renouvellement d'air dans le bureau est applicable, elle est basée sur l'étude des phases de décroissance du CO₂.

$$\frac{(C_{\text{int}(t)} - C_{\text{ext}})}{(C_{\text{int}(0)} - C_{\text{ext}})} = e^{(-Nt)} \quad [9]$$

Avec : $C_{\text{int}(t)}$ est la concentration intérieure de polluant 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).

Dans la mesure où l'équation de croissance du CO₂ fait intervenir un nombre trop important d'hypothèses (production de CO₂, volume de la pièce), pour ses différents paramètres et qu'il n'est pas toujours possible de trouver des séquences suffisamment parfaites, ses résultats ne seront pas exploités dans ce rapport d'étude. Seule l'exploitation des séquences de décroissance sera réalisée et permettra 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 (Fig. 10). Le renouvellement d'air est ensuite calculé à partir de la loi de décroissance des concentrations. Les calculs sont réalisés pour les quatre premiers jours de la campagne de mesure, le bureau étant vide les jours suivants (vendredi, samedi, dimanche).

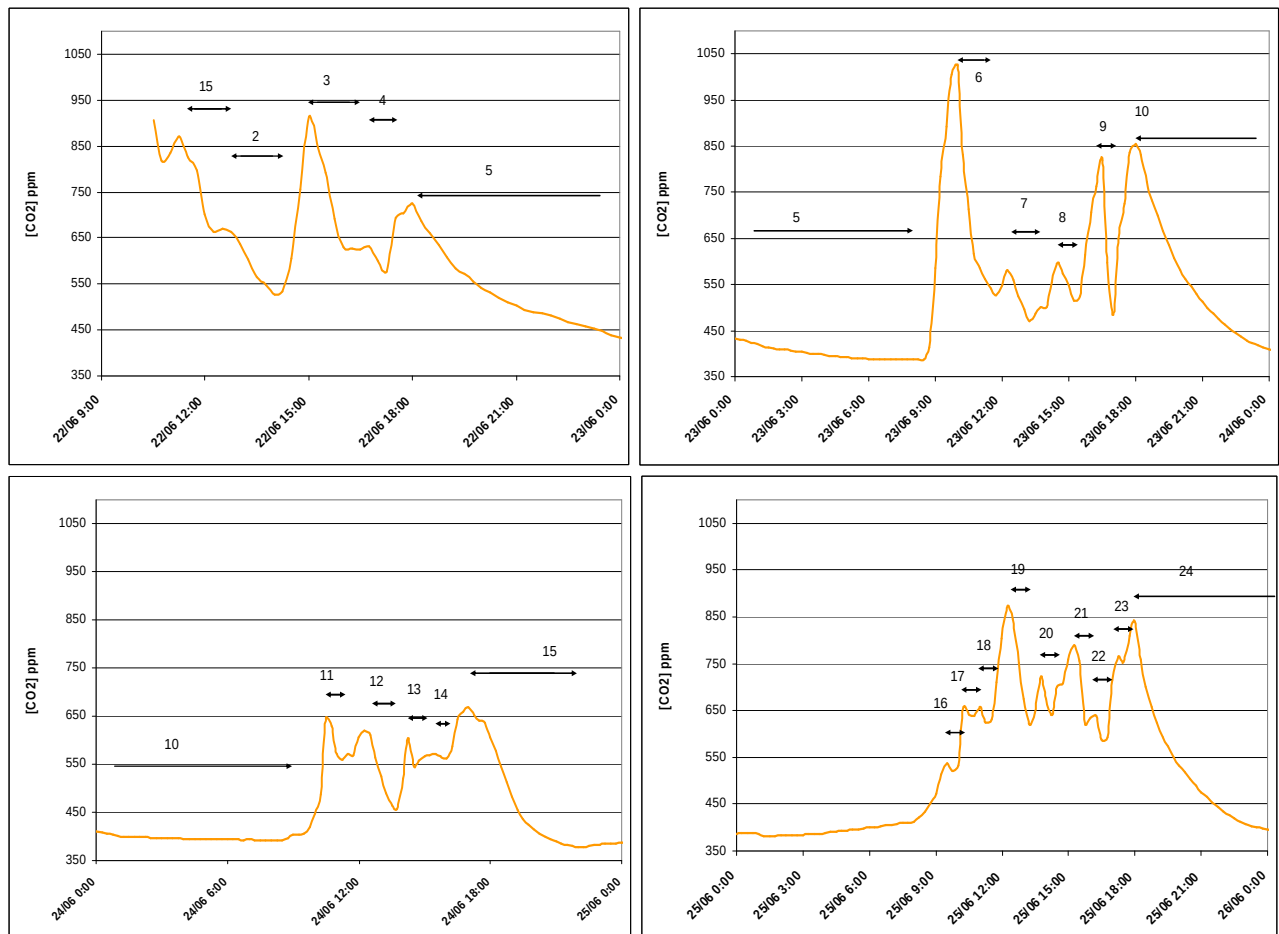


Fig.10: Evolution des concentrations et phases de décroissance du CO₂

Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous (Tab.4).

Jour	N°	Heure du début	Durée	N (Vol/h)
22-juin	1	11h15	1h	0,54
	2	12h30	1h30	0,44
	3	15h	1h15	0,61
	4	16h45	30min	0,48
	5	18h	14h15	0,23
23-juin	6	10h	1h45	0,82
	7	12h15	1h	0,76
	8	14h30	1h	0,40
	9	16h30	30min	2,78
	10	18h	14h45	0,20
24-juin	11	10h30	45min	0,50
	12	12h30	1h15	0,83
	13	14h15	30min	0,59
	14	15h30	30min	0,09
	15	17h	5h15	0,78
25-juin	16	9h30	15min	0,43
	17	10h15	30min	0,14
	18	11h	30min	0,19
	19	12h15	60min	0,71
	20	13h45	30min	0,53
	21	15h15	1h30	0,35
	22	16h15	1h15	0,17
	23	17h15	15min	0,10
	24	18h	9h	0,34

Tab.5 : Taux de renouvellement de l'air

Les taux de renouvellement d'air N, calculés à l'aide de la méthode de décroissance, sont compris entre 0,09 vol/h et 2,78 vol/h. Ce taux de renouvellement est fortement conditionné par les conditions d'aération de la pièce comme l'ouverture ou la fermeture des portes et des fenêtres, ou par infiltration d'air.

