

CARACTERISATION DE LA QUALITE DE L'AIR INTERIEUR AU CNIDEP -BÂTIMENT BASSE CONSOMMATION-

Campagne de mesures en 2011






Tubes passifs et canister placés en salle de réunion au CNIDEP

Date de publication : 20 juin 2012



AIR LORRAINE 2012/03/CNIDEP

**CARACTERISATION DE LA QUALITE DE
L'AIR INTERIEUR AU CNIDEP
- BATIMENT BASSE CONSOMMATION-
Campagne de mesures 2011**

	Rédacteur	Vérificateur	Approbateur
Nom	S. BOURDET	B.JENNESON	JP. SCHMITT
Signature(s)			
Date	20 juin 2012	20 juin 2012	20 juin 2012

Rapport AIR LORRAINE
 Contrat n°.....
Client :

Diffusion : libre
 contrôlée

Nombre d'exemplaires édités : 1

Nombre de volumes : 1

Nombre de pages du rapport hors annexes : 12

Nombre d'annexes : 4

Air Lorraine

Pôle de Metz : 20, rue Pierre-Simon de Laplace 57 070 Metz
Pôle de Nancy : 20, allée de Longchamp 54 600 Villers-Lès-Nancy
Tel : 03.87.74.56.04 / 03.83.44.38.89
Mail : contact@air-lorraine.org

SOMMAIRE

1- Objet de la campagne et principaux polluants mesurés	P 4
2- Synthèse des niveaux mesurés au CNIDEP en 2010	P 4
3- Réglementation	P 5
4- Emplacement de la campagne de mesures	P 5
5- Périodes de prélèvement	P 6
6- Moyens mis en oeuvre	P 6
7- Résultats et commentaires	P 7
8- Conclusion	P 12

ANNEXES :

Annexe A : sources anthropiques de formaldéhyde et benzène dans les lieux clos ouverts au public

Annexe B : méthodes de prélèvements et analyses en formaldéhyde et benzène

Annexe C : résultats des mesures en aldéhydes et benzène effectuées par tubes passifs, et des mesures réalisées par canisters

Annexe D : résultats des mesures en dioxyde de carbone (paramètre de confort), température et humidité

1. Objet de la campagne et principaux polluants mesurés

Objet de la campagne :

Le CNIDEP (Centre National d'Innovation pour le Développement durable et l'Environnement dans les Petites entreprises) est un bâtiment basse consommation, de construction récente, et lauréat du PREBAT, programme national d'évaluation des performances énergétiques.

La campagne de mesures de la qualité de l'air intérieur réalisée en 2011 dans les locaux du CNIDEP fait suite à une première campagne effectuée en 2010 (voir le chapitre suivant) dans un bureau et dans la salle de réunion.

Cette seconde campagne fut proposée suite à l'intérêt montré par l'équipe du CNIDEP pour avoir un suivi un an après les premières mesures.

Principaux composés mesurés :

- Polluants : Benzène et formaldéhyde essentiellement.
Ces deux composés font partie des substances hautement prioritaires (groupe A) à mesurer (source : Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur).
Le benzène est classé par le Centre International de la Recherche sur le Cancer (CIRC) comme cancérigène chez l'homme (groupe 1), le formaldéhyde étant quant à lui classé depuis juin 2004 comme polluant cancérigène.
- Paramètres de confort : le dioxyde de carbone CO₂ (afin d'obtenir des indications sur le confinement d'une pièce), la température et l'humidité relative.

L'annexe A présente les sources anthropiques de benzène et d'aldéhydes.

2. Synthèse des niveaux mesurés au CNIDEP en 2010

Les mesures réalisées en saisons contrastées* ont mis en évidence des niveaux satisfaisants en formaldéhyde et en benzène, inférieurs à ce que l'on obtient dans des bâtiments ayant été construits récemment et de façon traditionnelle.

En formaldéhyde, la valeur guide de 10 µg/m³ à atteindre à compter du 1^{er} janvier 2023 est respectée.

En benzène, les concentrations obtenues respectent la valeur guide pour une exposition long terme fixée à 2 µg/m³ à compter du 1^{er} janvier 2016.

L'étude des niveaux de CO₂ dans la salle de réunion et le bureau montre la bonne efficacité du système de ventilation mécanique double flux pour limiter le confinement des pièces.

Cependant des niveaux de CO₂ supérieurs à 1000 ppm, correspondant à un début de confinement, peuvent parfois être observés lors de réunions dans la salle de réunion.

* -Du 21 au 28 juin 2010 pour les aldéhydes et benzène et du 21 juin au 13 juillet pour les paramètres de confort,
-Du 4 au 11 octobre 2010 pour les aldéhydes et benzène et du 4 au 15 octobre pour les paramètres de confort,
-Du 13 au 20 décembre 2010 pour les aldéhydes et benzène et du 13 décembre au 3 janvier 2011 pour les paramètres de confort.

3. Réglementation

Le benzène et le formaldéhyde sont jugés prioritaires en air intérieur par la communauté scientifique de par leur classement comme cancérigène avéré par le CIRC (Centre International de Recherche sur le Cancer).

La réglementation, dont le décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011, fixe désormais les valeurs limites à ne pas dépasser dans un espace clos pour ces deux polluants ainsi que les différentes valeurs guides d'exposition à long terme, qui rentreront progressivement en vigueur à partir de 2013. Ces valeurs sont basées sur celles initialement définies par l'Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail (AFSSET), en partenariat avec le Conseil Scientifique et Technique du Bâtiment(CSTB) en 2007-2008, dont les valeurs repères servent actuellement de référence.

Tableau n°1 : valeurs réglementaires actuelles en benzène et formaldéhyde en air intérieur :

	Synthèse des différentes valeurs réglementaires			
	Valeur guide pour une exposition long terme		Valeur repère 2011	Valeur limite
Benzène	2 µg/m ³ à compter du 1 ^{er} janvier 2016	5 µg/m ³ à compter du 1 ^{er} janvier 2013	5 µg/m ³	10 µg/m ³
Formaldéhyde	10 µg/m ³ à compter du 1 ^{er} janvier 2023	30 µg/m ³ à compter du 1 ^{er} janvier 2015	26 µg/m ³	100 µg/m ³

Les *valeurs guides* pour l'air intérieur désignent un niveau de concentration de polluants de l'air intérieur, déterminé pour un espace donné à atteindre à long terme pour protéger la santé des personnes. La *valeur repère* est la valeur en dessous de laquelle aucune action corrective spécifique n'est préconisée à l'heure actuelle. Enfin, la *valeur limite* désigne la valeur au-delà de laquelle des investigations complémentaires doivent être menées afin d'identifier et de neutraliser les sources dans le but de ramener les teneurs intérieures en dessous de la valeur repère.

