

Campagne de mesures de la qualité de l'air



Qualité de l'air intérieur

**Etude à l'intérieur et aux abords des écoles et lieux
d'accueil de la petite enfance en Nord-Pas de calais**

inspection académique
Pas-de-Calais

académie
Lille

inspection académique
Nord

académie
Lille

Ministère de l'Éducation Nationale
Région Nord-Pas de Calais

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie



Rapport final sur la qualité de l'air à l'intérieur et aux abords de 10 écoles et lieux d'accueil de la petite enfance du Nord-Pas de Calais du 25 Mars au 17 Juin 2008

Rapport N°01-2009-SE

51 pages (hors couvertures)

Parution : Avril 2009

	Rédactrice	Vérificatrice	Approbatrice
Nom	Peggy DESMETTRES Isabelle COQUELLE	Isabelle COQUELLE	Caroline DOUGET
Fonction	Chargée d'Etudes Ingénieur d'Etudes	Ingénieur d'Etudes	Directrice 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°01-2009-SE ».

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

Sommaire

Sommaire	2
Programme d'Atmo Nord - Pas de Calais en air intérieur	3
Contexte et objectifs de l'étude	5
Organisation stratégique de l'étude	6
Description des écoles et crèches	6
Recueil de paramètres supplémentaires	7
Emissions connues	7
Polluants surveillés	9
Techniques utilisées	12
Repères réglementaires	13
Recommandations de l'OMS et valeurs réglementaires en air ambiant	13
Valeurs réglementaires et valeurs guides en air intérieur	15
Valeurs recueillies dans des études antérieures similaires	17
Résultats des mesures	19
Situation des concentrations intérieures par rapport aux stations fixes du réseau de mesure	19
Contexte météorologique & qualité de l'air ambiant	20
Paramètres de confort	25
Exploitation des résultats de mesures	29
Facteurs influençant les concentrations du formaldéhyde	39
Conclusions et perspectives	43
Annexes	45
Tableaux des émissions connues pour les communes concernées	45
Traitement des données des mesures par tubes passifs et analyseurs automatiques	48

Programme d'Atmo Nord - Pas de Calais en air intérieur

Nous passons plus de 80 % de notre temps dans des milieux clos (domiciles, locaux professionnels, établissements scolaires, véhicules de transport...).

L'air intérieur peut être pollué par différentes sources, comme par exemple un transfert de polluants de l'extérieur vers l'intérieur (CO, NOx, COV, Particules, SO₂, O₃, Radon...), des émissions provenant des matériaux de construction (fibres minérales artificielles), du chauffage et de la production d'eau chaude et cuisson (CO et NOx), des meubles et des objets de décoration (formaldéhyde), fumée de tabac (4 000 composés chimiques dont CO, NOx, goudrons...), produits d'entretien (solvants)...



Les effets sur la santé de ces différents polluants ne sont pas encore totalement identifiés. Ils peuvent toutefois générer des irritations des voies respiratoires, des yeux et de la peau, créer des troubles neuropsychiques et digestifs, et certains d'entre eux sont initiateurs de cancers, notamment le benzène.

L'émergence de la prise de conscience de la problématique air intérieur a eu lieu en 2000, avec la création de l'observatoire de la qualité de l'air intérieur. Lancé le 10 juillet 2001, l'observatoire a pour enjeu de mieux connaître la pollution intérieure, ses origines et ses dangers dans l'objectif de mettre au point des recommandations dans le domaine du bâtiment pour améliorer la qualité de l'air intérieur.

En 2002, dans une lettre de cadrage, le Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durable a recommandé de mettre l'accent sur les actions de surveillance de la qualité de l'air dans les espaces clos ouverts au public (gares, stations de métro, galeries commerciales, parcs de stationnement couverts, tunnels, salles de spectacle).

C'est dans cette optique qu'Atmo Nord - Pas de Calais a développé depuis 2002 un programme d'études en air intérieur et s'intéresse aux lieux publics très fréquentés, notamment les gares, en partenariat avec la SNCF. Ces études ont été réalisées à Béthune et Arras (respectivement en 2002 et 2003), puis en gare Lille Europe et Lille Flandres (en 2005 et 2006).

Depuis 2006, Atmo Nord - Pas de Calais s'est vu confier la surveillance de la qualité de l'air dans les espaces clos dans le cadre d'un partenariat régional, permettant à Atmo Nord-Pas de Calais d'élargir cette surveillance aux espaces clos privés et notamment les lieux de vie fréquentés par les personnes sensibles (écoles, lieux d'accueil de la petite enfance, maison d'accueil pour personnes âgées...).

La surveillance de l'air intérieur s'est vue renforcée, en 2007, par les décisions du Grenelle de l'environnement qui consacre un volet « air » afin de s'assurer du respect des objectifs cités ci-dessous et de prendre en compte les polluants visés par l'OMS :

- **L'étiquetage obligatoire des matériaux de construction et de décoration** notamment sur leur contenu en polluants volatils. L'interdiction dès 2008 des substances cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques 1 (CMR1) et CMR2 dans ces produits. Le cas des substances CMR3 sera traité dans le cadre de l'élaboration du Plan National Santé Environnement II,

- **Un processus de réception des bâtiments adapté** aux réglementations en matière d'aération, de ventilation et d'acoustique ; étiquetage simplifié du bruit pour l'électro-ménager,
- La mise en place de **systèmes de mesure et d'information sur la qualité de l'air intérieur** dans les établissements recevant un public nombreux ou vulnérable (enfants, personnes âgées, etc.), et dans tous les établissements publics recevant du public (gares, aéroports, métro, etc.).

En 2009 et dans la continuité des années précédentes, Atmo Nord - Pas de Calais poursuit ses investigations dans le domaine de la qualité de l'air intérieur selon un programme d'actions qui s'inscrit dans les suites du Grenelle de l'environnement et dans les actions menées par les pouvoirs publics. Ces dernières concernent l'élaboration des valeurs guides et de gestion, la poursuite des travaux relatifs à l'identification des sources de polluants de l'air intérieur et des mesures de gestion adéquates pour diminuer le cas échéant la pollution de l'air intérieur.

Ce programme cible différents types de lieux de vie et de public, et plus particulièrement les personnes sensibles.

Grâce à son expertise acquise depuis 2002, Atmo Nord - Pas de Calais réalise également des études de surveillance d'intérêt général, à la demande des collectivités ou des gestionnaires de bâtiments, dans des situations de crise, selon une approche de prévention ou dans le cadre d'un programme de recherche.

Les méthodologies utilisées s'appuient sur des prélèvements actifs ou passifs, en fonction des polluants surveillés et des objectifs des mesures.

Références des programmes déjà réalisés depuis 2002 :

- **Campagnes dans les espaces clos recevant du public :**
 - mesures dans les gares de Béthune (2002), d'Arras (2003) et de Lille (2005-2006),
 - mesures dans le métro Lillois en 2007-2008, en partenariat avec Transpole,
- **Campagne dans les lieux d'accueil des enfants :** mesures dans des écoles et lieux d'accueil de la petite enfance du Nord-Pas de Calais de Mars à Juin 2008,
- **Campagne d'évaluation de l'exposition aux pesticides des familles d'agriculteurs :** mise en place d'un groupe de travail en 2007 et étude de faisabilité technique et métrologique en 2008-2009,
- **Campagnes dans les bureaux :**
 - mesures au sein de la Mairie de Cambrai en Février 2007,
 - mesures au sein de l'hôtel communautaire d'Artois Comm en Juillet/Août 2007,
 - mesures au sein des bureaux d'Atmo Nord-Pas de Calais en Mai 2007,
- **Campagnes dans l'habitat :** test en 2007 par Atmo Nord - Pas de Calais d'un outil de diagnostic de l'air intérieur initié par la Région Nord - Pas de Calais et l'ADEME, basé sur la réglementation en matière de bâtiment et intégrant différentes questions sur les habitudes de vie, les comportements ainsi que sur la santé des personnes,
- **Mise en place des audits environnementaux à l'intérieur des logements :** formation en 2007 d'une Conseillère Médicale en Environnement Intérieur (CMEI), développement d'un réseau de partenaires « santé », et réalisation en 2008-2009 de 42 audits en région Nord - Pas de Calais,
- **Mission de conseil en air intérieur** auprès de la DDASS du Pas de Calais en 2007 et 2008, pour des interventions lors d'intoxications et/ou de plaintes au sein d'écoles et/ou de bâtiments tertiaires :
 - diagnostics réalisés en 2007 dans les écoles de Liettes (intervention en partenariat avec la CIRE) et de Liévin,
 - élaboration de fiches conseil pour l'amélioration de la qualité de l'air au sein des écoles et des bureaux.

Contexte et objectifs de l'étude

Dans le cadre de la surveillance des lieux recevant du public, une étude sur la qualité de l'air intérieur dans les écoles a été réalisée du 25 Mars au 17 Juin 2008.

Cette étude s'inscrit dans le programme de surveillance de l'air intérieur, développé depuis plusieurs années par Atmo Nord - Pas de Calais (par exemple, dans les lieux publics tels que les gares, ...) et encouragé par le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire.

L'école et les lieux multi-accueils (crèches, garderies, ...) sont, après le logement, les environnements les plus fréquentés par les enfants, considérés comme l'un des publics les plus sensibles à la pollution atmosphérique.

Par ailleurs, la croissance des allergies et des affections respiratoires incite à développer les études, permettant d'évaluer les concentrations des polluants en environnements intérieurs. La veille scientifique ainsi que les études déjà menées, notamment par l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur et les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air, mettent en évidence des concentrations non négligeables de polluants à l'intérieur des écoles.

L'objectif de cette campagne est d'évaluer la qualité de l'air intérieur dans les espaces clos fréquentés par les enfants, en vue de déterminer les polluants auxquels les enfants et le personnel des écoles et crèches sont exposés. Suivant les résultats de l'étude et les réponses aux questionnaires proposés à chaque établissement, des sources intérieures ou/et extérieures de pollution ont pu être déterminées et quelques recommandations ont été proposées.

Les échantillonnages ont été effectués dans dix écoles et lieux d'accueil de la petite enfance de la région Nord - Pas de Calais.

Les polluants atmosphériques échantillonnés puis analysés ont été une famille de 20 composés organiques volatils (COV), 9 aldéhydes, les poussières en suspension dans l'air (PM10, PM2,5 et PM1), le monoxyde de carbone (CO) et le dioxyde d'azote (NO₂). Des mesures complémentaires (paramètres de confort) ont également été réalisées afin d'évaluer la qualité du renouvellement de l'air et les conditions de température et d'humidité relative.

A partir des résultats, des actions de gestion optimisée de la qualité de l'air seront proposées aux établissements.

Deux programmes de recherche participent à cette étude : l'un, mené par la Faculté de Pharmacie de Lille, concernant l'impact des polluants sur des organismes sentinelles et l'autre, par l'Ecole des Mines de Douai, associé au LEPTIAB, sur le suivi de paramètres physiques et la relation entre la ventilation et la qualité de l'air.

Les mesures d'Atmo Nord - Pas de Calais s'accompagnent également d'actions d'information et de sensibilisation auprès des élèves et des personnes intervenant dans les établissements (enseignants, personnel d'entretien, ...).

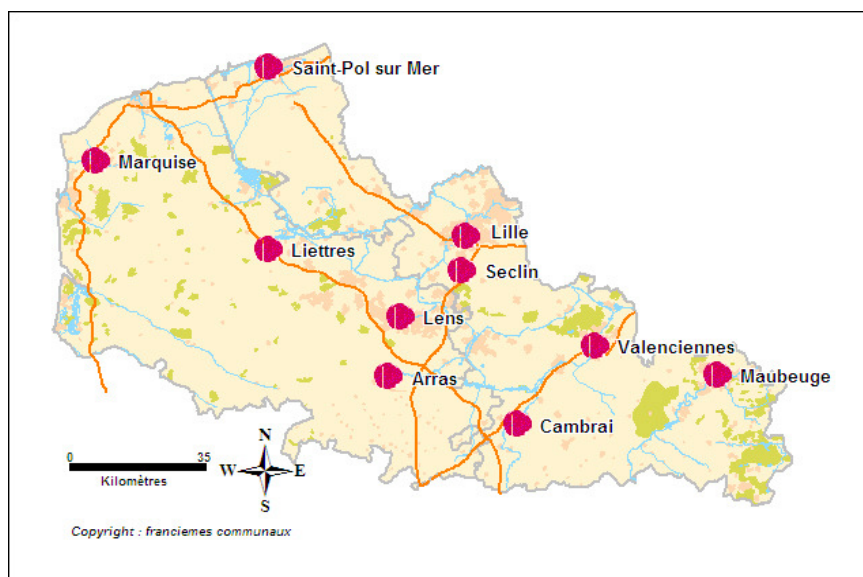
Ce rapport présente les résultats des mesures réalisées à l'intérieur et aux alentours des 10 établissements retenus, du 25 Mars au 17 Juin 2008, accompagnés d'une interprétation vis-à-vis de la réglementation.

Organisation stratégique de l'étude

Description des écoles et crèches

Les établissements ont été sélectionnés selon un premier critère environnemental : sites industriel, trafic, urbain, périurbain, rural ou littoral. L'intérêt est d'appréhender l'impact de la qualité de l'air extérieur sur l'air intérieur. Ensuite, le choix s'est porté sur les caractéristiques des bâtiments : HQE, ancien, neuf, avec ou sans ventilation mécanique, de manière à obtenir un panel assez large.

Le choix final des établissements a été réalisé avec le concours des Inspections Académiques du Nord et du Pas-de-Calais et en lien avec l'intérêt porté par les enseignants sur le thème de l'environnement. Au total, l'étude a concerné 9 écoles primaires et/ou maternelles et 1 crèche de la région Nord - Pas de Calais.



Carte de localisation des établissements

Dans chaque établissement de l'étude, trois salles ont été instrumentées.

Au final, les salles retenues sont :

- 19 salles de classe ou de vie
- 7 salles spécifiques (Bibliothèque, Centre de Documentation, Salles Arts Plastiques et Informatique, Garderie)
- 1 dortoir
- 1 salle de psychomotricité

Compte-tenu du faible nombre d'établissements et de leur sélection, l'échantillon des établissements ne peut toutefois pas être considéré comme représentatif de l'ensemble des établissements du Nord - Pas de Calais.

Commune	Ecole	Environnement extérieur	Typologie de bâtiment
Lens	Ecole Basly	urbain	Bâtiment ancien
Cambrai	Maison de l'Enfance	périurbain	Crèche rénovée avec VMC
Valenciennes	Groupe scolaire Jean Mineur	urbain	Bâtiment HQE avec VMC
Maubeuge	Ecole du Pont Allant	périurbain	Bâtiment ancien
Seclin	Ecole Durot	périurbain	Bâtiment ancien
Lille	Ecole Turgot	urbain	Bâtiment ancien en cours de rénovation
Saint-Pol Sur Mer	Ecole Vancauwenberghe	littoral et industriel	Bâtiment ancien
Marquise	Complexe Scolaire Pierre Mendès France	littoral	Bâtiments neufs avec VMC et rénovés
Liottes	Ecole Louis Ledoux	rural	Préfabriqué
Arras	Ecole Paul Bert	urbain	Bâtiment ancien

L'étude s'est déroulée du 25 Mars au 17 Juin 2008, à raison d'une semaine de mesure par école du mardi au mardi.

Recueil de paramètres supplémentaires

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

Ces questionnaires et carnets ont été bâtis à partir des questionnaires réalisés par l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur et par Atmo Rhône-Alpes lors de campagnes de mesures dans les écoles.

Les budgets espace-temps ont été remplis par les enfants et les enseignants 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 et les relevés de CO₂ (avant/après la récréation).

Les questionnaires remplis par Atmo Nord - Pas de Calais et par le personnel de la Mairie ciblaient plusieurs thématiques : le nettoyage (produits, fréquence), les classes (situation, menuiseries, chauffage, aération, revêtements, équipements, animaux et plantes, qualité et environnement, travaux), l'école (établissement et environnement, les bâtiments, l'aération).