Dans la mesure où les informations précises sur la présence ou non d'un ou plusieurs employés dans le bureau avant les phases de décroissance ainsi que sur l'état des fenêtres ou de la porte (ouvert ou fermé) ne sont pas disponibles, il n'est pas possible d'établir des situations typiques de renouvellement d'air dans le bureau. Cependant, d'après l'expérience acquise lors de précédentes campagnes ou par d'autres réseaux de surveillance de la qualité de l'air, pour des taux de renouvellement d'air faibles (<1), les fenêtres de la pièce sont fermées et le bureau est donc dans une atmosphère relativement cloisonnée. Dans notre cas, les fenêtres n'ont donc probablement pas été ouvertes lors de la campagne de mesure, à l'exception du 23 juin à 16h30 où le taux de renouvellement d'air atteint la valeur de 2,78, caractéristique d'une aération plus importante.

Ces mesures de renouvellement d'air ont été réalisées à titre indicatif, elles montrent un relatif cloisonnement du bureau lors de la campagne de mesure. Le renouvellement d'air par infiltration est la situation la plus souvent rencontrée lors de la campagne de mesure, elle est accompagnée d'une diminution des concentrations en CO₂ lors du départ de l'employé (arrêt des émissions), mais elle ne permet cependant pas de limiter l'augmentation des concentrations lors de la présence de l'employée.

VI.4.4. Paramètres de confort

La température T(°C) et l'humidité relative HR (%) sont les principaux paramètres de confort, ils peuvent 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, dans un logement, l'humidité relative doit être comprise entre 40 et 70% et la température entre 18 et 22°C pour que le confort soit optimum.

Lors de la campagne de mesure, l'humidité relative est toujours située entre les bornes requises pour un confort optimum. En revanche la température est pratiquement toujours situé au-dessus de 22°C pouvant donc avoir un impact sur le ressenti de l'occupant.