Les résultats des mesures en benzène et en formaldéhyde seront comparés à ces valeurs.

4. Emplacement de la campagne de mesures

Le CNIDEP, bâtiment de plein pied de 360 m², est localisé à LAXOU (Ouest-Nord-Ouest de NANCY).

Il comprend deux espaces :

- un espace comprenant 8 bureaux (pièces séparées),
- un espace correspondant à la salle de réunion et un hall d'exposition.

Deux pièces ont été investiguées en 2011 : il s'agit de la salle de réunion et d'un bureau (occupé par un seul salarié).



Un bureau investigué au CNIDEP

Rappel des caractéristiques du bâtiment :

-la Chambre de métiers et de l'artisanat de Meurthe-et- Moselle, dont dépend le CNIDEP, s'est engagée dans une démarche HQE et visa trois objectifs : réaliser une opération haute qualité environnementale exemplaire, mener un projet destiné à informer les artisans ainsi que le grand public, et concevoir un bâtiment pouvant être reproduit.

Pour construire ces locaux passifs basse consommation, les 14 cibles de la démarche HQE ont été respectées.

L'accent a été mis sur la compacité du bâtiment pour réduire les surfaces d'échange avec l'extérieur et sur l'orientation pour bénéficier des apports solaires passifs.

Le bâtiment est exposé Nord/Sud ; les bureaux sont ainsi exposés plein Sud.



Vue du CNIDEP (photo Frédéric Mercenier)

Un système de chauffage et de ventilation basé sur les énergies renouvelables a été adopté : panneaux solaires thermiques, ventilation double flux, pompe à chaleur géothermique.... Les débits de ventilation varient en fonction de l'utilisation de la pièce, des périodes d'occupation mais également du besoin en chauffage des pièces.

Une isolation à base de matériaux naturels et des matériaux de finition a été choisie pour leur qualité sanitaire et leur faible impact environnemental.

La construction s'est achevée en septembre 2009 et les salariés ont emménagé fin septembre 2009,

5. Périodes de prélèvement

En 2011, deux campagnes ont été réalisées aux périodes suivantes:



-du 22/08/2011 au 29/08/2011

-du 14/11/2011 au 21/11/2011

6. Moyens mis en œuvre

La mise en place de l'ensemble des mesures dans l'air est assurée par AIR LORRAINE. Les polluants et les paramètres de confort ont été mesurés avec les dispositifs suivants :

Tableau n°2 : moyens mis en œuvre pour la mesure du benzène, formaldéhyde, dioxyde de carbone, température et humidité relative en air intérieur :

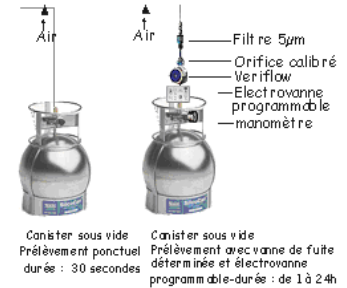
	Méthodes utilisées	Dispositif de mesure
Polluants		
Benzène	Tubes passifs*	
Formaldéhyde		
Paramètres de confort		
Dioxyde de carbone (pour le calcul d'un indice de confinement)	Appareil Q_Track mesurant instantanément ces 3 paramètres	
Température / humidité relative		

*Remarque : les durées de prélèvements et le nombre de tubes à utiliser ont été déterminés en fonction des protocoles existant sur les mesures du formaldéhyde et du benzène par tubes à diffusion passive en air intérieur élaborés par le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA), dans le cadre de leurs travaux de 2008.



Canister en fonctionnement

Par ailleurs, un canister permettant la mesure en continu de plusieurs composés organiques volatils (dont le benzène) en instantané ou sur une période de 23 heures a été utilisé en août 2011.



Le CNIDEP étant fermé le vendredi après-midi, les mesures par tubes passifs ont été réalisées sur une période de sept jours, lors de chacune des deux campagnes de mesures.

Pour le CO₂, les mesures ont eu lieu durant près de deux semaines fin août 2011 et huit jours en novembre 2011. A noter que pour la dernière période des mesures, seul le bureau a fait l'objet d'un suivi de l'indice de confinement (en raison de la disponibilité et fonctionnalité des appareils de mesures).

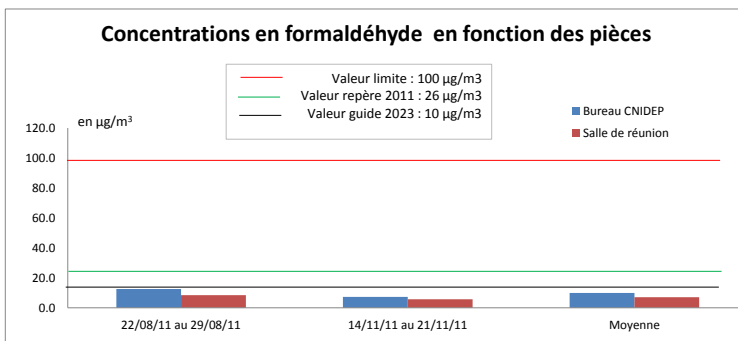
7. Résultats et commentaires

L'annexe C visualise les résultats des mesures d'aldéhydes, de benzène et d'autres composés organiques volatils par les tubes passifs et les canisters. Les résultats des mesures de CO₂ sont en annexe D.

Les niveaux relevés lors de la campagne de mesures sont comparés aux seuils réglementaires.

Les mesures effectuées sur une courte période de l'année ne sont valables que pour la période de l'étude, et ne sauraient être considérées comme représentatives d'une année entière.

Formaldéhyde



AIR INTERIEUR :

Sur l'ensemble des deux pièces investiguées, les seuils réglementaires sont respectés :

- les valeurs moyennes globales (7,1 µg/m³ dans la salle de réunion et 10 µg/m³ dans le bureau) sont en deçà de la valeur repère de la qualité de l'air fixée à 26 µg/m³ en 2011.

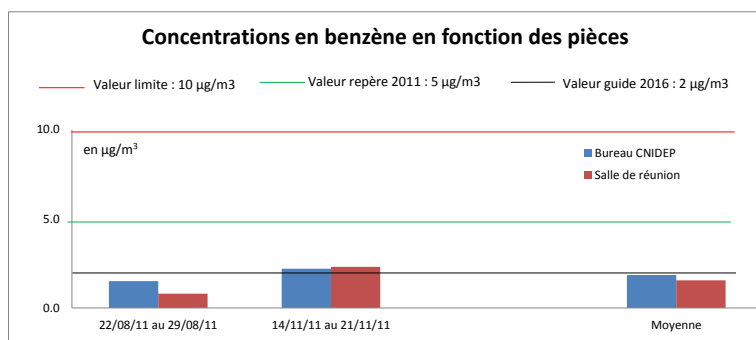
- la valeur guide de 10 µg/m³ définie à l'horizon 2023 est respectée dans les deux pièces investiguées.