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 des établissements retenus.

En air extérieur

Les émissions peuvent être de trois origines différentes :

➤ Emissions du trafic routier

L'environnement dans le secteur des établissements est bordé par plusieurs axes :

- Lens : A21 à l'Est, RD 162 et N17 au Nord
- Cambrai : au cœur de la D644
- Valenciennes : A23 à l'Ouest, D13 au Sud, D935 à l'Est et D169 au Nord
- Maubeuge : D649 au Sud et à l'Est, N2 au Sud-Ouest et à l'Ouest
- Seclin : D549 à l'Est et au Nord, A1 à l'Est, D925 à l'Est et au Sud
- Lille : D147 à l'Est, A25 au Nord, avenue Oscar Lambret à l'Ouest
- Saint-Pol sur Mer : N353 au Nord, D625 à l'Ouest, D1 au Sud
- Marquise : A16 à l'Ouest, D191 à l'Ouest et au Sud
- Liéttres : A26 à l'Est, D341 à l'Ouest
- Arras : encadrée par plusieurs boulevards Schuman au Nord, Faidherbe et Michonneau à l'Est, Strasbourg au Sud-Est, puis rue Saint Aubert au Sud et rond-point de Baudimont à l'Ouest.

La proximité et la densité de trafic engendré par l'ensemble des axes routiers, particulièrement pour les établissements situés en zone fortement urbanisée comme Lens, Lille, Valenciennes et Seclin, sont susceptibles de générer des émissions ayant une influence sur la qualité de l'air du secteur d'étude.

➤ Emissions industrielles

Les tableaux des émissions qui décrivent les différents types d'établissements industriels ainsi que leurs rejets sur les secteurs des communes concernées par l'étude figurent en annexes. Les secteurs les plus concernés par les rejets d'une source fixe sont les secteurs de Saint-Pol sur mer, Maubeuge, Valenciennes, Lille et Arras.

➤ Emissions domestiques

Le tableau en annexe regroupe les émissions des chauffages domestiques sur les communes concernées par l'étude (estimation 1999).

La commune qui relève la part la plus importante des émissions des chauffages domestiques est la commune de Lille, suivie de Valenciennes, Arras et Lens en lien avec le milieu plus urbanisé. La commune qui relève les émissions les plus faibles est la commune rurale de Liettes.

En air intérieur

Dans les ambiances intérieures, les polluants sont présents dans de nombreux produits et par conséquent issus de nombreuses sources d'émission :

- matériaux de construction et d'isolation : mastics, laines en fibres minérales artificielles, produits de préservation du bois (charpentes, etc.),...
- aménagements intérieurs (revêtements de sols, murs et plafonds et mobilier massif ou aggloméré) et travaux récents ou de rénovation : peintures, lasures, vernis, colles, produits de préservation du bois, solvants,...
- équipements : chauffage, production d'eau chaude, ordinateurs, photocopieurs,...
- dans les écoles et lieux de la petite enfance : activités des enfants, des personnels enseignants et d'entretien, mais aussi des services techniques : livres, feutres, peintures, vernis, colles, solvants, produits de nettoyage, désodorisants,...

Les polluants présents peuvent persister dans l'air pendant plusieurs heures à plusieurs jours, en fonction de leur nature, du renouvellement de l'air de la pièce et de leur réactivité avec les matériaux en présence.

L'environnement extérieur (pollution de l'air ambiant), de même que la ventilation de l'établissement (système de ventilation en place ou pratique d'ouverture des portes et fenêtres) ainsi que les conditions de température et d'humidité relative, ont également une influence sur la qualité de l'air intérieur à laquelle sont exposés les enfants.

Polluants surveillés

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.

➤ En air intérieur

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 a été mesuré à l'aide d'un analyseur Q-Trak, en continu, avec un pas de temps quart-horaire.



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 15 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 établissements fréquentés par les enfants.
Pour l'interprétation des données, nous disposons de diverses réglementations en air extérieur, en atmosphère de travail et de quelques recommandations 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 l'école (*Données 1999 – Source : Guidelines for Air Quality, WHO, Geneva 2000*) :

Polluant	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)	-	-	-	-
Acétaldéhyde	-	-	-	-	50
Styrène	-	-	-	260	-
Xylènes	-	-	4 800	-	-
Tétrachloroéthylène	-	-	-	-	250
Monoxyde de carbone CO	30 000	10 000	-	-	-

Remarque : 1 μg = 1 microgramme = 0,001 mg

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 de Code de l'Environnement)

Le tableau ci-dessous regroupe les valeurs pour chaque polluant réglementé :

Polluant	Normes Valeurs limites et objectifs de qualité		
	Moyenne annuelle	Moyenne journalière	Moyenne horaire
Poussières PM 10	40 µg/m ³ (valeur limite)	50 µg/m ³	-
	30 µg/m ³ (objectif de qualité)	(- de 35 jours/an ou Percentile 90,4)	-
Dioxyde d'azote NO ₂	44 µg/m ³ (valeur limite)	-	200 µg/m ³ (- de 175 heures/an ou Percentile 98)
	40 µg/m ³ (objectif de qualité)	-	230 µg/m ³ (- de 18 heures/an ou Percentile 99,8)
Composés Organiques Volatils (COV)	pour le benzène : 8 µg/m ³ (valeur limite)	-	-
	2 µg/m ³ (objectif de qualité)	-	-
Monoxyde de carbone CO	-	-	Moyenne glissante sur 8 heures : 10 mg/m ³

Valeurs réglementaires et valeurs guides en air intérieur

Valeurs guides de l'AFSSET (Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail) :

Polluant	VGAI				
	Exposition 8 heures	Exposition 2 heures	Exposition 1 heure	Exposition court terme	Exposition long terme
Formaldéhyde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	50	-	-	10
Monoxyde de carbone CO (mg/m^3)	10	-	30	60 (sur 30 minutes) 100 (sur 15 minutes)	-

Polluant	VGAI court terme	VGAI intermédiaire	VGAI long terme
Benzène	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

VGAI : Valeur guide en air intérieur

Concentrations types pour le formaldéhyde en air intérieur :

(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	
	Moyenne	Plage	Moyenne	Plage
1996	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 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 NO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-	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

- Une étude sur la qualité de l'air intérieur des écoles maternelles et des crèches de la région Rhône-Alpes a été réalisée en 2006-2007, afin de mesurer les aldéhydes présents dans l'air.

Les concentrations moyennes de chaque polluant sur toute la campagne de mesure sont présentées dans le tableau suivant :

(Source : mesures des aldéhydes en air intérieur des écoles maternelles et des crèches de la région Rhône-Alpes, Atmo Rhône-Alpes, Décembre 2007)

Polluant		Valeurs moyennes sur les 4 campagnes réalisées en $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
		en crèche	en école maternelle	tous les établissements
Formaldéhyde	Minimum	14.6	18.2	16.6
	Moyenne	18.6	24.1	21.6
	Maximum	21.7	29.8	26
Acétaldéhyde	Minimum	6.4	5.8	6.1
	Moyenne	7.5	6.9	7.2
	Maximum	9.2	9.3	9.3

- Autres références pour le 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	-

Source : rapport ASPA N° ASPA 08051603-ID – Parution Octobre 2008

Autres composés organiques volatils

➤ Résultats relevés lors d'une étude de la qualité de l'air intérieur des lieux de garde et d'enseignement en Alsace

Crèche/école	Valeurs en $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
	Benzène	Toluène	Xylènes	Ethylbenzène
Moyenne	2.1	13	-	-
Minimum	1	3	2	0.2
Maximum	4	80	203	77

Source : rapport ASPA N° ASPA 05113001-ID – Parution Novembre 2005

Crèche/école	Valeurs en $\mu\text{g}/\text{m}^3$				
	1-méthoxy-2-propanol	n-butylacétate	2-butoxyéthanol	Alpha-pinène	1,2,4-triméthylbenzène
Minimum	0.4	3.1	2	2.7	3.5
Maximum	131.5	75.8	348.4	44.4	25.2
Crèche/école	n-décane	1,4-dichlorobenzène	n-undécane	1-éthoxy-2-propanol	
Minimum	1.3	0.7	0.4	<0.1	
Maximum	18	16	9.7	<65.8	

Source : rapport ASPA N° ASPA 05113001-ID – Parution Novembre 2005

Résultats des mesures

Situation des concentrations intérieures par rapport aux stations fixes du réseau de mesure

Les données recueillies au sein des écoles sont comparées aux stations de mesures fixes les plus proches et/ou mesurant les mêmes paramètres, sur des typologies variées.

Dans ce rapport, les stations fixes utilisées sont les suivantes :

Ecole ou LAPE	Station fixe (mesure des polluants)	Station fixe météorologique (mesure des paramètres météo)
Lens	Lens rue Briquet Lens Boulevard Basly	Béthune, avenue de Paris
Cambrai	Cambrai, rue Aubenche	Prouvy, aérodrome
Valenciennes	Valenciennes Acacias, rue Durre Valenciennes, Place de la République	Prouvy, aérodrome
Maubeuge	Maubeuge, rue du 45ème R.I.	Prouvy, aérodrome
Seclin	Lesquin, rue Anatole France	Tourcoing, parking de l'hôtel de ville, rue de la bienfaisance
Lille	Lille Fives, Groupe Lakanal Campau	Tourcoing, parking de l'hôtel de ville, rue de la bienfaisance
Saint-Pol Sur Mer	Saint-Pol sur Mer, cour de l'école Vancauwenberghe	Gravelines, rue du Pont de Pierre
Marquise	Outreau, boulevard Spingard	Outreau, boulevard Spingard
Liettres	Béthune, stade	Béthune, avenue de Paris
Arras	Arras, place Jaurès	Béthune, avenue de Paris

Contexte météorologique & qualité de l'air ambiant

Déroulement

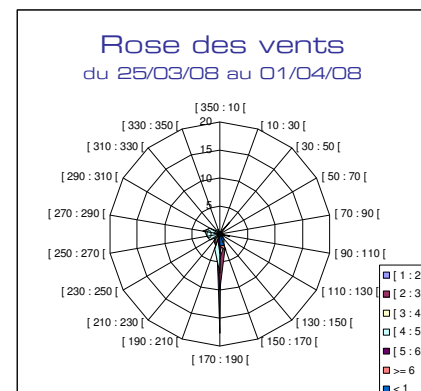
La campagne s'est déroulée du 25 Mars au 17 Juin 2008, à raison d'une semaine de mesure par école, répartie de la façon suivante :

Commune	Ecole	Semaine concernée
Lens	Ecole Basly	25 mars au 1 ^{er} avril 2008
Cambrai	Maison de l'Enfance	08 avril au 15 avril 2008
Valenciennes	Groupe Scolaire Jean Mineur	22 avril au 29 avril 2008
Maubeuge	Ecole du Pont Allant	29 avril au 06 mai 2008
Seclin	Ecole Durot	06 mai au 13 mai 2008
Lille	Ecole Turgot	13 mai au 20 mai 2008
Saint-Pol Sur Mer	Ecole Vancauwenberghe	20 mai au 27 mai 2008
Marquise	Complexe Scolaire Pierre Mendès France	27 mai au 03 juin 2008
Liettres	Ecole Louis Ledoux	03 juin au 10 juin 2008
Arras	Ecole Paul Bert	10 juin au 17 juin 2008

Contexte météorologique

Semaine du 25 mars au à 1^{er} avril 2008

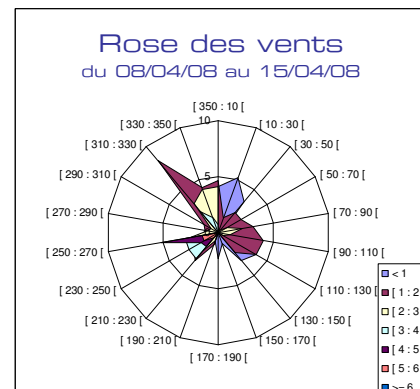
Température °C	Moyenne :	9 °C
	Minimum :	2 °C
	Maximum :	14 °C
Pression atmosphérique hPa	Moyenne :	1004 hPa
Vent m/s	Vitesse moyenne :	3 m/s
	Minimum :	0 m/s
	Maximum :	9 m/s
Humidité relative %	Moyenne :	80 %



Le temps est resté maussade durant la première partie de la semaine enchaînant passages pluvieux et nuageux. En fin de semaine, quelques timides éclaircies ont fait leur apparition. Les vents ont été principalement orientés au Sud et ont été en moyenne de force faible. Quelques rafales ont toutefois été enregistrées le 28 et 29 mars (vent assez fort). Cette semaine a connu une faible amplitude thermique et des pressions basses. Ces conditions météorologiques ont été favorables à une bonne dispersion de la pollution.

Semaine du 08 au 15 avril 2008

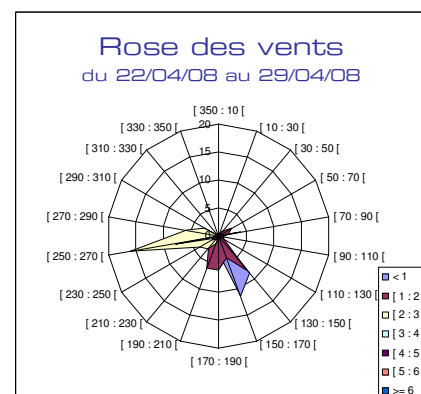
Température °C	Moyenne : Minimum : Maximum :	9 °C 3 °C 13 °C
Pression atmosphérique hPa	Moyenne :	1005 hPa
Vent m/s	Vitesse moyenne : Minimum : Maximum :	2 m/s 0 m/s 5 m/s
Humidité relative %	Moyenne :	65 %



Le temps de la semaine de mesure a été bien ensoleillé, avec toutefois des températures plutôt basses, un maximum de 13 °C ayant été observé. Les vents sont venus de plusieurs directions principales, à la fois du secteur Nord-Ouest, mais également des secteurs Nord-Nord Est et Sud-Est. Les vents sont restés calmes et les rares pointes ont juste atteint les 5 m/s, témoignant d'un vent faible. Les pressions ont été faibles et en moyenne inférieures à 1015 hPa. Elles remontent quelque peu à partir du 11 avril 2008. Ces conditions ont pu être défavorables à la dispersion de la pollution durant la semaine de mesure.

Semaine du 22 au 29 avril 2008

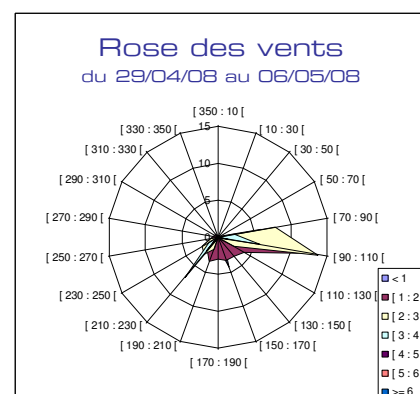
Température °C	Moyenne : Minimum : Maximum :	14 °C 8 °C 24 °C
Pression atmosphérique hPa	Moyenne :	1017 hPa
Vent m/s	Vitesse moyenne : Minimum : Maximum :	2 m/s 0 m/s 5 m/s
Humidité relative %	Moyenne :	68 %



La semaine de mesure a connu un temps plutôt mitigé alternant entre passages légèrement nuageux, éclaircies et temps bien couvert. Avec les éclaircies, l'amplitude thermique est plus importante (écart de 16 °C entre le minimum et la maximum). Les vents ont été principalement orientés aux secteurs Ouest-Sud Ouest, Sud et Sud-Sud Est, leur vitesse est restée globalement calme. Ces conditions ont pu être défavorables à la dispersion de la pollution durant la semaine de mesure.

