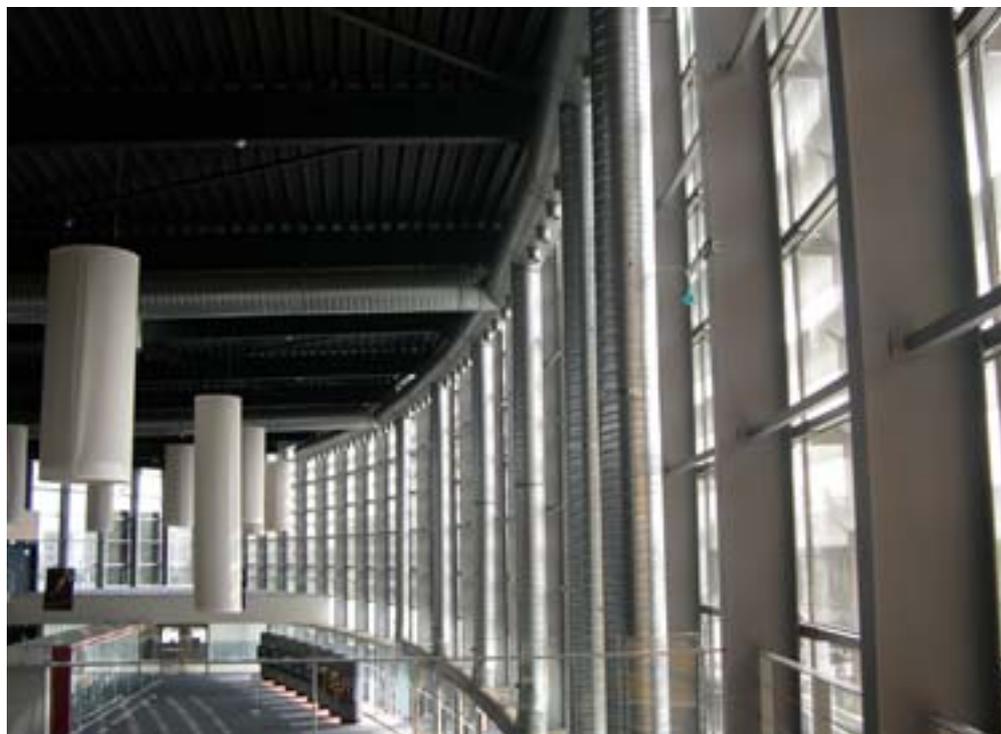




Au service
de la qualité
de l'air

Campagne de mesure dans les lieux publics sur l'agglomération mulhousienne

Rapport relatif à la campagne de mesure
qui s'est déroulée du 21 février au 20 avril 2005



Novembre 2005
ASPA05113001-ID

Conditions de diffusion :

- Diffusion libre pour une réutilisation ultérieure des données dans les conditions ci-dessous.
- Toute utilisation partielle ou totale de ce document doit faire référence à l'ASPA en terme de « Source d'information ASPA 05113001-ID ».
- Données non rediffusées en cas de modification ultérieure des données.
- Sur demande, l'ASPA met à disposition les caractéristiques des techniques de mesure et des méthodes d'exploitation des données mises en œuvre ainsi que les normes d'environnement en vigueur.
- Les données contenues dans ce document restent la propriété de l'ASPA.
- L'ASPA peut rediffuser ce document à d'autres destinataires.

Intervenants :

• *Intervenants techniques :*

- Tubes passifs : Sébastien Dubost, Marc Garofalo,
Dominique Steiger, Stéphane Cloteaux,
Cyril Pallarès et Eric Herber

• *Intervenants études :*

- Coordination du projet : Cyril Pallarès
- Organisation de la campagne : Sébastien Dubost
- Rédaction du rapport : Eric Herber et Cyril Pallarès
- Tiers examen du rapport : Nathalie Leclerc et Cyril Pallarès
- Approbation finale : Emmanuel Rivière

SOMMAIRE

I. CADRE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE	5
II. MICRO-ENVIRONNEMENTS ETUDIES.....	8
III. PARAMETRES ETUDIES.....	9
IV. METHODE ET MOYENS MIS EN ŒUVRE.....	11
A. ZONE D'ETUDE	11
B. CAMPAGNE DE MESURE	12
<i>a. Période de mesure.....</i>	<i>12</i>
<i>b. Echantillonnage.....</i>	<i>12</i>
<i>c. Analyses.....</i>	<i>13</i>
<i>d. Emplacements des sites de mesures.....</i>	<i>13</i>
V. LIMITES DE L'ETUDE.....	13
VI. METEOROLOGIE ET CLIMAT DE POLLUTION.....	15
A. LES CONDITIONS METEOROLOGIQUES.....	15
B. CARACTERISATION DES CLIMATS DE POLLUTION.....	16
<i>a. Comparaison aux stations de mesure.....</i>	<i>16</i>
<i>b. Caractérisation de l'ambiance locale de pollution – analyse des concentrations de dioxyde d'azote en milieu extérieur.....</i>	<i>17</i>
VII. ANALYSE DES RESULTATS DE LA CAMPAGNE DE MESURE DANS LES MICRO ENVIRONNEMENTS INTERIEURS.....	23
A. LES BTEX COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS MONOCYCLIQUES.....	24
<i>a. Résultats.....</i>	<i>25</i>
<i>b. Comparaison des concentrations en benzène et toluène relevées à l'extérieur et à l'intérieur d'un même site.....</i>	<i>29</i>
B. LES ALDEHYDES.....	32
C. LES AUTRES COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS.....	36
VIII. ANALYSE DES RESULTATS DE LA CAMPAGNE DE MESURE DANS LES MICRO ENVIRONNEMENTS "EXTERIEURS".....	39
A. LES PARTICULES INERTES.....	39
B. LES BTEX : COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS MONOCYCLIQUES.....	42
<i>a. Parking.....</i>	<i>42</i>
<i>b. Square.....</i>	<i>42</i>
C. LES METAUX TOXIQUES ET HAP.....	43



LISTES DES ACRONYMES ET SIGLES UTILISES

ASPA : Association pour la Surveillance et l'Etude de la Pollution Atmosphérique en Alsace

SIVOM : Syndicat Intercommunal à Vocations Multiples de l'agglomération mulhousienne

PRQA : Plan Régional pour la qualité de l'air en Alsace

SO₂ : Dioxyde de soufre

O₃ : Ozone

CO : Monoxyde de carbone

NO₂ : Dioxyde d'azote

COV : Composés organiques Volatils

COVNM : Composés organiques Volatils Non Méthaniques

BTEX : Benzène, toluène, éthylbenzène et les xylènes

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

PM₁₀ : Particules de diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 10 µm

LIC : Laboratoire Interrégional de Chimie

UMEG : Umweltmessungen, Umwelterhebungen und Gerätesicherheit

LAURE : Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie

CIRC : Centre International de Recherche sur le Cancer

IARC : International Agency for Research on Cancer

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry

US EPA : United States Environmental Protection Agency

I. CADRE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

Dans le cadre de sa mission « gestion de la qualité de l'air » et après consultation de l'ASPA, le *SIVOM Agglomération mulhousienne* a exprimé la demande de pouvoir disposer d'informations sur la qualité de l'air dans des lieux fréquentés par le public.

L'objectif de cette étude est comparer les lieux entre eux mais également avec les stations de mesures fixes afin d'en tirer les enseignements éventuels (informations du public voire gestion d'éventuelles pollutions locales). Cette proposition répond à cette demande.

Cette demande cadre également avec les orientations du plan régional pour la qualité de l'air en Alsace¹ (PRQA) approuvé par arrêté préfectoral le 29 décembre 2000 qui fixe des orientations régionales visant à suivre, prévenir, réduire ou atténuer la pollution atmosphérique et ses effets sur la santé et l'environnement.

Evaluation de l'exposition de la population dans les micro-environnements urbains

Plus largement cette demande s'inscrit dans le besoin de suivi des micro-environnements publics ou privés, intérieurs ou extérieurs autres que ceux suivis par les stations fixes du réseau de mesure.

Le suivi de ces micro-environnements permet une meilleure connaissance de l'exposition de la population avec en perspective une approche de l'exposition individuelle (dose cumulée de pollution respirée par un individu dans l'ensemble des micro-environnements traversés au cours d'une période donnée).

Contribution à l'évaluation de l'exposition individuelle à la pollution

L'évaluation de l'exposition individuelle est complexe en raison, notamment, de l'hétérogénéité des modes de vie des populations, de la multiplicité des micro-environnements fréquentés, de la multiplicité des sources émettrices de polluants et de la variabilité spatio-temporelle des concentrations.

Afin de caractériser finement cette exposition individuelle à la pollution, deux méthodes s'offrent à l'expérimentateur : l'approche directe² et l'approche indirecte³ (voir illustration 1).

¹ Le PRQA Alsace a été élaboré conformément au titre II de la Loi n°96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie, ainsi qu'à son décret d'application n°98-362 du 6 mai 1998 relatif aux plans régionaux pour la qualité de l'air.

² L'approche directe consiste à effectuer, en continu sur une période donnée, une mesure personnalisée de l'exposition, à un ou plusieurs polluants, d'un ensemble d'individus représentatif de la population ciblée par l'étude. L'évaluation de l'exposition par la méthode directe est réalisée le plus souvent à l'aide de capteurs passifs ou de marqueurs biologiques.

³ L'approche indirecte permet une reconstitution de l'exposition en combinant les concentrations mesurées ou estimées, par l'intermédiaire de

La seconde approche consiste dans la mise en place d'une base de donnée sur des micro-environnements types (rassembler en micro-environnements similaires i.e. ME extérieur, ME intérieur) et sur leur occupation par des individus représentatifs. Les principaux environnements d'une agglomération couvrant la majeure partie des activités d'une personne sont indiqués ci-dessous :

- extérieur (de la maison, dans la région étudiée)
- extérieur « public » (square, parc...)
- intérieur de l'habitat (cuisine, chambre, salle à manger, salle de bain)
- en transit (transport en voiture, train, bus, pédestre, parking, vélo)
- lieu de travail,
- école (Lieux d'accueil de la petite enfance, école élémentaires, collèges, lycées)
- Lieux de loisirs et de consommation (restaurants, théâtres, sport en salle, boutiques).

L'évaluation de la qualité de l'air dans des lieux publics de l'agglomération mulhousienne, objet de ce projet, contribuera ainsi à la fourniture d'informations dans des micro-environnements, utiles à la seconde approche.

modèles, dans différents micro-environnements (intérieurs et extérieurs) et les informations sur les temps passés en moyenne dans chaque environnement (budgets-espace-temps, recueillis à l'issue d'enquêtes ou de questionnaires).