Remarques :

- pour chaque période de mesures, les niveaux en formaldéhyde sont plus élevés (environ 40%) dans le *bureau* (occupé par un salarié) que dans la *salle de réunion*, vide la quasi majorité du temps, ce constat pouvant en partie être expliqué par une température moyenne supérieure dans le bureau, ce qui peut favoriser la présence en plus grande quantité de ce composé.

- les valeurs moyennes mesurées en *période estivale* sont systématiquement plus élevées qu'en *hiver*, cette tendance étant cohérente avec la littérature relative au comportement de ce composé en fonction des saisons. En effet, la quantité de formaldéhyde pouvant être émise dans une pièce (par le mobilier, des peintures, des adhésifs, des vernis, des revêtements de sol etc...) augmente lors de températures plus élevées, occasionnant ainsi des niveaux plus importants en été.

Benzène



BENZENE EN AIR INTERIEUR :

Mesures par tubes passifs :

- Les concentrations moyennes globales des deux pièces investiguées (1,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans la salle de réunion et 1,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans le bureau) respectent la valeur guide pour une exposition long terme fixée à 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à l'horizon 2016.

- A noter qu'en période automnale-hivernale les niveaux sont plus élevés qu'en été, ce qui est cohérent avec la littérature qui fait état de concentrations généralement plus faibles en été. Ces mêmes observations ont été faites lors d'autres campagnes réalisées par Air Lorraine.

Mesures par canister :

Quelle que soit la pièce investiguée, les concentrations moyennes globales en benzène sont inférieures à 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectant ainsi largement la valeur guide long terme de 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

BENZENE EN AIR EXTERIEUR :

La valeur moyenne globale (1,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) respecte la valeur correspondant à l'objectif de qualité de 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

A noter que le niveau moyen global mesuré à l'extérieur du CNIDEP est inférieur à ceux relevés en air intérieur (environ 50% de moins, toute pièce confondue).

Autres composés COV mesurés

-Par tubes passifs :

En plus du formaldéhyde et du benzène, les mesures par tubes passifs ont permis de déterminer les concentrations d'autres composés organiques volatils.

Peu de données étant disponibles pour des mesures en air intérieur dans des bureaux, ces résultats sont comparés aux valeurs moyennes obtenues lors de la campagne de mesures effectuée en 2011 dans les bureaux des nouveaux locaux d'Air Lorraine à Villers les Nancy (bâtiment HQE, lauréat du PREBAT) à des périodes proches de celles correspondant à la campagne du CNIDEP.

Par ailleurs, les valeurs obtenues lors de la vaste campagne logement réalisée en 2004/2005 par l'OQAI, afin d'obtenir une image représentative de la qualité de l'air à l'intérieur des logements français, sont également proposées en tant que point de comparaison.

Tableau n°3 : résultats des mesures en air intérieur au CNIDEP et à Air Lorraine (Villers les Nancy)

	Moyenne CNIDEP (toutes pièces confondue) µg/m ³	Moyenne AIR LORRAINE* (toutes pièces confondue) µg/m ³	Médiane Campagne logement OQAI(µg/m ³)	Sources potentielles d'émission
Hydrocarbures				
Benzène	1.7	1.2	2,1	Carburants/Fumée/Bricolage/Produits de décoration
Toluène	4.6	2.6	12,2	Carburants/Peintures/Vernis/Colles
Ethylbenzène	0.8	1.4	2,3	Gaz d'échappement/Cires
M/p xylènes	2.1	4	5,6	Peintures/Vernis/Colles
O-xylènes	1.3	1.5	2,3	Peintures/Vernis/Colles
Aldéhydes				
Formaldéhyde	8.6	15.2	11,6	Photochimie/Panneaux de bois, de particules/ Peintures à phase solvants
Acétaldéhyde	18	4.9	19,5	Photochimie/Panneaux de bois, de particules/Isolants/Fumée de cigarettes/Photocopieurs/ Livres et magazines neufs/Produits d'usage courant
Butyraldéhyde	16.2	4.2	-	Photocopieurs
Valéraldéhyde	12.6	2.5	-	Livres et magazines neufs/Peintures à phase solvants/Panneaux de particules
Propionaldéhyde	11.3	1.7	-	
Isovaléraldéhyde	0.8	<0.5		

* Périodes prises en compte : du 29/08/11 au 02/09/11 et du 14/11/11 au 18/11/11

En ce qui concerne les COV de la famille des hydrocarbures, les valeurs mesurées sont, globalement, du même ordre de grandeur que les niveaux mesurés dans les bureaux du bâtiment HQE d'Air Lorraine, et inférieures aux concentrations pouvant être rencontrées dans les logements français.

Pour les aldéhydes, les teneurs relevées pour l'ensemble de ces composés (hormis le formaldéhyde) sont supérieures à celles issues des locaux d'Air Lorraine, et en deçà de la médiane (50% de logements avaient une concentration supérieure à cette valeur) obtenue lors de la campagne sur les logements.

-Par canister :

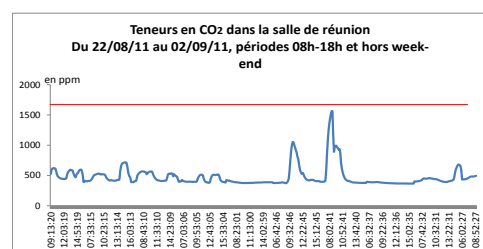
Les mesures d'une quarantaine de composés COV réalisées par canister en été (cf annexe D) indiquent, toute pièce confondue, de faibles niveaux (compris entre 0 et 5,9 µg/m³).

Les trois premiers composés présents dans le bureau sont, par ordre décroissant : le toluène, les m+p xylène et l'iso-pentane, et dans la salle de réunion l'iso-pentane, le toluène et le n-butane.