Semaine du 29 avril au 06 mai 2008

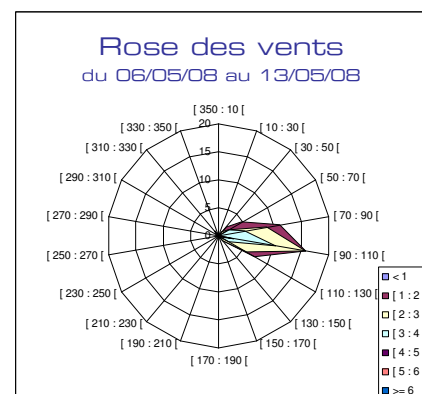
Température °C	Moyenne : Minimum : Maximum :	14 °C 8 °C 22 °C
Pression atmosphérique hPa	Moyenne :	1014 hPa
Vent m/s	Vitesse moyenne : Minimum : Maximum :	2 m/s 1 m/s 6 m/s
Humidité relative %	Moyenne :	65 %



Mis à part les trois premiers jours de temps variable, la semaine d'étude a noté un temps bien ensoleillé. Ces journées ont été accompagnées de pressions élevées. Les vents ont été orientés de secteur Est et sont restés en moyenne calmes à faibles. Ces conditions ont pu être défavorables à la dispersion de la pollution durant la semaine de mesure.

Semaine du 06 au 13 mai 2008

Température °C	Moyenne : Minimum : Maximum :	21 °C 15 °C 27 °C
Pression atmosphérique hPa	Moyenne :	1016 hPa
Vent m/s	Vitesse moyenne : Minimum : Maximum :	2 m/s 0 m/s 4 m/s
Humidité relative %	Moyenne :	43 %

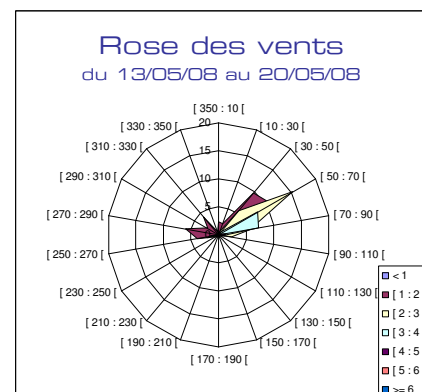


Le temps de cette semaine est resté très chaud et ensoleillé. La couverture nuageuse fut nulle, les pressions élevées. Les vents ont été orientés au secteur Est-Sud Est et sont restés de calmes à faibles.

Ces conditions ont pu être très défavorables à la dispersion de la pollution durant la semaine de mesure.

Semaine du 13 au 20 mai 2008

Température °C	Moyenne : Minimum : Maximum :	15 °C 8 °C 26 °C
Pression atmosphérique hPa	Moyenne :	1010 hPa
Vent m/s	Vitesse moyenne : Minimum : Maximum :	2 m/s 0 m/s 4 m/s
Humidité relative %	Moyenne :	72 %

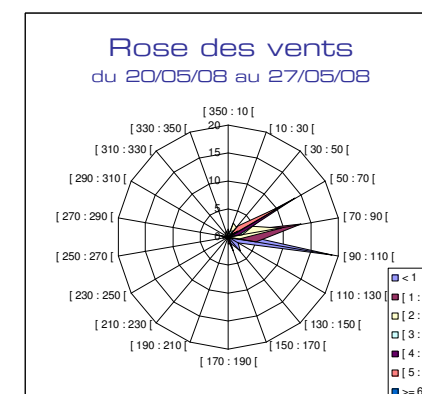


Après deux premiers jours bien ensoleillés, le temps des jours suivant s'est dégradé et une couverture nuageuse plus importante est apparue, accompagnée de nombreuses averses. Les deux derniers jours ont connu un retour progressif d'un temps plus sec et ensoleillé et des valeurs de pressions atmosphériques en hausse. Les vents ont été orientés de secteur Est-Nord-Est et ont été calmes à faibles.

Ces conditions ont pu être très défavorables à la dispersion de la pollution durant la semaine de mesure.

Semaine du 20 au 27 mai 2008

Température °C	Moyenne : Minimum : Maximum :	15 °C 8 °C 20 °C
Pression atmosphérique hPa	Moyenne :	1012 hPa
Vent m/s	Vitesse moyenne : Minimum : Maximum :	3 m/s 0 m/s 6 m/s
Humidité relative %	Moyenne :	77 %



Le temps de la semaine est resté variable : les trois premiers jours ont enregistré un temps ensoleillé avec une faible couverture nuageuse puis le temps s'est un peu dégradé mais avec des averses qui sont restées très localisées.

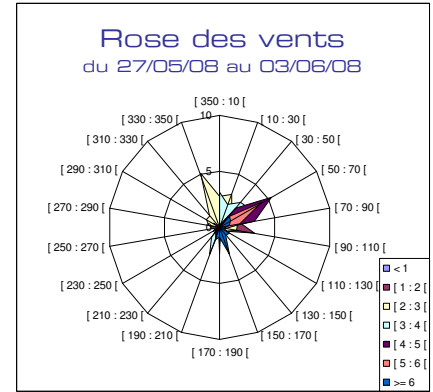
Les vents ont été orientés principalement au secteur Est et ont noté de faibles vitesses.

Les pressions ont été en baisse en première partie de semaine puis ont progressivement augmenté.

Ces conditions ont pu être très défavorables à la dispersion de la pollution durant la semaine de mesure.

Semaine du 27 mai au 03 juin 2008

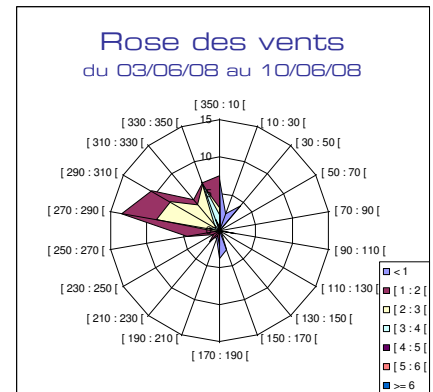
Température °C	Moyenne :	15 °C
	Minimum :	12 °C
	Maximum :	19 °C
Pression atmosphérique hPa	Moyenne :	1011 hPa
Vent m/s	Vitesse moyenne :	3 m/s
	Minimum :	0 m/s
	Maximum :	8 m/s
Humidité relative %	Moyenne :	88 %



Le temps de la semaine est resté variable, alternant passages nuageux, temps gris et pluvieux et légères éclaircies. La fin de semaine a toutefois connu un temps sec. La température moyenne est restée douce pour la saison avec une faible amplitude de valeurs. Les pressions sont restées basses, inférieures à 1015 hPa. Les vents ont été orientés principalement aux secteurs Nord-Est et Nord-Nord-Ouest et de vitesses faibles à modérées. Ces conditions ont pu être défavorables à la dispersion de la pollution durant la semaine de mesure.

Semaine du 03 au 10 juin 2008

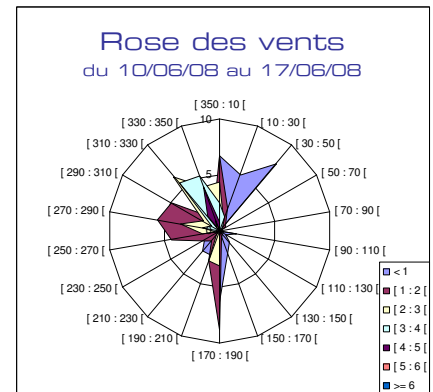
Température °C	Moyenne :	16 °C
	Minimum :	12 °C
	Maximum :	25 °C
Pression atmosphérique hPa	Moyenne :	1016 hPa
Vent m/s	Vitesse moyenne :	2 m/s
	Minimum :	0 m/s
	Maximum :	4 m/s
Humidité relative %	Moyenne :	86 %



Les cinq premiers jours de la semaine ont observé un temps plutôt gris. Quelques averses très localisées ont pu être relevées. A contrario, les trois derniers jours ont connu un temps plus ensoleillé avec quelques brumes en matinée. Les pressions sont restées basses durant les cinq premiers jours puis ont augmenté jusqu'à la fin de la semaine de mesure. Les vents sont restés de calmes à faibles et orientés aux secteurs Ouest et Nord-Nord-Ouest. La température moyenne reste stable mais l'amplitude des valeurs augmente. Ces conditions ont été assez favorables à la dispersion de la pollution durant la semaine de mesure.

Semaine du 10 au 17 juin 2008

Température °C	Moyenne :	15 °C
	Minimum :	9 °C
	Maximum :	25 °C
Pression atmosphérique hPa	Moyenne :	1013 hPa
Vent m/s	Vitesse moyenne :	2 m/s
	Minimum :	0 m/s
	Maximum :	5 m/s
Humidité relative %	Moyenne :	74 %



Le temps est resté globalement maussade et accompagné de chutes des températures et de pluies orageuses. Les pressions sont restées faibles. Les vents ont beaucoup varié et connu des directions multiples du Sud, au Nord-Ouest et Nord-Est. Ces conditions ont été favorables à la dispersion de la pollution durant la semaine de mesure.

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). 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.

Liste des journées ayant enregistré un indice supérieur ou égal à 5 :

	Ss Indice SO ₂	Ss Indice NO ₂	Ss Indice O ₃	Ss Indice PM10	Indice ATMO Global
09/04/2008	1	3	4	5	5
10/04/2008	1	4	5	6	6
11/04/2008	1	3	4	5	5
22/04/2008	1	2	4	6	6
23/04/2008	1	2	4	5	5
26/04/2008	1	2	5	3	5
27/04/2008	1	1	5	3	5
30/04/2008	1	1	5	2	5
03/05/2008	1	2	5	3	5
04/05/2008	1	1	6	3	6
05/05/2008	1	2	6	3	6
06/05/2008	1	2	5	3	5
07/05/2008	1	3	6	4	6
08/05/2008	1	3	6	4	6
09/05/2008	1	4	7	4	7
10/05/2008	1	3	6	4	6
11/05/2008	1	3	6	3	6
12/05/2008	1	2	6	3	6
13/05/2008	1	3	6	5	6
14/05/2008	1	3	6	3	6
16/05/2008	1	3	4	6	6
18/05/2008	1	1	5	3	5
20/05/2008	1	2	5	4	5
22/05/2008	1	3	5	5	5
23/05/2008	1	3	4	5	5
26/05/2008	1	2	2	5	5
27/05/2008	NC	3	2	5	5
31/05/2008	NC	3	4	6	6
01/06/2008	NC	1	4	5	5
02/06/2008	NC	3	3	7	7
03/06/2008	NC	2	3	5	5
09/06/2008	1	2	5	5	5
10/06/2008	1	2	5	4	5
17/06/2008	1	3	5	3	5

N.C. : non calculé

Durant la période de mesures, la qualité de l'air extérieur était globalement moyenne. Sur les 73 jours de campagnes, 34 ont enregistré des indices Atmo supérieurs à 5. Les polluants responsables de ces dégradations de la qualité de l'air étaient l'ozone et les poussières en suspension. Durant ces journées, l'air extérieur de qualité moyenne à médiocre a pu influencer l'air intérieur des écoles et particulièrement l'établissement de Lille puis ceux de Maubeuge, Seclin et Marquise.

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 enfants et des adultes travaillant au sein des écoles, 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 chaque phase d'étude.

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.

Les valeurs moyennes relevées pour chaque phase de mesures sont présentées dans les tableaux suivants :

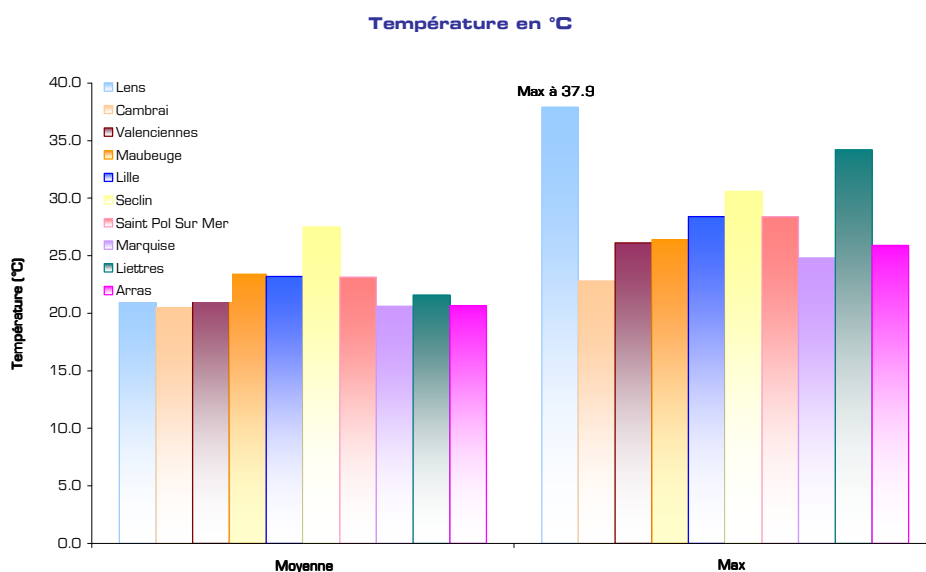
➤ Moyennes durant la campagne de mesures

	Température (°C)			
	Salle 1	Salle 2	Moyenne	Maximum
Lens	23.9	23.2	23.6	37.9
Cambrai	21.3	19.7	20.5	22.8
Valenciennes	23.2	23.2	23.2	26.1
Maubeuge	23.1	23.7	23.4	26.4
Seclin	27.7	27.3	27.5	30.6
Lille	22.6	23.8	23.2	28.4
Saint-Pol Sur Mer	22.8	23.5	23.2	28.4
Marquise	20.7	20.5	20.6	24.8
Liettres	20.5	22.7	21.6	34.2
Arras	20.7	20.6	20.7	25.9

	Humidité relative (%)			
	Salle 1	Salle 2	Moyenne	Maximum
Lens	37.2	44.7	41	51.7
Cambrai	37	34.1	35.6	53.7
Valenciennes	44	40.8	42.4	52.6
Maubeuge	47.5	42.9	45.2	59.5
Seclin	30.1	32.7	31.4	37.4
Lille	47.2	43.4	45.3	65.3
Saint-Pol Sur Mer	49.6	43.2	46.4	62.9
Marquise	67.1	61.4	64.3	74.3
Liettres	65.8	58.7	62.3	77.8
Arras	58.3	57.2	57.8	73.5

	Dioxyde de carbone (ppm)			
	Salle 1	Salle 2	Moyenne	Maximum
Lens	795	1 863	1 329	4 122
Cambrai	632	586	609	937
Valenciennes	1 228	1 014	1 121	3 000
Maubeuge	1 785	1 127	1 456	4 494
Seclin	511	655	583	837
Lille	896	973	935	1 795
Saint-Pol Sur Mer	922	955	939	2 539
Marquise	2 206	947	1 577	4 922
Liettres	636	801	719	2 997
Arras	1 241	1 262	1 252	3 804

➤ Exploitation des moyennes

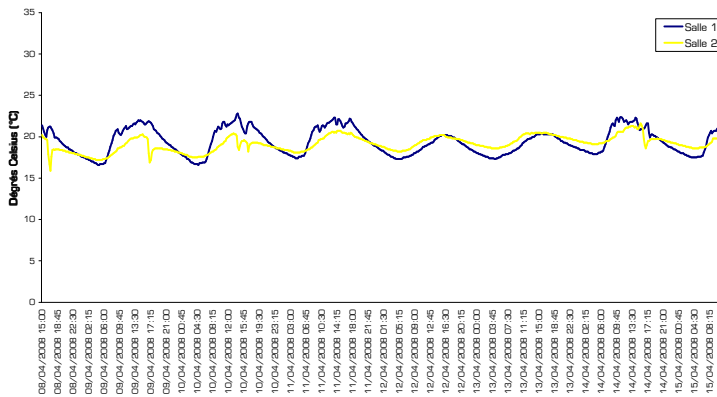


Les résultats des mesures ont montré des températures moyennes, en période d'occupation, souvent proches de 22 °C à 23 °C, en dehors de Cambrai, Marquise et Arras (température avoisinant les 20 °C) et de Seclin (température moyenne maximale enregistrée à 27.5 °C), en lien avec la concentration moyenne extérieure la plus élevée notée à Seclin (21 °C).