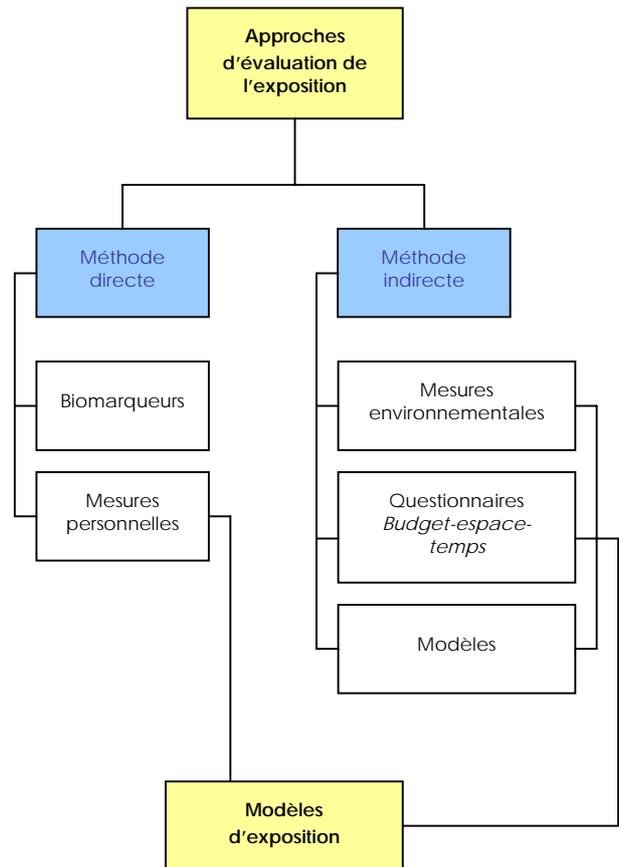


Illustration 1 : Approches pour l'analyse de l'exposition aux polluants atmosphériques.

Contribution à l'évaluation du risque sanitaire.

L'évaluation d'un risque sanitaire d'une population ou d'un individu passe entre autres par la connaissance de l'exposition à la pollution de l'air. En effet, la validité des études épidémiologiques (pour la population) et toxicologiques (pour l'individu) est intimement liée tant à la pertinence de l'évaluation de l'exposition à la pollution qu'à l'estimation de ses effets sur la santé. Ces études consistent à mettre en relation des problèmes de santé d'une part, et des niveaux quotidiens des principaux polluants mesurés d'autre part.



A noter que les publications récentes ont montré l'existence d'un impact sanitaire des pollutions atmosphériques^{4,5}, même en dessous des recommandations édictées sur le plan international ou des normes européennes.

Dans une certaine mesure, l'évaluation de l'exposition de la population dans les lieux publics de l'agglomération contribuera ainsi à une meilleure connaissance du risque sanitaire.

⁴ *Rapport de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire Environnementale : Impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine – estimation de l'impact lié à l'exposition aux particules fines sur la mortalité par cancer du poumon et par maladie cardio-respiratoires en 2002 avec projection d'ici 2020 – Mars 2004*

⁵ *Étude épidémiologique sur la mortalité et sur les admissions à l'hôpital (Programme de Surveillance Air et Santé-9 villes I et II) - INVS*

II. MICRO-ENVIRONNEMENTS ETUDIÉS

Dans le cadre de leurs déplacements et des environnements fréquentés, les personnes sont amenées à se déplacer et sont ainsi exposées à des niveaux de pollution variables, en fonction des différents environnements fréquentés. Le terme de micro-environnement définit un espace dans lequel la concentration aérienne du polluant est considérée comme homogène. A l'échelle d'une agglomération, de tels micro-environnements (MEs) représentent autant un lieu à l'extérieur (devant une habitation, un espace vert...) qu'un espace clos (bureau, parking, ...).

Pour cette étude, les milieux extérieurs que sont les milieux urbanisés de centre ville ou de périphérie ou en bordure des axes de circulation sont considérés comme « suivis » par le réseau de stations de mesures permanentes (stations de fond urbain et péri-urbain ; stations de proximité trafic).

Les micro-environnements retenus sont habituellement peu étudiés et les mesures de qualité de l'air constitueront une information précieuse. Ils peuvent être distingués selon la classification « intérieur / extérieur » :

Intérieur (lieux publics)

- Groupes scolaires
- Crèches
- Lieux culturels (musées, cinémas...)
- Parkings sous terrain
- Bureaux

Extérieur

- Déchetteries
- Espaces verts (Square, parc...)

III. PARAMETRES ETUDIES

Les paramètres étudiés correspondent essentiellement aux polluants participant à l'ambiance de pollution urbaine et qui peuvent présenter des disparités de concentrations importantes dans les micro-environnements «ciblés».

Ces polluants sont rejetés majoritairement par les industries, par le transport routier et secondairement par les petites installations de combustion (centrale thermique, chaudières...).

Polluants	Effets sur la santé	Effets sur l'environnement
NO ₂	irritant pour les bronches, augmente la fréquence et la gravité des crises d'asthme, favorise les infections pulmonaires chez l'enfant	pluies acides, formation d'ozone troposphérique (gaz à effet de serre indirect), altération de la couche d'ozone
COVNM	Les effets sont variables selon les polluants considérés. Ils vont de la gêne olfactive à une irritation (aldéhydes). Ils peuvent avoir des effets cancérigènes (i.e. benzène)	Effet indirect par leur action de précurseurs de l'ozone
Benzène	à fortes concentrations, effets sur le système nerveux, les globules et plaquettes sanguins : une perte de connaissance ; mutagène et cancérigène - classification CIRC-IARC : groupe 1 : agent cancérigène pour l'homme	formation d'ozone troposphérique
Toluène	à fortes concentrations : irritations oculaires et des voies respiratoires supérieures - classification CIRC-IARC : groupe 3 : l'agent ne peut être classé pour sa cancérogénicité pour l'homme	
Xylènes	à fortes concentrations, irritation des voies respiratoires - classification CIRC-IARC : groupe 3 : l'agent ne peut être classé pour sa cancérogénicité pour l'homme	
PM10	irritant des voies respiratoires et altération de la fonction respiratoire ; certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérigènes	salissure des bâtiments et des monuments
HAP	Un tableau en Annexe V présente certains HAP (toxicité, cancérogenèse, mutagenèse). Le B(a)P est considéré comme hautement nocif. Sa synthèse a permis d'étudier expérimentalement son action qui le situe parmi les plus redoutables des HAP cancérigènes. Le CIRC (Centre International de Recherche sur le Cancer) a classé les fumées de cokeries et les brais de houilles (constitués essentiellement d'hydrocarbures aromatiques polycycliques) dans le groupe 1 comme cancérigènes reconnus sur l'homme. Il également classé plusieurs HAP dont le Enzo(a)Pyrène, Benzo(a)anthracène, Dib Benzo(a, h)anthracène, dans le groupe 2A comme cancérigènes probables pour l'homme.	
Arsenic	Le CIRC (Centre International de Recherche sur le Cancer) considère qu'il existe des indices suffisants de cancérogénicité chez l'homme, et classe l'arsenic dans le groupe 1.	
Cadmium	Manifestations rénales et pulmonaires sont rapportées après inhalation répétée ou prolongée de fumées d'oxydes	
Nickel	Le nickel est reconnu comme allergène cutané. l'exposition au nickel développe des pathologies irritatives inflammatoires des voies aériennes. Le nickel et ses composés sont classés par le C.I.R.C. dans le groupe 1 comme cancérigène avec preuves suffisantes chez l'homme.	
Plomb	Effet toxique neurologique (saturnisme) et hématologique (inhibition d'enzyme)	

Tableau 1 : Effets des principaux polluants sur la santé et l'environnement.

L'étude a été également l'occasion d'évaluer les concentrations de polluants qui ne sont pas mesurés en permanence dans des lieux où leurs niveaux supposés peuvent être importants comme pour les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans les parkings sous terrains (proximité des émissions et confinement du lieu).

Pour les métaux lourds (Cd, Ni et As) et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), la campagne de mesures sur l'agglomération mulhousienne participera à l'évaluation préliminaire de la qualité de l'air réalisée dans le cadre des Programmes Régionaux de Surveillance de la Qualité de l'Air (PRSQLA). Les niveaux sont donc comparés aux valeurs cibles ad hoc conformément à la future directive européenne⁶ relative à l'arsenic, au cadmium, au mercure, au nickel et aux HAP⁷ dans l'air ambiant (annexe VI).

La nouvelle directive européenne donne une valeur cible pour un HAP (1ng/m³ en moyenne annuelle pour le benzo(a)pyrène) et préconise le suivi de plusieurs autres :

- benzo(a)anthracène,
- benzo(b)fluoranthrène,
- benzo(j)fluoranthrène,
- benzo(k)fluoranthène,
- indeno(1,2,3-cd)pyrène,
- dibenzo(a,h)anthracène.

⁶ Proposal 2003/0164 (COD) for a Directive of the European Parliament and the Council relating to arsenic, cadmium, mercury, nickel and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air.

⁷ *Plus de 100 HAP ont été identifiés en atmosphère urbaine, associés principalement à des particules mais également présents sous forme gazeuse. Le benzo(a)pyrène demeure le composé parmi tous les HAP le plus largement étudié ; cependant, le B(a)P est un composé très réactif avec l'ozone, donc les concentrations mesurées pourraient dépendre plus ou moins fortement de la teneur en ozone dans l'air ambiant.*

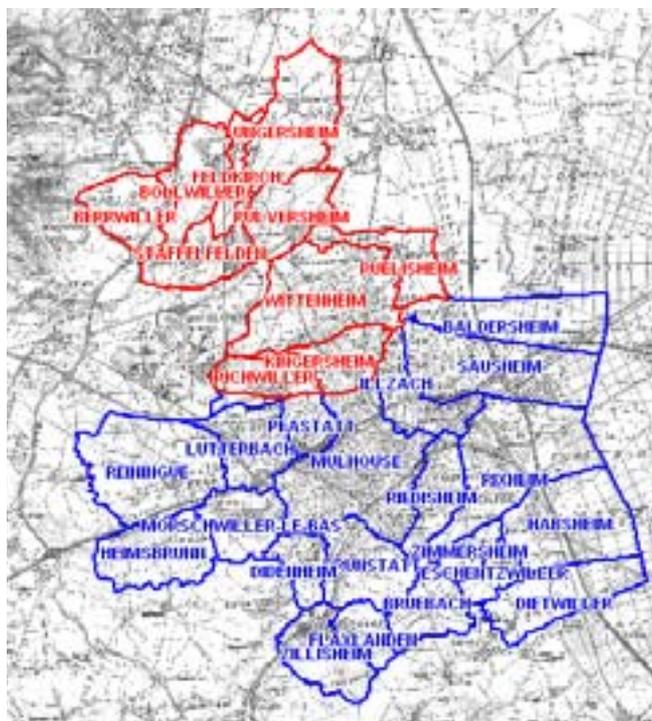
IV. METHODE ET MOYENS MIS EN ŒUVRE

A. ZONE D'ÉTUDE

Les différents sites de mesures retenus sont répartis sur l'ensemble du domaine du SIVOM.

La zone d'étude « SIVOM » est composée par les 30 communes adhérentes pour la compétence « gestion de la qualité de l'air » (voir carte 1) dont plusieurs communes du bassin potassique nouvellement adhérentes (en rouge sur la carte).