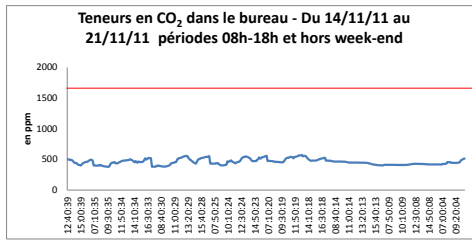
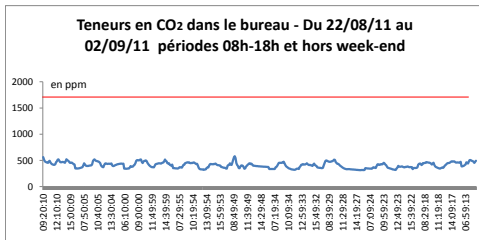
Remarque : la présence d'iso-pentane est généralement liée à l'utilisation de peintures en phase aqueuse.

Paramètres de confort : indice de confinement

Salle de réunion :



Bureau :



Rq : les graphiques sont petits, et ne permettent pas de voir les dates en abscisse. Je te propose également de ne réaliser qu'un graphique pour le bureau et la salle de réunion puisque les mesures ont été effectuées en même temps ce qui permettrait de comparer

Le CO₂ traduit le confinement d'une pièce.

Les teneurs de CO₂ sont exprimées en ppm (1 ppm ou partie par million, correspond à 1 millionième de gramme). A titre indicatif, le seuil de 1000 ppm est généralement utilisé pour signaler une ambiance commençant à être légèrement confinée. Entre 1000 et 1700 ppm, l'ambiance est légèrement confinée (il est utile d'ouvrir les fenêtres pour faire baisser le taux de confinement). Au delà de 1700 ppm l'ambiance est confinée (il faut ouvrir les fenêtres pour augmenter le renouvellement d'air de la pièce).

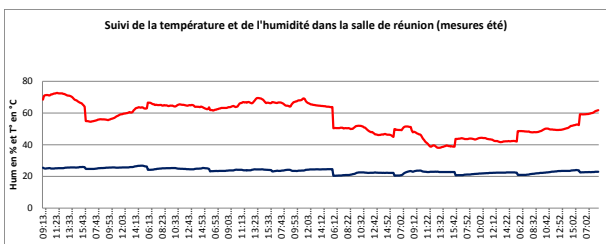
-Les mesures effectuées dans la salle de réunion et dans le bureau indiquent des niveaux moyens globaux satisfaisants, compris entre 440 et 480 ppm.

Cependant, on observe parfois des hausses sur quelques heures dans la salle de réunion : sur l'ensemble de la période des mesures, le maximum atteint 1565 ppm le 30 août 2011, en raison d'une réunion de plusieurs personnes qui s'est tenue ce jour-là. Un second pic, moins élevé, atteint 1056 ppm le 29 août entre midi et une heure, l'équipe du CNIDEP ayant déjeuné à cette date dans la salle.

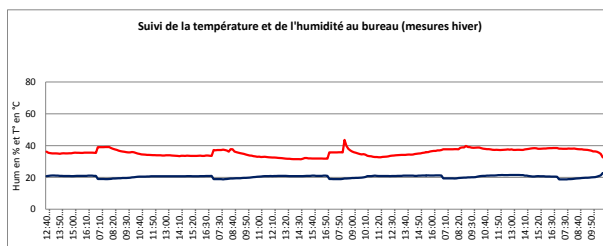
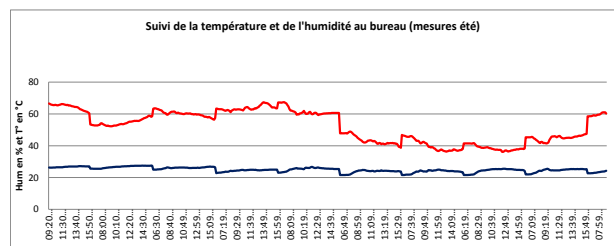
-Sur l'ensemble des campagnes de mesures, l'ambiance commence à être légèrement confinée (seuil de 1000 ppm atteint) près de 2% du temps en moyenne, uniquement dans la salle de réunion (lors de réunions).

Paramètres de confort : température et humidité relative

Salle de réunion :



Bureau :



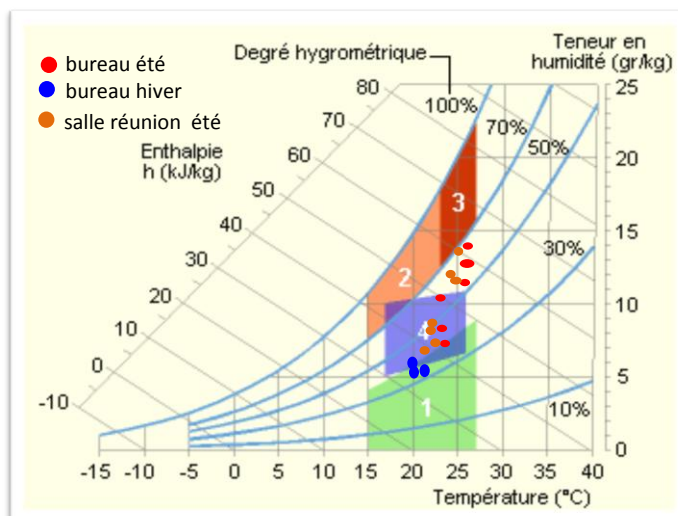
Rq idem ci-dessus : graphiques trop petits

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

Dans le bureau du CNIDEP, on mesure en été une température moyenne de 24,9°C et 52% en moyenne en humidité, contre 20°C en hiver et 36% d'humidité.

Dans la salle de réunion, on obtient en période estivale 23,5°C et 56 % d'humidité.

Une plage de confort hygrothermique peut être définie grâce au diagramme ci-joint (extrait de l'article de R. Fauconnier "L'action de l'humidité de l'air sur la santé dans les bâtiments tertiaires" paru dans le numéro 10/1992 de la revue Chauffage Ventilation Conditionnement) :



1 : Zone à éviter vis-à-vis des problèmes de sécheresse.

2 et 3 : Zones à éviter vis-à-vis des développements de bactéries et de micro-champignons.

3 : Zone à éviter vis-à-vis des développements d'acariens

4 : Polygone de confort hygrothermique

Pour chaque journée, les données de température et d'humidité ont été moyennées pour les plages horaires correspondant à une occupation du bureau et reportées sur le diagramme (points rouges, orangés et bleus).

Nous pouvons observer que, globalement, la situation est plutôt satisfaisante c'est-à-dire que le confort hygrométrique est atteint (points à proximité directe ou dans le polygone n°4 correspondant à la zone de confort hygrométrique).

A noter toutefois qu'en été quelques points (dans le bureau, et quelquefois dans la salle de réunion) tendraient à se rapprocher de la zone 3 (air respiré parfois chaud et humide, pouvant entraîner dans certains cas une sensation d'inconfort), à éviter vis-à-vis des risques de développements de bactéries et de micro-champignons.