Les maxima sur la campagne ont été notés sur Lens (valeur de 37.9 °C), et Liettres (valeur de 34.2 °C). Ces résultats sont en partie en concordance avec l'exposition au Sud des salles de classe étudiées, celles-ci ayant tendance, de par l'ensoleillement, à être chauffées naturellement.

Le nombre le plus faible, en moyenne comme en valeur maximale, a été relevé pour la crèche de Cambrai.

Evolution de la Température (T°)



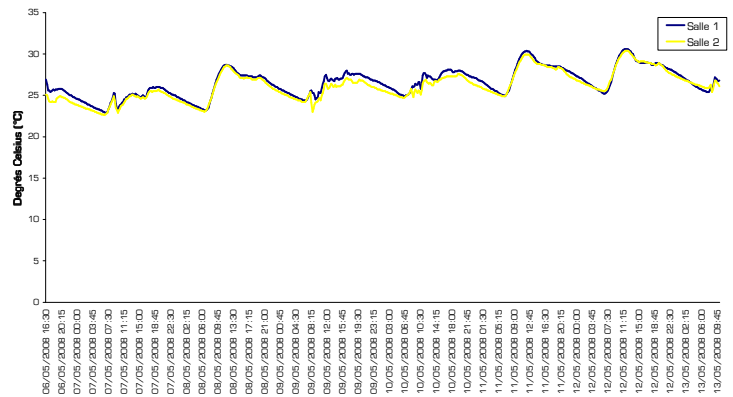
Crèche de Cambrai

Les graphes représentant l'évolution de la température des salles montrent que celle-ci augmente en période d'occupation par les enfants et les adultes.

Pour chaque établissement, la température connaît une augmentation continue, sur la période de 5h-6h à 17h-18h, liée à l'augmentation de la température extérieure, comme sur l'exemple de la crèche de Cambrai, pour le samedi et le dimanche (période d'inoccupation des salles).

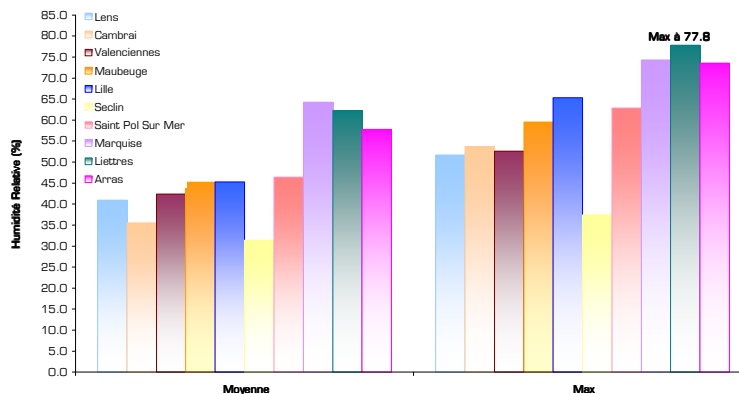
Sur la période d'occupation de 8h00 à 17h00, la température connaît des augmentations et chutes rapides, en lien avec la présence/absence des enfants ou encore avant/après récréations (possible ouverture des portes et fenêtres). Les salles présentent des profils similaires d'évolution de la température ambiante, mais observent des gammes de températures différentes. La crèche de Cambrai a ainsi connu des températures globalement adaptées pour les enfants (valeur moyenne de 20.5°C et valeur maximale enregistrée à 22.8°C), tandis que l'école de Seclin a présenté des valeurs beaucoup trop élevées pour le confort d'étude des enfants (température moyenne de 27.5°C, soit plus de 5°C au dessus de la valeur recommandée, avec une valeur maximale relevée à 30.6°C).

Evolution de la Température (T°)



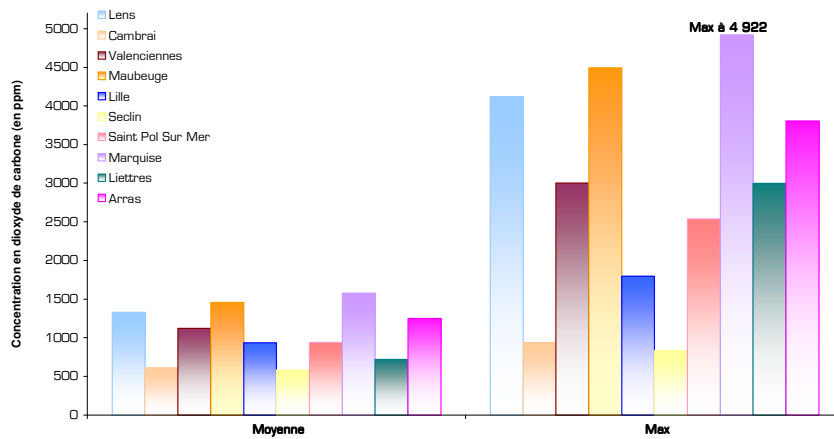
Ecole de Seclin

Humidité Relative en %



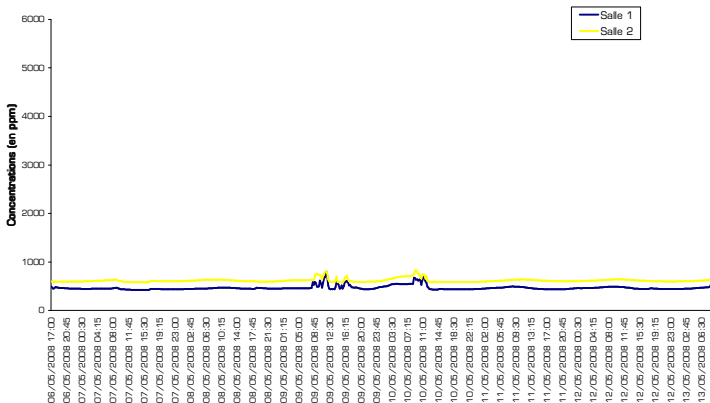
Les résultats des mesures ont montré des profils de valeurs moyennes et de valeurs maximales similaires en humidité relative. L'augmentation progressive du pourcentage d'humidité relative mesurée dans les salles, tout au long de la campagne, est en concordance avec l'humidité relative relevée en air ambiant (60 à 70% d'humidité relative extérieure, en début de campagne, contre 70 à 90% en fin de campagne). Le maximum sur la campagne a ainsi été noté sur Liètrres, avec une valeur de 77.8%. De son côté, l'école de Seclin ne fait pas exception, car les taux très bas relevés inférieurs en moyenne et en max aux 40% d'humidité relative recommandés sont également à relier à l'humidité relative extérieure faible sur la période de mesure (43%). Cette moyenne est également légèrement plus basse pour Cambrai. Cette faible humidité ambiante pourrait engendrer à terme, pour les enfants et les enseignants, une sécheresse oculaire et respiratoire. Certaines écoles présentent des valeurs moyennes et maximales supérieures au seuil de 60% d'humidité relative recommandée. C'est le cas de Marquise, Liètrres et Arras. Une trop forte humidité peut à terme engendrer de la condensation et l'apparition de moisissures.

Dioxyde de carbone - CO₂



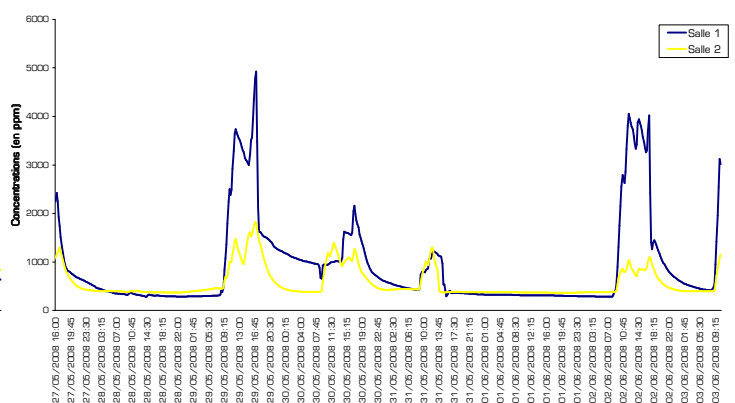
Les résultats des mesures ont montré que la moitié des établissements n'offrent pas un bon taux de renouvellement d'air. Le taux moyen de CO₂ sur la semaine, en période d'occupation, est ainsi supérieur au seuil de 1 000 ppm. Le taux de dioxyde de carbone le plus élevé, en moyenne comme en valeur maximale, a été relevé dans l'école de Marquise. Seules les écoles de Seclin, Cambrai et Liétres ont des valeurs moyennes de l'ordre de 600 à 700 ppm. Les écoles de Lille et Saint-Pol sur Mer présentent des valeurs légèrement inférieures au seuil de 1 000 ppm. Les écoles de Maubeuge, Lens et Arras présentent ensuite les plus mauvais taux de renouvellement d'air. Seuls les établissements de Cambrai, Lille et Seclin ont présenté des maxima inférieurs à la valeur de 2 000 ppm, à partir de laquelle les enfants peuvent être sujets à la somnolence.

Evolution du taux de CO₂



Ecole de Seclin

Evolution du taux de CO₂



Ecole de Marquise

Les graphes représentant l'évolution du taux de CO₂ montrent que celui-ci est lié directement au nombre de personnes présentes dans la pièce. On voit ainsi rapidement, sur l'exemple de l'école de Seclin, que les enfants n'ont été présents en classes que le vendredi et le samedi. Pour chaque établissement, 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 établissements (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, l'école de Seclin a relevé les valeurs moyenne et maximale les plus basses, toujours inférieures à 1 000 ppm, tandis que l'école de Marquise les valeurs les plus élevées (également en valeurs moyenne et maximale).

Exploitation des résultats de mesures

Le dioxyde d'azote

➤ Moyennes durant la campagne de mesures

	Concentrations en $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
	Salle 1	Cour	Rapport Intérieur/Extérieur	Station fixe
Lens	15	27	0.56	29
Cambrai	20	29	0.69	30
Valenciennes	12	21	0.57	27
Maubeuge	6	9	0.67	13
Seclin	22	40	0.55	30
Lille	27	32	0.84	27
Saint-Pol Sur Mer	23	30	0.77	27
Marquise	13	25	0.52	18
Liettres	12	13	0.92	15
Arras	14	16	0.88	13
Moyenne	16	24	-	-
Minimum	6	9	0.52	-
Maximum	27	40	0.92	-

➤ Exploitation des moyennes

Si on compare la concentration de dioxyde d'azote relevée à l'intérieur des établissements avec celle mesurée à l'extérieur, on constate que le dioxyde d'azote est moins concentré à l'intérieur. Le rapport intérieur/extérieur est resté compris entre 0.55 et 0.92 et est en adéquation avec le rapport habituellement rencontré dans les locaux scolaires (entre 0.4 et 0.8). On peut donc en déduire qu'il n'existe pas de source intérieure de NO_2 .

La teneur mesurée dans la cour est également cohérente avec les mesures réalisées par les stations fixes les plus proches. Les teneurs varient en fonction des conditions météorologiques et des émissions du secteur plus ou moins urbanisé.

Les concentrations intérieures les plus élevées ont été mesurées sur le site de Lille ($27 \mu\text{g}/\text{m}^3$), puis Saint-Pol sur Mer ($23 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et Seclin ($22 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en lien avec des teneurs en air ambiant plus élevées et une plus forte étanchéité des bâtiments (bâtiment et aération par ouverture des fenêtres plus importante). L'école de Maubeuge est quant à elle la moins exposée puisqu'elle relève les concentrations intérieure et dans la cour les plus faibles (respectivement 6 et $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

La concentration en dioxyde d'azote mesurée à l'intérieur de l'école ne dépasse pas la valeur réglementaire donnée en atmosphère de travail pour un temps d'exposition à court terme. Concernant la concentration mesurée dans la cour de l'école, celle-ci respecte les valeurs réglementaires ainsi que les recommandations de l'OMS en air extérieur.

Le monoxyde de carbone

➤ Moyennes durant la campagne de mesures

	Concentrations en mg/m ³		
	Salle 1	Salle 2	Station fixe
Lens	Pour l'ensemble des salles de classe, les résultats des mesures du monoxyde de carbone sont proches de 0 mg/m ³ .		0.5
Cambrai			0.4
Valenciennes			0.3
Maubeuge			0.2
Seclin			0.3
Lille			0.2
Saint-Pol Sur Mer			0.3
Marquise			0.3
Liettres			0.3
Arras			0.2

Etant proches de 0 mg/m³, les niveaux de CO n'ont pas révélé de source de ce polluant à l'intérieur de l'école.

Les valeurs guides données par l'AFSSET en air intérieur ainsi que la réglementation en atmosphère de travail sont nettement respectées pour ce polluant.

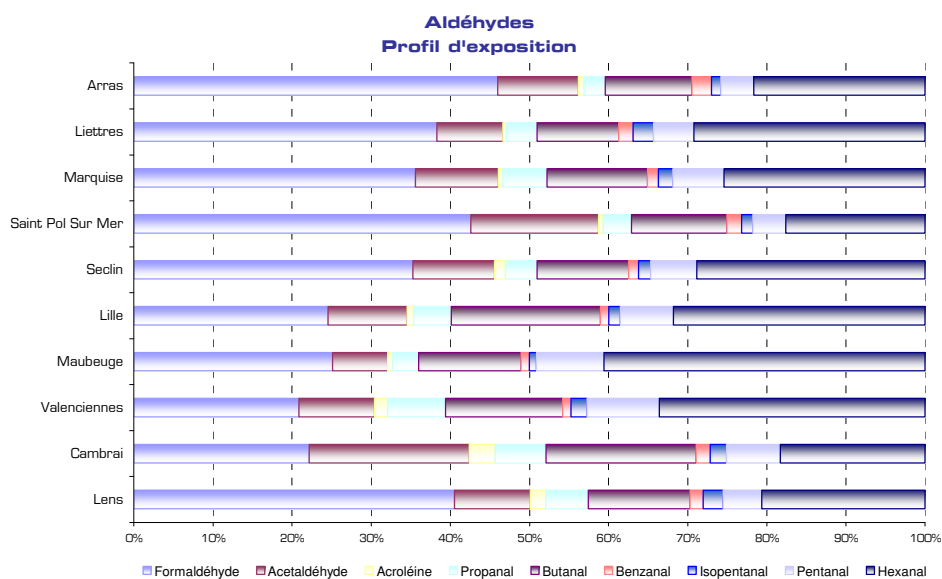
Les composés organiques volatils

Les aldéhydes

➤ Moyennes durant la campagne de mesures

	Concentrations en $\mu\text{g}/\text{m}^3$								
	Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Acroléine	Propanal	Butanal	Benzanal	Isopentanal	Pentanal	Hexanal
Lens	15.5	3.7	0.7	2.1	4.9	0.6	1	1.9	7.9
Cambrai	5.7	5.2	0.8	1.7	4.9	0.5	0.5	1.8	4.7
Valenciennes	19.1	8.8	1.5	6.7	13.5	1	1.9	8.3	30.8
Maubeuge	28.1	7.8	0.7	3.6	14.5	1.2	1	9.6	45.5
Seclin	22	6.4	0.8	2.5	7.2	0.8	1	3.6	18
Lille	9.1	3.7	0.3	1.8	7	0.4	0.5	2.5	11.8
Saint-Pol Sur Mer	26.4	10	0.4	2.2	7.5	1.2	0.9	2.6	10.9
Marquise	25.6	7.5	0.4	4	9.1	1	1.3	4.7	18.3
Liettres	14.3	3.1	0.2	1.5	3.9	0.7	1	1.9	10.9
Arras	20	4.4	0.3	1.2	4.8	1.1	0.5	1.8	9.4

➤ Exploitation des moyennes



Les 9 aldéhydes ont été détectés sur l'ensemble des sites de mesure.

