

Campagne de mesures de la qualité de l'air



Campagne de mesure de la qualité de l'air à l'intérieur et aux abords du bâtiment de la **DREAL**, rue de Tournai



 **DREAL NORD-PAS-DE-CALAIS**
Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

**Atmo**
Nord - Pas de Calais
Surveillance de la qualité de l'air

Campagne de mesure de la qualité de l'air à l'intérieur et aux abords du bâtiment de la DREAL, rue de Tournai du 17 au 24 Janvier 2011

Rapport d'étude N° 03/2011/IC

51 pages (hors couvertures)

Parution : Novembre 2011

	Rédacteur	Vérificateur	Approbateur
Nom	Isabelle COQUELLE	Peggy DESMETTRES	Emmanuel VERLINDEN
Fonction	Ingénieur d'Etudes	Chargée d'Etudes	Responsable Etudes

Conditions de diffusion

Toute utilisation partielle ou totale de ce document doit être signalée par « source d'information atmo Nord - Pas-de-Calais, rapport N° 03/2011/IC ».

Les données contenues dans ce document restant la propriété d'atmo Nord - Pas-de-Calais peuvent être diffusées à d'autres destinataires.

atmo Nord - Pas-de-Calais ne peut en aucune façon être tenue responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses ou de toute œuvre utilisant ses mesures et ses rapports d'études pour lesquels l'association n'aura pas donné d'accord préalable.

Sommaire

Sommaire	3
Contexte et objectifs de l'étude	4
Organisation stratégique de l'étude	5
Description	5
Emissions connues.....	7
Paramètres surveillés.....	9
Techniques utilisées	13
Repères réglementaires	14
Recommandations de l'OMS et valeurs réglementaires en air ambiant	14
Valeurs réglementaires et valeurs guides en air intérieur	16
Valeurs réglementaires en atmosphère de travail	19
Valeurs recueillies dans des études antérieures similaires	20
Résultats des mesures	23
Contexte météorologique & qualité de l'air ambiant	23
Paramètres de confort.....	24
Analyse des polluants	27
Conclusion	38
Annexes	40

Contexte et objectifs de l'étude

Dans le cadre du regroupement de ses agents dans l'ancien bâtiment de la DRE¹, rue de Tournai et suite à des problèmes d'odeurs et des manifestations allergiques, la DREAL Nord - Pas de Calais a souhaité connaître l'état de la qualité de l'air au sein du nouveau bâtiment.

L'association atmo Nord - Pas-de-Calais est l'organisme agréé sur le territoire de la région Nord - Pas de Calais par l'arrêté du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement en date du 7 juillet 2010, publié au Journal Officiel le 27 juillet 2010.

A ce titre, atmo Nord - Pas-de-Calais dispose d'un programme de surveillance de la qualité de l'air 2011-2015. La « *poursuite de la mesure et de l'estimation de la pollution en air intérieur dans les bâtiments tertiaires, publiques et résidentiels* » est une des thématiques développées.

atmo Nord - Pas-de-Calais, forte de son expérience acquise durant 10 ans en air intérieur, a développé cette surveillance de l'air intérieur dans les bureaux. Les mesures proposées dans ce document constituent une des actions de la thématique susnommée.

Pour cela, atmo Nord - Pas-de-Calais a proposé une étude de la qualité de l'air à l'intérieur et aux abords du site, situé rue de Tournai et ce, afin de réaliser une évaluation de la qualité de l'air avant l'intégration complète des agents, prévue pendant l'été 2011.

L'objectif de l'étude sera de qualifier l'air respiré par les agents au sein du bâtiment, selon une approche environnementale (évaluation, recommandations).

Le volet sanitaire de l'étude est réalisé par le CETE Nord - Picardie, positionné en tant qu'assistant à maîtrise d'ouvrage, sur 2 axes : diagnostic du système de ventilation du bâtiment et exposition aux moisissures.

Ce rapport présente les résultats des mesures réalisées du 17 au 24 janvier 2011 à l'intérieur et aux abords du site, rue de Tournai.

¹ DRE : Direction Régionale de l'Équipement

Organisation stratégique de l'étude

Description

Les mesures ont concerné le bâtiment de la DREAL Nord - Pas de Calais, situé rue de Tournai. L'établissement est de type administratif et sa construction date de 1986. Il est composé de 5 ailes différentes, sur une surface totale de 15 661 m², du R-1 au R+8. Le chauffage des locaux est réalisé par le biais du réseau de chaleur urbain. Un système de ventilation est mis en place avec une maintenance régulière réalisée en interne, depuis décembre 2003 (changement des filtres, programmation).



Vue aérienne du bâtiment et des 5 ailes

Afin de cibler les polluants à mesurer et sites à étudier, une visite du site a permis entre autres, de mieux appréhender :

- le système de ventilation du bâtiment : soufflage dans les parties communes et extraction en bureaux (pour la plupart, mais des particularités existent), historique de l'entretien de la ventilation (sous-traitance multiple, manque de traçabilité...),
- de regrouper les zones en fonction des sources (activités, exposition, influence de l'air extérieur).

En lien avec les émissions possibles des environnements intérieur et extérieur, plusieurs composés ou paramètres physico-chimiques ont été mesurés :

- Mesure de **20 composés organiques volatils** pendant 7 jours à l'aide de la méthode par tubes à diffusion passive (caractérisation de l'influence des matériaux, équipements et comportements dans les environnements intérieurs),
- Mesure du **dioxyde d'azote** pendant 7 jours à l'aide des tubes à diffusion passive (caractérisation de l'influence de la circulation automobile et des appareils à combustion),
- Mesure de **9 aldéhydes** pendant 7 jours à l'aide de la méthode par tubes à diffusion passive (caractérisation de l'influence des matériaux, équipements et comportements dans les environnements intérieurs),
- Comptage des **particules** dont le diamètre est inférieur à $10\mu\text{m}$ pendant 7 jours en continu (influence de la circulation automobile, remise en suspension par les agents),
- Mesures **thermo hygrométriques et de renouvellement d'air**
 - par la mesure de la température, de l'humidité et du CO_2 , pendant 7 jours, en continu à l'aide d'un analyseur automatique.
 - par la mesure de la température et de l'humidité, pendant 7 jours à l'aide de sondes.

Ces facteurs physiques sont le plus souvent associés aux syndromes des bâtiments malsains.

Au regard de la configuration du bâtiment et des activités, 46 sites de mesure ont été installés afin de cibler l'exposition des agents. Les emplacements proposés ont été choisis au sein des salles et répartis sur les 8 niveaux. La liste des sites avec les polluants mesurés figure en annexes.



Préleveurs dans différentes pièces



Préleveurs dans différentes pièces

Afin d'aider à l'interprétation des données, des paramètres supplémentaires ont été recueillis par le biais de questionnaires et de budgets espace-temps.

Les budgets espace-temps ont été remplis par les agents et concernaient l'ouverture des fenêtres et des portes, l'effectif présent, les activités, le fonctionnement du chauffage, la fumée de tabac environnementale, les produits utilisés.

L'interprétation des résultats a été en partie basée sur les informations fournies dans les questionnaires. Le faible taux de remplissage des questionnaires par le personnel n'a pas permis pour certains paramètres, d'obtenir les informations utiles à l'interprétation.

Les questionnaires remplis par atmo Nord - Pas-de-Calais et par le personnel d'entretien ciblaient plusieurs thématiques : le nettoyage (produits, fréquence), les pièces (situation, menuiseries, chauffage, aération, revêtements, équipements, animaux et plantes, qualité et environnement, travaux), et l'environnement du bâtiment.

Emissions connues

Pour choisir le dispositif de mesure ainsi que les polluants à mesurer, il est important de connaître les émissions potentielles à l'intérieur et aux abords du bâtiment.

En air extérieur

Les émissions peuvent être de trois origines différentes :

➤ Emissions du trafic routier

Le bâtiment est situé au cœur d'un carrefour routier important. L'environnement de l'établissement est bordé par la rue de Tournai et la rue Delory. Le bâtiment est également proche de la rue du Président John Fitzgerald Kennedy, du boulevard Dubuisson et du périphérique de Lille.

La proximité et la densité de trafic engendré par l'ensemble des axes routiers, sont susceptibles de générer des émissions ayant une influence sur la qualité de l'air aux abords et à l'intérieur du bâtiment.

Emissions industrielles

Le tableau ci-dessous reprend les émissions des deux catégories SECTEN² de l'industrie manufacturière et de la transformation d'énergie. Cette estimation dépend directement de la présence d'établissements industriels.

Les activités industrielles sont le principal secteur dans l'estimation des rejets de SO₂, NO_x, COV et métaux lourds sur la commune de Lille.

Emissions du secteur industriel en kg par an

COMMUNE	CO	SO ₂	NOx	COV	PS	Pb	Zn	Cd
Lille	2 654 645	1 070 104	783 510	1 519 025	173 894	684	7 792	134

Emissions domestiques

Les émissions domestiques sont incluses dans la catégorie SECTEN résidentiel et tertiaire. Elle comprend les rejets des chauffages domestiques, mais aussi des établissements de commerce et de services. Ces rejets sont, en général, proportionnels à la population de la commune, mais dépendent également de l'énergie majoritairement utilisée pour le chauffage.

Les émissions domestiques sont le premier secteur pour les rejets de CO et particules en suspension.

Emissions du secteur résidentiel et tertiaire en kg par an

COMMUNE	CO	SO ₂	NOx	COV	PS	Pb	Zn	Cd
Lille	10 185 630	276 285	312 038	1 308 911	575 261	139	560	15

² Secteurs Economiques et Energie, format de restitution des inventaires d'émissions utilisé notamment par le CITEPA, comprenant 7 catégories.

Paramètres surveillés

Les paramètres de confort

Les paramètres de température et d'humidité sont des facteurs importants d'influence dans les émissions des composés organiques volatils, mais également pour le confort des occupants, de même que le dioxyde de carbone permettant d'évaluer le taux de renouvellement d'air. La mesure de ces trois paramètres de confort a été réalisée à l'aide de l'appareil Q-Trak. Les données ont été recueillies en continu selon un pas de temps de dix minutes pendant toute la durée de l'étude. D'autres sites ont été équipés de sondes permettant de recueillir les paramètres, température et humidité relative, en continu.

Selon la norme AFNOR XP X 43-407 (audit de la qualité de l'air dans les locaux non industriels – 2006), il est conseillé de maintenir une humidité relative entre 40 et 60% et une température de l'ordre de 22°C. Dans les locaux à pollution non spécifique, la teneur ambiante en CO₂ ne doit pas dépasser le seuil de 1 000 ppm (au-delà de 2 000 ppm, il existe un risque de somnolence). Le taux de CO₂ d'une pièce traduit la qualité du renouvellement d'air de la pièce : un taux élevé correspond à un mauvais renouvellement d'air.

Le dioxyde d'azote (NO₂)

Sources

➤ [En air ambiant](#)

Il se forme à haute température. C'est une combinaison entre l'oxygène et l'azote présents dans l'air ou dans les combustibles. Sont incriminés, les foyers de combustion, les procédés industriels et surtout la circulation automobile. L'installation de pots catalytiques réduit les émissions des véhicules mais l'augmentation du trafic et du nombre des voitures rend cette diminution insuffisante. Le dioxyde d'azote est un gaz agressif pulmonaire pouvant altérer la fonction respiratoire, voire augmenter chez les enfants la sensibilité des bronches aux infections microbiennes. Le dioxyde d'azote est analysé dans l'air ambiant par chimiluminescence.

➤ [En air intérieur](#)

En air intérieur, le NO₂ est le traceur de la combustion. Il est émis principalement par le fonctionnement (avec combustion) des équipements de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire, l'utilisation des appareils de cuisson et la fumée de tabac. Le NO₂ provenant de l'extérieur pénètre facilement à l'intérieur des bâtiments. Le rapport intérieur/extérieur des teneurs rencontrées permet alors de mettre en évidence l'influence d'éventuelles sources intérieures, même en cas d'air extérieur pollué.

Le monoxyde de carbone (CO)

Sources

➤ [En air ambiant](#)

Emis lors de combustions incomplètes, le monoxyde de carbone est essentiellement issu du trafic automobile.

➤ [En air intérieur](#)

En air intérieur, les principaux rejets de monoxyde de carbone sont dus aux mauvais réglages des installations de combustion telles que les systèmes de chauffage.

Les Composés Organiques Volatils (COV)

Les aldéhydes

Sources

En air ambiant

Les aldéhydes sont classés parmi les composés organiques volatils (COV) présents dans l'atmosphère. Ils proviennent de sources naturelles, mais également de l'activité humaine : circulation automobile et grandes sources fixes émettent des aldéhydes au cours de la combustion incomplète de produits organiques. Ils sont également présents en tant que polluants secondaires dans le smog photochimique, issus des processus de photooxydation.

Les principaux aldéhydes rencontrés dans l'air extérieur sont le formaldéhyde (HCHO), et l'acétaldéhyde (CH₃CHO). Les aldéhydes sont connus pour être odorants, mais leurs effets sur la santé ne sont pas totalement identifiés : à faible concentration ils peuvent être des irritants des voies respiratoires, et certains d'entre eux sont classés comme cancérogènes probables ou possibles.

Le formaldéhyde est un irritant puissant, classé parmi les substances CMR (cancérogène, mutagène et reprotoxique) et reconnu de classe 1 par le CIRC (centre international de recherche sur le cancer) depuis juin 2004.

En air intérieur

Les émissions intérieures en formaldéhyde, notamment par les bois agglomérés et collés, mais également les nombreuses autres sources intérieures :

- varient en fonction du revêtement des panneaux de particules
- augmentent avec la chaleur et la présence d'humidité
- augmentent avec la mise en marche du chauffage et la diminution de la ventilation
- diminuent avec l'âge du matériau (matériau pouvant émettre du formaldéhyde pendant plusieurs années après son installation)

Des études ont montré que les teneurs de formaldéhyde pouvaient varier en fonction des conditions ambiantes (la formation de formaldéhyde augmente avec les concentrations d'ozone à l'extérieur par pénétration en air intérieur et réaction avec d'autres composés organiques volatils). Les concentrations de formaldéhyde sont souvent plus élevées durant la saison printemps-été.

Aldéhydes recherchés	Sources intérieures connues
Formaldéhyde	Produits de construction et de décoration (bois collés, plaques de plâtre, mousses isolantes urée-formol, enduits préservateurs du bois, certains vernis pour parquet, certaines colles pour textiles muraux, laines d'isolation contenant un liant organique, etc.), résines, textiles, ameublement, fumée de tabac, produits nettoyants pour sol, cosmétiques, papier à copier sans carbone, émission de livres et magazines neufs, photocopieurs, photochimie, etc.
Acétaldéhyde	Photochimie, fumée de tabac, photocopieurs, panneaux de bois brut et panneaux de particules, combustion (fumée de tabac et utilisation d'appareils de cuisson au gaz).
Acroléine	Fumée de tabac environnementale et vapeurs libérées lors de la cuisson des huiles végétales et animales.
Propanal	Fumée de tabac.
Butanal	Photocopieurs et imprimantes à tambours.
Benzaldéhyde	Peintures à phase solvant, parquets traités et photocopieurs.
Isopentanal	Parquet traité et panneaux de particules.
Pentanal	Livres et magazines neufs, panneaux de particules, peintures à phase solvant.
Hexanal	Panneaux de particules et de bois brut, produits de traitement du bois, livres et magazines neufs, peintures à phase solvant.

Les autres COV

Sources

En air ambiant

Les BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes) sont particulièrement suivis ; le benzène notamment, qui est introduit dans l'essence depuis quelques années en remplacement du plomb afin d'augmenter le pouvoir antidétonant de l'essence.