A la demande du SIVOM et sur proposition technique de l'ASPA (validée en Conseil d'Administration du SIVOM), il a été décidé que la campagne de mesure reposerait sur un échantillon de 30 sites de mesure (représentant 102 points de mesure⁸) répartis sur l'ensemble de la zone d'étude de la façon suivante :



Carte 1 : Zone d'étude.

- 14 groupes scolaires ;
- 4 crèches ;
- 2 lieux culturels ;
- 1 parking ;
- 8 bureaux ;
- 1 espace vert ;

Dans cette étude, le parking sous terrain de l'Europe est considéré comme un micro-environnement extérieur.

Micro-environnements étudiés	Nb de sites	Nb points de mesure INTÉRIEUR	Nb points de mesure EXTÉRIEUR	par micro-environnement	Nombre de mesure par site							
					NO ₂ (15j)	BTX (15j)	RCHO (7j)	COVNM (15j)	PM ₁₀	HAP	ML	
Groupes scolaires	14	3	1	INT		1	2					
				INT			2					
				INT			2	1				
				EXT	1	1						
Crèches	4	2	1	INT		1	2					
				EXT	1			1				
Lieux culturels	2	2	1	INT		1	2					
				INT		1	2					
				EXT	1							
Parking	1	2	0	EXT	1	1						
				EXT	1	1			1	1	1	
Bureaux / Mairies	8	2	1	INT			1	2				
				EXT	1			2	1			
Espaces verts (Square, parc...)	1	0	1	EXT	1	1			1	1	1	

Illustration 2 : périodes de mesure.

⁸ On entend par point de mesure l'installation d'un système de mesure permettant d'obtenir la concentration d'un polluant spécifique de ce lieu (par exemple une salle de classe dans une école, la salle de la bibliothèque, etc). Un site de mesure représente un lieu spécifique: une même école pouvant ainsi être équipée de plusieurs points de mesure.

- NO₂** dioxyde d'azote ;
- BTX** Benzène, toluène, xylènes ;
- RCHO** aldéhydes ;
- COVNM** (une vingtaine de composés organiques volatils non méthaniques) ;
- PM₁₀** particules ;
- HAP** (8 hydrocarbures aromatiques polycycliques) ;
- ML** métaux lourds (arsenic, nickel, plomb, cadmium).

Pour chacun des micro-environnements ciblés, l'équipement en capteurs a été adapté en fonction de la problématique du site (voir tableau 1) comme la mesure des aldéhydes en « milieu intérieur » (produits d'ameublement), des particules dans les espaces verts (en lien avec l'influence de la végétation sur le climat de pollution urbaine⁹) ou encore des HAP dans les parkings sous terrain (confinement).

Février			Mars			Avril			
M	1		M	1	X	X	V	1	
M	2		M	2			S	2	
J	3		J	3			D	3	
V	4		V	4			L	4	
S	5		S	5			M	5	
D	6		D	6	X		M	6	X
L	7		L	7	X	tournée 2	J	7	
M	8		M	8		tournée 3	V	8	
M	9		M	9			S	9	
J	10		J	10			D	10	
V	11		V	11			L	11	tournée 4
S	12		S	12			M	12	
D	13		D	13			M	13	
L	14		L	14			J	14	
M	15		M	15	X	X	V	15	
M	16		M	16			S	16	
J	17		J	17			D	17	
V	18		V	18			L	18	
S	19		S	19			M	19	
D	20		D	20			M	20	X
L	21	X	L	21			J	21	
M	22		M	22			V	22	
M	23		M	23			S	23	
J	24	tournée 1	J	24			D	24	
V	25		V	25			L	25	
S	26		S	26			M	26	
D	27		D	27			M	27	
L	28		L	28			J	28	
			M	29			V	29	
			M	30			S	30	
			J	31					

B. CAMPAGNE DE MESURE

a. Période de mesure

La campagne de mesure s'est déroulée du 21 février au 20 avril 2005. Sur chacun des sites, une campagne de mesure d'une durée de 15 jours (2 jours pour les HAP et métaux lourds) a été effectuée. Quatre tournées ont été nécessaires pour instrumenter les 102 points de mesure, chaque tournée ayant couvert des périodes de mesure différentes (voir illustration 2) :

- Période 1 : du 21 février au 7 mars 2005,
- Périodes 2 et 3 : du 1 au 15 mars 2005,
- Période 4 : du 6 au 20 avril 2005.

b. Echantillonnage

Deux systèmes de prélèvements temporaires ont ainsi été mis en place pour caractériser la qualité de l'air. Ces modes de prélèvement fournissent une moyenne sur l'ensemble de la période d'exposition.

- **Les prélèvements d'échantillon d'air ont été réalisés à l'aide de préleveurs temporaires à diffusion passive** (annexe VII). Ils permettent le suivi des oxydes d'azote, des aldéhydes (formaldéhyde, acétaldéhyde) et des composés organiques volatils non méthaniques (benzène, toluène, xylènes, alcanes et alcènes...).

Le principe de fonctionnement de ce mode de prélèvement est basé sur celui de la diffusion passive de molécules sur un absorbant (support solide imprégné de réactif chimique) adapté au piégeage spécifique du polluant gazeux. La quantité de molécules piégées est proportionnelle à sa concentration dans l'environnement et est déterminée par analyse des échantillons différée en laboratoire.

⁹ puits de particules, dispersion des émissions

Les temps d'exposition des tubes passifs sont variables suivant les composés à suivre et les concentrations rencontrées au point de mesure :

NO ₂	BTX	RCHO	COVNM
15j	15j	7j	15j

Seuls les tubes passifs aldéhydes (RCHO) sont exposés pendant 7 jours¹⁰, tout les autres (NO₂, BTX et COVNM) sont installés durant 15 jours. Afin de couvrir les 15 jours de mesure de la campagne, 2 séries de prélèvements des aldéhydes ont donc été mises en place.

▪ **Des prélèvements actifs de particules fines sur des filtres « fibres de quartz » à l'aide de DIGITEL ont également été installés** sur des campagnes de courte durée. Ces filtres permettent également l'analyse des HAP et des métaux lourds (annexe VII).

A noter que pour ce dernier dispositif, une alimentation électrique est nécessaire.

c. Analyses

Les analyses de ces différents prélèvements sont réalisées en laboratoire.

▪ **Concernant les oxydes d'azote**, les tubes passifs sont envoyés à un prestataire extérieur pour être analysés en laboratoire par colorimétrie à 540 nm selon la réaction de Saltzman.

▪ **Concernant les COVNM**, les tubes passifs sont envoyés à un prestataire extérieur pour être analysés en laboratoire par chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse (CG-MS).

▪ **Concernant les aldéhydes**, l'analyse est réalisée à l'ASPA au LIC (Laboratoire Inter-régional de Chimie) par HPLC couplée avec un détecteur UV (liste des composés analysés en annexe VII).

▪ **L'analyse des métaux lourds et des HAP** à partir des filtres est confiée à l'UMEG à Karlsruhe, et se fait par ICP-MS (après minéralisation de l'échantillon) pour les métaux lourds et par ICP-MS (chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse) après extraction pour les HAP (liste des composés analysés en annexe VII).

d. Emplacements des sites de mesures

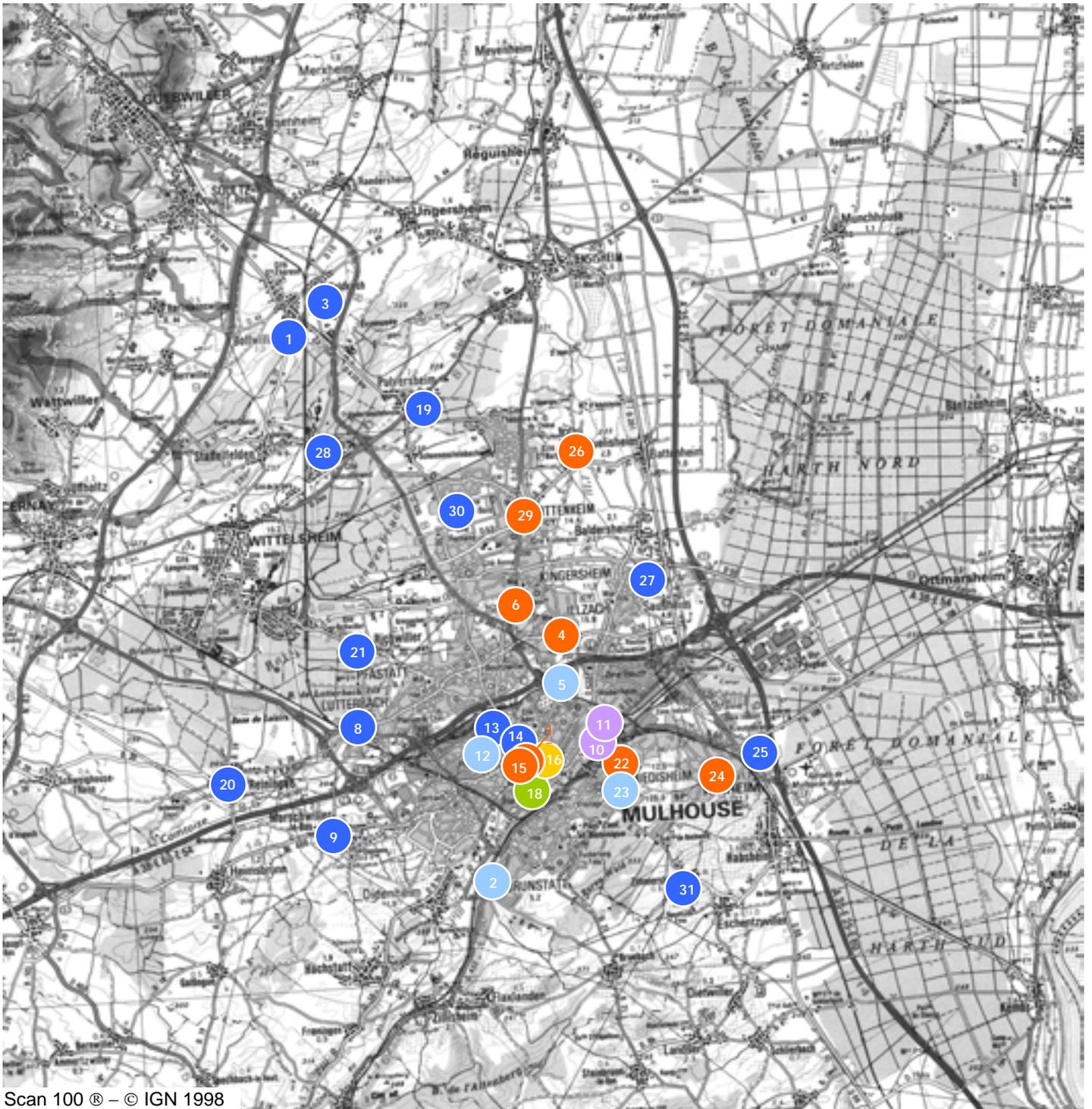
L'emplacement des sites de mesure a fait l'objet d'une validation concertée avec le SIVOM après assurance de faisabilité technique et administrative (voir carte 2).

V. LIMITES DE L'ETUDE

L'étude ne permettra pas de qualifier les niveaux observés en regard des normes annuelles de qualité de l'air. On considérera les niveaux déterminés comme des concentrations représentatives des périodes couvertes.