Les trois aldéhydes retrouvés majoritairement sont le formaldéhyde, l'acétaldéhyde et l'hexanal.

Le constat est en adéquation avec ceux déjà réalisés lors de la campagne Habit'Air Nord-Pas de Calais de 2003-2005 dans les logements, mais également lors des campagnes dans les bureaux réalisés dans le Nord - Pas de Calais en 2007.

Les concentrations mesurées dans la cour sont nettement inférieures à celles détectées à l'intérieur de l'école. Les sources d'aldéhydes sont très présentes à l'intérieur des écoles : mobilier, revêtements, livres, produits nettoyants, laines d'isolation...

Le site de Cambrai se dégage par des valeurs en aldéhydes globalement plus faibles que les autres établissements. Ces faibles niveaux pourraient s'expliquer en partie par la présence d'une VMC en bon état de marche.

Le site de Maubeuge obtient les valeurs maximales pour le formaldéhyde, le butanal, le pentanal et l'hexanal. Ces teneurs plus importantes ont été recueillies au sein d'une salle moins ventilée et située à proximité d'une zone de travaux de peinture, engendrant un surcroît d'émissions d'aldéhydes.

L'amplitude, pour chaque site, des concentrations relevées pour les 5 aldéhydes acroléine, propanal, benzanal, isopentanal et pentanal n'est pas importante. De légères différences entre les sites de mesure ont pu toutefois être remarquées, sans pour autant conclure quant à une tendance pour chaque site. Le pentanal a toutefois observé des valeurs plus élevées pour les sites des écoles de Valenciennes et de Maubeuge.

Les niveaux moyens mesurés présentent une forte amplitude entre les salles d'une même école : l'écart maximal entre deux salles d'une même école s'élève à $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le formaldéhyde, à $67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour l'hexanal et à $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le butanal. Cela tend à souligner que les caractéristiques du bâtiment ne sont pas les seuls déterminants des concentrations d'aldéhydes.

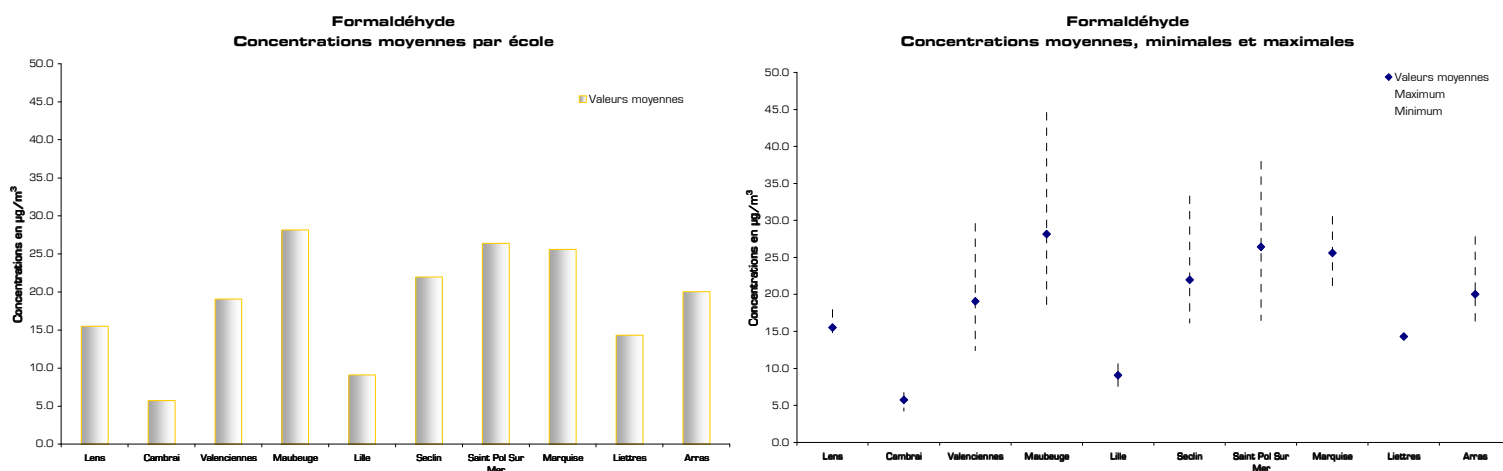
Dans la suite du document, en lien avec la toxicité avérée du polluant sur la santé, les analyses ont ciblé essentiellement le formaldéhyde.

➤ Zoom sur le formaldéhyde

Les concentrations de formaldéhyde sont restées comprises entre 4 et $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$, avec une teneur moyenne globale de $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Les niveaux de formaldéhyde mesurés sont bien plus élevés en air intérieur qu'en air extérieur.

Les niveaux les plus élevés de formaldéhyde ont été observés à Maubeuge et particulièrement dans une salle de classe où les niveaux atteignent $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

L'identification des sources a été étudiée et des relations ont pu être dégagées entre les niveaux plus élevés d'aldéhydes et les travaux réalisés dans les salles et/ou le manque d'aération.



6 établissements sur 10 présentent une forte disparité des teneurs de formaldéhyde. Seuls les établissements de Lens, de Cambrai, de Lille présentent une bonne homogénéité. Même si les sources de formaldéhyde sont bien identifiées et connues, les facteurs influençant ces émissions restent cependant plus incertains. On peut noter également qu'une valeur un peu plus importante de $29,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été observée dans une salle de classe de l'école de type HQE, associée à des valeurs plus élevées en hexanal et en acétaldéhyde. La qualité de l'air dépend de la maîtrise des sources de pollutions, qui est difficile à suivre au-delà de la conception même des bâtiments de ce type. De plus, l'absence d'étiquetage obligatoire des émissions sur les produits de construction, de décoration, d'usage courant et les équipements du bâtiment, limite le respect de la cible « qualité de l'air intérieur » du volet HQE.

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.

Dans le cadre de notre étude, les concentrations de formaldéhyde n'ont pas varié en fonction des conditions météorologiques extérieures. A titre d'exemple, on retrouve des concentrations plus faibles de formaldéhyde à l'intérieur de l'école de Lille alors que les conditions météorologiques étaient très défavorables à la dispersion de la pollution et favorables à la production d'ozone.

Comparaison aux valeurs guides, réglementaires et de référence

Les concentrations en formaldéhyde mesurées dans les salles ont été similaires voire inférieures à celles mesurées dans d'autres établissements scolaires en France. La valeur sur du long terme préconisée par l'AFSSET ($10\mu\text{g}/\text{m}^3$) a été dépassée dans 9 établissements sur 10. Les valeurs restent toutefois très inférieures au seuil à partir duquel des symptômes graves pourraient survenir. Les résultats obtenus pour le formaldéhyde et l'acétaldéhyde dans les établissements sont globalement du même ordre de grandeur, voire inférieurs aux valeurs mesurées dans d'autres études relatives aux écoles.

Les valeurs réglementaires connues en atmosphère de travail sont quant à elles respectées dans les salles instrumentées.

Enfin, les résultats obtenus dans la cour de l'école sont bien en-deçà des valeurs recommandées par l'OMS en air ambiant pour le formaldéhyde et l'acétaldéhyde.

Les autres composés organiques volatils

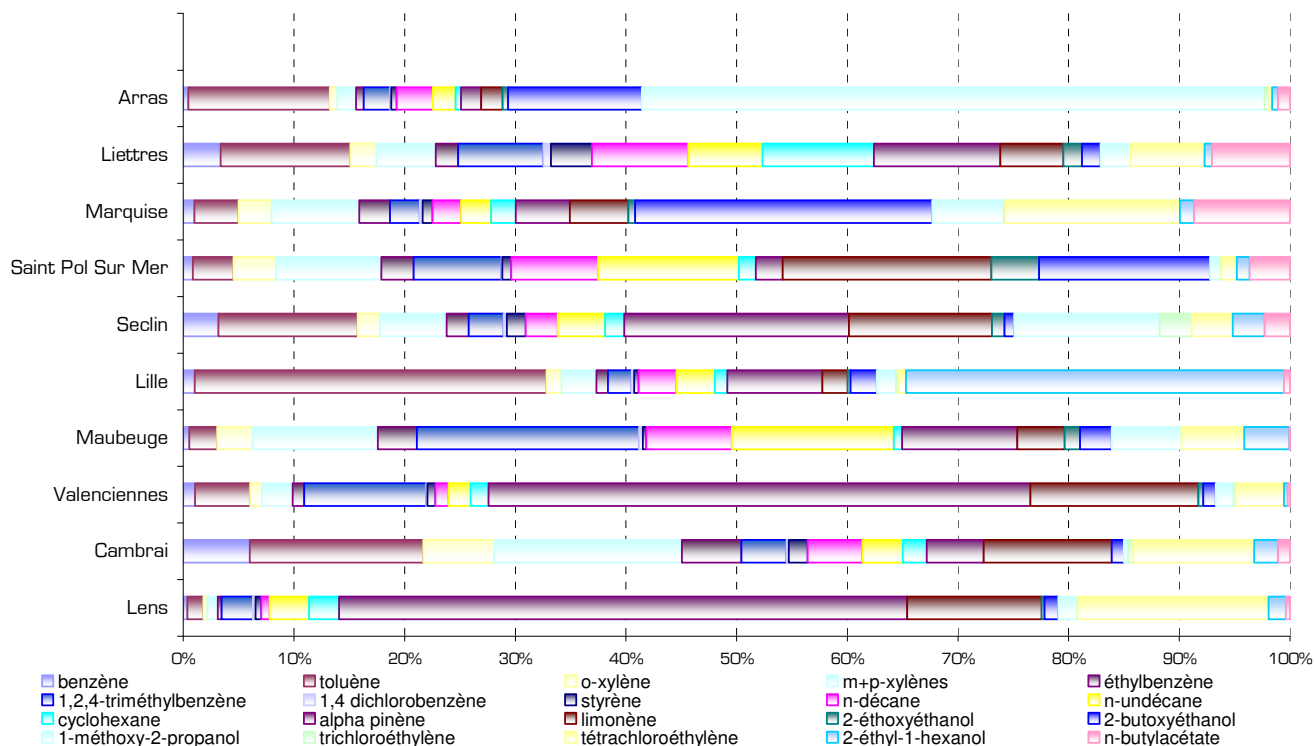
➤ Moyennes durant la campagne de mesures

	Concentrations en $\mu\text{g}/\text{m}^3$									
	benzène	toluène	o-xylène	m+p-xylènes	éthylbenzène	1,2,4-triméthylbenzène	1,4 dichloro benzène	styrène	n-décane	n-undécane
Lens	0.9	3.6	0.9	2.3	0.9	7.0	0.6	1.3	1.9	8.8
Cambrai	2.8	7.3	3	7.9	2.5	1.9	0.1	0.8	2.3	1.7
Valenciennes	1	4.7	1	2.6	1	10.4	0.1	0.7	1.1	1.9
Maubeuge	0.8	3.8	4.8	17	5.3	30.2	0.5	0.5	11.6	22
Seclin	1.1	4.4	0.7	2.1	0.7	1.1	0.1	0.6	1	1.5
Lille	1.3	40	1.7	4	1.3	2.7	0.3	0.5	4.3	4.4
Saint-Pol Sur Mer	1.4	6.1	6.3	15.7	4.8	13.1	0.1	1.4	12.9	21
Marquise	1.1	4.5	3.3	8.9	3.1	3	0.3	1	2.9	3
Liettres	1.0	3.5	0.7	1.6	0.6	2.3	0.2	1.1	2.6	2
Arras	0.8	23.1	1.2	3.1	1.2	4.3	0.2	0.9	5.9	3.7

	Concentrations en $\mu\text{g}/\text{m}^3$									
	cyclohexane	alpha pinène	limonène	2-éthoxyéthanol	2-butoxyéthanol	1-méthoxy-2-propanol	trichloroéthylène	tétrachloroéthylène	2-éthyl-1-hexanol	n-butylacétate
Lens	6.8	127.5	30.2	0.6	3.1	4.3	0.1	42.8	3.9	0.9
Cambrai	1	2.4	5.4	<LD	0.5	0.2	0.2	5.1	1	0.5
Valenciennes	1.5	46.2	14.3	0.3	1.1	1.5	0.2	4.1	0.4	0.2
Maubeuge	1.1	15.7	6.4	2.1	4.3	9.5	<LD	8.5	6.1	0.1
Seclin	0.6	7.1	4.5	0.4	0.3	4.6	1	1.3	1	0.8
Lille	1.4	10.8	2.9	0.3	3	2.2	0.2	0.9	43	0.7
Saint-Pol Sur Mer	2.5	4	31.1	7.1	25.5	1.6	0.1	2.3	1.9	6
Marquise	2.5	5.5	5.9	0.7	30	7.3	0.1	17.7	1.4	9.7
Liettres	3	3.4	1.7	0.5	0.5	0.8	<LD	2	0.2	2.1
Arras	0.9	3.3	3.5	0.9	21.8	101.6	0.7	0.5	1	1.9

LD : limite de détection

COV Profil d'exposition



Les 20 COV ont été détectés sur l'ensemble des sites de mesure, en dehors :

- du 2-éthoxyéthanol à Cambrai,
- du trichloroéthylène à Maubeuge et Liettes.

Les COV retrouvés majoritairement ou en concentrations importantes sont :

- l'alpha-pinène et le limonène
- le 2-butoxyéthanol, le 1-méthoxy-2-propanol
- le 1,2,4-triméthylbenzène, le n-décane, le n-undécane
- le tétrachloroéthylène

Les profils ne sont toutefois pas similaires entre les établissements.

Globalement, les 20 COV recherchés sont plus présents à l'intérieur de l'école qu'à l'extérieur.

Les sites de Lens et de Valenciennes se distinguent pour la présence importante en alpha-pinène et en limonène. Ils proviennent des produits nettoyant pour le sol, les tapis et le mobilier, ainsi que des désodorisants, utilisés lors des activités de ménage. C'est le cas également pour l'école de Saint-Pol sur Mer, qui subit une influence des produits ménagers utilisés.

Dans certaines écoles, de fortes teneurs en certains composés ont été relevées, témoignant de travaux en cours ou récents, ou encore de stockage de produits liés aux activités des enfants (peinture, vernis, colle, feutres,...) dans les salles de classe ayant fait l'objet de mesures. C'est le cas de :

- Maubeuge : forte exposition au 1,2,4-triméthylbenzène, au n-décane et au n-undécane, du fait de travaux en cours dans une pièce attenante à l'une des salles de classe ayant fait l'objet de mesures.
- Marquise : 2-butoxyéthanol et tétrachloroéthylène, expliqués par l'utilisation de peinture pour les murs, le plafond et le couloir et le stockage de peinture/vernis en salle de classe, pour les activités des enfants.
- Arras : teneurs relevées en 2-butoxyéthanol et en 1-méthoxy-2-propanol, issues de travaux antérieurs réalisés dans l'établissement.

A Cambrai, les teneurs les plus importantes concernent les BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes), principalement le benzène pour une salle donnée. Leur origine semble liée à la pollution automobile générée à l'extérieur, qui pénétrerait au sein du bâtiment.

L'école de Lille est quant à elle soumise, dans des teneurs plus limitées, à une exposition couplée aux travaux de peintures et utilisation de produits nettoyants, ainsi que de désodorisants.

Seule l'école de Liettes présente des teneurs homogènes pour l'ensemble des composés.

Comparaison aux valeurs guides, réglementaires et de référence :

Les valeurs guides françaises concernent le benzène et sont respectées dans l'ensemble des établissements à court, moyen et long termes.

Si on compare les concentrations des COV recherchés à l'intérieur avec les valeurs réglementaires données en atmosphère de travail, aucun dépassement n'a été signalé.

La valeur réglementaire du benzène en air extérieur ($8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur l'année) mais également l'objectif de qualité ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur l'année) n'ont pas été dépassés dans la cour des écoles.

Enfin, les recommandations données par l'OMS en air extérieur concernant les COV n'ont pas été dépassées dans la cour.