Les COV sont des composés, naturels ou non, qui s'évaporent plus ou moins facilement dans les conditions de température ambiante, se mélangeant alors aisément à l'air.

En air intérieur

Dans les ambiances intérieures, ils sont présents dans de nombreux produits : parfums, peintures, lasures, vernis, colles, mastics, produits d'entretien et de nettoyage, produits de préservation du bois (charpentes, meubles), etc.

Autres COV recherchés	Sources intérieures connues
Benzène	Carburants, fumée de tabac, produits de bricolage, ameublement, matériaux de construction et éléments de décoration.
Toluène	Peintures, vernis, colles, encres, moquettes, tapis, calfatage siliconé et vapeurs d'essence.
Xylènes (m+p et o)	Peintures, vernis, colles et insecticides.
Ethylbenzène	Carburants et cires.
1,2,4-triméthylbenzène	Solvants pétroliers, carburants, goudrons et vernis.
1,4-dichlorobenzène	Produits de type antimite, désodorisant et insecticide.
Styrène	Matières plastiques, matériaux isolants, carburants et fumée de tabac.
n-décane	White-spirit, colles pour sol, cires, vernis à bois, moquettes et tapis.
n-undécane	White-spirit, colles pour sol, cires, vernis à bois et nettoyeurs sol.
Cyclohexane	Colles et adhésifs utilisés pour : pose de moquettes, de plinthes murales, de revêtements de protection dans les escaliers, réparation d'objets divers, peintures et vernis, etc.
Alpha-pinène	Désodorisants, parfums d'intérieur et produits d'entretien.
Limonène	Désodorisants, parfums d'intérieur, produits d'entretien, cires et nettoyeurs pour sol.
2-éthoxyéthanol	Peintures, laques, vernis et encres d'imprimerie.
2-butoxyéthanol	Peintures, vernis, traitement du bois, calfatage siliconé, fongicides et herbicides.
1-méthoxy-2-propanol	Laques, peintures, vernis, savons et cosmétiques.
Trichloroéthylène	Peintures, vernis, colles et dégraissant métaux.
Tétrachloroéthylène	Moquettes, tapis et nettoyage à sec.
2-éthyl-1-hexanol	Solvants aqueux.
n-butylacétate	Parquets et solvants.

Les poussières en suspension

Sources

➤ En air ambiant

Une partie des poussières qui se trouvent dans l'air est d'origine naturelle, mais s'y ajoutent des particules de compositions chimiques diverses émises notamment par les installations de combustion, les transports et les moteurs diesels. Elles peuvent provoquer des difficultés respiratoires chez les personnes fragiles, notamment chez l'enfant. Certaines d'entre elles ont des propriétés mutagènes ou cancérigènes.

➤ En air intérieur

Les particules provenant de l'air extérieur peuvent pénétrer à l'intérieur des bâtiments, notamment par le système de ventilation. D'autres sources de particules sont présentes à l'intérieur, en relation avec les activités des occupants : tabagisme, fonctionnement des appareils de chauffage et de combustion, ménage et déplacements (remise en suspension de la poussière). Ces particules restent plus ou moins longtemps en suspension selon leur taille, avant de se déposer.

Techniques utilisées

Le monoxyde de carbone, la température et l'humidité relative ont été mesurés à l'aide d'un analyseur Q-Trak, en continu, avec un pas de temps 10 min.



Les aldéhydes et les COV ont été prélevés à l'aide de tubes passifs. Cette technique d'échantillonnage permet d'accumuler durant toute la durée du prélèvement (1 semaine) la quantité des aldéhydes et COV présents dans la pièce à l'aide de la diffusion naturelle de l'air.

Le dioxyde d'azote a été mesuré par la même technique d'échantillonnage que celle utilisée pour les COV mais la cartouche utilisée est spécifique à l'échantillonnage du NO₂, le temps de prélèvement reste inchangé (1 semaine).



Les particules en suspension ont été mesurées à l'aide des appareils GRIMM afin de comptabiliser les particules en suspension présentes dans l'air intérieur toutes les 10 minutes pendant la semaine de prélèvement.

Repères réglementaires

A ce jour, il n'existe pas de valeurs réglementaires de concentration de polluants à ne pas dépasser dans l'air intérieur spécifiques aux bâtiments tertiaires.

Pour l'interprétation des données, nous disposons de diverses réglementations en air extérieur, en atmosphère de travail et de quelques recommandations et valeurs de gestion en air intérieur.

Recommandations de l'OMS et valeurs réglementaires en air ambiant

Recommandations de l'OMS :

Le bureau européen de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a élaboré, avec l'aide de spécialistes, des recommandations sur la qualité de l'air.

Le tableau suivant regroupe les différents seuils recommandés (valeurs à ne pas dépasser) pour les polluants analysés dans les bureaux (*Données 1999 – Source : Guidelines for Air Quality, WHO, Geneva 2000*) :

Polluant	Valeurs guides Seuils en $\mu\text{g}/\text{m}^3$				
	Sur 1h	Sur 8h	Sur 24h	Sur la semaine	Sur l'année
Poussières PM _{2,5}	-	-	25	-	10
Poussières PM ₁₀	-	-	50	-	20
Dioxyde d'azote NO ₂	200	-	-	-	40
Toluène	1 000 (pour 30 minutes)	-	-	260	-
Formaldéhyde	100 (pour 30 minutes)	-	-	-	-
Acétylaldéhyde	-	-	2 000	-	50
Styrène	70 (pour 30 minutes)	-	-	260	-
Xylènes	-	-	4 800	-	870
Tétrachloroéthylène	-	-	-	-	250
Monoxyde de carbone CO	30 000	10 000	-	-	-
Ethylbenzène	-	-	-	-	22 000
Acroléine	50 (pour 30 minutes)	-	-	-	-

Valeurs réglementaires en air ambiant

Les valeurs réglementaires (seuils, objectifs, valeurs limites...) sont définies au niveau européen dans des directives, puis elles sont déclinées en droit français par des décrets ou des arrêtés.

L'objectif de qualité est un niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base de connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement, à atteindre dans une période donnée.

La **valeur limite** est un niveau maximal de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement.

(Source : Article L. 221-1 du Code de l'Environnement)

••Le tableau suivant regroupe les valeurs pour chaque polluant réglementé :
Décret n° 2010 – 1250 du 21/10/2010 relatif à la qualité de l'air

Polluant	Normes			
	Moyenne annuelle	Moyenne journalière	Moyenne horaire	Moyenne glissante sur 8 heures
Dioxyde d'azote (NO₂)	40 µg/m ³ (valeur limite)	-	200 µg/m ³ - de 18 heures/an ou Percentile 99,8 (valeur limite)	-
Particules en suspension (PM10)	40 µg/m ³ (valeur limite) 30 µg/m ³ (objectif de qualité)	50 µg/m ³ - de 35 jours/an ou Percentile 90,4 (valeur limite)	-	-
Particules fines (PM2,5)	28 µg/m ³ (valeur limite) 20 µg/m ³ (valeur cible) 10 µg/m ³ (objectif de qualité)	-	-	-
Monoxyde de carbone (CO)	-	-	-	10 mg/m ³ (valeur limite)
Benzène (C₆H₆)	5 µg/m ³ (valeur limite) 2 µg/m ³ (objectif de qualité)	-	-	-

Valeurs réglementaires et valeurs guides en air intérieur

Valeurs guides de l'ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire)

Formaldéhyde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	VGAI				
	Exposition 8 heures	Exposition 2 heures	Exposition 1 heure	Exposition court terme	Exposition long terme
	-	50	-	-	10

Benzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	VGAI		
	court terme	intermédiaire	long terme
	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur 14 jours	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur une durée d'exposition comprise entre 2 semaines et 1 an	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur une durée d'exposition > à 1 an

Monoxyde de carbone (mg/m^3)	VGAI			
	Exposition 8 heures	Exposition 1 heure	Exposition 30 minutes	Exposition 15 minutes
	10	30	60	100

VGAI : Valeur guide en air intérieur

Concentrations types pour le formaldéhyde

(Source AFNOR (Association Française de Normalisation) – NF EN ISO 16000-2, Juillet 2006)

Ouvrage de	Concentrations dans l'air intérieur		Concentrations dans l'air extérieur	
1996	Moyenne	Plage	Moyenne	Plage
	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Valeurs repères d'aide à la gestion de l'air dans les espaces clos pour le formaldéhyde

Exposition sur le long terme	Valeur	Actions associées
Valeur cible (à atteindre en 10 ans)	10 µg/m ³	concentration < 10 µg/m³ Aucune action associée, très bonne qualité de l'air.
Valeur repère de la qualité de l'air (seuil diminué chaque année de 2 µg/m ³)	30 µg/m ³ (en 2009) 26 µg/m ³ (en 2011)	10 µg/m³ ≤ concentration ≤ 26 µg/m³ Aucune action corrective spécifique. En cas de travaux ou de changement d'ameublement, choisir des matériaux moins émissifs.
Valeur d'information et de recommandation (seuil diminué chaque année de 4 µg/m ³)	50 µg/m ³ (en 2009) 42 µg/m ³ (en 2011)	26 µg/m³ ≤ concentration ≤ 42 µg/m³ Agir dans un premier temps sur la ventilation du local et/ou sur les comportements des occupants, pour ramener les niveaux en dessous de la valeur repère de la qualité de l'air.
		42 µg/m³ ≤ concentration ≤ 100 µg/m³ Il est nécessaire, dans un délai de quelques mois, d'identifier la ou les source(s) principale(s) et de la (les) réduire en engageant des actions appropriées.
Valeur d'action rapide	100 µg/m ³	concentration ≥ 100 µg/m³ Identifier la ou les sources principales et les neutraliser dans le mois suivant les mesures afin d'obtenir des niveaux inférieurs à la valeur repère de qualité d'air.

(Source HCSP (Haut Conseil de la Santé Publique), valeurs repères d'aide à la gestion en espace clos, octobre 2009)

Valeurs repères d'aide à la gestion de l'air dans les espaces clos pour le benzène

(Source HCSP (Haut Conseil de la Santé Publique), valeurs repères d'aide à la gestion en espace clos, juin 2010)

Le Haut Conseil de la Santé Publique estime que l'effet cancérigène du benzène est l'effet critique à retenir pour l'établissement des valeurs repères de qualité de l'air intérieur pour l'habitat et les locaux accueillant du public. Il fixe trois valeurs pour les expositions chroniques sur le long terme :

- **2 µg/m³ comme valeur cible à atteindre en 5 ans.** Des teneurs inférieures ou égales témoignent d'une bonne qualité d'air vis-à-vis de ce polluant mais il convient de garder à l'esprit que le benzène est un cancérigène sans seuil d'inocuité et que l'objectif doit toujours être de réduire les concentrations à un niveau aussi bas que raisonnablement possible (principe ALARA³).
- **5 µg/m³ comme valeur repère de qualité d'air en dessous de laquelle aucune action corrective spécifique n'est préconisée aujourd'hui.** A partir de 2012, cette valeur repère évoluera avec une pente de décroissance de 1 µg/m³ par an jusqu'à la valeur cible qui devra être atteinte en 2015.

³ ALARA : As Low As Reasonably Achievable

Au-delà de cette valeur repère de qualité d'air, il est nécessaire d'identifier les sources intérieures en cause afin d'engager si possible des actions appropriées de réduction des émissions (notamment, dans l'habitat, les sources de combustion et le tabagisme) ou, à défaut, d'instaurer des procédures de ventilation des locaux de nature à diminuer les niveaux intérieurs. Une évaluation de la contribution extérieure peut aussi être à réaliser :

Lorsque les teneurs extérieures sont supérieures à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et inférieures à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la valeur repère de qualité d'air intérieur reste fixée à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ avec une pente de décroissance de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ par an jusqu'à atteindre la valeur extérieure.

Dans le cas exceptionnel où la teneur extérieure est supérieure à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la valeur repère ne peut pas, en général, être respectée à l'intérieur ; on veillera alors à diminuer les teneurs intérieures en benzène à un niveau aussi bas que le permet cette concentration extérieure et à engager les actions de nature à réduire fortement les sources de pollution extérieures.

- **$10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ comme une valeur d'action rapide au-delà de laquelle les sources en cause doivent être rapidement identifiées et neutralisées dans le but de ramener les teneurs intérieures en dessous de la valeur repère, soit $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2012.** Un délai de mise en conformité de quelques semaines à quelques mois est accordé du fait qu'il s'agit de protéger d'un effet à long terme.

Valeurs réglementaires en atmosphère de travail

(Sources INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité) – ND 2098-174-99, Hygiène et sécurité du travail, 1^{er} trimestre 1999, n°174)

La prévention des maladies d'origine professionnelle demande que l'exposition des personnes aux polluants présents dans l'air des lieux de travail soit évitée ou réduite aux niveaux les plus faibles possibles. Des valeurs d'exposition professionnelle (VLEP) ont donc été définies par le ministère chargé du travail et par la Caisse Nationale de l'Assurance Maladie.

La VME ou **valeur limite de moyenne exposition** : c'est la valeur destinée à protéger les travailleurs des effets à moyen terme, mesurée ou estimée sur la durée d'un poste de travail de 8 heures.

La VLE ou **valeur limite d'exposition à court terme** : c'est la valeur dont le respect permet d'éviter le risque d'effets toxiques immédiats ou à court terme.

Le tableau suivant regroupe les valeurs pour chaque polluant réglementé :

Polluant	VME	VLE
Poussières PM 10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	10 000	-
Dioxyde d'azote NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	6 000
Monoxyde d'azote NO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	30 000	-
1-méthoxy-2-propanol (mg/m^3)	375	568
2-éthoxyéthanol (mg/m^3)	19	-
1,2,4-triméthylbenzène (mg/m^3)	100	-
1,4-dichlorobenzène	4 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	306 mg/m^3
2-butoxyéthanol	9 800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	147.6 mg/m^3
Styrène (mg/m^3)	215	-
Benzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	3 250	-
Trichloroéthylène (mg/m^3)	405	1 080
Ethylbenzène (mg/m^3)	442	884
Toluène (mg/m^3)	375	550
Acroléine ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	250
Acétaldéhyde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	180 000	-
Formaldéhyde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	610	1 230
Propanal ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	31 000	20 000
Cyclohexane (mg/m^3)	1 050	1 300
Xylènes (mg/m^3)	221	442
Monoxyde de carbone CO (mg/m^3)	55	-

Valeurs recueillies dans des études antérieures similaires

• Formaldéhyde

Programme	Année	Concentration de formaldéhyde	Taille de l'échantillon	Durée d'exposition des tubes
ISAAC	1999/2000	Moy : 22 à 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Max > 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	396 salles de classe	5 j
Crèches collectives de la région Ile de France	2001	Moy salles fréquentées par les enfants : 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Moy cuisines : 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Max : 56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50 crèches	2 x 48 h
Ecoles sur Strasbourg	2004/2005	Moy : 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	526 points de mesure	48 h
Lieux publics de Mulhouse	2005	Moy : 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Min : 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Max : 112 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	68 sites de mesure	2 x 7 j
Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur	2001	Moy : 25 à 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-
Ecoles et crèches en région Rhône-Alpes	2007	Moy : 14.6 à 29.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-
Ecoles et crèches dans le Nord – Pas-de-Calais	2008	Moy : 5.7 à 28.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	10 écoles et crèches	7 j
AICOLE - écoles en région centre	2008/2009	Moy : 8 à 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Min : 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Max : 64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	27 écoles	-

• Benzène

Programme	Année	Concentration de benzène	Taille de l'échantillon	Durée d'exposition des tubes
Lieux de garde et d'enseignement en Alsace	2005	Moy : 2.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Min : 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Max : 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-
Ecoles et crèches dans le Nord – Pas-de-Calais	2008	Moy : 0.8 à 2.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	10 écoles et crèches	7 j
AICOLE – écoles en région centre	2008/2009	Moy : 0.9 à 2.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Min : 0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Max : 4.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	27 écoles	-