¹⁰ A noter que les prélèvements de HCHO sont habituellement réalisés sur une période de 48 heures. L'analyse par HPLC n'a pas montré de saturation des tubes passifs.

Carte 2 : Localisation des sites de mesure.



Scan 100 ® – © IGN 1998

- | | |
|----------------------|-------------------------------|
| E Ecoles (14) | P Parking (1) |
| C Crèches (4) | LC Lieux Culturels (2) |
| B Bureaux (8) | EV Espace vert (1) |

Environnement (XX) : nombre de sites de mesure dans l'environnement considéré

digital DA80



VI. METEOROLOGIE ET CLIMAT DE POLLUTION

Quatre périodes de mesure ont été nécessaires pour instrumenter l'ensemble des sites de la campagne, chaque période ayant ses propres spécificités : les conditions météorologiques par exemple vont influencer sur les niveaux de dioxyde d'azote mesurés en milieu extérieur mais auront également une influence sur les activités humaines dans les bâtiments (chauffage, aération, etc...) ainsi que sur différents paramètres tels la température, l'humidité, fortement liés à la formation ou la dispersion de tels ou tels polluants suivis dans cette étude.

La comparaison des niveaux entre les différents sites (quel que soit le polluant étudié) doit être réalisée avec précaution et demande la plus grande vigilance quant aux interprétations découlant de cet exercice.

A. LES CONDITIONS METEOROLOGIQUES

Les indicateurs suivants : température, vitesses et direction de vent, précipitations, humidité relative et rayonnement solaire ont été relevés à la station METEO FRANCE située à Mulhouse ou sur la station 'Mulhouse ASPA' du réseau, située au 1, rue d'Alsace.

Les résultats concernant l'ensemble de la campagne de mesures sont rapportés en annexe III.

Les conditions météorologiques ont entraîné des caractéristiques atmosphériques de dispersion différentes d'une période à l'autre.

- *Les périodes 1, 2 et 3 enregistrent des températures froides, un ensoleillement et des vitesses de vent faibles ainsi que des précipitations quasi nulles, conditions favorables à la stagnation des polluants dans l'air.*
- *La période 4 quant à elle se démarque des trois autres par des températures plus clémentes, des vitesses de vent ainsi qu'un rayonnement solaire un peu plus importants mais surtout par des précipitations nettement plus abondantes. Ces caractéristiques sont celles d'une atmosphère peu stable, favorisant la dispersion des polluants dans l'air.*

B. CARACTERISATION DES CLIMATS DE POLLUTION

L'objectif de ce paragraphe est de resituer l'ambiance de pollution urbaine dans le temps et dans l'espace c'est à dire :

- de comparer les niveaux de pollution qui ont régné sur la zone d'étude au cours des quatre périodes de mesure et
- de caractériser le climat local de pollution proche d'un site de mesure (école, bureau, ...).

A noter que le transfert d'un polluant de l'extérieur vers l'intérieur des locaux est variable et fonction de sa nature (tableau 2).

a. Comparaison aux stations de mesure

L'ASPA est dotée de 4 stations fixes de mesure de la qualité de l'air sur l'agglomération de Mulhouse (voir annexe X) : Mulhouse ASPA, Mulhouse Nord, Mulhouse Est et Mulhouse Sud II¹¹. Ces stations permettent de suivre les niveaux d'oxydes d'azote (NO, NO₂), de dioxyde de soufre (SO₂), de particules (PM10), d'ozone (O₃) et de monoxyde de carbone (CO) sur l'agglomération mulhousienne.

Les niveaux de pollution moyens mesurés par les stations (illustration 3) montrent :

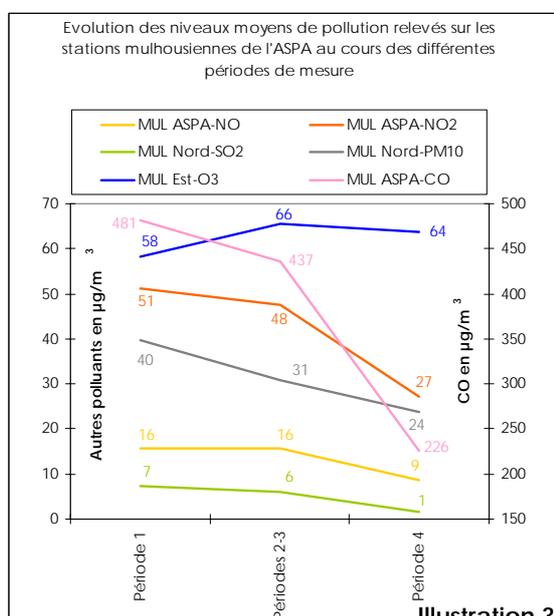
- Des niveaux stables, voire légèrement en baisse (tous polluants confondus) entre la 1^{ère} période et les

deux suivantes, seules les teneurs en ozone¹² augmentent légèrement ;

- Des niveaux qui diminuent fortement pour l'ensemble des polluants durant la 4^{ème} période (excepté l'ozone).

Les périodes 1, 2 et 3 présentent de grandes similitudes liées au fait que ces 3 périodes se chevauchent. Elles présentent des niveaux de pollution deux fois plus élevés que pour la 4^{ème} période (sauf pour l'ozone).

La baisse enregistrée des niveaux de polluants primaires (oxydes d'azote et particules...) sont la résultante des conditions météorologiques favorables à la dispersion des polluants mais également à la diminution des émissions dues aux chauffages dans les zones urbaines durant la période 4 plus clémente.



¹¹ Mulhouse ASPA : rue d'Alsace
 Mulhouse Nord : rue Lefèvre
 Mulhouse Est : avenue du docteur Laennec
 Mulhouse Sud II : rue Lézard

¹² L'ozone est un polluant secondaire résultant de l'action du soleil et de la chaleur sur les polluants primaires que sont le NO₂ et les COV - composés organiques volatils. Les mécanismes de formation et de destruction de ce polluant sont de ce fait très différents des polluants primaires.

b. Caractérisation de l'ambiance locale de pollution - analyse des concentrations de dioxyde d'azote en milieu extérieur

Le dioxyde d'azote est un bon indicateur de l'ambiance de pollution à proximité des sites de mesures¹³. Une analyse comparée de sa concentration, en référence aux stations fixes de mesure de l'ASPA, permet dans une première approche de déterminer la typologie des sites¹⁴.

La durée d'exposition des tubes passifs pour déterminer la concentration en NO₂ est de 15 jours. Les 30 sites qui composent la campagne ont tous été équipés d'au moins un capteur de mesure du dioxyde d'azote, installé majoritairement à l'extérieur¹⁵.

¹³ Le dioxyde d'azote est représentatif d'une pollution urbaine. *Les rejets de NOx (NO+NO2) proviennent essentiellement de la combustion de combustibles de tous types (gazole, essence, charbons, fiouls, GN,...).*

¹⁴ **Typologie des stations**

<i>urbaine</i>	<i>représentative de la pollution de fond (à laquelle est soumise la majorité de la population) dans les centres urbains</i>
<i>périurbaine</i>	<i>représentative de la pollution de fond à la périphérie des centres urbains et de l'exposition maximale à la pollution « secondaire » (ozone) en zone habitée</i>
<i>rurale</i>	<i>représentative de la pollution de fond en zone rurale peu habitée</i>
<i>trafic</i>	<i>représentative de la pollution en proximité d'une infrastructure routière à forte circulation</i>
<i>industrielle</i>	<i>représentative de la pollution sous le panache d'une industrie</i>

¹⁵ Seul le site du parking de l'Europe (constitué de deux points de mesure, au rez-de-chaussée et en sous-sol) a été instrumenté pour suivre les teneurs en ambiance « intérieure ».

Premiers résultats

Sur l'ensemble des points de mesure de la campagne, les concentrations moyennes en NO₂ (illustrations 4 - 8) ont varié entre 19 et 74 µg/m³.

Les points présentant les niveaux les plus élevés correspondent aux deux mesures réalisées dans le parking de l'Europe avec respectivement 71 et 74 µg/m³ au sous-sol et au rez-de-chaussée (voir paragraphe *mesures dans le square et le parking de l'Europe*).

Ci-dessous les points de mesures présentant les concentrations les plus élevées sont listés. Ils sont généralement situés dans les zones urbaines denses de l'agglomération : Mulhouse, Illzach, Wittenheim...

Pour les écoles et les crèches

Le centre multi-accueil d'Illzach (période 2), situé au milieu d'un réseau routier très dense (proche de l'autoroute A36 et de la départementale D430), présente un niveau de 41 µg/m³ ;

Trois sites (période 3) de mesure situés dans l'agglomération de Mulhouse affichent également des concentrations supérieures à 38 µg/m³ :

- l'école maternelle Furstenberger (rue de la passerelle) ;
- l'école élémentaire Koechlin (rue de la 4^{ème} D.M.M.) ;
- la crèche Caroline Fritz (rue Chanoine Henri Cetty).

Les concentrations les plus faibles sont rencontrées dans la périphérie sud et ouest de l'agglomération mulhousienne, à l'écart d'axes de circulation importants. L'école primaire de Zimmersheim (dans la cour de l'école) et l'école du centre à Morschwiller ont respectivement des concentrations de 19 et 21 µg/m³ en moyenne sur 15 jours.

Pour les bureaux et les lieux culturels



Les trois sites les plus élevés sont les suivants :

- le complexe cinématographique Kinépolis, situé sur l'avenue Robert Schumann, une artère principale à l'entrée de l'agglomération mulhousienne ($44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – période 4) ;
- la mairie de Wittenheim ($41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – période 1) ;
- la mairie d'Illzach ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – période 2) .

Les concentrations les plus faibles se rencontrent à la mairie de Rixheim et de Riedisheim avec respectivement 23 et $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur 15 jours.

Mesures dans le square et le parking de l'Europe

Un tube passif NO_2 a été installé dans le square Steinbach à Mulhouse ainsi qu'au rez-de-chaussée et au sous-sol du parking de l'Europe.

Les niveaux mesurés dans le square sont plus faibles que sur la grande majorité des autres sites instrumentés pour la mesure du NO_2 : $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ont été relevés dans le parc pouvant s'expliquer par le fait que le capteur soit à distance des sources d'émissions car situé en retrait des axes de circulation alentours.

Dans le parking de l'Europe, les niveaux de NO_2 sont très élevés avec respectivement 71 et $74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ au sous-sol et au rez-de-chaussée largement au dessus de la valeur de l'objectif de qualité de l'air fixé à $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur une année et de la valeur limite 2005 ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle). Le parking est soumis à un trafic routier intense et son confinement permet l'accumulation des oxydes d'azote.

Référence aux normes

La directive fille européenne de 1999 impose une valeur limite annuelle de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2005 et $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2010 (la valeur limite 2010 étant actuellement un objectif de qualité de l'air¹⁶).

- 6 points de mesure présentent des concentrations supérieures à la valeur limite 2010 : dans le parking Europe à Mulhouse au sous-sol et en rez-de-chaussée, aux abords du cinéma Kinépolis à Mulhouse, devant les mairies de Wittenheim et d'Illzach ainsi qu'au centre multi-accueil de cette dernière commune.