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 μm (= 0.001 mm),
- les particules PM2,5 = particules dont le diamètre est inférieur ou égal à 2,5 μm (= 0.0025 mm),
- les particules PM10 = particules dont le diamètre est inférieur ou égal à 10 μm (= 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 un nombre.

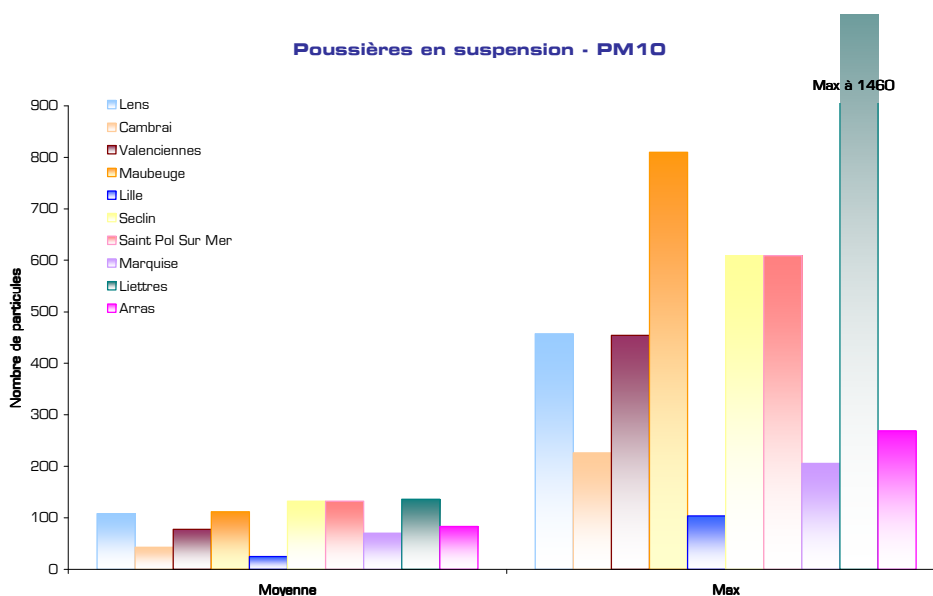
➤ Moyennes durant la campagne de mesures

	Nombre de particules Poussières en suspension PM10			
	Salle 1	Salle 2	Moyenne	Maximum
Lens	137	79	108	457
Cambrai	70	16	43	226
Valenciennes	77	78	78	454
Maubeuge	110	113	112	810
Seclin	28	22	25	104
Lille	127	61	94	469
Saint-Pol Sur Mer	120	144	132	609
Marquise	75	66	70	206
Liettres	87	185	136	1460
Arras	83	84	83	269

	Nombre de particules Poussières en suspension PM2,5			
	Salle 1	Salle 2	Moyenne	Maximum
Lens	36	25	31	123
Cambrai	18	9	13	92
Valenciennes	16	15	15	49
Maubeuge	20	16	18	88
Seclin	7	6	7	20
Lille	29	19	24	59
Saint-Pol Sur Mer	40	39	40	94
Marquise	23	21	22	52
Liettres	24	38	31	188
Arras	19	19	19	44

Nombre de particules Poussières en suspension PM1				
	Salle 1	Salle 2	Moyenne	Maximum
Lens	7	6	6	25
Cambrai	13	8	10	81
Valenciennes	6	5	6	23
Maubeuge	7	5	6	20
Seclin	5	4	5	13
Lille	17	14	15	40
Saint-Pol Sur Mer	28	22	25	54
Marquise	12	12	12	24
Liettres	14	15	15	38
Arras	10	10	10	34

Exploitation des moyennes



Les résultats des mesures ont montré un nombre de particules PM10 plus important à Liettres, Saint-Pol Sur Mer et Maubeuge, alors que les concentrations extérieures plus élevées ont été notées à Boulogne, Saint-Pol Sur Mer et Cambrai.

Le maximum sur la campagne a d'ailleurs été noté sur Liettres, avec une valeur de 1460.

Le nombre le plus faible en moyenne comme en valeur maximale a été relevé sur l'école de Lille.

Une certaine homogénéité dans les établissements relevant les valeurs maximales a été remarquée pour les PM10. A contrario, la répartition du nombre de particules PM2,5 et PM1 est plus hétérogène que celle des PM10. Bien que le nombre moyen et maximal des PM2,5 et PM1 ait été relevé à Saint-Pol Sur Mer et Liettres, des valeurs élevées ont également été observées en PM2,5 à Cambrai, Lens et Maubeuge et en PM1 à Cambrai et Lille. Cette dispersion des valeurs est liée à la diversité des sources de particules très fines au sein des établissements.

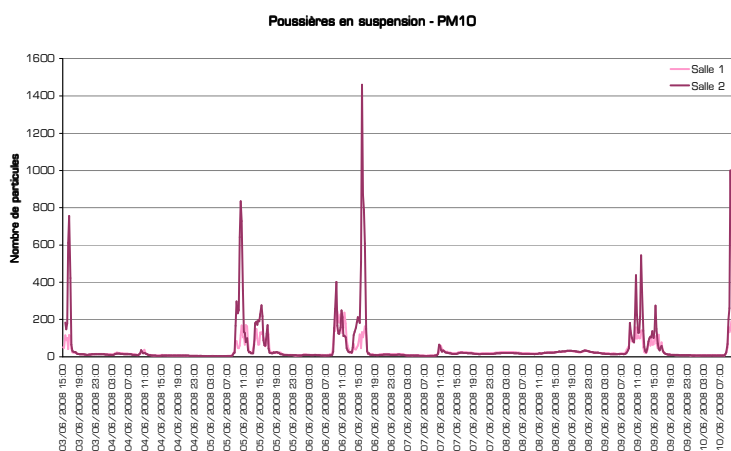
Etablissement	Ratio	
	PM1/PM10	PM2,5/PM10
Lens	0.06	0.28
Cambrai	0.24	0.31
Valenciennes	0.07	0.20
Maubeuge	0.05	0.16
Seclin	0.18	0.27
Lille	0.16	0.25
Saint-Pol Sur Mer	0.19	0.30
Marquise	0.17	0.31
Liettres	0.11	0.23
Arras	0.12	0.23

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

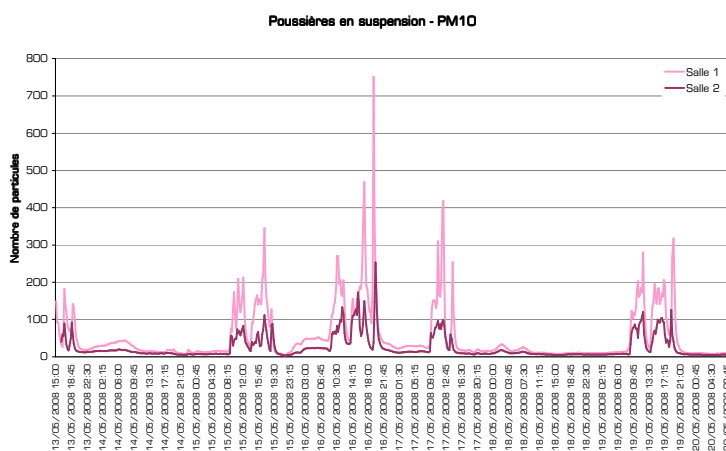
On constate que la proportion de particules PM1 est plus importante pour les établissements de Cambrai, suivi de Saint-Pol Sur Mer, Seclin, Marquise et Lille.

Pour les particules de type PM2,5, ce sont, les établissements de Cambrai, Marquise, Saint-Pol sur Mer, Lens, Seclin et Lille qui relèvent les taux de PM2,5 les plus importants.

Ces résultats soulignent l'existence d'une source de pollution extérieure prépondérante pour ces communes.



Ecole Louis Ledoux de Liettres

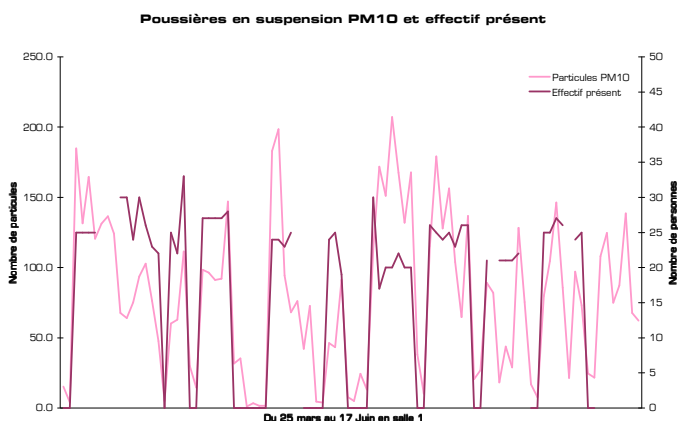


Ecole Turgot de Lille

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 chaque établissement, les poussières en suspension prélevées ont donc présenté des concentrations maximales lors des activités de ménage, aux heures de récréations, de début et de fin de classe. Cette observation est logique puisque durant ces activités, les mouvements de l'air engendrés par le piétinement des enfants et adultes 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.



Le graphe ci-contre présente les résultats des nombre de particules en fonction de l'effectif présent dans la salle 1. Le constat évoqué ci-dessus est confirmé puisque le nombre de particules augmente en présence de personnes. Par contre, aucune corrélation ne peut être avancée quant à la relation entre la valeur de poussières et le nombre de personnes présentes, en raison de l'effectif souvent homogène, d'un jour à l'autre en période de classe.

Facteurs influençant les concentrations du formaldéhyde








Il est important de connaître les facteurs influençant les concentrations du formaldéhyde. Trois études (l'étude pilote de l'OQAI (9 écoles) et relecture des données par Sepia Santé en 2006, l'étude ASPA sur les établissements de la ville de Strasbourg en 2005 et l'étude d'Atmo Rhône-Alpes dans les écoles et les crèches en 2006 et 2007) se sont penchées sur cette exploitation et ont pu aboutir à plusieurs conclusions plus ou moins concordantes.

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 d'obtenir un panel statistiquement correct.

D'autres études ont également démontré que les émissions intérieures en formaldéhyde sont liées notamment aux bois agglomérés et collés, mais également pour d'autres sources intérieures :

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

Pour notre campagne, l'exploitation a ciblé différents facteurs, fonction des paramètres disponibles dans les questionnaires et budgets espace-temps :

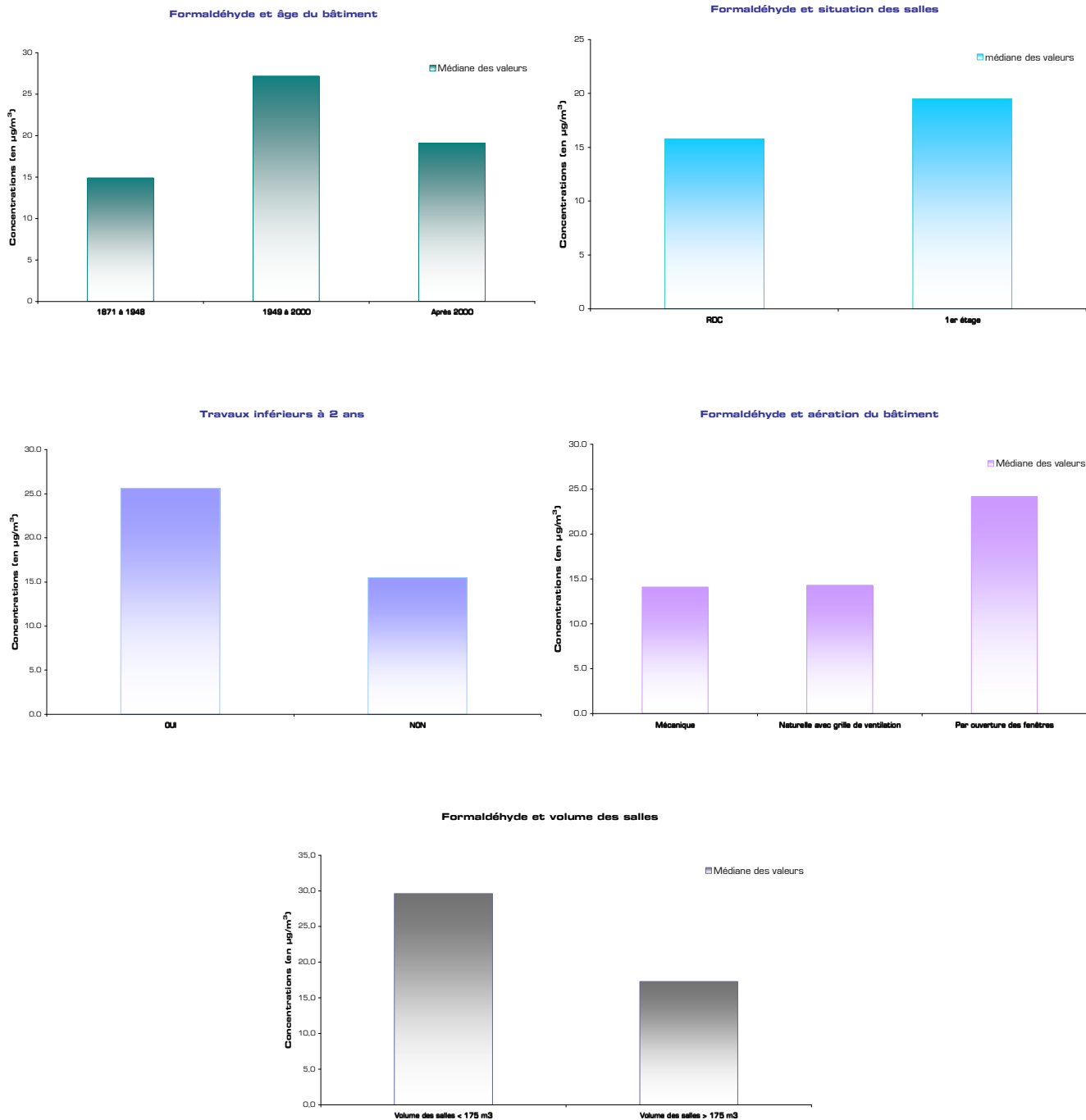
-  Age du bâtiment
-  Situation des salles
-  Volume des salles
-  Aération des salles
-  Travaux récents
-  Température et humidité
-  Effectif présent

Certaines catégories, de revêtement ou de bâtiment étant très peu représentées (présence majoritaire de : revêtements de sol en lino-plastique, peintures murales et bâtiments anciens), aucune influence significative du type de revêtements et de la typologie du bâtiment n'a pu être démontrée pour cette campagne.

Salle 1		Salle 2		Salle 3	
Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Moyenne	Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Moyenne	Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Moyenne
Formaldéhyde	Effectif présent	Formaldéhyde	Effectif présent	Formaldéhyde	Effectif présent
18	25	14.1	24	14.5	16
6.2	26	6.7	N.R	4.2	N.R
29.6	21	15.3	21	12.4	N.R
21.7	24	18.2	28	44.6	N.R
16.1	22	16.5	22	33.3	13
7.6	21	10.6	17	N.R	N.R
16.5	25	24.8	26	38	N.R
30.5	21	25.5	9	20.8	N.R
14.3	25	N.R	24	N.R	N.R
27.8	N.R	16	28	16.3	29

NR : non renseigné

D'après les résultats présentés dans le tableau, aucun lien ne peut être établi entre les teneurs en formaldéhyde et les effectifs présents. En salle 1, la présence de 21 personnes est à relier avec la teneur minimale et maximale de formaldéhyde (7,6 et 30,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). De même, en salle 2, un effectif de 9 personnes est associé à une valeur de 25,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, alors que 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ont été enregistrés en présence de 28 personnes.