- Autres composés organiques volatils

		Concentrations en $\mu\text{g}/\text{m}^3$								
Etude	Lieu	Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Acroléine	Propanal	Butanal	Benzaldéhyde	Isopentanal	Pentanal	Hexanal
INERIS	Bureau	30 à 60	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
LHVP – DDASS et CIRE	Mairie	max : 19	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
ASPA	Bibliothèque	68 à 70	6	NM	3	12	NM	NM	NM	NM
atmo Nord - Pas-de-Calais (Mai 2007)	Bureaux de Lille et Béthune	15,1 à 23,3	5,5 à 11,2	0,7 à 2,5	1,7 à 8,2	2,6 à 10,0	0,2 à 1,3	0,7 à 18,8	4,1 à 9,4	5,4 à 29,9
Etude BASE (Etats-Unis)	56 immeubles de bureaux	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	0,8 à 12
Etude sur Paris et Lyon	Bureaux	33 à 503	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
Mairie de Cambrai	Bureaux	4,2 à 14,3	0,5 à 7,8	<0,4	<0,4 à 3,1	1,3 à 4	<0,3 à 0,8	0,5 à 3,4	<0,8 à 5,6	<1,3 à 14,5
Artois Comm	Bureaux	19,6 à 30,5	4,4 à 9	<0,4	1,2 à 4,1	1,2 à 8,5	0,3 à 1,7	1,1 à 1,8	5,9 à 11,7	7,6 à 46,9

		Concentrations en $\mu\text{g}/\text{m}^3$								
Etude	Lieu	Benzène	Cyclohexane	1-méthoxy-2-propano I	Trichloroéthylène	2-éthoxyéthanol	toluène	n-butyl acétate	tétrachloroéthylène	éthylbenzène
LHVP – DDASS et CIRE	Mairie	NM	NM	NM	NM	NM	max : 33	NM	NM	NM
ORAMIP (du 29-12-05 au 05-01-06)	Locaux de la maison communale de GAILLAC	1,7 à 2,3	NM	NM	NM	NM	4,9 à 9,0	NM	NM	1,2 à 2,2
Etude BASE (Etats-Unis)	56 immeubles de bureau	0,6 à 17	NM	NM	NM	NM	1,6 à 360	NM	NM	NM
EXPOLIS (Milan)	45 bureau	9,8 (4,2-36,1)	NM	NM	NM	NM	37,3 (14,5-192,3)	NM	NM	NM
Mairie de Cambrai	Mairie	1,6 à 1,9	0,5 à 3,3	0,2 à 1,6	0,2 à 1,7	0,05 à 13,7	4,7 à 23,7	0,2 à 0,6	1,4 à 1,8	0,8 à 5,8
Artois Comm	Bureau	0,6 à 1,1	0,3 à 1,0	0,4 à 1,7	0 à 0,1	0 à 0,5	19,2 à 124	0,5 à 5	0,1 à 0,2	0,8 à 3,4

Concentrations en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

(m+p)-xylènes	o-xylène	styrène	2 - butoxyéthanol	Alpha-pinène	1,2,4-triméthylbenzène	n-décane	1,4-dichlorobenzène	2-éthyl-1-hexanol	limonène	n-undécane
NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
3.9 à 6.6	1.4 à 2.5	0.7 à 1.5	3.4 à 8.1	3.6 à 4.0	NM	NM	NM	4.8 à 20.8	4.1 à 18.7	NM
0.8 à 96	NM	NM	0.7 à 78	NM	NM	NM	NM	NM	0.3 à 140	0.6 à 58
21.7 (8,4-96,3)	6.4 (2,0-32,2)	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
2,7 à 7,1	1 à 2,2	0,1 à 0,5	0,2 à 8,2	0,6 à 5,1	0,7 à 5,1	3,9 à 10,3	2,5 à 115	0,6 à 3,9	2,2 à 9	1,5 à 3,8
2,9 à 11,2	0,7 à 1,3	1,1 à 4,3	0,9 à 6,8	0,9 à 6	2,9 à 15,9	16,1 à 67,8	0,2 à 0,4	7,3 à 28,5	2,2 à 12,9	9,3 à 41,4

Résultats des mesures

L'exploitation des questionnaires et des budgets espace-temps a permis de regrouper certaines thématiques et de les relier aux concentrations pour notre étude. Cette exploitation est délivrée à titre indicatif, la petite taille de l'échantillon ne permettant pas d'obtenir un panel statistiquement correct.

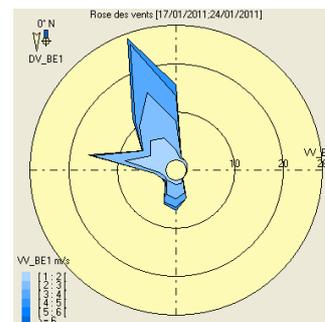
Les résultats des sites situés dans le restaurant et dans les cuisines (site 33) n'ont pas pu être exploités. Ces sites ont été durant la semaine, démontés et stockés dans le bureau du cuisinier par mégarde.

Contexte météorologique & qualité de l'air ambiant

Semaine du 17 au 24 Janvier 2011

Température °C	Moyenne :	5,2 °C
	Minimum :	9,7 °C
	Maximum :	0,5 °C
Pression atmosphérique hPa	Moyenne :	1029 hPa
Vent m/s	Vitesse moyenne :	1,9 m/s
	Minimum :	4,2 m/s
	Maximum :	0,5 m/s
Humidité relative %	Moyenne :	88 %

Le temps de la semaine est resté couvert avec des pluies faibles et des bruines matinales. Les températures ont été plus élevées durant les 2 premiers jours de la campagne. Les vents ont été principalement orientés au secteur Nord-Nord-Ouest et de vitesse calme à faible.



Qualité de l'air ambiant

L'indice Atmo est un indicateur journalier de la qualité de l'air extérieur qui permet de traduire, sur une échelle de 1 (très bon) à 10 (très mauvais), la qualité de l'air d'une agglomération urbaine de plus de 100 000 habitants (plus l'indice est élevé, plus la qualité de l'air est mauvaise).

Indice Atmo	Sous Indice SO ₂	Sous Indice NO ₂	Sous Indice O ₃	Sous Indice PM10	ATMO Global
17/01/2011	1	2	2	3	3
18/01/2011	1	3	3	4	4
19/01/2011	1	3	2	4	4
20/01/2011	1	3	3	4	4
21/01/2011	1	3	2	5	5
22/01/2011	1	2	3	3	3
23/01/2011	1	1	3	4	4
24/01/2011	1	2	3	3	3

L'indice Atmo est élaboré à partir des concentrations journalières de 4 polluants indicateurs de la pollution atmosphérique : le dioxyde de soufre (SO₂), le dioxyde d'azote (NO₂), l'ozone (O₃), les poussières en suspension (Ps).

Un sous-indice, pour chacun des 4 polluants, permet de caractériser le niveau moyen de pollution auquel est exposée la population. C'est le maximum de ces 4 sous-indices qui détermine l'indice Atmo.

Durant la période de mesures, la qualité de l'air extérieur était globalement bonne. Seule la journée du 21 janvier 2011 a enregistré une qualité de l'air moyenne. L'influence de l'air ambiant sur la qualité de l'air intérieur a donc été limitée.

Paramètres de confort

Les valeurs moyennes relevées pour chaque pièce sont présentées dans les tableaux suivants :

Moyennes durant la campagne de mesure

Site	Dioxyde de carbone en ppm		
	Moyenne	Min	Max
Site 40	426	348	821
Site 14	500	397	881
Site 38	421	352	796
Site 23	490	381	964

Site	Température en °C		
	Moyenne	Min	Max
Site 40	17,7	16,1	20,3
Site 14	20,3	17,6	24,1
Site 38	19,2	16,4	23,1
Site 23	22,9	21,1	25,4
Site 22	21,7	17,8	23,0
Site 11	18,8	17,8	21,1
Site 26	20,6	17,5	23,0
Site 35	19,7	16,2	23,2
Site 41	21,6	14,7	24,9
Site 9	20,6	17,4	22,4
Site 42	19,3	16,0	21,7
Site 43	14,3	13,5	20,7
Site 17	21,7	17,3	24,0
Site 12	19,6	17,4	22,7
Site 16	19,5	17,9	22,0
Site 8	18,7	16,5	22,8
Site 46	22,9	19,3	24,0

Site	Humidité relative en %		
	Moyenne	Min	Max
Site 40	34,0	26,0	44,0
Site 14	37,0	29,0	48,0
Site 38	28,0	20,0	42,0
Site 23	40,0	30,0	54,0
Site 22	34,4	25,8	50,4
Site 11	46,3	35,7	57,0
Site 26	36,8	28,4	67,5
Site 35	37,2	26,3	54,2
Site 41	34,8	29,1	59,2
Site 9	35,7	28,6	51,6
Site 42	38,0	27,7	49,3
Site 43	83,7	41,4	91,1
Site 17	35,5	28,8	52,1
Site 12	38,1	28,0	70,5
Site 16	38,8	32,0	52,3
Site 8	41,5	27,7	56,4
Site 46	33,9	27,2	43,7

Selon la norme AFNOR XP X 43-401 (audit de la qualité de l'air dans les locaux non industriels-1998), il est conseillé de maintenir une humidité relative entre 40 et 60% et d'avoir une température de l'ordre de 22°C.

Dans les locaux à pollution non spécifique, la teneur ambiante en CO₂ ne doit pas dépasser le seuil de 1 000 ppm, et au-delà de 2 000 ppm, il y a un risque de somnolence.

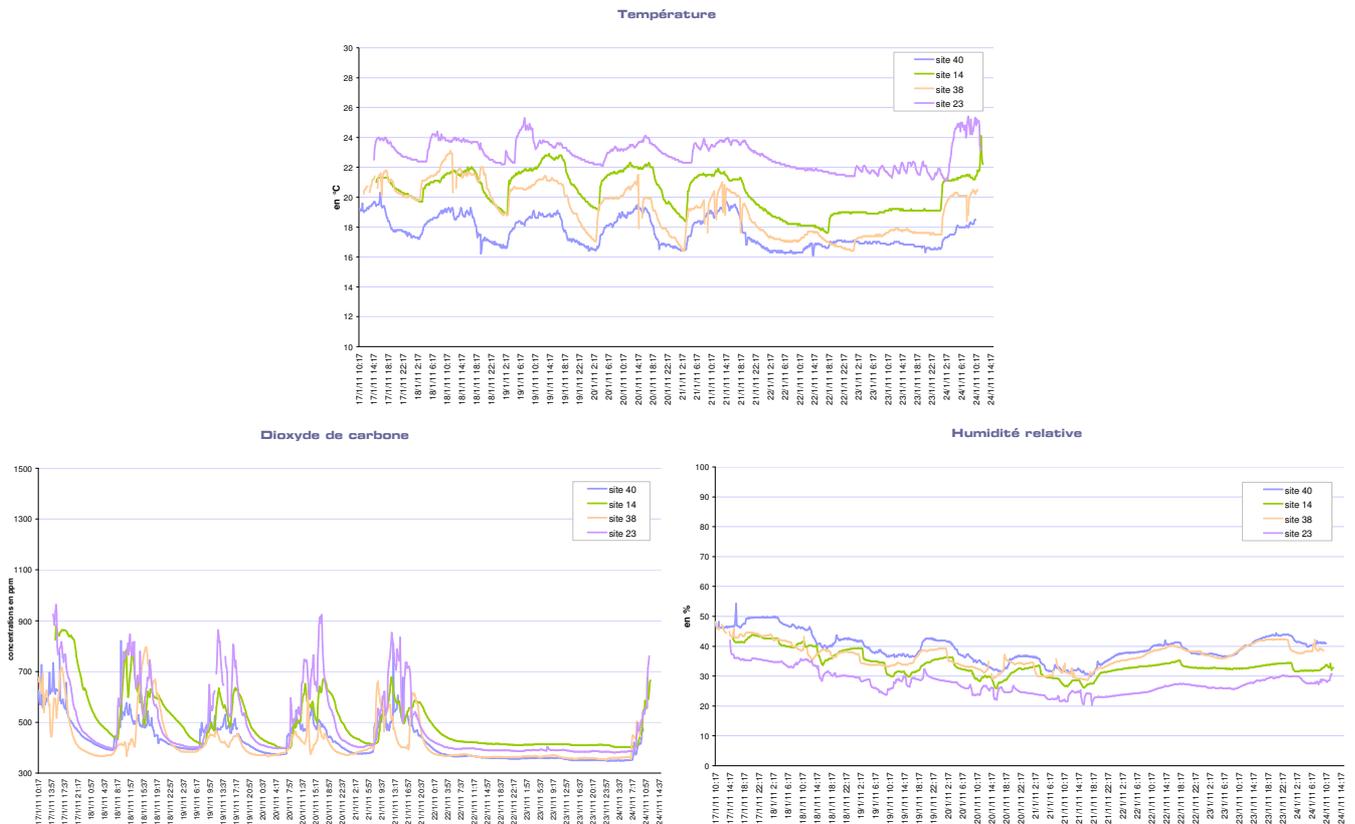
Pour cette étude, on constate que le renouvellement de l'air au sein des bureaux est conforme aux valeurs préconisées pour le dioxyde de carbone (la teneur maximale en CO₂, pour les deux semaines ne dépassant pas les 1 000 ppm), Par contre, au regard de l'humidité et de la température, l'air intérieur est plutôt sec. Les résultats des mesures ont montré pour toutes les pièces étudiées, des profils de valeurs moyennes et de valeurs maximales similaires en humidité relative.

13 pièces sur les 17 instrumentées observent des teneurs moyennes inférieures à 40 %. On note pour le bureau 22, une humidité minimale de 25,8 %, le 21 janvier à 15h24. Cette faible humidité ambiante pourrait engendrer à terme, pour les salariés une sécheresse oculaire et respiratoire.

Concernant les températures, les valeurs respectent globalement les recommandations fixées dans la norme. De manière ponctuelle pour certains bureaux, les teneurs mesurées ont dépassé les 22°C. Considérant la période de mesure, il est probable que ces valeurs de température soient plus élevées en période printemps-été.

Evolution des concentrations

Les graphes ci-dessous représentent l'évolution des paramètres de confort dans les pièces instrumentées avec l'appareil Q-Trak.



Les graphes représentant l'évolution de la température des salles montrent que celle-ci augmente en période d'occupation, Pour le reste de la journée, les températures sont fonction des températures extérieures et de la perméabilité du bâtiment.

Sur la période d'occupation de 8h00 à 17h00, la température connaît des augmentations et chutes rapides, en lien avec la présence/absence et avec les ouvertures des portes/fenêtres, Les salles présentent des profils similaires d'évolution de la température ambiante, mais observent des gammes de températures différentes. Le bureau 23 se détache par des teneurs plus élevées. L'installation du capteur à proximité du radiateur pourrait expliquer ces valeurs. A l'inverse, de part sa situation à l'entrée du bâtiment, la salle 40 présente les valeurs de température les plus faibles.

Les résultats des mesures en humidité relative ont montré des profils de valeurs moyennes et de valeurs maximales similaires. L'évolution est similaire pour les 4 bureaux.

Les graphes représentant l'évolution du taux de CO₂ montrent que celui-ci est lié directement au nombre de personnes présentes dans la pièce.

Pour chaque pièce, le taux de dioxyde de carbone connaît une augmentation continue pendant la période d'occupation, en matinée et dans l'après-midi avec une chute modérée pendant la pause-déjeuner, puis une chute rapide dès la sortie.