La valeur limite 2005 est dépassée sur le site du parking de l'Europe à Mulhouse (au sous-sol et au rez-de-chaussée).

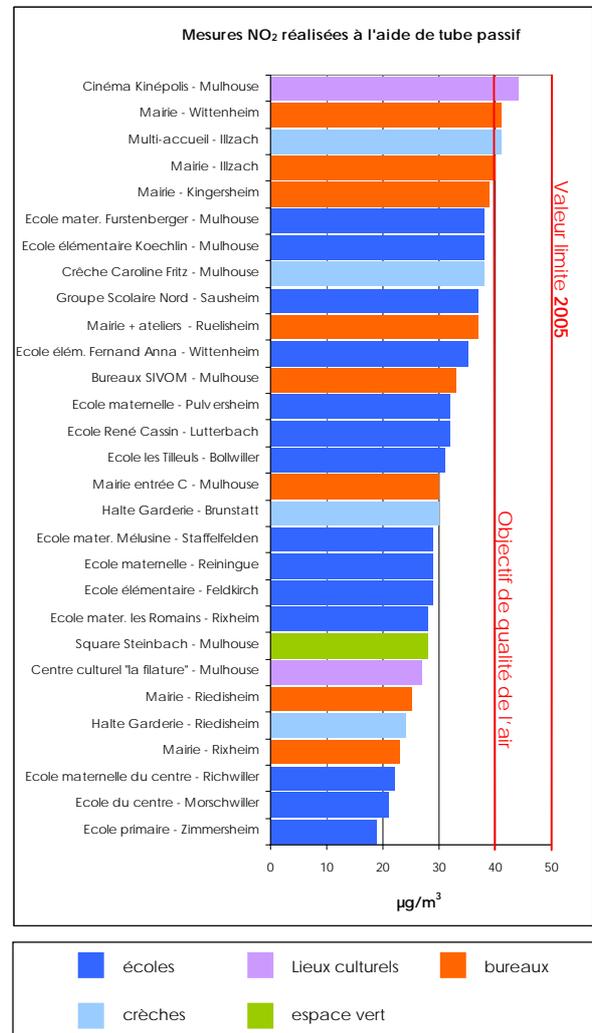


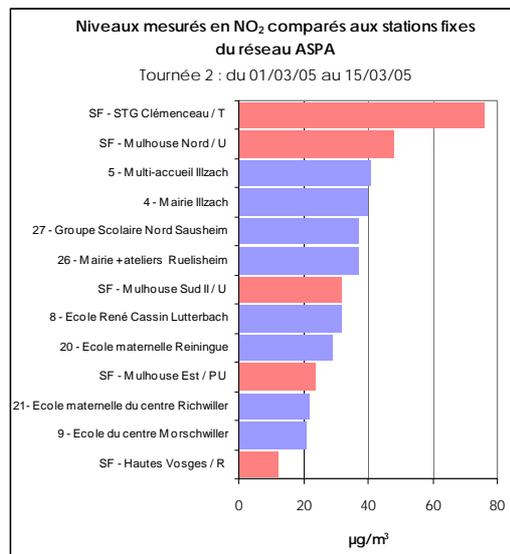
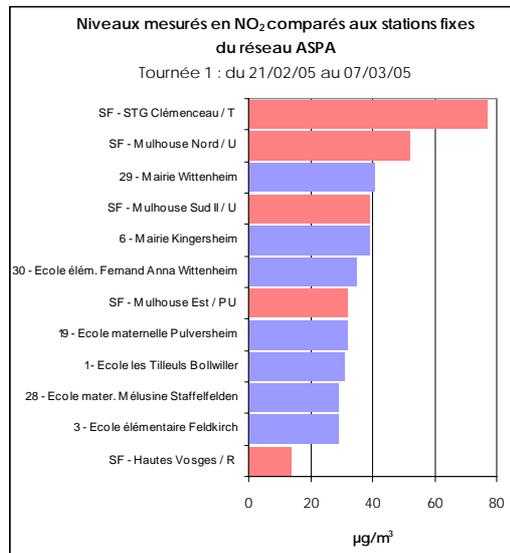
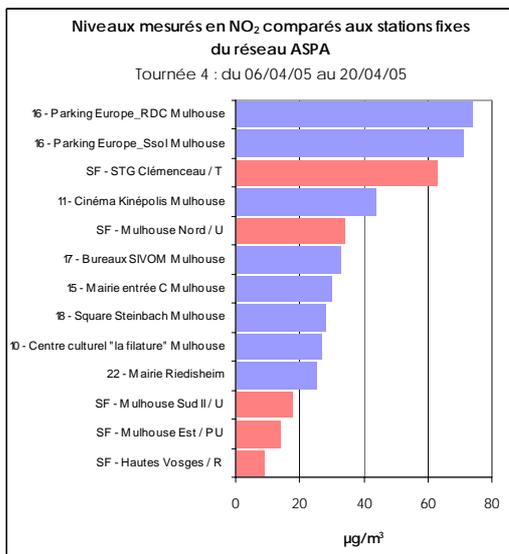
Illustration 4 : Distribution des concentrations en NO₂ sur l'échantillon des points de mesure

¹⁶ décret du 15 février 2002.

Caractérisation de la typologie des sites de mesures extérieures

La caractérisation des sites d'une campagne de mesure fait appel à la comparaison des données obtenues avec les mesures des stations fixes du réseau de l'ASPA durant la même période de mesure :

- Hautes Vosges : station rurale ;
- Mulhouse Est : station périurbaine ;
- Mulhouse Sud II et Mulhouse Nord¹⁷ : station urbaine ;
- Strasbourg Clemenceau^{18,19} : station trafic.



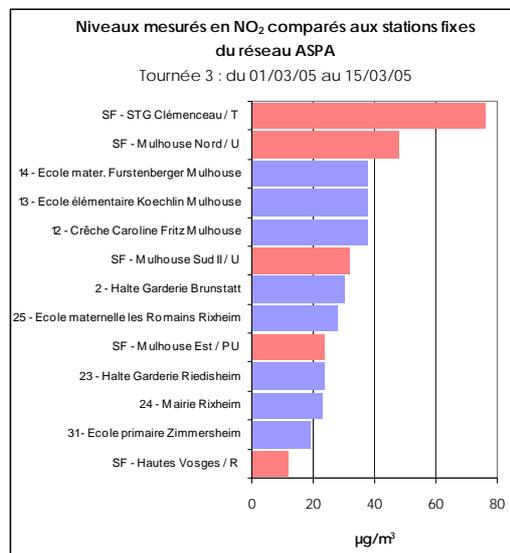
Illustrations 5 à 8

■ Stations fixes ■ Points de mesure NO₂

¹⁷ Mulhouse Nord est une station à caractère urbain mais fortement influencée par le trafic routier.

¹⁸ Strasbourg Clemenceau : boulevard Clemenceau
Mulhouse Nord : rue Lefèvre - Mulhouse Sud II : rue Léopard (groupe scolaire Haut-poirier) - Mulhouse Est : avenue du docteur Laennec - Hautes Vosges : chemin de la renardière (Aubure)

¹⁹ L'ASPA dispose d'une station de typologie trafic à Mulhouse (Mulhouse ASPA) mais la mise en place du tram a modifié son caractère.



La grande majorité des sites de mesure présente des niveaux de concentrations comparables à ceux mesurés en milieu urbain et périurbain comme ceux rencontrés à 'Mulhouse Est' et 'Mulhouse Sud II' (illustrations 5 à 8). Quelques sites, principalement localisés dans le centre de l'agglomération mulhousienne, présentent des niveaux proches de ceux observables sur la station 'Mulhouse Nord' fortement influencée par le trafic routier.

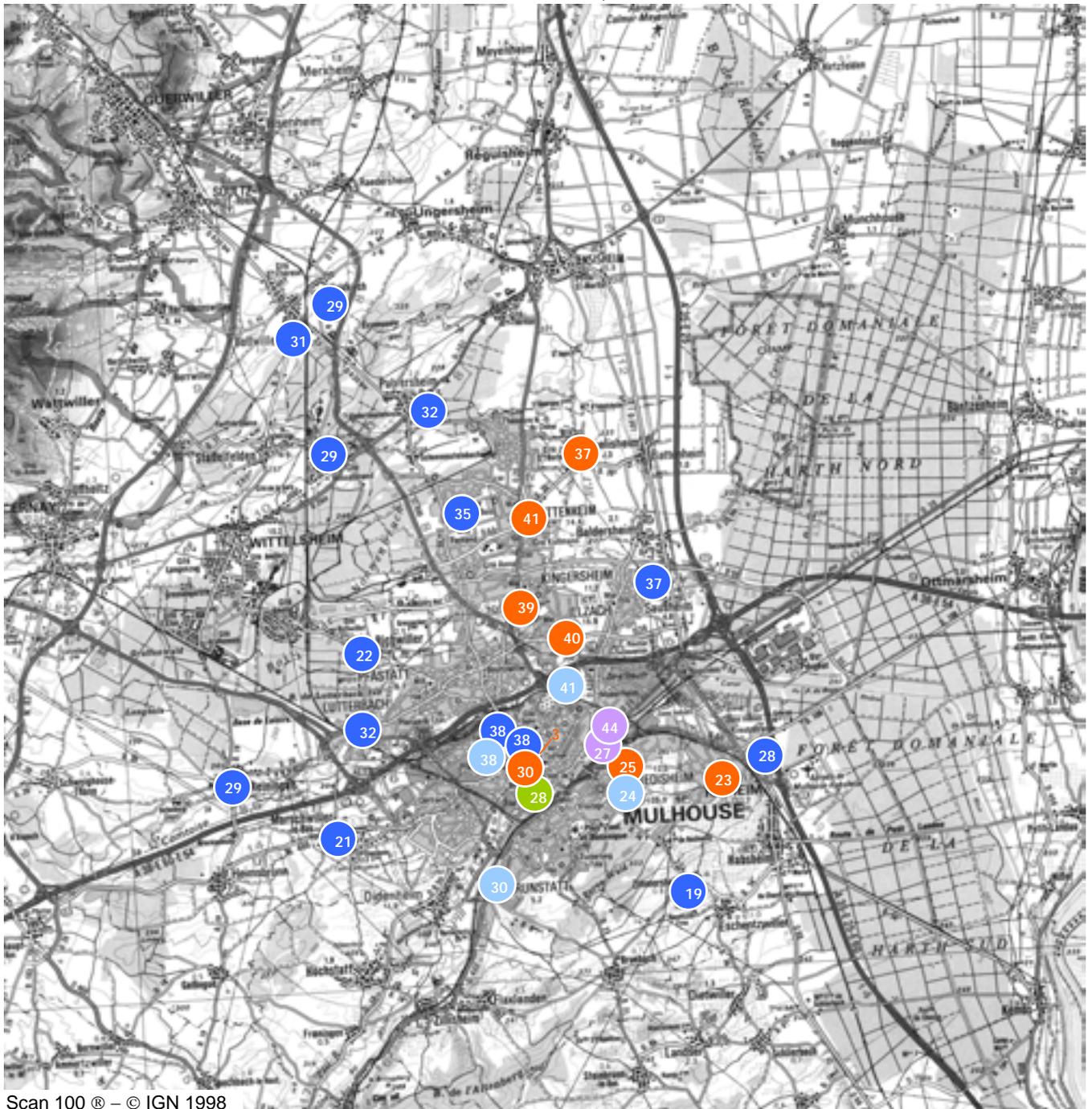
Le site n°11 instrumenté dans l'avenue Robert Schuman à Mulhouse devant le complexe cinématographique du Kinépolis indiquent même des teneurs en dioxyde d'azote supérieures à cette dernière station, se rapprochant de celles observées sur la station 'Strasbourg Clemenceau' durant la même période de mesure.