Les concentrations les plus élevées sont observées pour des bâtiments anciens d'après guerre (1948-2000). L'écart entre les trois catégories représentées varie entre 4 et 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La réalisation de grands travaux dans les deux années précédentes tend à diminuer légèrement les concentrations de formaldéhyde dans les salles. Ce constat est en adéquation avec celui déjà réalisé lors des études de l'OQAI et en Rhône-Alpes mais est à l'inverse de celui proposé dans l'étude en Alsace. Les résultats de cette dernière étude avaient montré que les concentrations de formaldéhyde étaient plus élevées lors de travaux récents.

Il est difficile d'émettre des conclusions homogènes étant donné l'influence de multiples facteurs environnementaux et comportementaux au sein des écoles.

Une relation positive a pu être démontrée entre l'aération des salles et la baisse des teneurs en formaldéhyde. Les concentrations de formaldéhyde sont plus faibles pour des salles situées au rez-de-chaussée et ayant un accès direct vers l'extérieur. Les concentrations sont significativement plus élevées pour les salles à faibles volumes ($<175 \text{ m}^3$). Les concentrations de formaldéhyde les plus faibles ont été relevées dans les salles disposant d'une ventilation mécanique ou naturelle.

Ces constats soulignent la nécessité de renforcer l'aération dans les salles de classe.

Conclusions et perspectives

Ce rapport présente les résultats des mesures réalisées dans 10 écoles et lieux d'accueil de la petite enfance du 25 mars au 17 juin 2008.

Au regard des paramètres de confort (température, humidité relative, taux de dioxyde de carbone) mesurés dans les deux salles de classe, les résultats ont révélé des conditions à améliorer pour l'accueil des enfants (renouvellement d'air globalement insuffisant, air chaud/sec en début campagne puis plus humide).

Les concentrations de formaldéhyde sont restées comprises entre 4 et 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, avec une teneur moyenne globale de 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Les niveaux de formaldéhyde mesurés sont bien plus élevés en air intérieur qu'en air extérieur.

Les concentrations en formaldéhyde mesurées dans les salles ont été similaires, voire inférieures, à celles mesurées dans d'autres établissements scolaires en France. La valeur sur du long terme préconisée par l'AFSSET (10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) a été dépassée dans 9 établissements sur 10. Les valeurs restent toutefois très inférieures au seuil à partir duquel des symptômes graves pourraient survenir.

L'étude des facteurs influençant les teneurs de formaldéhyde met en évidence les valeurs les plus faibles, lorsque les classes sont pourvues d'une aération mécanique ou naturelle, sont situées au rez-de-chaussée, ont un plus grand volume (supérieur à 175 m^3), ont fait l'objet de travaux récents et sont situées dans des bâtiments anciens d'après guerre (1948-2000). Il convient toutefois de rester prudent face à ces constats du fait du faible effectif de l'échantillon.

Pour les autres composés organiques volatils, aucun dépassement des valeurs réglementaires et des valeurs guides n'a été observé.

Les polluants prédominants dans les salles de classe analysées proviennent des travaux effectués (réfection des sols et murs) et des produits de nettoyage (terpènes et éthers de glycol).

La majorité des composés organiques volatils présentent une grande variabilité des concentrations entre chaque classe d'une même école. Cela tend à souligner que les caractéristiques du bâtiment ne sont pas les seuls déterminants des concentrations de formaldéhyde.

Les concentrations en monoxyde de carbone (CO) relevées dans les salles de classe sont nettement inférieures aux valeurs guides conseillées par l'AFSSET en air intérieur et à la valeur réglementaire en ambiance de travail. Etant proches de 0 mg/m^3 , les niveaux en CO n'ont pas révélé de source pour ce polluant à l'intérieur des écoles.

Les poussières en suspension prélevées ont présenté des concentrations maximales lors des activités de ménage, aux heures de récréations, de début et de fin de classe. Cette observation est logiquement liée, durant ces activités, aux mouvements de l'air engendrés par le piétinement des enfants et des adultes et, par conséquent, à la mise en suspension des poussières.

Des axes d'amélioration de la qualité de l'air ont pu être proposés et, au regard des conclusions de cette étude, 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 des écoles et lieux d'accueil de la petite enfance, 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 leur utilisation, mais également durant leur stockage, les produits liés aux activités des enfants (peinture, vernis, colle, feutres,...) libèrent de nombreux composés chimiques volatils. Il est recommandé de ne pas les stocker dans les salles de classe, et de privilégier leur rangement dans une salle ou un local dédié. Il conviendra alors de ventiler régulièrement cette pièce, et de l'aérer avant, pendant et après les activités. Pour les activités des enfants, faites attention aux produits que vous achetez pour leur utilisation régulière (peintures, vernis, colles, feutres,...).

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.

Au regard des résultats, 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.

Atmo Nord-Pas de Calais envisage, avec les partenaires locaux, une poursuite de mesures et sensibilisation à la fois dans les écoles et LAPE mais également dans les collèges et lycées.

Tableaux des émissions connues pour les communes concernées

Emissions industrielles (Source : L'Industrie au Regard de l'Environnement (IRE 2008) publiée par la Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement Nord – Pas de Calais)

Commune de Lens		Rejets atmosphériques en 2007		
Etablissement	Type d'activités	NO _x (t/an)	COVNM (t/an)	Ps (t/an)
Dalkia	Production de chaleur	5	-	0
Nexans France	Tréfilage cuivre	0	0	0
Sté Lensoise du cuivre	Fonderie des métaux non ferreux	0	0	0
TT Plast	Transformation des matières plastiques	0	98	0

Commune de Valenciennes		Rejets atmosphériques en 2007		
Etablissement	Type d'activités	NO _x (t/an)	COVNM (t/an)	Ps (t/an)
Centre Hospitalier de Valenciennes	Santé	5	-	0
Gie les chaudières	Chaufferies urbaines	6	35	0
Psa Peugeot Citroën Valenciennes	Fabrication de boîtes de vitesse mécaniques et automatiques	8	-	1
Skq Aeroengine France	Mécanique de haute précision	0	9	0
Lwb Refractories	Fabrication de produits céramiques	4	5	2

Commune de Maubeuge		Rejets atmosphériques en 2007		
Etablissement	Type d'activités	NO _x (t/an)	COVNM (t/an)	Ps (t/an)
SMIAA	Déchets et traitements	61	0	1
Maubeuge Construction Automobiles	Construction automobile	42	713	0
Myriad	Application peintures sur acier	38	10	1
VMA	Fabrication carrelages céramiques	5	-	18
Neuhauser Délices De La Tour	Autres industries agro-alimentaires	1	-	0
Interfit	Travail des métaux, chaudronnerie, poudres	0	6	0

Commune de Seclin		Rejets atmosphériques en 2007		
Etablissement	Type d'activités	NO _x (t/an)	COVNM (t/an)	Ps (t/an)
Benedicta	Huiles et graisses animales ou végétales	0	-	0
Dsm Food Specialties	Biotechnologies	7	-	0
Dassault Aviation	Usinage	2	4	0
Lassarat	Application de peintures	0	25	0

Commune de Lille		Rejets atmosphériques en 2007		
Etablissement	Type d'activités	NO _x (t/an)	COVNM (t/an)	Ps (t/an)
Lfb Biomédicament	Industrie pharmaceutique	3	-	0
Cogé Santé (chaufferie CHRU)	Production de chaleur autre	29	-	0
Dalkia (chaufferie des Beaux-Arts)	Chaufferies urbaines	6	-	0
Dalkia (chaufferie Resonor)	Production de chaleur	80	-	0
H2D	Imprimerie, presse, édition	5	217	0
Ceac – Exide Technologies	Piles électriques et accumulateurs	0	-	2
Nortene Technologies	Extrusion de grillages et filets en matière plastique	0	-	0

Commune de St Pol sur Mer		Rejets atmosphériques en 2007		
Etablissement	Type d'activités	NO _x (t/an)	COVNM (t/an)	Ps (t/an)
Dépôts de pétroles côtiers	Stockage et distribution d'hydrocarbures liquides	0	20	0

Commune de Marquise		Rejets atmosphériques en 2007		
Etablissement	Type d'activités	NO _x (t/an)	COVNM (t/an)	Ps (t/an)
Les Enrobés de Marquise	Centrale d'Enrobés	7	1	0

Commune d'Arras		Rejets atmosphériques en 2007		
Etablissement	Type d'activités	NO _x (t/an)	COVNM (t/an)	Ps (t/an)
Cogestar	Production de chaleur	96	-	0
Alcan Packaging (ex Soplaryl)	Imprimerie, presse, édition	0	130	0
Hawker Sarl (ex Oldham)	Piles électriques et accumulateurs	0	-	1

Aucun établissement industriel n'est présent sur les communes de Cambrai et Liottes.

Emissions domestiques (Source : Cadastre des émissions de polluants atmosphériques Atmo NPDC – Données 1999)

Commune de Lens	NO ₂ (t/an)	CO (t/an)	COV (t/an)	Ps (t/an)
Emissions	1,7	1372	80	78
Part dans les émissions régionales (%)	0,93	0,98	0,98	0,98

Commune de Cambrai	NO ₂ (t/an)	CO (t/an)	COV (t/an)	Ps (t/an)
Emissions	1,7	1348	79	77
Part dans les émissions régionales (%)	0,90	0,97	0,96	0,97

Commune de Valenciennes	NO ₂ (t/an)	CO (t/an)	COV (t/an)	Ps (t/an)
Emissions	2	1758	103	100
Part dans les émissions régionales (%)	1,07	1,26	1,25	1,26

Commune de Maubeuge	NO₂ (t/an)	CO (t/an)	COV (t/an)	Ps (t/an)
Emissions	1,4	1172	69	67
Part dans les émissions régionales (%)	0,75	0,84	0,84	0,84

Commune de Seclin	NO₂ (t/an)	CO (t/an)	COV (t/an)	Ps (t/an)
Emissions	0,5	396	23	22
Part dans les émissions régionales (%)	0,28	0,28	0,28	0,28

Commune de Lille	NO₂ (t/an)	CO (t/an)	COV (t/an)	Ps (t/an)
Emissions	8,4	9362	542	532
Part dans les émissions régionales (%)	4,64	6,71	6,71	6,70

Commune de St Pol sur Mer	NO₂ (t/an)	CO (t/an)	COV (t/an)	Ps (t/an)
Emissions	0,9	762	45	44
Part dans les émissions régionales (%)	0,49	0,55	0,55	0,55

Commune de Marquise	NO₂ (t/an)	CO (t/an)	COV (t/an)	Ps (t/an)
Emissions	0,2	151	9	9
Part dans les émissions régionales (%)	0,12	0,11	0,11	0,11

Commune de Lièvres	NO₂ (t/an)	CO (t/an)	COV (t/an)	Ps (t/an)
Emissions	1	8	0	0,5
Part dans les émissions régionales (%)	0,01	0,01	0,01	0,01

Commune d'Arras	NO₂ (t/an)	CO (t/an)	COV (t/an)	Ps (t/an)
Emissions	1,8	1710	100	97
Part dans les émissions régionales (%)	0,98	1,22	1,21	1,22

Traitement des données des mesures par tubes passifs et analyseurs automatiques

Qualité des mesures

Les blancs

Afin de vérifier l'évolution du tube pendant le transport lors des journées de pose/dépose, des tubes appelés « blanc véhicule » ont été analysés pour chacune des périodes de mesure. Ces tubes n'ont pas été installés sur sites, mais ont voyagé dans les mêmes conditions que les tubes servant à l'échantillonnage des polluants recherchés.

Les tableaux suivants rassemblent les concentrations (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) les masses (en ng) en COV détectés dans les blancs véhicules :

COV

	benzène	cyclohexane	1-méthoxy-2-propanol	trichloroéthylène	2-éthoxyéthanol	toluène	n-butyl acétate	tétrachloroéthylène	éthylbenzène	m- + p-xylène	
blanc μg	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Lens
blanc μg	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Cambrai
blanc μg	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Seclin
blanc μg	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	Lille
blanc μg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Saint Pol Sur Mer
blanc μg	0,06	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	Valenciennes
blanc μg	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Maubeuge
blanc μg	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Marquise
blanc μg	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	Liettres
blanc μg	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Arras
	styrène	o-xylène	2-butoxyéthanol	alpha-pinène	1,2,4-triméthylbenzène	n-décane	1,4-dichlorobenzène	2-éthyl-1-hexanol	limonène	n-undécane	
blanc μg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Lens
blanc μg	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Cambrai
blanc μg	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Seclin
blanc μg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Lille
blanc μg	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Saint Pol Sur Mer
blanc μg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Valenciennes
blanc μg	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Maubeuge
blanc μg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Marquise
blanc μg	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Liettres
blanc μg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	Arras

Aldéhydes

	formaldéhyde	acétaldéhyde	acroléine	propanal	butanal	benzaldéhyde	isopentanal	pentanal	hexanal	
blanc μg	0,23	0,10								Lens
blanc μg	0,26	0,21								Cambrai
blanc μg	0,34	0,11	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	Seclin
blanc μg	0,38	0,11	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	Lille
blanc μg	0,53	0,14	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	Saint Pol Sur Mer
blanc μg	0,35	0,24								Valenciennes
blanc μg	0,45	0,12								Maubeuge
blanc μg	0,50	0,14	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	Marquise
blanc μg	0,44	0,14	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	Liettres
blanc μg	0,43	0,11	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	Arras

NO₂

	NO ₂	
blanc μg	0,009	Lens
blanc μg	0,008	Cambrai
blanc μg	0,010	Seclin
blanc μg	0,009	Lille
blanc μg	0,013	Saint Pol Sur Mer
blanc μg	0,010	Valenciennes
blanc μg	0,012	Maubeuge
blanc μg	0,013	Marquise
blanc μg	0,011	Liettres
blanc μg	0,009	Arras

Les concentrations des blancs NO₂ ont été inférieures à la limite de détection du dioxyde d'azote (0,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Ainsi, aucune soustraction des concentrations des blancs n'a été effectuée sur les valeurs des tubes exposés au NO₂.

Il en va de même pour les COV où les masses recueillies ont été faibles.

Les doublons

Afin de s'assurer de la fiabilité de la méthode des tubes à diffusion, des sites de mesures ont été « doublés » (2 tubes ont été installés sur un même lieu pour un site) pour le dioxyde d'azote et « triplés » pour les COV (3 tubes ont été installés sur un même lieu pour un site)

La comparaison des concentrations des doublons à la valeur moyenne du doublon/triplet (écart-type relatif), permet d'évaluer la répétabilité de la méthode sur site.