Cette observation est logique puisqu'elle est liée à l'émission de CO₂ via la respiration des occupants (donc à leur présence), et le confinement plus ou moins important des pièces (pratiques d'aération par ouverture des portes et fenêtres, système de ventilation en place, perméabilité des bâtiments, etc.).

Les salles présentent des profils similaires, mais évoluant différemment en fonction de nombre de personnes présentes, de leurs activités, du volume de la salle, amenant des teneurs plus ou moins élevées, Ainsi, le bureau 38 a relevé les valeurs moyenne et maximale les plus basses, toujours inférieures à 1 000 ppm, tandis que les bureaux 14 et 23, les valeurs les plus élevées (également en valeurs moyenne et maximale).

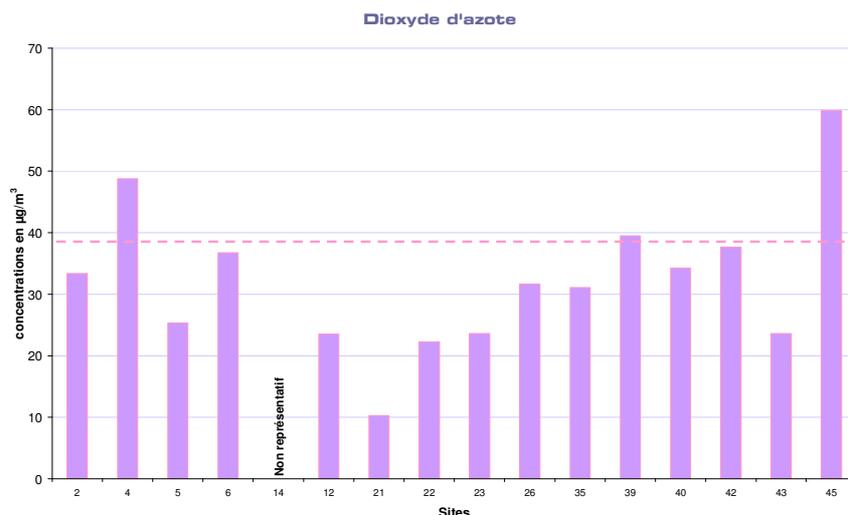
Analyse des polluants

Le dioxyde d'azote

Moyennes durant la campagne de mesure

Les valeurs moyennes sur 1 semaine sont présentées dans le tableau et graphe ci-dessous.

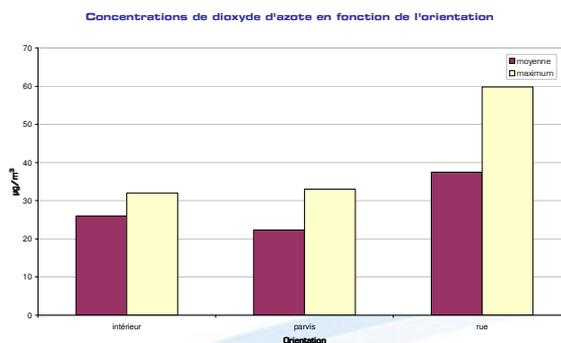
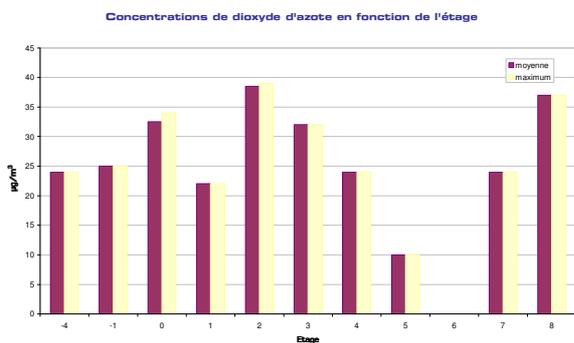
Site	Dioxyde d'azote en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Site 2	33
Site 4	49
Site 5	25
Site 6	37
Site 14	NR
Site 16	24
Site 21	10
Site 22	22
Site 23	24
Site 26	32
Site 35	31
Site 38	39
Site 40	34
Site 42	38
Site 43	24
Site 45	60



Les résultats des mesures indiquent que les concentrations hebdomadaires de dioxyde d'azote varient entre 10 et 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En lien avec la source automobile prépondérante, les teneurs les plus élevées ont été enregistrées par les sites situés à l'extérieur. Par comparaison avec les stations fixes de mesure du réseau régional, ces sites pourraient être représentatifs d'une situation de proximité automobile, relevant les valeurs maximales. De même, il est probable que la valeur limite annuelle fixée par le décret, à 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, soit atteinte sur ces sites.

A l'intérieur du bâtiment, la gamme des concentrations s'étend de 10 à 39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. L'analyse des résultats à l'intérieur montre une certaine variabilité spatiale. Le maximum est atteint dans le bureau 38 avec une valeur de 39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ces valeurs sont un peu plus élevées par rapport à ce qui est couramment observé. L'influence du trafic automobile aux abords du bâtiment semble perceptible sur la qualité de l'air intérieur.

Toutefois, en lien avec la physicochimie du polluant et sa dispersion dans l'atmosphère, on observe généralement des teneurs plus importantes lors de la saison hivernale. Il est probable que ces valeurs soient plus faibles lors de la saison estivale.



➤ Comparaison aux valeurs guides, réglementaires et de référence

Les valeurs en atmosphère de travail (VME) sont respectées pour l'ensemble des sites de mesures.

Les recommandations de l'OMS devraient être respectées pour ce qui concerne la valeur annuelle. Par comparaison entre les valeurs relevées sur les stations fixes pendant la campagne et les données de l'ensemble de l'année sur ces mêmes sites, on peut considérer que la valeur limite ne serait très probablement pas dépassée sur les sites extérieurs.

Le monoxyde de carbone

➤ Moyennes durant la campagne de mesure

Site	Monoxyde de carbone en ppm		
	Moyenne	Min	Max
Site 40	0,9	0,5	2,5
Site 14	0,2	0	1,0
Site 38	1,0	0,7	1,8
Site 23	0,9	0,6	1,7

Les niveaux de monoxyde de carbone sont faibles et du même ordre de grandeur que ceux habituellement observés dans ces environnements tertiaires.

➤ Comparaison aux valeurs guides, réglementaires et de référence

Les recommandations de l'OMS ainsi que les valeurs guides fixées par l'ANSES sont respectées sur l'ensemble des sites de mesure.

La VME fixée à 55 µg/m³ sur 8 heures est également respectée.

Les composés organiques volatils

Les aldéhydes

Moyennes durant la campagne de mesure

	Concentrations en $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	Moyenne	Minimum	Maximum
formaldéhyde	14,9	1,0	28,3
acétaldéhyde	5,3	1,2	9,7
propanal	1,1	0,2	2,0
butanal	7,0	0,8	15,2
benzaldéhyde	0,5	0,2	1,0
isopentanal	0,5	0,1	0,9
pentanal	1,2	0,3	1,9
hexanal	4,1	0,5	8,8

Exploitation des moyennes

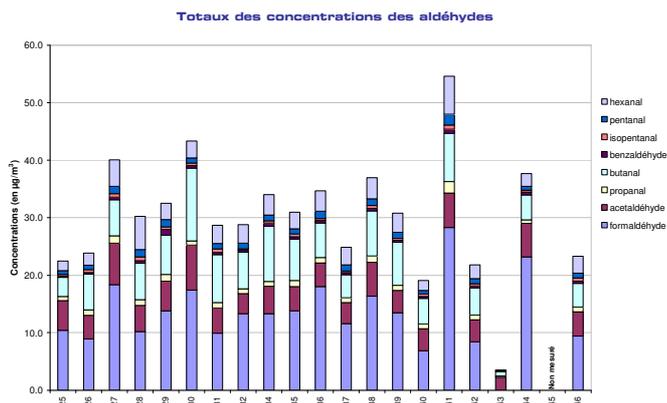
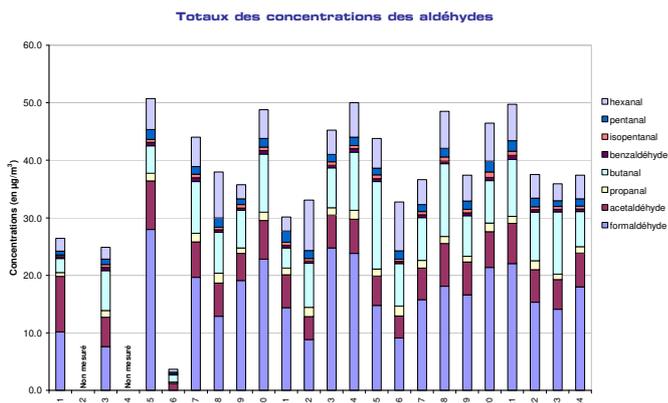
A l'exception de l'acroléine, les 8 aldéhydes ont été détectés sur l'ensemble des sites de mesure. Le formaldéhyde est le composé retrouvé, en moyenne, en concentration la plus élevée. Les teneurs de formaldéhyde et d'acétaldéhyde ont été respectivement de 14,9 et 5,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Les niveaux mesurés en air intérieur ont été plus faibles que ceux mesurés en air ambiant (toit terrasse). Les profils sont également différents.

Au sein du même bâtiment voire de la même aile, un écart entre les valeurs a été noté, la plus grande amplitude ayant été remarquée pour le formaldéhyde et le butanal.

Les niveaux en aldéhydes totaux (somme des concentrations de chacun des composés) ont été variables d'une pièce à l'autre. Parmi les sites intérieurs, le bureau 41 observe la somme la plus importante tandis que le site 40, la somme la plus faible. Cette observation est logique et est à relier avec l'activité d'imprimerie accueillie dans ce bureau.

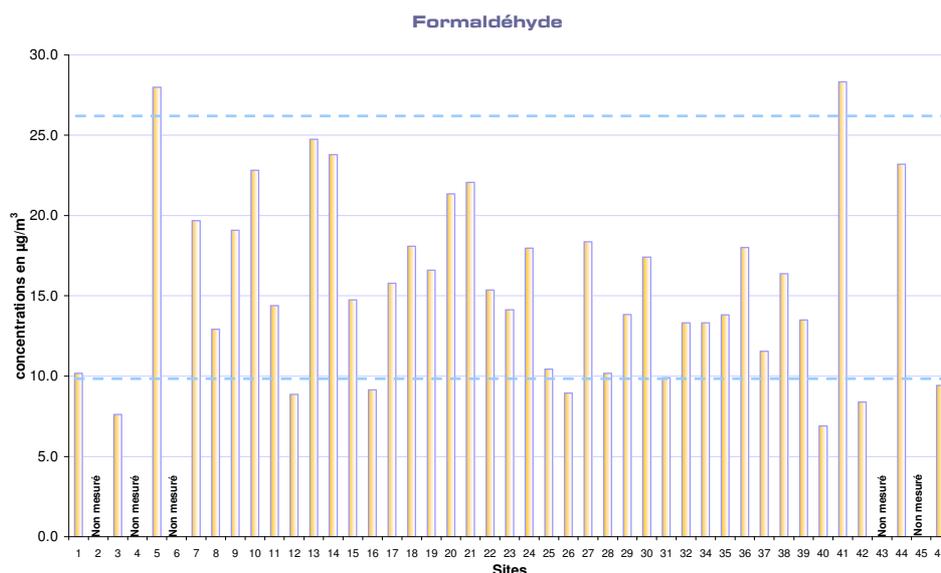
Les profils sont toutefois similaires d'un site à l'autre avec une prépondérance du formaldéhyde, de l'acétaldéhyde et du butanal.

A noter également la présence maximale de butanal au sein du bureau 15. L'analyse du budget espace temps activités, a permis de constater un nombre important d'impressions, qui a pu être la cause de l'apparition des symptômes recensés (gorge irritée). Cette gêne pourrait donc avoir été engendrée par la présence du butanal, pour lequel les sources principales sont les photocopieurs et les imprimantes à tambour.



Dans la suite du document, en lien avec la toxicité avérée du polluant sur la santé, les analyses ont ciblé essentiellement le formaldéhyde.

Zoom sur le formaldéhyde



Répartition des concentrations de formaldéhyde	
0 à ≤ 10	22%
10 à ≤ 26	73%
26 à ≤ 50	5%
50 à ≤ 100	0%
> 100	0%

inférieures en moyenne à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valeur cible fixée par le HCSP et à atteindre en 10 ans.

Pour l'ensemble du bâtiment, la valeur moyenne est de $14,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. 41 pièces sur 42 présentent une concentration en moyenne inférieure à la valeur repère de la qualité de l'air fixée par le Haut Conseil de Santé Publique ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2009 et $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2011). Aucun site ne recense de concentrations moyenne et maximale supérieures à la valeur d'information et de recommandation et à la valeur d'action rapide. 7 pièces recensent déjà des valeurs

Comparaison aux valeurs guides, réglementaires et de référence

La campagne note des valeurs globalement situées pour 80% en dessous de la valeur repère de la qualité de l'air. Les valeurs guides pour l'air intérieur de l'ANSES devraient être respectées pour l'ensemble des établissements, pour une exposition de courte durée.

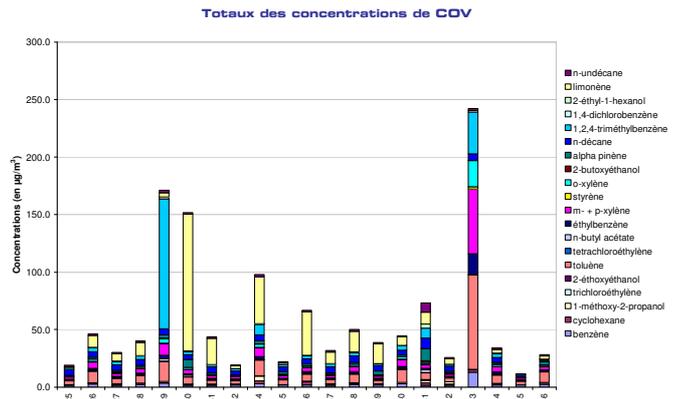
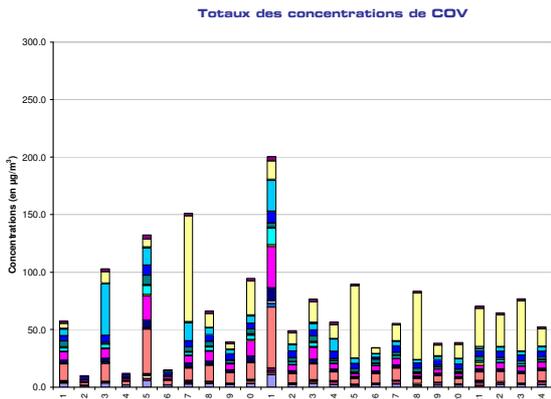
Pour l'ensemble des aldéhydes, les valeurs réglementaires en atmosphère de travail devraient être respectées, de même que les recommandations de l'OMS, pour le formaldéhyde et l'acétaldéhyde.

Les concentrations mesurées pour les 8 aldéhydes sont proches des niveaux moyens obtenus en air intérieur des bureaux, lors de campagnes réalisées en France. Les teneurs de butanal sont toutefois situées dans la fourchette haute de ce qui est habituellement observé.