Sites de mesure \ typologie	Périurbain (PU)	Urbain (U)	Urbain dense	Trafic (T)
1 - Ecole les Tilleuls Bollwiller	■			
2 - Halte Garderie Brunstatt		■		
3 - Ecole élémentaire Feldkirch	■			
4 - Mairie Illzach		■	■	
5 - Multi-accueil Illzach		■	■	
6 - Mairie Kingersheim		■		
8 - Ecole René Cassin Lutterbach		■		
9 - Ecole du centre Morschwiller	■			
10 - Centre culturel "la filature" Mulhouse		■	■	
11 - Cinéma Kinépolis Mulhouse			■	■
12 - Crèche Caroline Fritz Mulhouse		■	■	
13 - Ecole élémentaire Koechlin Mulhouse		■	■	
14 - Ecole maternelle Furstenberger Mulhouse		■	■	
15 - Mairie entrée C Mulhouse		■	■	
16 - Parking Europe_RDC Mulhouse				■
16 - Parking Europe_Ssol Mulhouse				■
17 - Bureaux SIVOM Mulhouse		■	■	
18 - Square Steinbach Mulhouse		■	■	
19 - Ecole maternelle Pulversheim	■			
20 - Ecole maternelle Reiningue	■	■		
21 - Ecole maternelle du centre Richwiller	■			
22 - Mairie Riedisheim		■		
23 - Halte Garderie Riedisheim	■			
24 - Mairie Rixheim	■			
25 - Ecole maternelle les Romains Rixheim	■			
26 - Mairie + ateliers Ruelisheim		■		
27 - Groupe Scolaire Nord Sausheim		■		
28 - Ecole maternelle Mélusine Staffelfelden	■			
29 - Mairie Wittenheim		■		
30 - Ecole élémentaire Fernand Anna Wittenheim	■			
31 - Ecole primaire Zimmersheim	■			

Tableau 3 : classement des sites de mesure dans la typologie des stations.

En conclusion les concentrations de dioxyde d'azote dans l'air ambiant ont permis de classer par delà les périodes de mesures les différentes typologies de l'espace environnant des sites mesurés.

Cette classification constitue un élément d'information pour analyser les niveaux de pollution intérieure. Pour certains polluant d'origine routière (notamment le benzène et le toluène) l'apport extérieur peut être non négligeable (voir tableau 2).



E Ecoles **C** Crèches **B** Bureaux **LC** Lieux Culturels **EV** Espace vert

Carte 3 : Concentrations en dioxyde d'azote sur la zone d'étude.

VII. ANALYSE DES RESULTATS DE LA CAMPAGNE DE MESURE DANS LES MICRO ENVIRONNEMENTS INTERIEURS

Les micro-environnements pour lesquels des mesures ont été réalisées peuvent être regroupés en deux classes d'échantillons discriminant les lieux d'accueil des enfants, les lieux d'accueil du public et les bureaux :

- a. **Les écoles et les crèches** : les établissements scolaires accueillent des populations particulièrement sensibles aux divers polluants atmosphériques chimiques ;
- b. Les **bureaux** regroupant une large part de la population active et l'accueil du public dans les mairies ;
- c. **les lieux culturels** accueillant du public.

Les mesures dans les écoles et crèches ont toutes été réalisées durant les 3 premières périodes (voir VI-A).

L'échantillon (b), composé des bureaux et lieux culturels de l'étude, a été instrumenté au cours des 4 périodes.

Micro-environnements étudiés	Périodes de mesures
a. Etablissements scolaires	1-2-3
b. Bureaux et mairies	1-2-3-4
c. Lieux culturels	4

L'analyse technique ainsi que les résultats détaillés par point de mesure sont présentés en annexe VI du rapport.





Cette étude est composée d'un nombre important de données et de paramètres :

- diversité des polluants mesurés (BTEX, aldéhydes, COV) avec un échantillonnage adapté à chaque environnement (lié à une problématique précise) ;
- diversité des sites étudiés (crèches, écoles, bureaux, cinéma, lieux culturels) ;
- multiplication des périodes d'échantillonnage (4 périodes ont été nécessaires pour instrumenter la totalité des sites).

L'exploitation des résultats de la campagne a été décomposée en deux niveaux. Les résultats sont présentés par polluants, permettant d'avoir un regard assez général sur l'ensemble des mesures (observation et comparaison des niveaux de concentration des polluants quel que soit l'environnement considéré). Une analyse affinée par environnement est intégrée à l'exploitation par polluant.

Les sources de polluants mesurés à l'intérieur des locaux peuvent avoir une origine « intérieur » (revêtements des sols, ameublement, produit d'entretien, fumée de cigarette, ...) ou extérieur (ambiance locale de pollution). La proportion « extérieur / intérieur » varie selon les polluants, la configuration des bâtiments, l'aération des bâtiments.

Les effets sur la santé ainsi que les normes de qualité de l'air (dans l'air ambiant ou en milieu intérieur) sont présentés en annexe V pour chaque polluant étudié.

A. LES BTEX COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS MONOCYCLIQUES.

Les 30 sites qui composent la campagne ont tous été équipés de capteurs de mesure pour les BTEX, installés à l'extérieur et/ou à l'intérieur des bâtiments selon l'environnement étudié (73 mesures au total) :

- des mesures ont été réalisées à l'extérieur de tous les groupes scolaires de l'étude, d'une seule crèche (représentant 15 mesures) ;
- les mesures intérieures concernent les groupes scolaires, les crèches, les lieux culturels ainsi que les bureaux (58 mesures intérieures).

Les concentrations en benzène (seul composé parmi les BTEX à être classé cancérigène pour l'homme et faisant l'objet d'une réglementation et de valeurs normatives à ne pas dépasser) et en toluène sont présentées ci-dessous pour les espaces clos.

Les résultats détaillés par micro-environnement sont rapportés en annexe V.

a. Résultats

Le benzène

Les concentrations moyennes en benzène ont varié entre 1 et 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur l'ensemble des points de mesure intérieure de la campagne. Le maximum est relevé au bureau B de la mairie de Kingersheim (place de la libération) avec 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur 15 jours.

La concentration moyenne en benzène pour l'ensemble des points de mesures à l'intérieur des locaux s'élève à 2,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Elle est plus élevée dans l'air ambiant (3,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Quel que soit le micro-environnement (Ecole, crèches, bureaux, lieu culturel), tous les sites de mesures présentent des concentrations en air extérieur plus importantes qu'à l'intérieur à l'exception de la salle 3 de l'école maternelle les Romains à Rixheim.

Référence aux normes

Par hypothèse, on peut considérer que les valeurs limites et objectifs de qualité de l'air émis par l'état français ou la communauté européenne pour l'air ambiant (extérieur) sont à respecter en air intérieur.

A l'intérieur des structures, la valeur limite 2005 (5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle) n'est dépassée).

L'objectif de qualité de l'air de 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle est dépassé sur 44% de l'échantillon des mesures intérieures.

Résultats dans l'air ambiant

En milieu extérieur, les concentrations mesurées (à proximité des locaux étudiés) ont varié entre 2,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans le square Steinbach à Mulhouse et 4,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ devant l'école maternelle de Pulversheim située dans la rue de Ruelisheim.

Les 16 sites de mesure extérieurs dépassent la valeur de l'objectif de qualité de l'air fixé à 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle et 3 d'entre eux (sites 19.Pulversheim, 2.Feldkirch et 1.Bollwiller) flirtent avec la valeur limite 2010 avec 4,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne (sur 15 jours) :

- tous indiquent des concentrations supérieures à des teneurs relevées en milieu périurbain ;
- 8 sites présentent des niveaux supérieurs à ce que l'on retrouve en proximité du trafic routier ;
- 8 sites présentent des niveaux intermédiaires, équivalent aux niveaux de pollution rencontrés en milieu urbain, pouvant être influencé par le trafic routier pour les sites s'approchant des niveaux de Strasbourg Clemenceau comme l'école maternelle Furstenberger à Mulhouse.

Ces résultats sont présentés à titre d'indication et comme éléments de comparaison avec les niveaux rencontrés à l'intérieur des locaux.

N° de site	Commune	Sites	Typologie	Benzène (µg/m ³)		
				EXT	INT 1	INT 2
1	Bollwiller	Ecole les Tilleuls	E	4,9	3,2	2,2
2	Brunstatt	Halte Garderie	C		3,0	1,7
3	Feldkirch	Ecole élémentaire	E	4,9	1,8	1,4
4	Illzach	Mairie	B		2,0	1,8
5	Illzach	Multi-accueil	C		2,6	1,7
6	Kingersheim	Mairie	B		4,1	1,9
8	Lutterbach	Ecole René Cassin	E	3,5	2,5	1,6
9	Morschwiller	Ecole du centre	E	3,3	2,1	1,4
10	Mulhouse	Centre culturel "la filature"	LC		1,7	2,2
11	Mulhouse	Cinéma Kinépolis	LC		2,0	2,2
12	Mulhouse	Crèche Caroline Fritz	C		2,4	1,7
13	Mulhouse	Ecole élémentaire Koechlin	E	3,9	2,9	1,8
14	Mulhouse	Ecole maternelle Furstenberger	E	3,6	2,5	1,5
15	Mulhouse	Mairie entrée C	B		1,9	0,2
17	Mulhouse	Bureaux SIVOM	B		1,8	0,9
19	Pulversheim	Ecole maternelle	E	4,9	3,2	2,0
20	Reiningue	Ecole maternelle	E	3,4	1,9	1,4
21	Richwiller	Ecole maternelle du centre	E	2,9	2,3	1,3
22	Riedisheim	Mairie	B		2,6	0,9
23	Riedisheim	Halte Garderie	C	3,1	2,1	1,1
24	Rixheim	Mairie	B		2,5	1,8
25	Rixheim	Ecole maternelle les Romains	E	3,3	3,6	1,4
26	Ruelisheim	Mairie + ateliers	B		2,7	2,0
27	Sausheim	Groupe Scolaire Nord	E	4,1	2,6	1,6
28	Staffelfelden	Ecole maternelle Mélusine	E	4,5	3,7	1,9
29	Wittenheim	Mairie	B		3,8	1,0
30	Wittenheim	Ecole élémentaire Fernand Anna	E	4,5	3,4	1,9
31	Zimmersheim	Ecole primaire	E	2,9	2,5	1,6

Tableau 4 : Concentrations en benzène en milieu intérieur et extérieur en µg/m³ durant la campagne de mesure.