Les concentrations dans les tableaux suivants sont données en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

NO₂

Salle 1	14.3	Lens	Salle 1	11.8	Valenciennes	
	15.0			12.7		
Moyenne	14.7			Moyenne		12.3
CV	3.4%			CV		5.2%
Ecart type	0.5			Ecart type		0.6
Salle 1	19.6	Cambrai	Salle 1	5.6	Maubeuge	
	20.1			5.6		
Moyenne	19.9			Moyenne		5.6
CV	1.8%			CV		0.0%
Ecart type	0.4			Ecart type		0.0
Salle 1	22.0	Seclin	Salle 1	13.4	Marquise	
	23.0			12.8		
Moyenne	22.5			Moyenne		13.1
CV	3.1%			CV		3.2%
Ecart type	0.7			Ecart type		0.4
Salle 1	26.5	Lille	Salle 1	12.2	Liettres	
	28.4			12.0		
Moyenne	27.5			Moyenne		12.1
CV	4.9%			CV		1.2%
Ecart type	1.3			Ecart type		0.1
Salle 1	22.3	Saint Pol Sur Mer	Salle 1	13.6	Arras	
	23.4			13.7		
Moyenne	22.9			Moyenne		13.7
CV	3.4%			CV		0.5%
Ecart type	0.8			Ecart type		0.1

COV

	benzène	cyclohexane	1-méthoxy-2-propanol	trichloroéthylène	2-éthoxyéthanol	toluène	n-butyl acétate	tétrachloroéthylène	éthylbenzène	m- + p-xylène	styrène	o-xylène	2-butoxyéthanol	
Salle 1	1,0	3,2	3,8	0,1	0,3	2,4	0,2	2,7	0,7	2,0	0,9	0,8	1,5	Lens
	1,0	3,6	3,6	0,1	0,2	2,3	0,2	2,4	0,7	1,8	0,8	0,8	1,1	
	1,0	3,4	3,7	0,1	0,3	2,2	0,2	2,4	0,6	1,8	0,8	0,8		
	Moyenne	1,0	3,4	3,7	0,1	0,3	2,3	0,2	2,5	0,7	1,9	0,8	0,8	
CV	3,7%	6,7%	2,8%	0,0%	14,3%	4,6%	10,2%	6,9%	5,9%	6,7%	7,2%	3,0%	17,7%	
Ecart type	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,1	0,1	0,0	0,2	
Salle 1	2,0	0,7	0,2	0,2	0,0	9,7	0,5	10	1,4	4,3	0,8	1,6	Cambrai	
	2,0	0,7	0,2	0,2	0,0	9,8	0,5	11	1,5	4,4	0,8	1,7		
	1,8	0,6	0,2		0,0	9,0	0,5	9,3	1,3	3,9	0,8	1,5		
	Moyenne	1,9	0,7	0,2	0,2	0,0	9,5	0,5	10,1	1,4	4,2	0,8		1,6
CV	4,5%	5,6%	12,4%	0,0%	0,0%	5,0%	4,7%	6,7%	4,4%	5,5%	2,8%	4,1%	23,3%	
Ecart type	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,7	0,1	0,2	0,0	0,1		
Salle 1	1,3	0,7	4,0	0,7	0,4	4,3	0,5	2,1	0,9	2,6	0,6	0,9	0,2	Seclin
	1,2	0,6	3,6	0,6	0,3	4,1	0,5	2,0	0,8	2,4	0,5	0,9	0,2	
	1,2	0,7	3,9	0,7	0,3	4,5	0,5	2,2	0,9	2,8	0,6	1,0	0,2	
	Moyenne	1,2	0,7	3,8	0,7	0,3	4,3	0,5	2,1	0,9	2,6	0,5	0,9	
CV	6,2%	11,4%	5,8%	8,6%	11,1%	4,7%	0,0%	3,9%	4,5%	7,9%	3,9%	6,8%	0,0%	
Ecart type	0,1	0,1	0,2	0,1	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	
Salle 1	1,2	0,5	1,6	0,2	0,2	57,0	0,2	1,7	1,3	4,1	0,5	1,7	3,1	Lille
	1,1	0,5	1,6	0,2	0,2	55,6	0,2	1,5	1,2	3,8	0,4	1,5	3,6	
	1,4	0,6	1,8	0,2	0,3	57,5	0,2	1,7	1,3	4,2	0,5	1,7		
	Moyenne	1,2	0,5	1,7	0,2	0,3	56,7	0,2	1,6	1,3	4,0	0,5	1,6	
CV	10,5%	4,0%	5,3%	10,2%	17,3%	1,7%	0,0%	6,1%	3,2%	4,4%	8,3%	6,0%	10,6%	
Ecart type	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	1,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,1	0,4	
Salle 1	1,4	1,2	1,0	0,1	0,4	4,6	0,2	6,4	1,7	4,3	1,0	1,5	3,3	Saint Pol Sur Mer
	1,4	1,3	1,0	0,1	0,4	4,8	0,2	6,5	1,7	3,8		1,3	3,8	
	1,5	1,3	0,9	0,1	0,4	4,7	0,2	6,2	1,7	4,3	1,1	1,5		
	Moyenne	1,4	1,2	1,0	0,1	0,4	4,7	0,2	6,4	1,7	4,1	1,1	1,4	
CV	2,6%	3,5%	6,2%	0,0%	0,0%	1,1%	0,0%	2,3%	0,0%	7,0%	5,1%	8,4%	10,6%	
Ecart type	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,3	0,1	0,1	0,4	
Salle 1	1,0	2,1	2,9	0,2	0,4	4,8	0,2	9,1	1,4	3,5	0,8	1,3	1,5	Valenciennes
	1,0	2,3	2,6	0,2	0,4	4,4		8,0	1,2	3,1	0,8	1,2		
	0,9	2,4	2,7	0,2	0,4	4,8	0,2	8,9	1,3	3,4	0,8	1,3	1,5	
	Moyenne	1,0	2,2	2,7	0,2	0,4	4,7	0,2	8,7	1,3	3,3	0,8	1,3	
CV	5,7%	6,0%	5,2%	0,0%	5,4%	5,7%	0,0%	6,6%	6,4%	6,2%	2,8%	3,8%	0,0%	
Ecart type	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,3	0,0	0,6	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	
Salle 1	1,2	2,9	2,9	0,02	1,8	6,0	0,2	9,1	2,1	5,3	0,5	1,7	3,7	Maubeuge
	1,1	2,9	2,6	0,02	1,6	5,5	0,2	8,1			0,5	1,5	3,5	
	1,3	3,0		0,02		6,6	0,2		2,3	5,8	0,6	1,9	3,7	
	Moyenne	1,2	2,9	2,8	0,02	1,7	6,0	0,2	8,6	2,2	5,5	0,5	1,7	
CV	9,4%	2,7%	9,0%	0,0	6,7%	9,7%	0,0%	8,0%	6,6%	6,5%	8,2%	10,0%	4,2%	
Ecart type	0,1	0,1	0,2	0,0	0,1	0,6	0,0	0,7	0,1	0,4	0,0	0,2	0,2	
Salle 1	1,1	2,6	10,2	0,1	1,0	6,0	0,2	55,1	2,5	8,0	1,1	4,2	64,6	Marquise
	1,2	2,4	9,5	0,1	1,0	5,8	0,2	52,5	2,4	7,8	1,1	4,1	58,6	
	1,1	2,4	9,4	0,1	1,2	5,4	0,2	50,7	2,3	7,4	1,2	3,9	58,9	
	Moyenne	1,1	2,5	9,7	0,1	1,1	5,7	0,2	52,8	2,4	7,8	1,1	4,1	
CV	1,9%	4,7%	4,5%	0,0%	7,8%	4,9%	0,0%	4,2%	4,3%	3,8%	3,9%	3,7%	5,6%	
Ecart type	0,0	0,1	0,4	0,0	0,1	0,3	0,0	2,2	0,1	0,3	0,0	0,2	3,4	
Salle 1	1,0	2,8	0,6	0,02	0,4	3,2	0,1	3,9	0,6	1,5	1,0	0,6	0,3	Liettres
	1,1	2,9	0,6	0,02		3,3	0,1	4,1	0,6	1,5	1,1	0,6		
	1,0	2,8	0,6	0,02	0,4	3,2	0,1	3,8	0,6	1,5	1,0	0,6	0,4	
	Moyenne	1,0	2,8	0,6	0,02	0,4	3,3	0,1	3,9	0,6	1,5	1,0	0,6	
CV	7,1%	3,1%	3,8%	0,0	0,0%	1,8%	0,0%	3,3%	3,9%	1,5%	7,4%	0,0%	15,9%	
Ecart type	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	
Salle 1	0,8	1,0	90,9	0,6	1,2	30,8	0,2	1,0	1,5	3,8	1,3	1,4		Arras
	0,8		96,0	0,6	1,4	32,5	0,2	1,1	1,6	4,0	1,2	1,5	10,7	
	0,8	1,2	96,3	0,6	1,3	32,4	0,2	1,0	1,6	4,1	1,3	1,5	10,5	
	Moyenne	0,8	1,1	94,4	0,6	1,3	31,9	0,2	1,0	1,6	4,0	1,3	1,5	
CV	2,7%	12,9%	3,2%	0,0%	6,4%	3,1%	0,0%	4,2%	2,6%	4,5%	3,0%	3,4%	1,8%	
Ecart type	0,0	0,1	3,0	0,0	0,1	1,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,2	

COV

	alpha-pinène	1,2,4-triméthylbenzène	n-décane	1,4-dichlorobenzène	2-éthyl-1-hexanol	limonène	n-undécane	heptane et isomères	n-butanol	méthylisobutylcétone*	1-butoxy-2-propanol*	
Salle 1	6,7	5,5	1,9	0,4	0,8			64				Lens
	8,3	5,5	1,7	0,4	0,7	3,2	2,9	59				
	7,5	5,6	1,7	0,4	0,8	4,1	2,8	58				
	15,4%	1,9%	5,7%	6,9%	6,7%	17,5%	2,2%	4,6%				
Ecart type	1,2	0,1	0,1	0,0	0,1	0,6	0,1	2,8				
Salle 1	3,4	2,1	1,4	0,1	0,6	5,5	1,7					Cambrai
	3,8	2,3	1,3	0,1	0,5	6,0	1,6					
	3,6	2,1	1,4	0,1	0,6	5,8	1,5					
	6,4%	7,1%	3,4%	0,0%	7,5%	5,0%	8,6%					
Ecart type	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1					
Salle 1	6,6	1,9	1,0	0,1	0,6	4,8	2,1					Seclin
	6,0	1,8	0,9	0,1	0,6	4,3	2,0					
	6,3	1,9	0,9	0,1	0,7	4,6	2,1					
	7,1%	3,4%	3,4%	0,0%	28,3%	7,3%	2,9%					
Ecart type	0,4	0,1	0,0	0,0	0,2	0,3	0,1					
Salle 1	1,0			0,3				7,0	28,6			Lille
	0,8	2,2	2,0	0,3	79,1	1,1	1,6	6,9	28,0			
	0,9	2,1	2,1	0,3	73,2	0,8	1,0	7,3	34,0			
	12,9%	6,1%	1,6%	8,7%	5,5%	18,4%	28,3%	2,7%	11,0%			
Ecart type	0,1	0,1	0,0	0,0	4,2	0,2	0,4	0,2	3,3			
Salle 1	1,9	2,6	2,8	0,1	0,6	8,5	2,0					Saint Pol Sur Mer
	2,3			0,1								
	1,9	2,7	2,8	0,1	0,4	9,4	2,0					
	2,0	2,7	2,8	0,1	0,5	9,0	2,0					
Ecart type	9,1%	2,4%	1,2%	0,0%	20,2%	7,6%	0,0%					
Salle 1	142	13	1,6	0,1								Valenciennes
	53	12	1,4	0,1	0,8	18	3,0					
	90	14	1,6	0,1	1,0	28	3,2					
	94,9	13,1	1,5	0,1	0,9	27,4	3,0					
Ecart type	47,4%	8,6%	6,4%	0,0%	17,0%	35,7%	4,3%					
Salle 1	29			0,4								Maubeuge
	25	9,2	2,2	0,4	3,3	7,5	2,6					
	12	2,8	0,5	3,7	9,9	3,6						
	26,7	10,5	2,5	0,4	3,5	8,7	3,1					
Ecart type	9,9%	17,0%	14,8%	11,8%	8,8%	19,1%	23,6%					
Salle 1	6,6	4,0	0,2	3,1	11,0	2,9	27,0		13,0			Marquise
	3,4	6,2	3,9	0,2		3,1	25,7		11,5			
	4,1	6,7	3,7	0,2	2,7	8,6	25,0		11,9			
	3,7	6,5	3,9	0,2	2,9	9,8	3,0	25,9	12,1			
Ecart type	12,3%	4,2%	3,7%	0,0%	10,6%	17,5%	4,0%	4,0%	6,5%			
Salle 1	3,4	1,3	0,2	0,02			24,3					Liettres
	3,7	3,1	1,4	0,2	0,02	1,7	2,1	25,8				
	3,6	3,7	1,3	0,2	0,02	1,6	2,0	23,9				
	3,7	3,4	1,3	0,2	0,02	1,7	2,0	24,7				
Ecart type	3,1%	8,2%	2,0%	0,0%	0,0%	3,4%	3,0%	4,0%				
Salle 1	5,4	7,6	4,7	0,2		6,1	3,6	72,7			52,4	Arras
	6,0	7,4	5,0	0,2	1,6	6,4	3,5	77,0			59,6	
	7,0	5,2	0,2	1,7	5,6	4,1	77,5				56,2	
	5,7	7,3	4,9	0,2	1,6	6,0	3,7	75,7			56,0	
Ecart type	8,1%	4,2%	4,3%	0,0%	3,1%	7,5%	8,9%	3,5%			6,4%	
	0,5	0,3	0,2	0,0	0,1	0,5	0,3	2,6			3,6	

La concordance entre les valeurs est globalement satisfaisante (majorité des écarts relatifs inférieure ou proche de 10%). Ces résultats démontrent de façon générale, une bonne répétabilité des mesures par tube passif.

Cela dit, certaines valeurs d'écart-type (en rouge) ont été bien supérieures à 10%. Il a été donc convenu pour ces doublons d'examiner précisément les valeurs. Pour cela, nous avons comparé les concentrations relevées sur les sites « suspects » avec celles des autres polluants de la même période de prélèvement. L'examen a montré que certaines valeurs étaient trop élevées ou trop faibles. Elles ont donc été éliminées.

Correction des données

Pour la mesure du dioxyde d'azote, des mesures effectuées par les AASQA de France ont montré une surestimation systématique des résultats fournis par les tubes préparés et analysés par le Laboratoire Suisse PASSAM AG par rapport aux analyseurs automatiques. Cette surestimation ne semble pas être due aux effets de paramètres environnementaux, mais plutôt à l'utilisation par PASSAM AG d'un débit d'échantillonnage qui n'est pas en accord avec l'application de la 1^{ère} Loi de Fick aux dimensions du tube.

Afin de corriger nos valeurs, nous avons donc réalisé une correction à l'aide de la valeur théorique calculée de 0.901.

Validation des données

Avant d'effectuer toute interprétation des résultats, il est primordial de s'assurer de l'homogénéité et de la validité de la base de données obtenue.

En premier lieu, nous avons vérifié que l'ensemble des valeurs étaient bien supérieures à la limite de détection ($0.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le dioxyde d'azote et $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les BTEX).

Puis, il fut convenu d'effectuer une validation métrologique. Ainsi, un certain nombre de valeurs ont été exclues, pour diverses raisons : tubes cassés.

Ensuite, les valeurs suspectes ont été éliminées par un traitement statistique en comparant l'écart de la concentration du site à la moyenne de chacune des campagnes.

Enfin, nous avons examiné les données une à une, suivant les conditions météorologiques, les valeurs voisines géographiquement. Pour cette validation « manuelle », aucune valeur n'a été éliminée.

Traitements des données des analyseurs automatiques

La validation des données recueillies par les analyseurs automatiques a été effectuée suivant les critères inscrits dans le guide Règles et recommandations en matière de : Validations des données – Critères d'agrégation – Paramètres statistiques rédigé en 2003 par un groupe de travail de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME). Puis, il a été examiné que l'ensemble des données recueillies par polluant contenait au moins 75% de données validées, dans le but de réaliser ensuite les différentes agrégations.

QUATRE SERVICES SUR QUATRE SITES



GRAVELINES



VALENCIENNES

ADMINISTRATIF ET FINANCIER / RESSOURCES HUMAINES

12, rue de Bellevue – 59140 DUNKERQUE

administration@atmo-npdc.fr ou finances@atmo-npdc.fr

COMMUNICATION

Zone d'activités de Prouvy-Rouvignies - B.P. 800
59309 VALENCIENNES Cedex

contact@atmo-npdc.fr



BÉTHUNE

ÉTUDES / RECHERCHE & DÉVELOPPEMENT

Centre Jean-monnet
Avenue de Paris
62400 BÉTHUNE
etudes@atmo-npdc.fr



LILLE

TECHNIQUE ET MÉTROLOGIE

189, boulevard de la Liberté
59000 LILLE Cedex
technique@atmo-npdc.fr

World Trade Center Lille
299, boulevard de Leeds
59777 EURAILLE
http://www.atmo-npdc.fr

N°Azur 0 810 10 59 62

PRIX D'APPEL LOCAL

N°Azur FAX 0 810 11 59 62

PRIX D'APPEL LOCAL