Les autres composés organiques volatils

➤ Moyennes durant la campagne de mesure

	Concentrations en $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	Moyenne	Minimum	Maximum
benzène	2,7	1,4	12,9
cyclohexane	1,3	0,2	3
1-méthoxy-2-propanol	0,6	0,1	4,1
trichloroéthylène	0,1	0,1	0,5
2-éthoxyéthanol	0,5	0,1	2,6
toluène	11	2,3	82,1
tetrachloroéthylène	0,4	0,2	3,3
n-butyl acétate	0,6	0,2	2,4
éthylbenzène	2,2	0,4	17,9
m- + p-xylène	6,6	1,2	56,4
styrène	0,6	0,2	2,1
o-xylène	2,5	0,5	22,6
2-butoxyéthanol	0,5	0,1	1,2
alpha pinène	2,8	0,2	10,6
n-décane	4,8	0,9	10,3
1,2,4-triméthylbenzène	8,7	0,8	113,3
1,4-dichlorobenzène	0,2	0,1	0,6
2-éthyl-1-hexanol	0,6	0,1	3,7
limonène	19,2	0,1	119
n-undécane	1,7	0,2	8,1



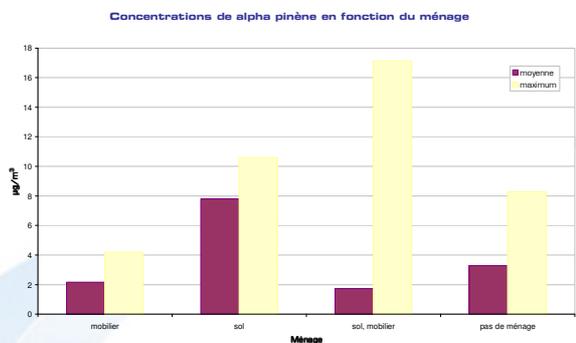
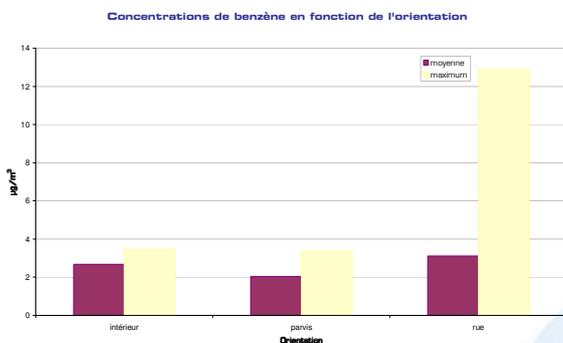
Les COV retrouvés majoritairement ou en concentrations importantes sont le toluène, le benzène, le limonène, le 1,2,4-triméthylbenzène, le (m+p)-xylènes. Globalement, les 20 COV recherchés sont plus présents à l'intérieur du bâtiment qu'à l'extérieur. Les profils ne sont toutefois pas similaires entre les pièces, les 20 COV n'ayant pas été détectés pour l'ensemble des sites mais ont été détectés sur l'ensemble du bâtiment.

De manière générale, les teneurs les plus importantes concernant les BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes), principalement le benzène, semblent liées à la pollution automobile générée à l'extérieur, qui pénétrerait au sein du bâtiment.

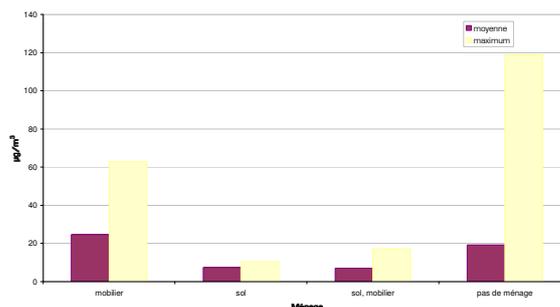
En lien avec cette activité automobile, les pièces où les COV ont été retrouvés en plus grande quantité, sont les sites 11 et 5. En témoigne également, l'analyse des concentrations en fonction de l'orientation de la pièce, les valeurs maximales ayant été enregistrées au sein des sites, situés coté rue.

Les bureaux 3 et 29, notent les teneurs de 1,2,4-triméthylbenzène les plus élevées, respectivement de 113,3 µg/m³ et 44,9 µg/m³. Les sources habituellement rencontrées pour ce polluant sont les solvants pétroliers, carburants, goudrons et vernis. Cependant, au regard des lieux considérés, les activités et/ou les produits utilisés et/ou stockés dans ce service pourraient être reliés aux teneurs importantes relevées.

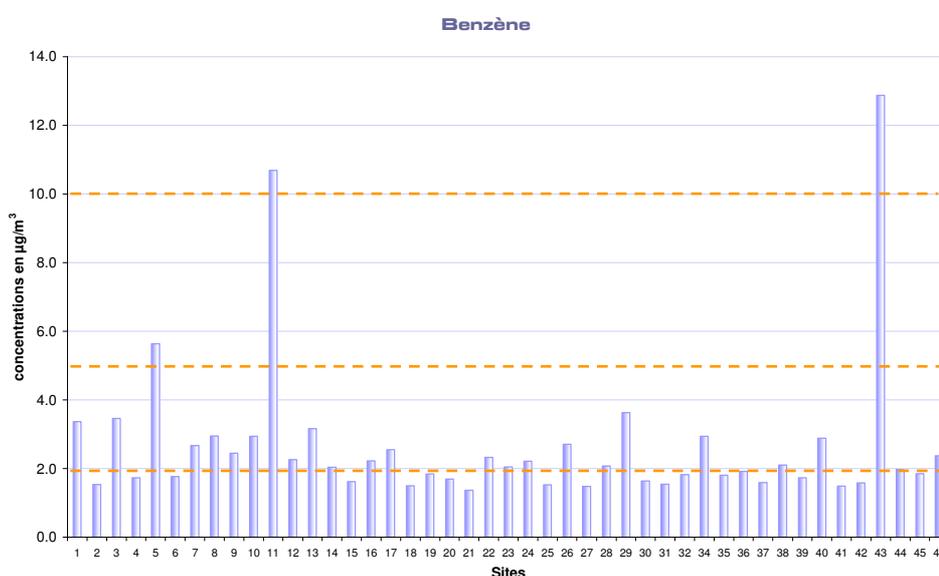
Le bureau 30 observe la teneur maximale en limonène, suivi de la pièce 7, du bureau 15 et du bureau 18. Il provient des produits nettoyant pour le sol, les tapis et le mobilier, ainsi que des désodorisants, utilisés lors des activités de ménage. Si l'on rapproche les teneurs de limonène au type de ménage réalisé durant la semaine, on ne constate aucun lien, puisque les concentrations de limonène ont été enregistrées dans un des bureaux n'ayant pas été nettoyés. A l'inverse, les résultats alpha-pinène montrent des teneurs plus importantes lors des activités de ménage et plus particulièrement lors du nettoyage des sols.



Concentrations de limonène en fonction du ménage



Zoom sur le benzène



Les concentrations moyennes de benzène sont restées comprises entre 1,4 et 12,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Pour l'ensemble des sites, la valeur moyenne est de 2,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. 24 sites sur 46 présentent une concentration en moyenne supérieure ou égale à 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Comparaison aux valeurs guides, réglementaires et de référence

Répartition des concentrations de benzène	
0 à \leq 2	47,7%
2 à \leq 5	45,5%
5 à \leq 10	2,3%
> 10	4,5%

La campagne note des valeurs globalement situées pour moitié entre 2 et 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et pour moitié inférieures à 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Les valeurs guides pour l'air intérieur de l'ANSES et du HCSP ne sont pas respectées pour 3 sites (43, 11 et 5).

Pour l'ensemble des composés, les valeurs fixées en atmosphère de travail sont respectées.

A l'exception du benzène, du toluène, des xylènes et de l'éthylbenzène, pour lesquelles les valeurs mesurées dans les 3 sites précités sont supérieures, les concentrations mesurées en COV sont proches des niveaux moyens obtenus en air intérieur des bureaux, lors de campagnes réalisées en France.

La valeur limite fixée pour le benzène par le décret à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en valeur annuelle devrait être respectée pour les sites situés à l'extérieur.
L'objectif de qualité fixé à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle devrait quant à lui être dépassé sur l'ensemble des sites extérieurs.

Les poussières en suspension

Les particules fines mesurées sont de trois types :

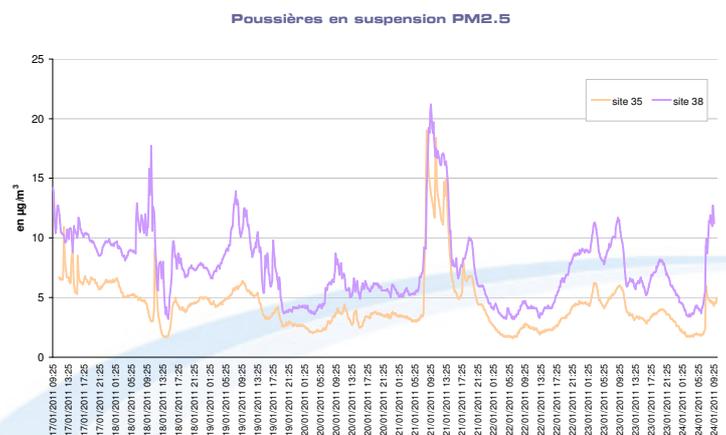
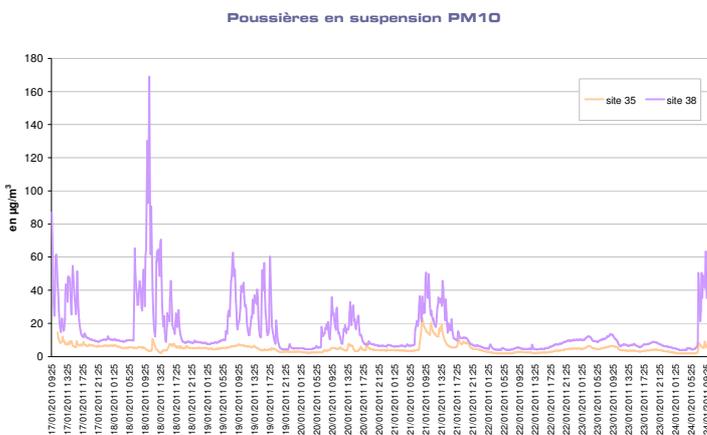
- les particules PM1 = particules dont le diamètre est inférieur ou égal à $1 \mu\text{m}$ (= 0,001 mm)
- les particules PM2,5 = particules dont le diamètre est inférieur ou égal à $2,5 \mu\text{m}$ (= 0,0025 mm)
- les particules PM10 = particules dont le diamètre est inférieur ou égal à $10 \mu\text{m}$ (= 0,01 mm)

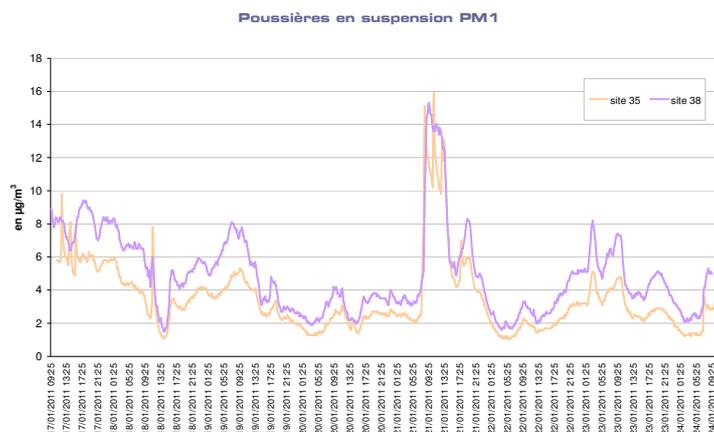
La technique utilisée ne permet pas d'obtenir une information sur la teneur exacte en particules (concentrations en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) mais sur un quantitatif. Les agrégations de données ont été réalisées à partir du pas de temps 10 minutes.

Moyennes durant la campagne de mesure

	Concentrations PM10 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$			Concentrations PM2,5 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$			Concentrations PM1 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	Moyenne	Min	Maxi	Moyenne	Min	Max	Moyenne	Min	Max
Site 35	5,0	1,8	23,3	4,4	1,6	19	3,5	1,0	16
Site 38	15,1	3,8	168,9	7,5	3,2	21,2	4,9	1,5	15,3
Station fixe de Lille Fives	38	-	-	20	-	-	-	-	-

Exploitation des moyennes





Le graphe représentant l'évolution du nombre de particules montre que celui-ci augmente avec le nombre de personnes présentes dans la pièce (phénomène de remise en suspension des particules) et ce quel que soit le nombre faible ou élevé mesuré.

Pour chacune des pièces, les poussières en suspension prélevées ont donc présenté des concentrations maximales durant les horaires de travail. Cette observation est logique puisque durant ces activités, les mouvements de l'air engendrés par le piétinement des salariés ont remis en suspension les poussières.

Les salles présentent une évolution similaire du nombre des particules, seules les valeurs ont pu différer un peu entre chaque pièce. Cette différence pourrait s'expliquer par la situation de la pièce vis-à-vis de la source automobile prépondérante et par les différences d'occupation des pièces durant la semaine, engendrant pour le bureau 35 une moindre remise en suspension.

Les teneurs mesurées sur les 2 sites sont bien inférieures en moyenne à celles mesurées par la station fixe de Lille Fives à la même période.

	Rapport PM2,5/PM10	Rapport PM1/PM10
Site 35	0,7	0,5
Site 38	0,9	0,7

Le ratio PM2,5/PM10 et PM1/PM10 permet de connaître la proportion de particules plus fines dans le bâtiment.

On constate que la proportion de particules PM1 et PM2,5 dans la fraction PM10 est plus petite. On note donc une proportion de plus grosses particules à l'intérieur des locaux.

Conclusion

Le rapport d'étude a présenté les résultats de la campagne de mesures de la qualité de l'air à l'intérieur et aux abords du bâtiment de la DREAL, rue de Tournai.

Durant cette campagne, les COV⁴, les aldéhydes, les poussières en suspension et le dioxyde d'azote ont pu être étudiés, ainsi que des paramètres de confort : température, humidité relative et confinement (via la mesure du CO₂⁵). Les conditions météorologiques rencontrées durant cette campagne ont été **favorables à une bonne dispersion** de la pollution. Il est très probable que l'air ambiant, globalement non pollué durant cette période, aura eu un impact limité sur la qualité de l'air intérieur du bâtiment.

Les résultats des mesures ont montré, pour l'ensemble du bâtiment, **une humidité relative inférieure à 40%**. Cet air sec voire très sec pourrait engendrer pour les salariés une sécheresse oculaire et respiratoire. Il conviendrait de maintenir des conditions de température aux environs de 22 °C et une humidité relative entre 40 et 60 % (mise en place d'une mesure régulière à l'aide d'un appareil de type thermo-hygromètre et d'une installation d'un ou plusieurs saturateurs, en cas d'air trop sec) et de ne pas coller le mobilier contre les radiateurs. Un suivi continu (tenue d'un cahier), tout au long de l'année, permettra de repérer au mieux les périodes de gêne ressenties.

Les résultats des mesures montrent une présence des polluants dans la plupart des pièces instrumentées.

Pour les **aldéhydes**, 3 composés ont été retrouvés de manière prépondérante : le formaldéhyde, l'acétaldéhyde et le butanal.

La somme la plus importante a été notée au sein de l'imprimerie, en lien avec des sources communes aux aldéhydes (photocopies, imprimante à tambour, magazines neufs, papiers,...).

Pour les **autres composés organiques volatils**, plusieurs familles de composés se détachent dans la composition de l'air à l'intérieur du bâtiment. Il s'agit des BTX (Benzène, Toluène, Xylènes), des autres hydrocarbures aromatiques monocycliques (éthylbenzène, 1,2,4-triméthylbenzène,), des terpènes (alpha-pinène, limonène) et des hydrocarbures aliphatiques (n-décane).

Les teneurs les plus importantes ont été enregistrées dans certaines pièces situées au sous-sol. Afin de diminuer les teneurs des COV, il conviendrait de limiter le transfert de l'air provenant du parking pour le premier site (site 11) et d'améliorer la ventilation pour le deuxième (site 5) pour lequel les fenêtres sont directement positionnées sur la route.