8. Conclusion

Malgré le faible nombre de mesures, les niveaux sont satisfaisants en formaldéhyde et en benzène, et à titre indicatif inférieurs à ce que l'on obtient dans des bâtiments récents construits de manière classique. Les seuils réglementaires actuellement en vigueur sont respectés.

Par rapport aux mesures réalisées en 2010 à des périodes différentes, les niveaux de formaldéhyde amorcent une baisse d'environ 20% tous sites confondus (-13% dans le bureau et -29% dans la salle de réunion) tandis que ceux en benzène augmentent (+36% dans le bureau et +77% dans la salle de réunion). Ce constat est à interpréter avec prudence : il est notamment dû à des niveaux plus élevés observés en air intérieur lors de la période pré-hivernale, période durant laquelle un épisode de pic de pollution dans l'air ambiant extérieur a eu lieu (conditions météorologiques très défavorables à la dispersion des masses d'air). Les niveaux mesurés en benzène dans *l'air extérieur* pendant la période hivernale 2011 sont en effet supérieurs à ceux mesurés lors de la même saison en 2010.

L'étude des niveaux de CO₂ dans la salle de réunion et le bureau confirme la bonne efficacité du système de ventilation mécanique double flux afin de limiter le confinement des pièces. A noter toutefois que les concentrations en CO₂ dépassent parfois le seuil de 1000 ppm dans la salle de réunion, au cours de réunions, ce qui correspond à un début de confinement : cette observation représente moins de 2% du temps sur l'ensemble des périodes d'étude.



ANNEXES

ANNEXE A : Sources anthropiques de formaldéhyde et benzène dans les lieux clos ouverts au public

ANNEXE B : Méthodes de prélèvements et analyses en formaldéhyde et benzène

ANNEXE C : résultats des mesures en aldéhydes et benzène effectuées par tubes passifs, et des mesures réalisées par canisters

ANNEXE D : résultats des mesures du dioxyde de carbone

ANNEXE A : Sources anthropiques de formaldéhyde et benzène dans les lieux clos ouverts au public

FORMALDEHYDE : Extraits du rapport d'expertise de l'AFSSET (2007)

Sources liées au milieu intérieur (hors milieu professionnel à pollution spécifique).

Seul ou en combinaison avec d'autres substances chimiques, le formaldéhyde a de nombreuses utilisations dans les produits manufacturés. Il est utilisé par exemple pour l'apprêt des vêtements et des textiles, comme composant des colles et des adhésifs et comme agent de conservation dans les peintures et les revêtements.

Les sources de formaldéhyde dans l'air intérieur sont ainsi très nombreuses et comprennent notamment :

- les émissions issues des phénomènes de combustion : fumée de tabac, bougies, bâtonnets d'encens, cheminées à foyer ouvert, appareils à combustion tels que les cuisinières à gaz, les poêles à pétrole... ;
- les meubles, armoires et matériaux de construction en agglomérés de bois, de panneaux de fibres à densité moyenne et de certains plastiques moulés ;
- les produits de bricolage comme certaines peintures au latex, papiers peints, colles, adhésifs, vernis, laques,
- les apprêts utilisés dans certains tissus infroissables (rideaux, draps ou vêtements par exemple) ;
- les produits d'entretien comme des détergents à vaisselle, des désinfectants, des assouplissants, des nettoyeurs pour tapis, des produits pour les chaussures ;
- les cosmétiques, tels que les produits d'hygiène corporelle (savons liquides, shampoings), les vernis à ongles ou les durcisseurs d'ongles ;
- d'autres produits de consommation tels que les insecticides.

Enfin, le formaldéhyde peut également être issu de réactions photochimiques ainsi que de la réactivité chimique de composés organiques insaturés avec l'ozone.

Sources liées au milieu extérieur

Les sources anthropiques majeures de formaldéhyde dans les environnements extérieurs sont liées au trafic routier. Tous les moteurs à combustion interne peuvent produire du formaldéhyde (combustion incomplète), en fonction du type de moteur, de la composition du carburant, du dispositif anti-pollution, de la température ou encore de l'âge du véhicule. Les autres sources en air extérieur sont issues des processus de combustion (centrales thermiques, incinérateurs, écobuage...). A l'instar de ce que l'on peut observer dans l'air intérieur, le formaldéhyde peut aussi être issu de la réactivité chimique des composés organiques insaturés avec l'ozone.

Effets sur la santé

Le formaldéhyde est un irritant des yeux, du nez et de la gorge. Depuis 2004, il est considéré par l'OMS comme cancérigène certain du nasopharynx et des fosses nasales. Certaines études épidémiologiques sur les effets de l'exposition prolongée au formaldéhyde ont également mis en avant des effets allergiques et un impact sur l'appareil respiratoire.

BENZENE : Extraits du rapport d'expertise de l'AFSSET (2008)

Les sources d'émission de benzène dans l'environnement sont principalement anthropiques (IFEN, 2002) et liées à des processus de combustion.

Sources liées au milieu intérieur (hors milieu professionnel à pollution spécifique)

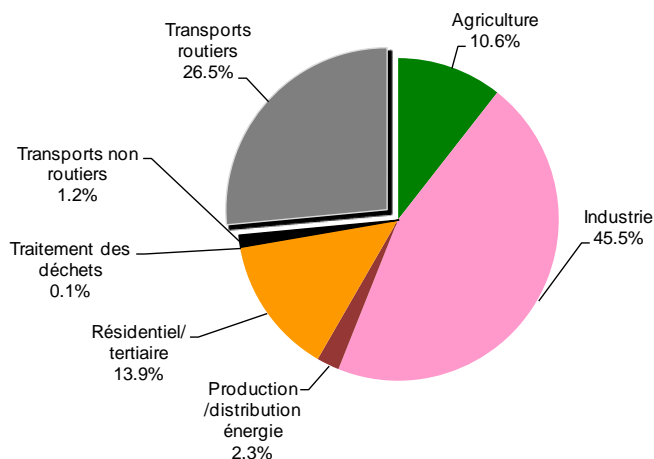
A l'intérieur des locaux, la fumée de tabac et les processus de combustion sont des sources connues d'émission de benzène. Les matériaux de construction et d'ameublement, ainsi que les produits de bricolage et d'entretien sont également des sources potentielles de benzène.

Sources liées au milieu extérieur

En Lorraine, une forte proportion des émissions de benzène concernent le secteur des industries avec près de 46 %. Le secteur des transports routiers est le second émetteur de benzène avec 26,5 % des émissions.