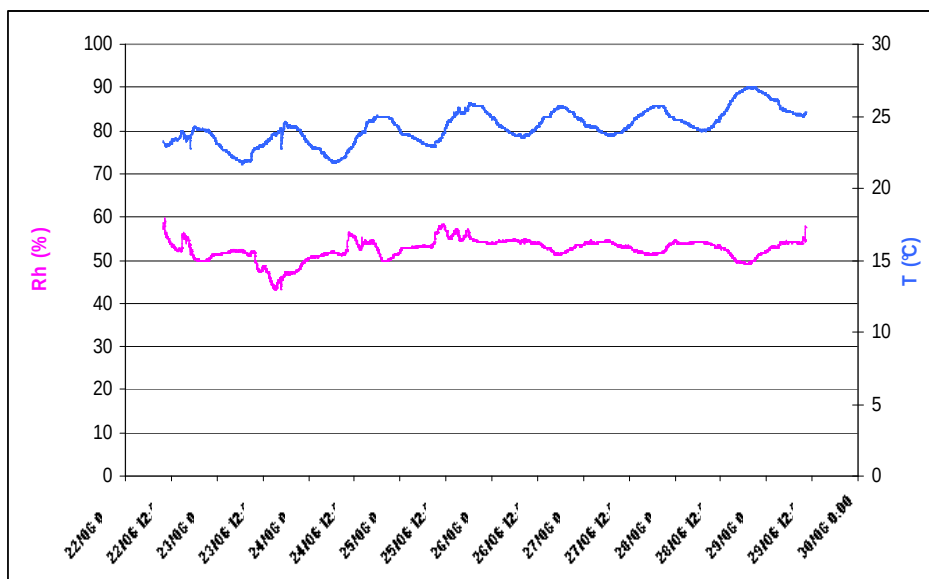


Fig.11: Evolution de la température et de l'humidité relative

VII. Conclusion

Les mesures réalisées au cours de cette campagne de mesure ont permis d'effectuer un bilan de la qualité de l'air intérieur de locaux au sein du conseil général des Côtes d'Armor, en comparant notamment les niveaux de concentrations rencontrés dans différentes pièces ainsi qu'à l'extérieur.

Les concentrations en formaldéhyde dépassent toujours la valeur guide de l'AFSSET, en revanche l'ensemble des autres composés mesurés respectent les seuils réglementaires. Pour l'héxaldéhyde, le 2-butoxyéthanol, le 1-méthyl-2-propanol et le 2-éthoxyéthanol, les concentrations mesurées lors de la campagne sont plus élevées que celles mesurées traditionnellement dans les atmosphères de bureau.

Les concentrations en composés organiques volatils mesurées à l'intérieur sont en général plus fortes qu'à l'extérieur et le bureau est la pièce où les concentrations sont les plus fortes. La répartition des concentrations des différents composés organiques volatils est identique d'une pièce à l'autre et les sources d'émissions des composés organiques volatils sont principalement internes aux locaux. En revanche, il est assez délicat de les identifier, avec précision, dans la mesure où elles peuvent être multiples (travaux, peintures, matériaux, fournitures, produits d'entretiens...).

L'évaluation du taux de renouvellement d'air dans le bureau a montré que cette pièce possédait une atmosphère plutôt confinée. Une aération systématique de la pièce par ouverture des fenêtres pourrait permettre d'agir de manière significative sur la qualité de l'air dans le bureau, mais il reste à le 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] Météo France – Bulletin Climatologique Mensuel – Côtes-d'Armor – Juin 2009
- [5] 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
- [6] DE BLAYE F., LE CLAVE S., HANOUNE B. – Exposition aux aldéhydes dans l'air : rôle dans l'asthme - Rapport final ARP 2002 PRIMEQUAL 2 - Hôpitaux Universitaires de Strasbourg - 102 p
- [7] OQAI - Campagne nationale Logements – Etat de la qualité de l'air dans les logements français – Rapport Final – Novembre 2006
- [8] ASPA – Campagne de mesures de la qualité de l'air intérieur dans les locaux de l'école primaire Pierre Curie à Erstein – Rapport relatif à la campagne de mesures qui s'est déroulée du 17 au 21 novembre 2008 – Janvier 2009
- [9] ASPA - Etude exploratoire du profil temporel des niveaux de formaldéhyde dans deux établissements scolaires de la ville de Strasbourg à l'aide de prélèvements sur 30 minutes - Rapport 228-04/2 – Strasbourg – 2005 – 47 p
- [10] MOSQUERON L., NEDELLEC V. – Inventaire des données Française sur la qualité de l'air intérieur des bâtiments - Actualisation des données sur la période 2001-2004 – Rapport OQAI - Paris – 2004 – 61 p.