En ce qui concerne le **benzène**, les valeurs des sites sont restées globalement inférieures à 5 µg/m³. On note ponctuellement des valeurs supérieures à 10 µg/m³. La valeur guide de l'ANSES⁶ fixée sur du long terme à 10 µg/m³ est respectée sur l'ensemble des sites réalisés.

⁴ COV : Composés Organiques Volatils

⁵ CO₂ : dioxyde de carbone

⁶ ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire

Les valeurs guides pour l'air intérieur de l'ANSES et les valeurs de gestion du HCSP⁷ ne sont pas respectées pour 3 sites (43, 11 et 5).

Le HCSP recommande une identification rapide des sources et leur neutralisation dans le but de ramener les teneurs intérieures en dessous de la valeur repère, soit 5 µg/m³ en 2012. Un délai de mise en conformité de quelques semaines à quelques mois est accordé du fait qu'il s'agit de protéger les personnes exposées d'un effet à long terme.

En ce qui concerne **le formaldéhyde**, près de 80 % des sites affichent des valeurs inférieures à la valeur repère de la qualité de l'air fixée par le HCSP. Dans ce cadre, le HCSP ne préconise aucune action corrective spécifique mais indique de profiter de travaux de rénovation ou de changement d'ameublement pour choisir les matériaux les moins émissifs et ainsi favoriser l'évolution progressive vers l'objectif de 10 µg/m³, valeur cible. Pour le site concerné par une concentration supérieure à 26 µg/m³, il conviendra d'agir dans un premier temps sur la ventilation de la pièce et/ou sur les comportements des occupants, pour ramener les niveaux en dessous de la valeur repère de la qualité de l'air.

Aucune concentration dépassant la valeur d'information et de recommandation (50 µg/m³ en 2009 et 42 µg/m³ en 2011) ou la valeur d'action rapide (100 µg/m³) n'a été recensée durant cette campagne.

Les recommandations de l'OMS⁸, les valeurs réglementaires en atmosphère de travail ont été respectées pour les autres polluants.

A l'exception du benzène et du butanal, les teneurs mesurées au sein du bâtiment sont du même ordre de grandeur que celles habituellement recensées dans les bâtiments tertiaires.

Des axes d'amélioration de la qualité de l'air peuvent être envisagés et portent principalement sur la ventilation, l'aération et l'utilisation des produits ménagers.

Il est important de veiller également à la mise en place ou à l'entretien de système de ventilation efficace pour diluer les pollutions émises par les sources intérieures. A défaut, un travail de sensibilisation du personnel occupant les bureaux, ainsi que du personnel d'entretien, sur les habitudes d'aération des salles, pourra être entrepris, afin de veiller à ce que l'air soit correctement et régulièrement renouvelé.

Les produits d'entretien (lavage des sols, du mobilier, des vitres,...) libèrent de nombreux composés chimiques volatils.

- respecter les consignes d'utilisation et privilégier l'achat de produits faiblement émissifs, tels que les produits naturels, biologiques, ou porteurs de la marque NF environnement ou de l'écolabel européen
- bien aérer pendant et après l'utilisation de produits ménagers
- limiter l'usage de parfums d'ambiance (surtout aérosols), qui diffusent largement dans l'air ambiant des composés irritants pour les voies respiratoires, et aérer pendant l'utilisation
- ranger l'ensemble des produits dans une pièce correctement ventilée

Lors de travaux, veiller à utiliser des produits dont la teneur en solvants est faible (produits naturels, biologiques, porteurs de la marque NF environnement, de l'écolabel européen ou contenant moins de 30g/L de COV), et à ventiler les pièces concernées, pendant et jusqu'à 1 mois après les travaux de peinture. Penser à bien aérer les pièces qui font l'objet de travaux ou d'ameublements récents.

Une vigilance s'impose également quant au choix des matériaux lors de la construction mais également lors de l'achat des équipements et mobiliers des salles.

⁷ HCSP : Haut Conseil de Santé Publique

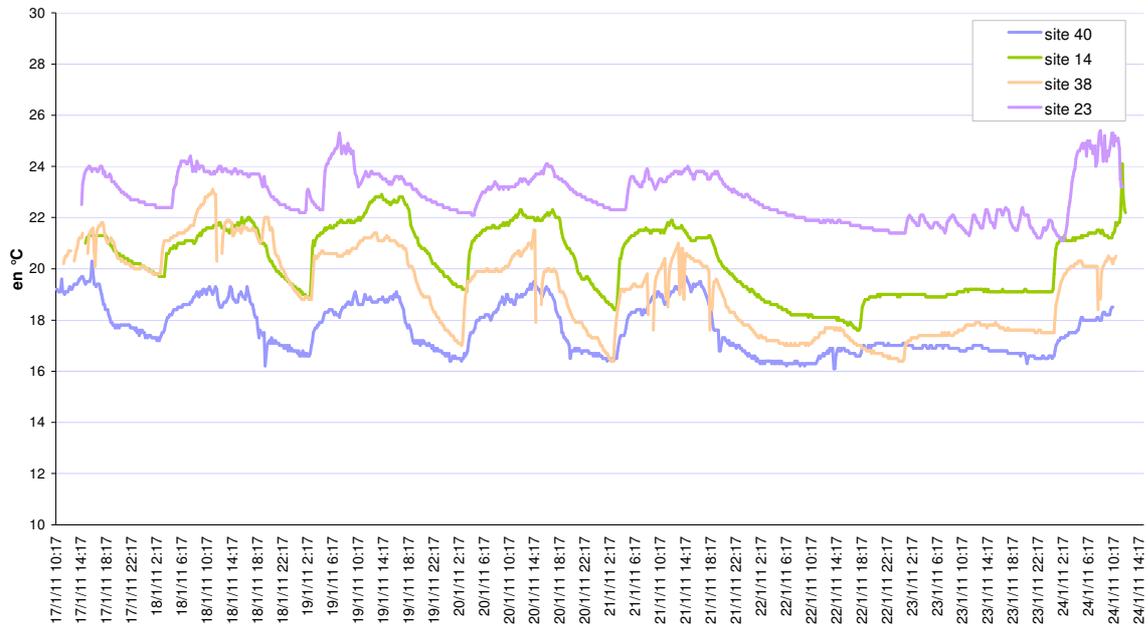
⁸ Organisation Mondiale de la Santé

Annexes

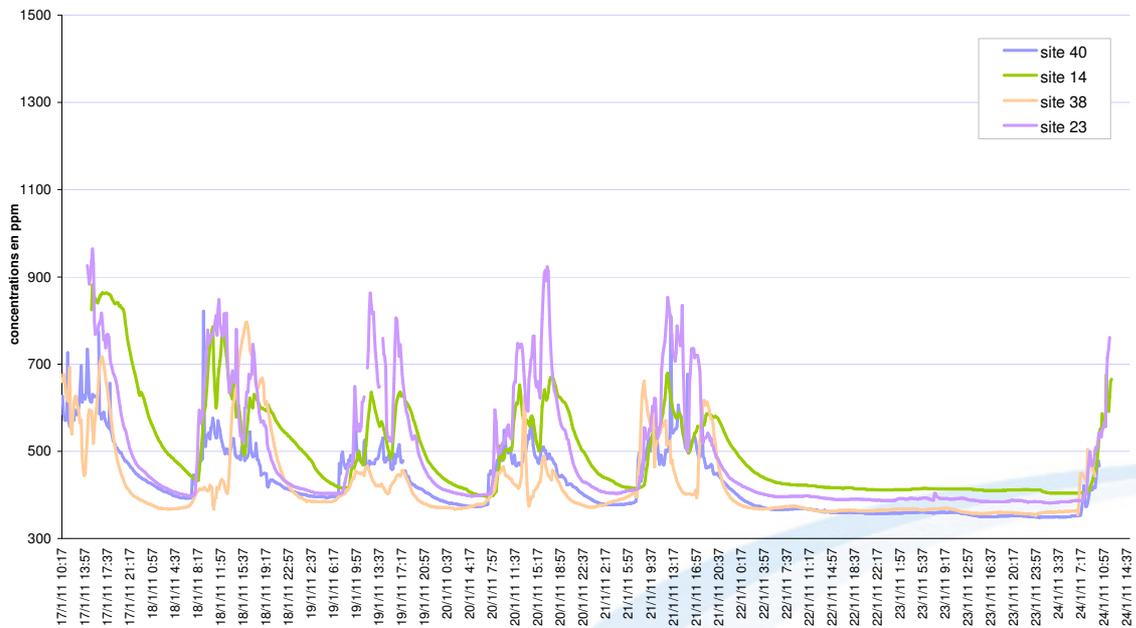
Sites	Liste des sites							
	9 Aldéhydes	20 COV	NO ₂	CO	Particules	T	HR	CO ₂
1	X	X						
2		X	X					
3	X	X						
4		X	X					
5	X	X	X					
6	X	X	X					
7	X	X						
8	X	X				X	X	
9	X	X				X	X	
10	X	X						
11	X	X	X			X	X	
12	X	X				X	X	
13	X	X						
14	X	X		X		X	X	X
15	X	X						
16	X	X				X	X	
17	X	X				X	X	
18	X	X						
19	X	X						
20	X	X						
21	X	X						
22	X	X				X	X	
23	X	X		X		X	X	X
24	X	X						
25	X	X						
26	X	X				X	X	
27	X	X						
28	X	X						
29	X	X						
30	X	X						
31	X	X						
32	X	X						
33	X	X						
34	X	X						
35	X	X						
36	X	X						
37	X	X						
38	X	X		X	X	X	X	X
39	X	X						
40	X	X				X	X	X
41	X	X				X	X	
42	X	X				X	X	
43	X	X				X	X	
44		X						
45	X	X				X	X	
46	X	X						