Au niveau national, le transport routier est la deuxième source d'émission de benzène avec 15 % des émissions totales, loin derrière le résidentiel / tertiaire qui représente près de 75 % des émissions totales (source : données CITEPA** de 2007).

Emissions de benzène dans l'air en Lorraine en 2006 :



Source : cadastre des émissions en Lorraine 2006_AIRLOR-ATMO LORRAINE NORD

Remarques :

-D'après l'inventaire européen EPER (European Pollutant Emission Register), l'industrie chimique, le raffinage et les aciéries sont les principaux contributeurs industriels. Dans l'industrie chimique, le benzène est un agent d'extraction des parfums et un intermédiaire de synthèse pour la fabrication d'une très large gamme de produits organiques (plastiques, fibres synthétiques, caoutchouc de synthèse, solvants, pesticides, colorants, détergents, explosifs, médicaments...).

-Les émissions de benzène liées au transport sont principalement associées aux carburants pétroliers (IFEN*, 2002) et sont ainsi liées à l'évaporation lors du stockage et de la distribution des carburants ; aux gaz d'échappement des véhicules ; à l'évaporation à partir des réservoirs des véhicules.

Effets sur la santé

Le benzène ou le chlorure de vinyle monomère, sont associés à des leucémies ou à des cancers (dans le cas d'exposition professionnelle).

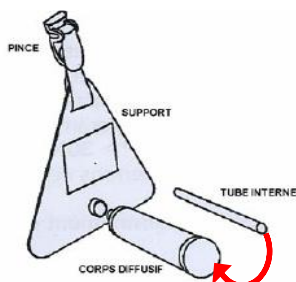
ANNEXE B : Prélèvements et analyses en formaldéhyde et benzène

Mesure des aldéhydes en air intérieur par tube passif radial

Le principal aldéhyde surveillé est le formaldéhyde (HCHO) car il est soumis à des valeurs guides et de gestion. D'autres aldéhydes peuvent également être mesurés tels que l'acétaldéhyde (CH₃CHO), l'acroléine (CH₂CHCHO) ou encore le benzaldéhyde (C₆H₅CHO). Ils sont notamment présents dans certaines colles, vernis ou encore peintures ainsi que dans des meubles en agglomérés de bois. Ils sont irritants pour les muqueuses respiratoires notamment.



Tube passif mis en place



Matériel de prélèvement

Tube passif à diffusion radiale de type « Radiello » constitué de 2 tubes cylindriques concentriques :

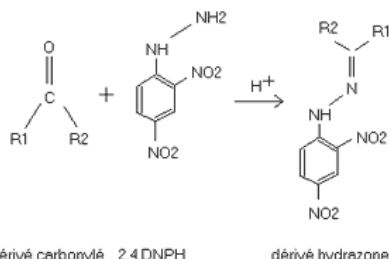
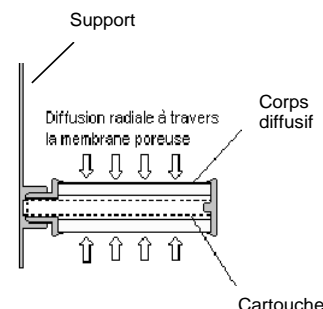
-Un tube externe = « **corps diffusif** » en polyéthylène bleu micro-poreux, au travers duquel diffusent les composés gazeux. Ce tube externe fait office de filtre en arrêtant les poussières.

-Un tube interne = « **cartouche** », greffée avec du 2,4-DNPH (2,4-Dinitrophénylhydrazine), réactif spécifique de la liaison C=O des aldéhydes et cétones.

Dans la pièce à investiguer, on le suspend à l'horizontal à une hauteur de 2 mètres environ et ceci pour une durée de 4,5 jours.

Principe d'échantillonnage

Les polluants gazeux (aldéhydes) traversent le corps diffusif jusqu'à la zone de piégeage formée par la cartouche adsorbante greffée avec du 2,4-DNPH. Chaque composé carbonyle ou aldéhyde réagit en présence de la 2,4-DNPH en formant le dérivé de 2,4- dinitrophénylhydrazone correspondant.



La quantité de molécules piégées est proportionnelle à sa concentration dans l'environnement et est déterminée par analyse des échantillons par un laboratoire externe.

Principe d'analyse (3 étapes)

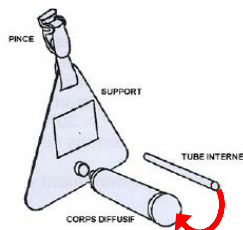
❖ **Désorption chimique** : Les hydrazones formées sur la cartouche adsorbante sont désorbées chimiquement par de l'acétonitrile. Cette solution à analyser est agitée, puis versée dans des petits tubes que l'on place sur un passeur de tubes dans le chromatogramme.

❖ **Chromatographie Liquide Haute Performance (HPLC)** : La solution à analyser est injectée sous haute pression dans une colonne pour effectuer la séparation et l'identification des composés qu'elle contient. Cette colonne contient un support plus ou moins poreux recouvert d'un gel qui a les propriétés désirées pour retenir les molécules du soluté (phase stationnaire). La colonne est balayée par la phase mobile qui est, dans le cas de l'HPLC, une solution. Chaque composé élué dans la colonne à une vitesse spécifique qui dépend de sa masse moléculaire et de son interaction avec la phase stationnaire de la colonne.

❖ **Détection par absorption UV** : A la longueur d'onde de 365 nanomètres, on mesure l'absorbance pour chaque aldéhyde identifié en sortie de colonne, puis on en déduit la concentration par comparaison avec des étalons connus.



Mesure du Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylène (BTEX) par tube passif radial en air intérieur



Matériel de prélèvement

Tube passif à diffusion radiale, type « Radiello » constitué de 2 tubes cylindriques concentriques :

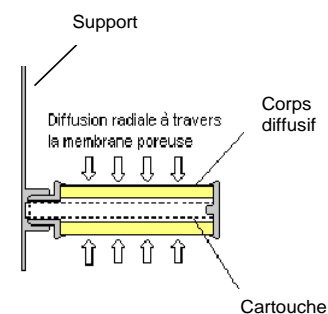
- Un tube externe = « corps diffusif » en polyéthylène jaune micro-poreux, au travers duquel diffusent les composés gazeux.
- Un tube interne = « cartouche », composé de noir de carbone graphité (carbograph4®)



Dans la pièce à investiguer, on suspend le tube passif à l'horizontal à environ 2 mètres de hauteur, durant 4,5 jours.

Principe d'échantillonnage

Les polluants gazeux (BTEX) traversent le corps diffusif jusqu'à la zone de piégeage formée par la cartouche adsorbante où ils sont retenus par des forces de type Van der Waals et accumulés dans les pores du matériau adsorbant. Ce processus est réversible. Le tube est ensuite analysé par un laboratoire externe et peut être réutilisé plusieurs fois.