E école, C crèche, B bureau et LC lieu culturel

■ Valeurs dépassant la valeur objectif de qualité de l'air (2 µg/m³)

Le toluène

Les concentrations moyennes en toluène ont varié entre 3 et 80 µg/m³. Les niveaux les plus élevés sont observés dans la salle 3 de l'école maternelle Les Romains à Rixheim avec une mesure à 80 µg/m³ et dans la salle 12 de la crèche Caroline Fritz affichant 51 µg/m³.

Les valeurs guides relatives à l'exposition au toluène en milieu extérieur s'élèvent à 260 µg/m³ sur 1 semaine.

La concentration moyenne en toluène à l'intérieur des locaux s'élève à 13 µg/m³. Elle est moins élevée dans l'air ambiant (5 µg/m³). Seule l'école du centre de Morschwiller et la salle de jeu de la maternelle de Reiningue et la classe de CM1/CM2 de l'école de Sausheim présentent des niveaux inférieurs à ceux observés à l'extérieur.

N° de site	Commune	Sites	Typologie	Toluène (µg/m ³)		
				EXT	INT 1	INT 2
1	Bollwiller	Ecole les Tilleuls	E	5,8	10,1	6,7
2	Brunstatt	Halte Garderie	C		7,6	4,0
3	Feldkirch	Ecole élémentaire	E	5,9	36,7	10,1
4	Illzach	Mairie	B		11,9	6,9
5	Illzach	Multi-accueil	C		5,8	3,9
6	Kingersheim	Mairie	B		27,4	6,4
8	Lutterbach	Ecole René Cassin	E	4,0	10,7	7,6
9	Morschwiller	Ecole du centre	E	2,8	3,7	2,7
10	Mulhouse	Centre culturel "la filature"	LC		24,9	8,5
11	Mulhouse	Cinéma Kinépolis	LC		5,8	6,1
12	Mulhouse	Crèche Caroline Fritz	C		50,7	4,5
13	Mulhouse	Ecole élémentaire Koechlin	E	5,2	39,3	8,8
14	Mulhouse	Ecole maternelle Furstenberger	E	4,8	15,4	11,2
15	Mulhouse	Mairie entrée C	B		9,4	5,5
17	Mulhouse	Bureaux SIVOM	B		4,1	4,1
19	Pulversheim	Ecole maternelle	E	6,5	9,5	11,3
20	Reiningue	Ecole maternelle	E	3,2	15,4	2,9
21	Richwiller	Ecole maternelle du centre	E	3,1	6,3	14,9
22	Riedisheim	Mairie	B		8,9	6,4
23	Riedisheim	Halte Garderie	C	3,3	12,9	11,3
24	Rixheim	Mairie	B		4,7	2,6
25	Rixheim	Ecole maternelle les Romains	E	3,7	79,8	27,8
26	Ruelisheim	Mairie + ateliers	B		10,3	5,1
27	Sausheim	Groupe Scolaire Nord	E	5,8	11,4	4,4
28	Staffelfelden	Ecole maternelle Mélusine	E	6,4	23,3	7,1
29	Wittenheim	Mairie	B		30,9	31,0
30	Wittenheim	Ecole élémentaire Fernand Anna	E	5,1	13,9	5,8
31	Zimmersheim	Ecole primaire	E	2,7	5,1	2,9

Tableau 5 : Concentrations en toluène en milieu intérieur et extérieur en µg/m³ durant la campagne de mesure.
E école, C crèche, B bureau et LC lieu culturel

L'éthylbenzène et les xylènes

Les concentrations moyennes en xylènes sont comprises entre 2 et 203 µg/m³ tandis que celles en éthylbenzène ont varié entre 0,2 et 77 µg/m³. Ces composés sont présents en quantité plus ou moins importante :

- dans le parking de l'Europe (respectivement 77 et 203 µg/m³ en éthylbenzène et en xylènes relevés au sous-sol du parking) ;

- dans la salle BCD de l'école maternelle Mélusine à Staffelfelden indiquant 24 µg/m³ en éthylbenzène et 76 µg/m³ en m-p-o xylènes ;

- dans la salle 3 de l'école maternelle Les Romains avec 19 µg/m³ en éthylbenzène et 69 µg/m³ pour les trois isomères du xylène (ortho, méta et para).

N° de site	Commune	Sites	Typologie	Ethylbenzène (µg/m ³)			m-p-o xylène (µg/m ³)		
				EXT	INT 1	INT 2	EXT	INT 1	INT 2
1	Bollwiller	Ecole les Tilleuls	E	1,0	4,5	1,0	3,2	7,5	3,8
2	Brunstatt	Halte Garderie	C		3,9	0,9		25,7	3,5
3	Feldkirch	Ecole élémentaire	E	1,0	3,3	1,0	3,5	4,4	2,7
4	Illzach	Mairie	B		9,7	2,5		17,2	8,4
5	Illzach	Multi-accueil	C		1,9	1,0		6,1	3,9
6	Kingersheim	Mairie	B		5,7	2,2		22,7	12,3
8	Lutterbach	Ecole René Cassin	E	0,9	1,9	1,0	3,2	6,3	3,7
9	Morschwiller	Ecole du centre	E	0,8	1,3	0,9	2,6	3,6	3,1
10	Mulhouse	Centre culturel "la filature"	LC		4,2	4,0		12,7	12,0
11	Mulhouse	Cinéma Kinépolis	LC		3,9	4,0		9,6	10,5
12	Mulhouse	Crèche Caroline Fritz	C		0,2	0,8		5,9	3,1
13	Mulhouse	Ecole élémentaire Koechlin	E	1,4	2,0	1,5	4,7	6,3	6,4
14	Mulhouse	Ecole maternelle Furstenberger	E	1,3	2,1	1,1	5,2	8,0	4,5
15	Mulhouse	Mairie entrée C	B		3,9	4,3		9,5	22,3
17	Mulhouse	Bureaux SIVOM	B		2,7	2,3		6,4	5,5
19	Pulversheim	Ecole maternelle	E	1,1	1,7	1,3	3,9	5,9	6,1
20	Reiningue	Ecole maternelle	E	0,9	6,5	1,1	2,9	23,8	4,2
21	Richwiller	Ecole maternelle du centre	E	0,8	1,3	0,6	2,2	15,5	2,1
22	Riedisheim	Mairie	B		3,8	2,1		7,4	4,8
23	Riedisheim	Halte Garderie	C	0,9	2,5	1,3	2,9	5,1	2,4
24	Rixheim	Mairie	B		1,5	0,6		5,2	2,1
25	Rixheim	Ecole maternelle les Romains	E	1,3	19,1	5,3	3,6	68,6	23,4
26	Ruelisheim	Mairie + ateliers	B		1,7	0,9		6,5	3,4
27	Sausheim	Groupe Scolaire Nord	E	1,3	2,6	1,3	4,6	8,1	5,6
28	Staffelfelden	Ecole maternelle Mélusine	E	0,9	24,3	1,0	2,9	76,0	3,5
29	Wittenheim	Mairie	B		2,5	1,2		8,8	4,5
30	Wittenheim	Ecole élémentaire Fernand Anna	E	1,1	1,8	1,1	3,9	17,1	3,4
31	Zimmersheim	Ecole primaire	E	0,7	1,8	0,9	2,1	4,9	2,1

Tableau 6 : Concentrations en éthylbenzène et xylènes en milieu intérieur et extérieur en µg/m³ durant la campagne de mesure.
E école, C crèche, B bureau et LC lieu culturel

b. Comparaison des concentrations en benzène et toluène relevées à l'extérieur et à l'intérieur d'un même site

15 établissements scolaires (14 écoles et 1 crèche) ont été instrumentés simultanément d'un capteur de mesure du benzène à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments (Illustration 9).

Pour le benzène :

Il en ressort que le benzène est présent en quantité supérieure à l'extérieur qu'à l'intérieur des locaux étudiés dans une proportion assez similaire (1,8 x en moyenne) sauf à l'école maternelle les Romains à Rixheim. L'écart le plus important montre un facteur 3 entre les concentrations extérieure et intérieure à l'école élémentaire de Feldkirch.

La pollution en benzène qui règne à l'extérieur contribue en grande partie aux concentrations relevées dans les habitats (et milieux clos en général). Le fait que la salle 1 de l'école maternelle les Romains présente des concentrations plus fortes que dans l'air ambiant pourrait souligner la présence d'une source d'émission en benzène dans la pièce en question²⁰.

Pour le toluène :

Pour le toluène le rapport des concentrations entre extérieur et intérieur est inverse et beaucoup plus variable entre 0,07 et 0,87.

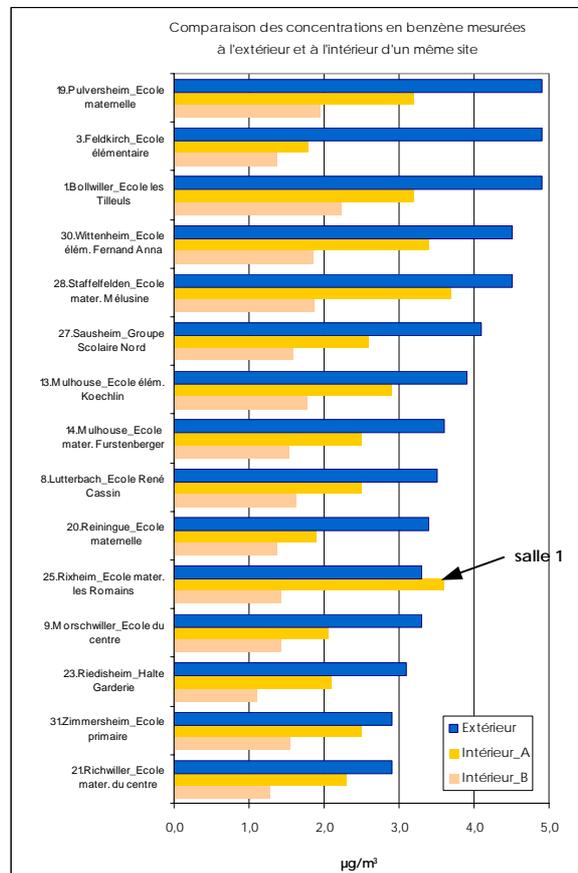


Illustration 9

²⁰ A noter que cette salle de classe est également la plus chargées pour le toluène.

Comparaison des concentrations en benzène et toluène relevées en plusieurs points d'un même établissement

Il est également intéressant de comparer les concentrations en benzène et de toluène relevées en différents lieux d'un même établissement.

Les niveaux ne sont pas homogènes au sein d'une même structure.

- Les écarts de presque 3 µg/m³ pour le benzène se traduisent par une variation de concentration d'un facteur 3 à la mairie de Wittenheim entre la salle 13 et le couloir au niveau 0.
- Pour le toluène, comme pour le benzène, les niveaux sont très variables pour un même site de mesure. Une variation d'un facteur 10 est enregistrée à la crèche Caroline Fritz à Mulhouse entre la salle 1 et la salle des moyens.