Paramètres de confort

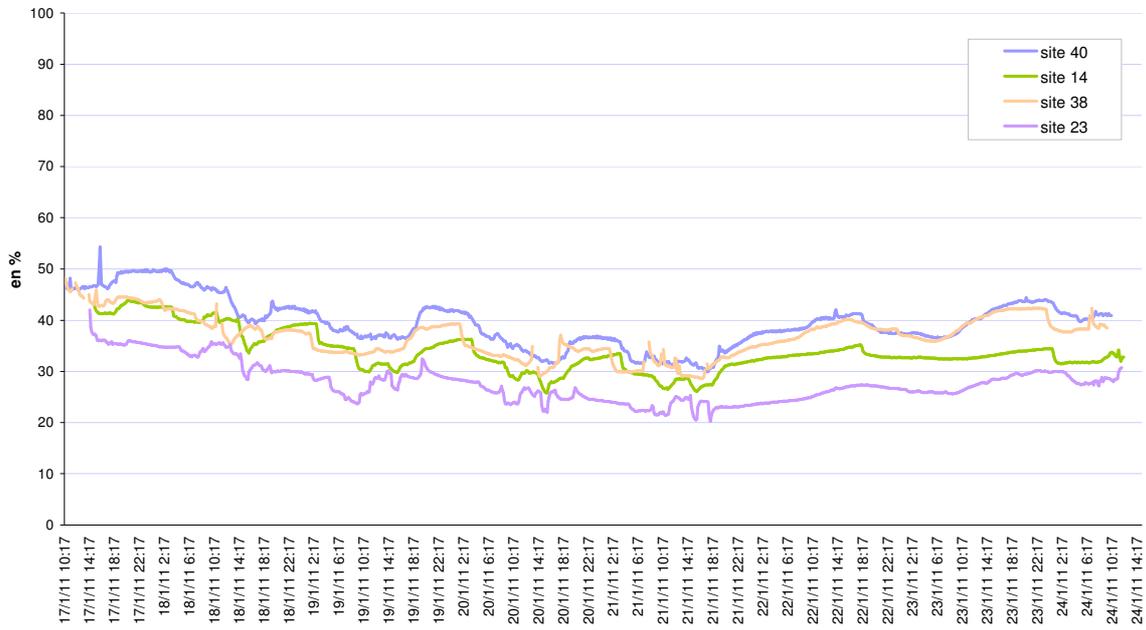
Température



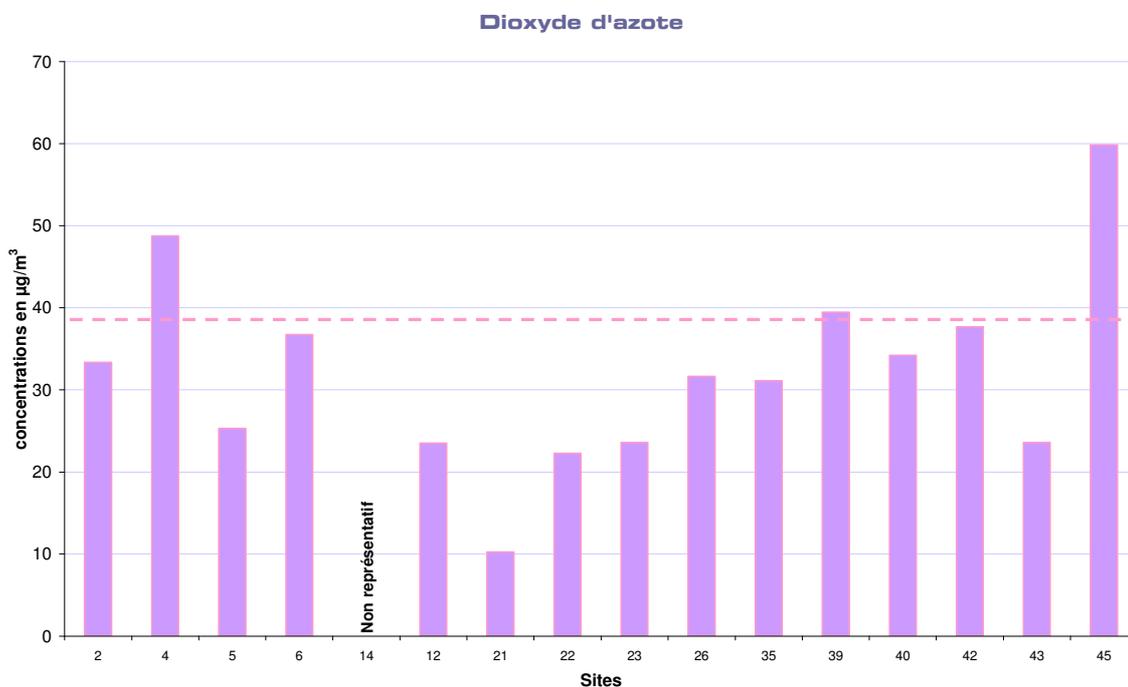
Dioxyde de carbone



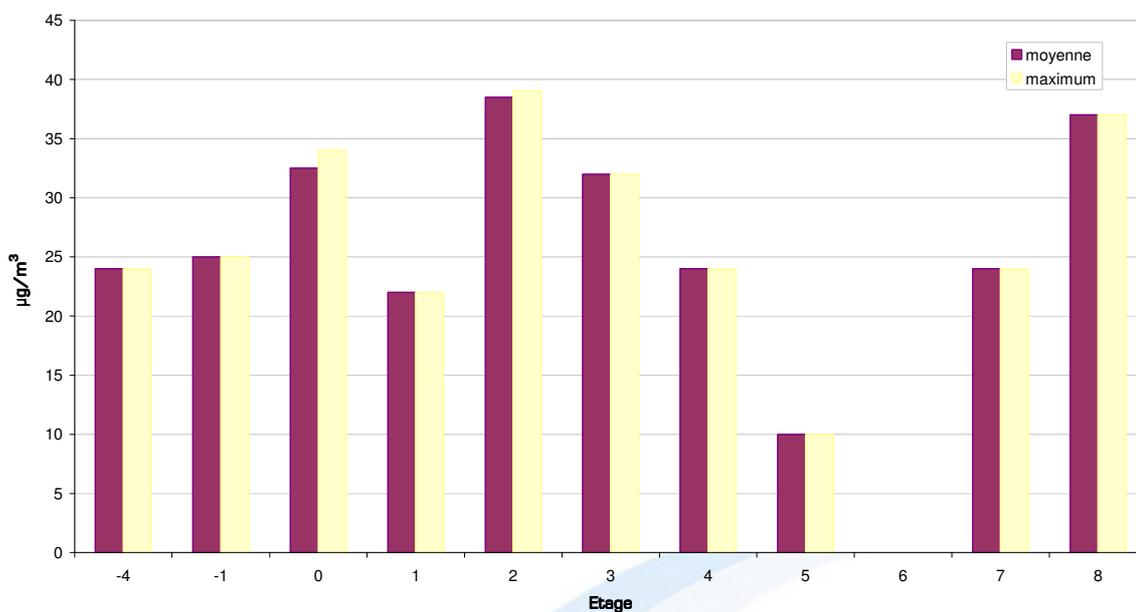
Humidité relative



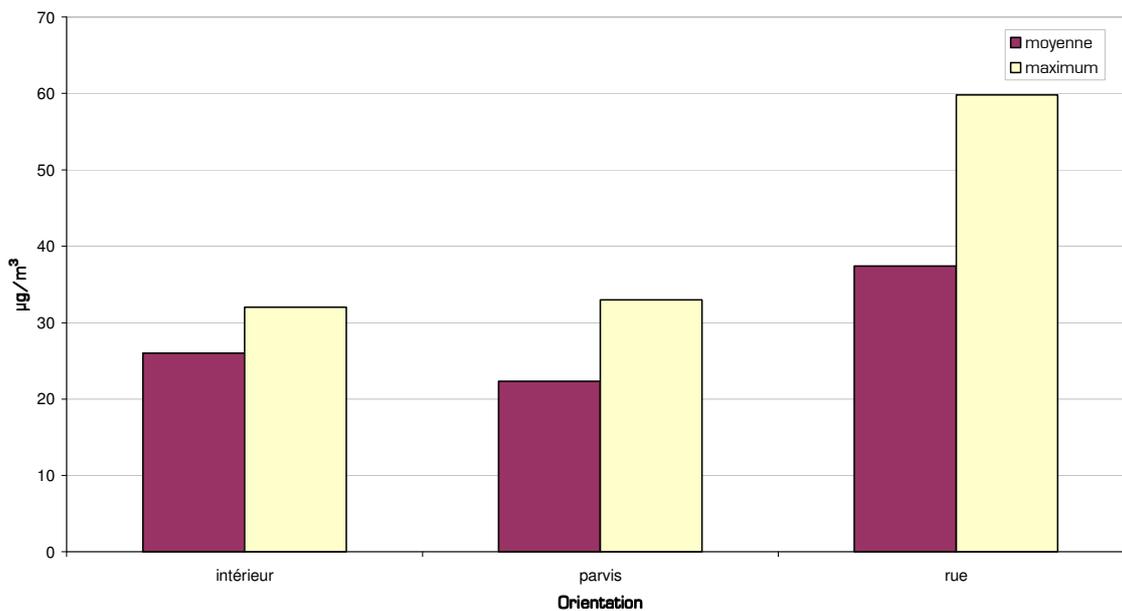
Dioxyde d'azote



Concentrations de dioxyde d'azote en fonction de l'étage

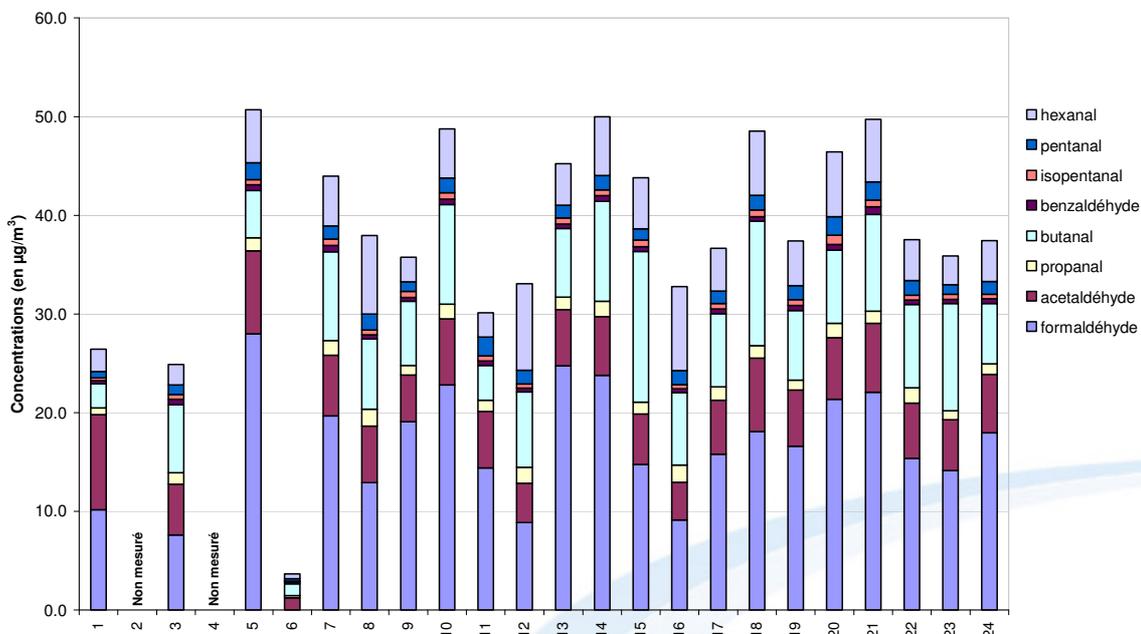


Concentrations de dioxyde d'azote en fonction de l'orientation

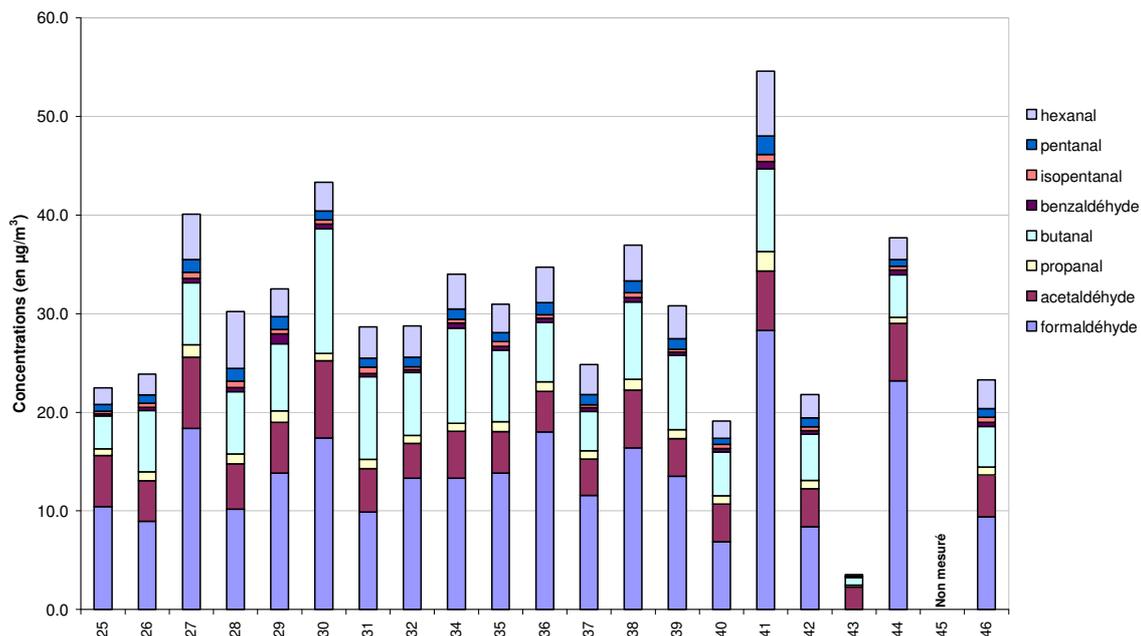


Composés organiques volatils

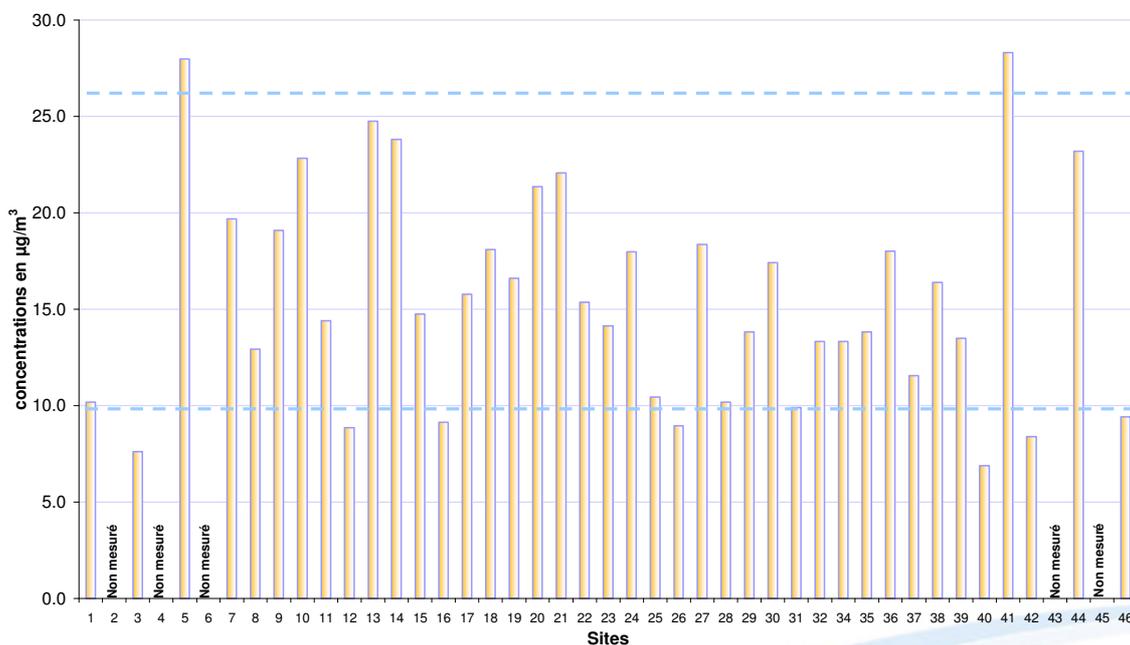
Totaux des concentrations des aldéhydes



Totaux des concentrations des aldéhydes

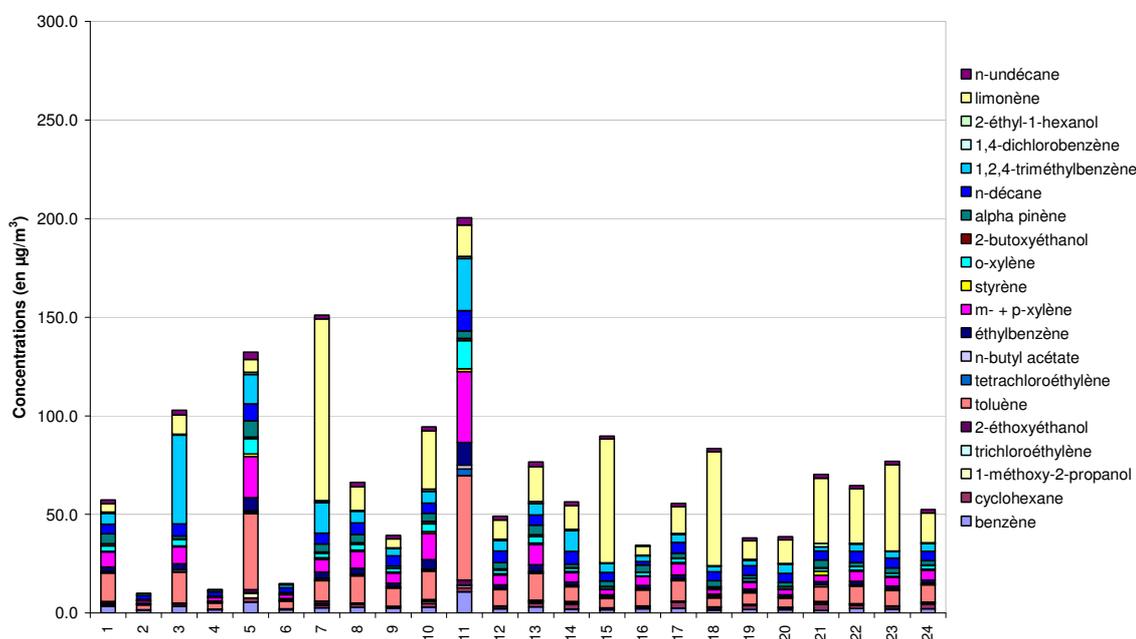


Formaldéhyde

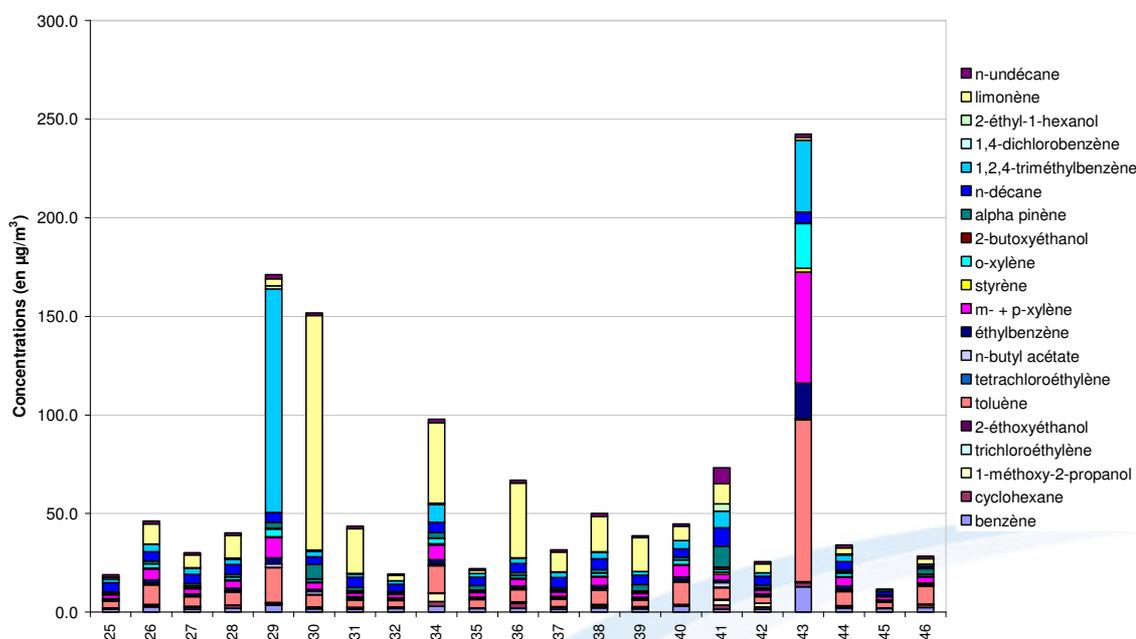


Autres Composés organiques volatils

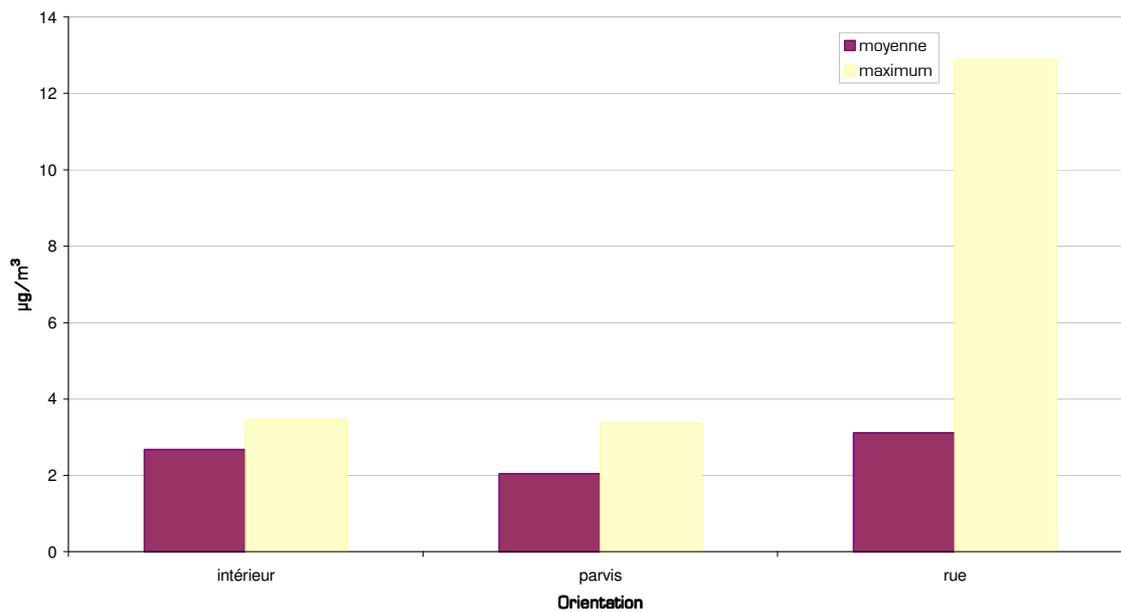