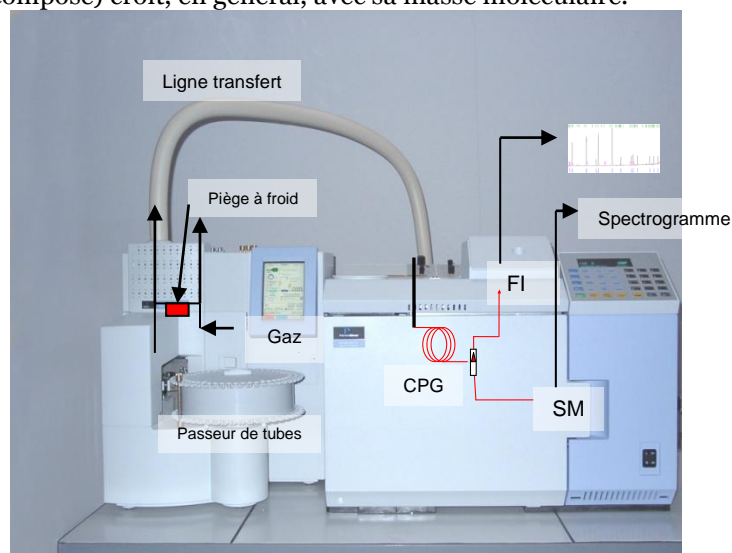
Principe d'analyse (3 ou 4 étapes)

- Désorption thermique : La cartouche est placée dans un tube Perkin Elmer, puis désorbée à 290°C sous un flux d'hélium. Les polluants s'adsorbent alors sur un piège froid maintenu à 10°C par effet Peltier qui sert à reconcentrer les BTEX préalablement échantillonnés dans un volume plus petit. Ce piège est désorbé rapidement jusqu'à 290°C : les composés sont acheminés (grâce à l'hélium) par la ligne de transfert, vers la colonne chromatographique.

- Séparation chromatographique (CPG) : La séparation des composés est effectuée à l'aide d'une colonne capillaire imprégnée d'un film (fine épaisseur d'un adsorbant présentant une affinité avec les constituants à éluer), le gaz vecteur servant de phase mobile étant l'hélium. Chaque composé élué dans la colonne à une vitesse spécifique qui dépend de sa masse moléculaire et de son interaction avec la phase stationnaire de la colonne. Le temps de rétention (c'est-à-dire le temps passé dans la colonne par un composé) croît, en général, avec sa masse moléculaire.

- Détection à ionisation de flamme (FID) : En sortie de colonne, chaque composé ainsi identifié est brûlé dans le détecteur à ionisation de flamme (FID) où les particules organiques de l'échantillon subissent une ionisation partielle. Ces particules passent entre deux électrodes ayant une différence de potentielle suffisante pour qu'un courant s'établisse entre elles lorsqu'il y a apparition d'ions dans la flamme. Le courant détecté est alors proportionnel au nombre d'atomes de carbone présents. On obtient ensuite la concentration de chaque composé analysé (grâce à des mesures de référence).

- Spectrométrie de masse (SM) : Cependant dans le cas où un composé « inconnu » apparaîtrait en sortie de colonne (pic non identifié), l'échantillon peut être orienté vers un spectromètre de masse en sortie de colonne. Le spectromètre de masse va détecter les molécules après leur séparation dans le CPG. Il donne une information sur la structure et la masse de la molécule. La molécule à identifier est ionisée et fragmentée en différents morceaux par bombardement avec des électrons de haute énergie. Les fragments ionisés ainsi formés constituent une véritable signature, spécifique à la molécule de base, qui dès lors peut-être identifiée de façon quasi unique. Ces fragments de molécule sont dirigés vers un filtre de masse qui les oriente, en fonction de leur rapport masse sur charge (m/z), vers un détecteur. Celui-ci les enregistre en tant que pics localisés au rapport m/z correspondant. Le spectre de masse du composé est fonction de sa structure moléculaire et de sa masse. C'est la carte d'identité du composé.



ANNEXE C : résultats des mesures en aldéhydes et benzène effectuées par tubes passifs, et des mesures réalisées par canisters

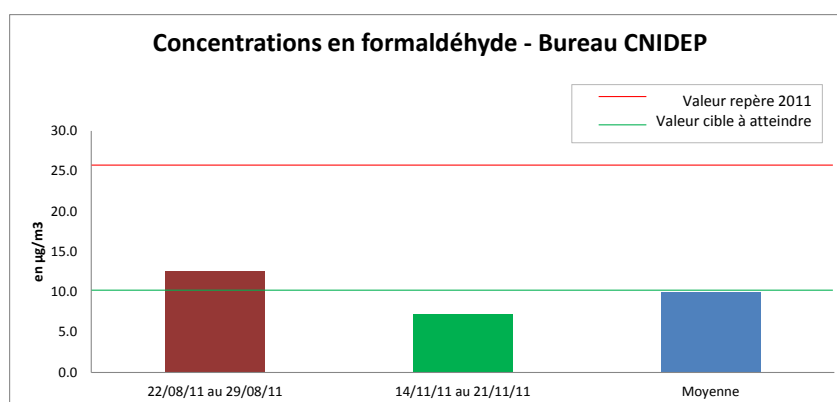
Mesures d'aldéhydes en air intérieur par tubes passifs (résultats en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) :

Pièce : bureau

Composé	22/08/11 au 29/08/11	14/11/11 au 21/11/11	Moyenne	Valeur limite	Valeur repère 2011	Valeur guide 2023
Formaldéhyde	12.6	7.3	10.0	100	26	10
Acétaldéhyde	27.9	11.6	19.8			
Propionaldéhyde	18.3	6.1	12.2			
Butyraldéhyde	25.0	10.1	17.6			
Benzaldéhyde	2.3	0.8	1.6			
Isovaléraldéhyde	0.9	0.6	0.8			
Valéraldéhyde	20.7	7.2	14.0			

Pièce : salle de réunion

Composé	22/08/11 au 29/08/11	14/11/11 au 21/11/11	Moyenne	Valeur limite	Valeur repère 2011	Valeur guide 2023
Formaldéhyde	8.5	5.7	7.1	100	26	10
Acétaldéhyde	23.0	9.1	16.1			
Propionaldéhyde	15.5	5.2	10.4			
Butyraldéhyde	21.2	8.4	14.8			
Benzaldéhyde	2.1	0.7	1.4			
Isovaléraldéhyde	0.7	0.6	0.7			
Valéraldéhyde	16.7	5.7	11.2			



Mesures de BTEX par tubes passifs (résultats en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) :

Pièce : bureau

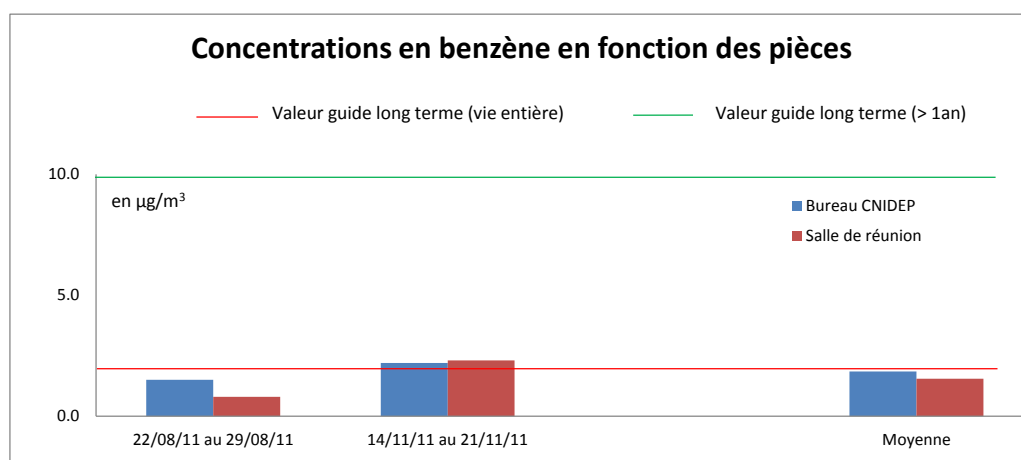
Composé	22/08/11 au 29/08/11	14/11/11 au 21/11/11	Moyenne	Valeur limite	Valeur repère	Valeur guide 2016
Benzène	1.5	2.2	1.9	10	5	2
Toluène	8.1	6.8	7.5			
ethylbenzène	1.7	1.7	1.7			
m+p-xylyène	4.5	4.4	4.5			
o-xylyène	4.5	1.0	2.8			

Pièce : salle de réunion

Composé	22/08/11 au 29/08/11	14/11/11 au 21/11/11	Moyenne	Valeur limite	Valeur repère	Valeur guide 2016
Benzène	0.8	2.3	1.6	10	5	2
Toluène	6.5	8.3	7.4			
ethylbenzène	1.1	1.4	1.3			
m+p-xylyène	2.8	4.1	3.5			
o-xylyène	3.1	1.5	2.3			

Lieu : extérieur du CNIDEP

Composé	22/08/11 au 29/08/11	14/11/11 au 21/11/11	Moyenne
Benzène	0.5	1.8	1.2
Toluène	1.2	2.1	1.7
ethylbenzène	0.3	0.2	0.3
m+p-xylyène	0.7	0.6	0.7
o-xylyène	0.3	0.3	0.3



Mesures de composés organiques volatils (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) par canister :

Lieu : bureau 1 (MP)			Lieu : salle de réunion		
T=24°C HR=41 %			T=22°C HR= 45 %		
Composés	du 30 au 31 aout 2011	14/11/11 au 21/11/11	Composés	du 22 au 23 aout 2011	
éthane	1.6		éthane	2.33	
éthène	1.86		éthène	1.26	
propane	1.21		propane	1.72	
propène	0.94		propène	0.72	
iso-butane	0.39		iso-butane	1.11	
n-butane	1.33		n-butane	2.44	
acétylène	0.84		acétylène	0.34	
trans-2-butène	0.27		trans-2-butène	0.27	
1-butène	0.27		1-butène	0.24	
cis-2-butène	0.16		cis-2-butène	0.15	
iso-pentane	3.38		iso-pentane	4.23	
n-pentane	2.34		n-pentane	2.37	
1,3-Butadiène	0.16		1,3-Butadiène	< 0.07	
trans-2-pentène	0.42		trans-2-pentène	0.45	
1-pentène	0.31		1-pentène	0.25	
cis-2-pentène	0.29		cis-2-pentène	0.19	
isoprène	0.86		isoprène	1.34	
1,1-dichloroéthane	< 0.25		1,1-dichloroéthane	< 0.25	
1-hexène	0.12		1-hexène	< 0.10	
1,2-dichloroéthylène	< 0.24		1,2-dichloroéthylène	< 0.24	
hexane	1.13		hexane	0.53	
1,2-dichloroéthane	< 0.29		1,2-dichloroéthane	< 0.29	
1,1,1-trichloroéthane	< 0.39		1,1,1-trichloroéthane	< 0.39	
benzène	0.93		benzène	0.97	
tétrachlorométhane	1.74		tétrachlorométhane	1.3	
trichloroéthylène	0.63		trichloroéthylène	0.42	
iso-octane	2.16		iso-octane	1.12	
heptane	1.3		heptane	0.65	
1,1,2-trichloroéthane	0.89		1,1,2-trichloroéthane	2.14	
toluène	5.97		toluène	3.6	
octane	0.53		octane	0.51	
tétrachloroéthylène	1.07		tétrachloroéthylène	0.61	
chlorobenzène	0.47		chlorobenzène	0.36	
éthylbenzène	1.31		éthylbenzène	0.64	
m+p-xylène	4.27		m+p-xylène	2.23	
styrène	0.91		styrène	1.05	
o-xylène	1.43		o-xylène	0.83	
1,3,5-triméthylbenzène	0.22		1,3,5-triméthylbenzène	0.15	
1,2,4-triméthylbenzène	1.03		1,2,4-triméthylbenzène	0.96	
1,4-dichlorobenzène	< 0.18		1,4-dichlorobenzène	< 0.18	
1,2,3-triméthylbenzène	Interfèrent		1,2,3-triméthylbenzène	Interfèrent	

ANNEXE D : Résultats des mesures du dioxyde de carbone CO₂, température et humidité

Périodes prise en compte : de 08h à 18h (heures travaillées) et hors week-ends (CNIDEP fermé le vendredi après-midi) :

Lieu : Air intérieur Bureau

Composé	22/08/11 au 02/09/11	14/11/11 au 21/11/11
CO2 (partie par million)	409	471
CO2 minimum	315	379
CO2 maximum	580	573
Température (degrés)	24.9	20.4
Humidité (%)	52.3	35.6

Lieu : Air intérieur Salle de réunion

Composé	22/08/11 au 02/09/11
CO2 (partie par million)	477
CO2 minimum	366
CO2 maximum	1565
Température (degrés)	23.5
Humidité (%)	56.4