Totaux des concentrations de COV



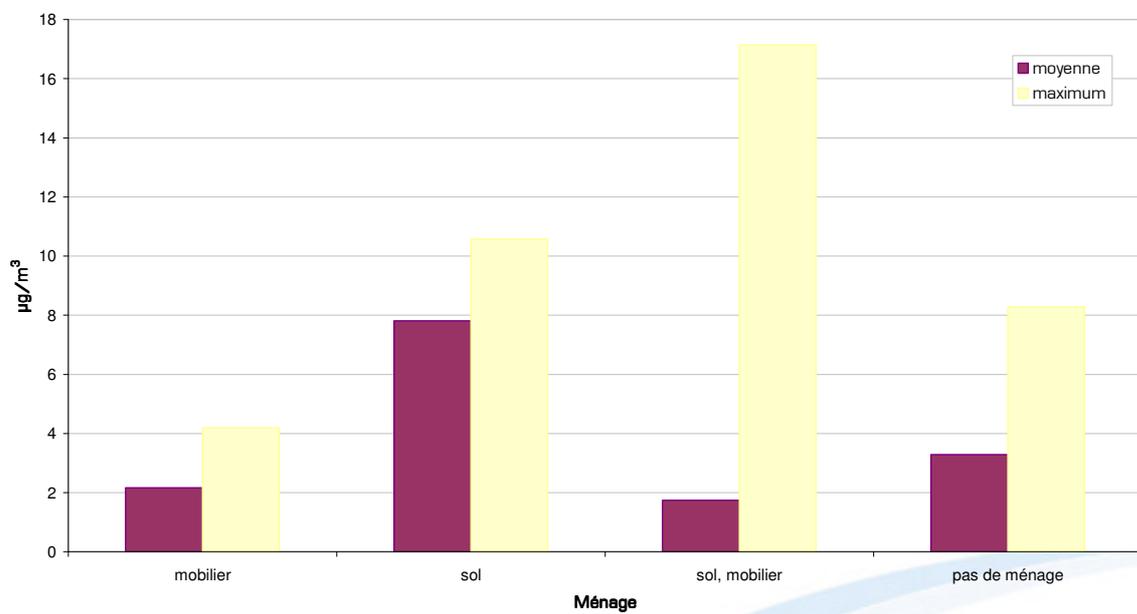
Totaux des concentrations de COV



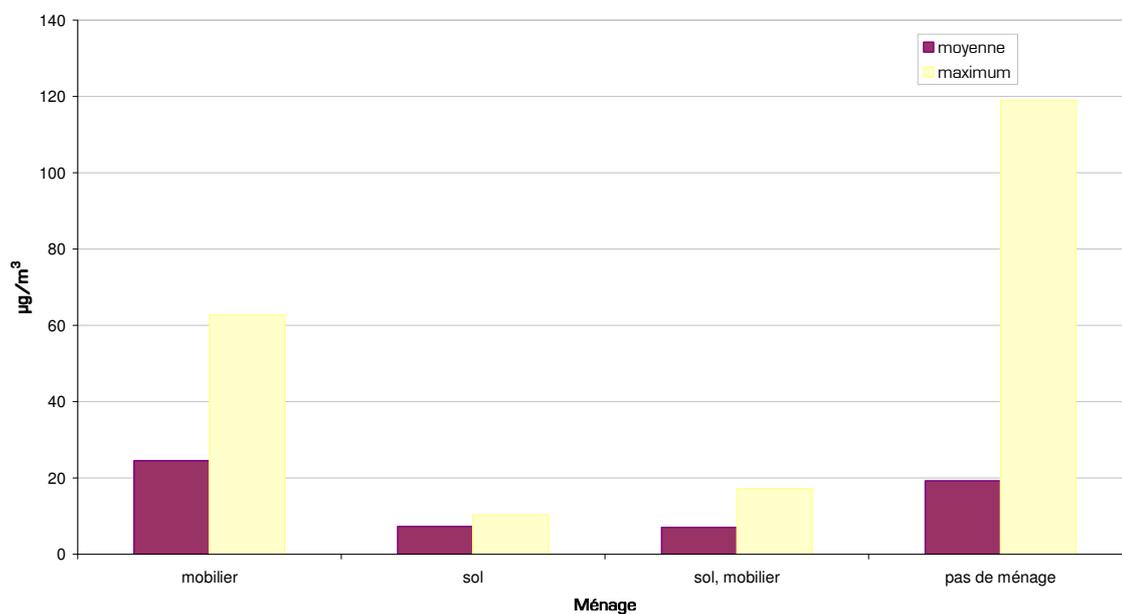
Concentrations de benzène en fonction de l'orientation



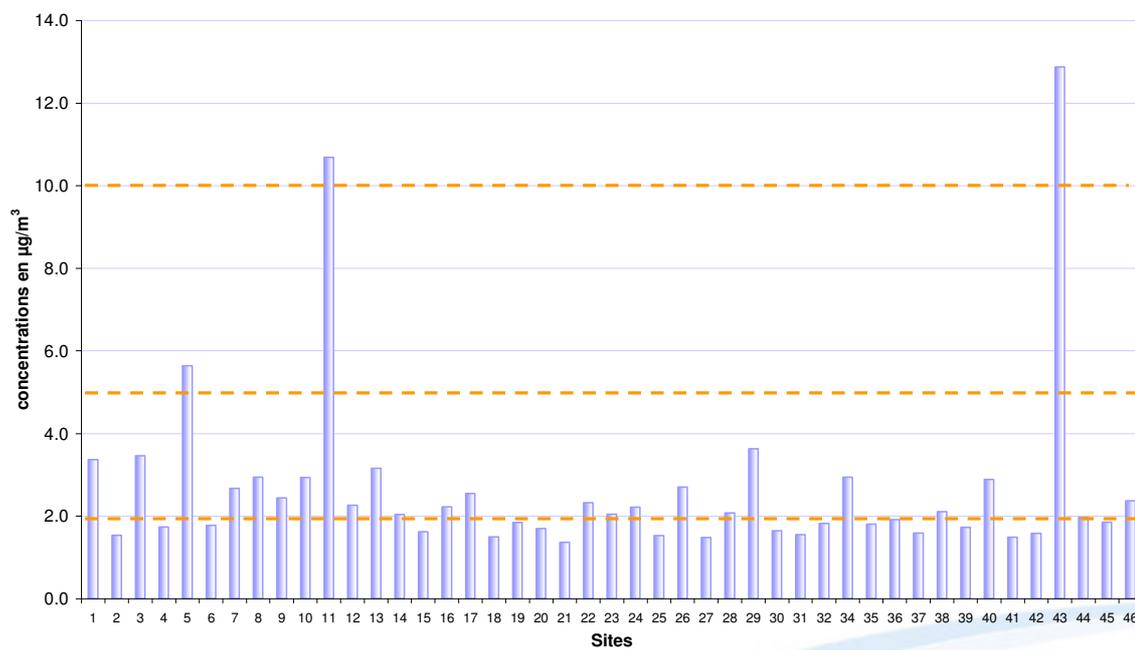
Concentrations de alpha pinène en fonction du ménage



Concentrations de limonène en fonction du ménage

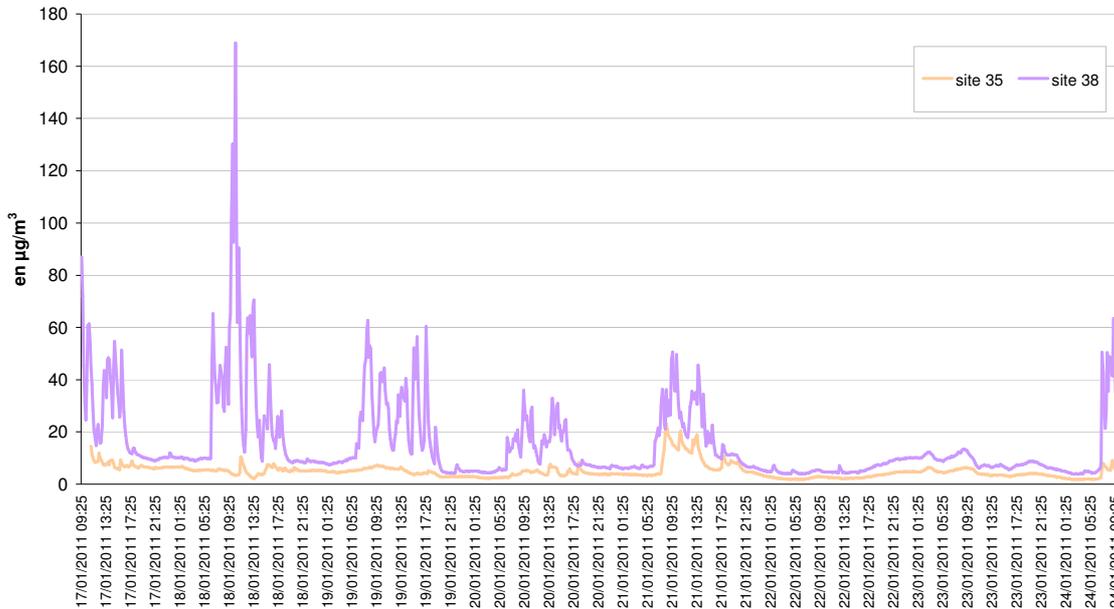


Benzène

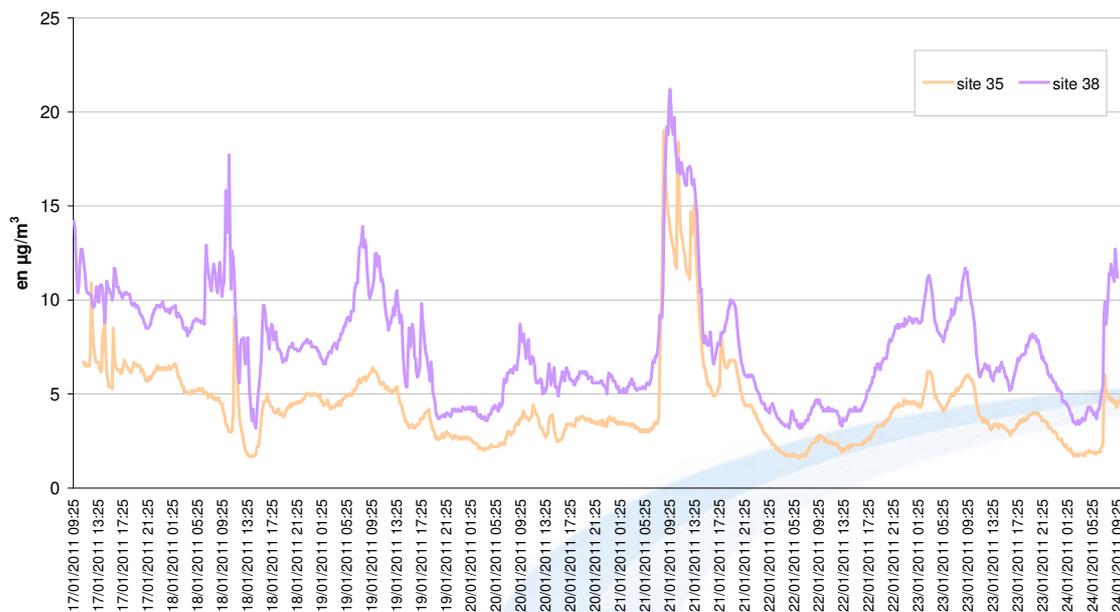


Poussières en suspension

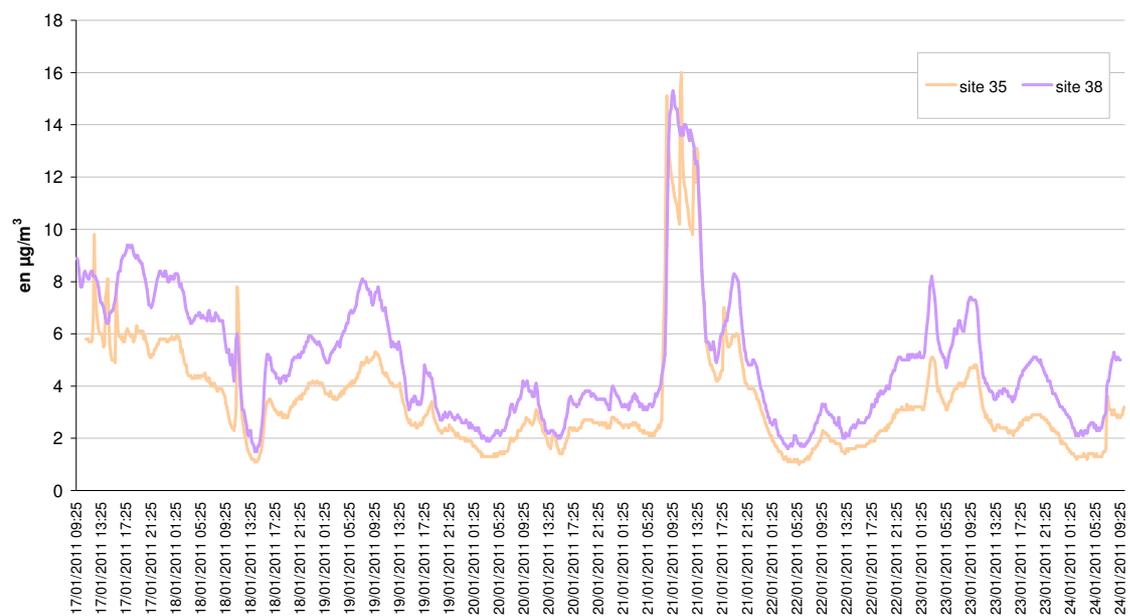
Poussières en suspension PM10



Poussières en suspension PM2.5



Poussières en suspension PM1





Association régionale Agréée pour la Surveillance de la Qualité de l'Air
55 Place Rihour - 59044 Lille cedex

Téléphone : 03 59 08 37 30
Fax : 03 59 08 37 31

contact@atmo-npdc.fr
www.atmo-npdc.fr