Les niveaux de concentrations en benzène peuvent être très variables selon l'endroit où la mesure est réalisée : chaque mesure est donc spécifique au milieu d'observation et celle-ci ne peut être généralisée à l'ensemble d'un bâtiment.

Analyse du rapport benzène/toluène

Le benzène et le toluène sont émis dans un rapport relativement constant par le trafic automobile. La variation de ce rapport entre ces deux polluants est plus souvent le signe d'un apport supplémentaire provenant d'une source autre que le trafic.

Le tableau 5 présente ce rapport pour chaque sites instrumentés en capteurs BTEX, à l'extérieur et à l'intérieur des établissements.

- Le rapport benzène/toluène moyen sur les 15 sites équipés en milieu extérieur est égal à 0,88 variant peu de 0,7 à 1,18.
- A l'intérieur des locaux, le rapport benzène / toluène varie de 0,05 à 0,56 avec une grande hétérogénéité entre les points de mesures d'un même site.

Sites	Intérieur A	Intérieur B	Rapport benzène/toluène		
			Extérieur	Intérieur A	Intérieur B
1. Ecole les Tilleuls Bollwiller	1.CE1	1.CE1_3	0,84	0,32	0,34
3. Ecole élémentaire Feldkirch	3.3	3.1	0,83	0,05	0,14
8. Ecole René Cassin Lutterbach	8.CE2	8.CPA	0,88	0,23	0,21
9. Ecole du centre Morschwiller	9.BCD	9.CM2	1,18	0,56	0,52
13. Ecole élémentaire Koechlin Mulhouse	13.Bât1_Salle3_CE1B	13.Bât2_Salle3	0,75	0,07	0,20
14. Ecole maternelle Furstenberger Mulhouse	14.Salle_1	14.Salle_3	0,75	0,16	0,14
19. Ecole maternelle Pulversheim	19.Grand	19.P	0,75	0,34	0,17
20. Ecole maternelle Reiningue	20.GRA	20.SDJ	1,06	0,12	0,47
21. Ecole maternelle du centre Richwiller	21.Salle_1	21.Salle_3	0,94	0,37	0,09
23. Halte Garderie Riedisheim	23.Salle_1	23.Salle_3	0,94	0,16	0,10
25. Ecole maternelle les Romains Rixheim	25.Salle_3	25.Salle_1	0,89	0,05	0,05
27. Groupe Scolaire Nord Sausheim	27.CE1_Bilingue	27.CM1_CM2	0,71	0,23	0,36
28. Ecole maternelle Mélusine Staffelfelden	28.BCD	28.Grand	0,70	0,16	0,26
30. Ecole élémentaire Fernand Anna Wittenheim	30.CM1	30_4_CE1/CE2	0,88	0,24	0,32
31. Ecole primaire Zimmersheim	31.SDRepos	31.SDClasse	1,07	0,49	0,53

Tableau 7

 Rapport > 1
 Conc. benzène > Conc. toluène

 Rapport < 0,1
 Conc. toluène >> Conc. Benzène

 Rapport > 0,40

Trois sites se démarquent en affichant un rapport supérieur à 1, traduisant des concentrations en benzène supérieures à celles en toluène. 2 hypothèses peuvent expliquer cette situation : les émissions de benzène sont majoritairement dues au transport routier (environ 62% en Alsace) tandis que le toluène a des origines beaucoup plus diverses. Le fait que, devant ces trois écoles, le benzène soit présent en quantité plus importante qu'en toluène indique soit un trafic routier plus important par rapport aux autres sites, soit une source locale émettant du benzène.

En milieu intérieur, 6 salles de classe affichent un rapport inférieur à 0,1, ce qui signifie que les niveaux de concentrations en toluène sont nettement plus importants que ceux en benzène dans ces 6 pièces. Une ou plusieurs sources intérieures peuvent en être la cause.

A noter que pour les 3 établissements qui présentent un rapport benzène/toluène >1 en milieu extérieur (niveaux en benzène plus importants que sur le reste de l'échantillon), ce même rapport en milieu intérieur est plus fort qu'ailleurs ($> 0,40$) traduisant l'influence majeure de la pollution extérieure sur les niveaux constatés à l'intérieur des bâtiments.

Conclusion

L'ensemble de ces résultats pour le benzène et le toluène (rapport des concentrations «intérieures/extérieures», rapport sur un même site ou entre ces deux polluants) suggèrent des sources très spécifiques et localisées dans un établissement voire dans une pièce pour le toluène (produits d'entretien, ameublement, peinture et fumée de cigarette²¹...) et un apport extérieur prépondérant pour le benzène.

²¹ 656 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de toluène émis par cigarette

B. LES ALDEHYDES.

La durée d'exposition des tubes passifs pour déterminer les concentrations en aldéhydes est de 7 jours. Deux séries ont donc été nécessaires pour couvrir les 15 jours de mesure. 28 établissements ont été équipés de capteurs de mesure pour les aldéhydes, installés uniquement à l'intérieur des bâtiments (136 mesures au total).

Au regard des effets des différents aldéhydes sur la santé et de leurs niveaux respectifs mesurés au cours de cette campagne, l'indicateur retenu pour l'analyse détaillée sera le formaldéhyde (composé chimique que l'on retrouve majoritairement et quasi-systématiquement en milieu intérieur et classé cancérigène pour l'homme – groupe 1 depuis 2004).

Les concentrations moyennes sur 15 jours en formaldéhyde ont varié entre 7 et 112 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur l'ensemble des sites suivis. La moyenne des concentrations sur cet échantillon constitué de 68 sites de mesure est de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (illustration 10).

Sur les 136 mesures réalisées au cours de cette campagne, la grande majorité des concentrations rencontrées se situe entre 10 et 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (49% de l'échantillon) – illustration 11.

89% des 136 pièces/salles équipées pour la mesure du formaldéhyde présentent des concentrations inférieures à 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les résultats détaillés concernant 6 autres aldéhydes sont rapportés en annexe V.

Les niveaux les plus élevés ont été relevés dans la salle de sport de l'école primaire de Zimmersheim avec 112 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur 15 jours (106 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur les 7 premiers jours puis 117 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ au cours de la 2^{ème} semaine).

A l'école maternelle « Les Romains » à Rixheim, des teneurs d'un peu plus de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ont été mesurées dans les salles 1 et 5.

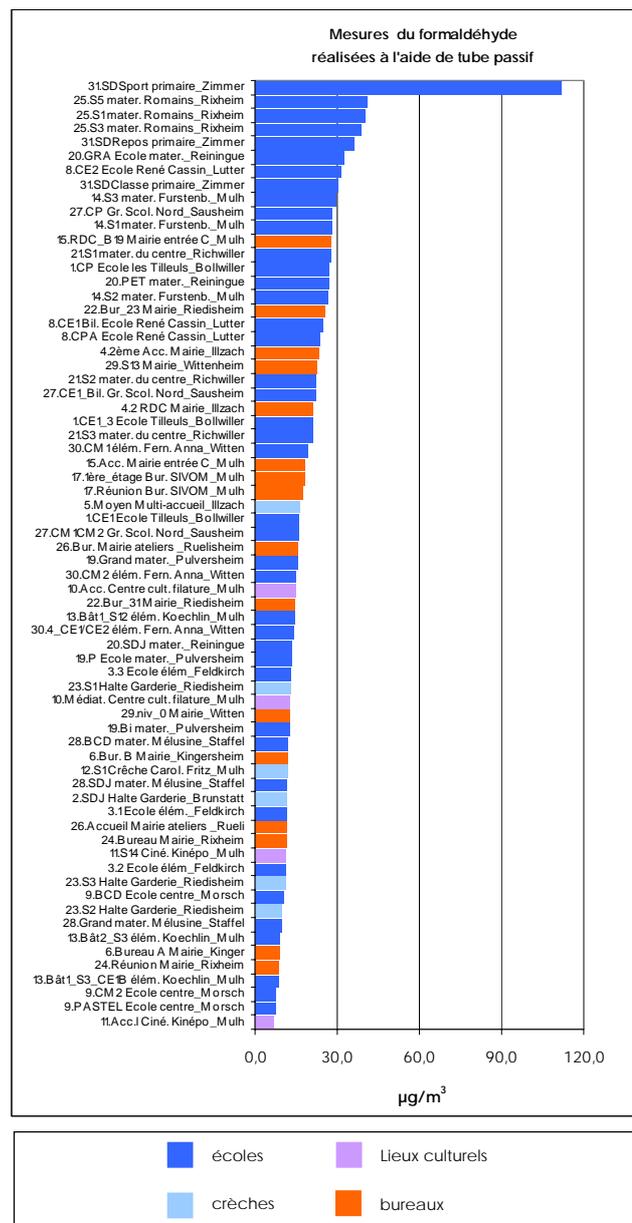


Illustration 10 : distribution des concentrations en formaldéhyde à l'intérieur des bâtiments.

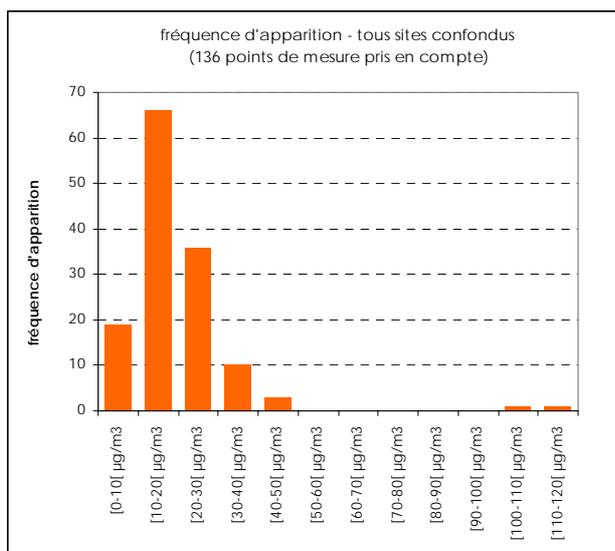


Illustration 11

A l'exception de l'école primaire de Zimmersheim, il est à noter une dispersion relativement faible des résultats entre les différentes pièces d'un même établissement.

Référence aux normes

Pour les aldéhydes, seule une valeur guide de concentrations pour le formaldéhyde a été proposée par l'OMS au niveau européen. Celle-ci est égale à $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition de 30 minutes.

En raison du biais induit par la durée de prélèvement (une semaine) au regard de la valeur guide OMS ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour un prélèvement de 30 minutes), le présent rapport ne peut pas conclure au dépassement ou au non-dépassement de la valeur guide dans certaines salles instrumentées. En effet, le potentiel de dépassement de la valeur guide pour des salles présentant des niveaux non négligeables mais ne dépassant pas $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ va dépendre étroitement de la variabilité des niveaux de formaldéhyde au cours du temps²² (disparité entre périodes diurne et nocturne, influence de la présence ou non de personnels/d'élèves, des conditions de ventilation, etc.).

Néanmoins, dans le cadre de cette étude, l'École primaire de Zimmersheim présente des concentrations qui dépassent la valeur guide 30 min de l'OMS sur une période de prélèvement de une semaine.

²² A noter une étude récente réalisée sur les profils temporels des niveaux en HCHO : Etude exploratoire du profil temporel des niveaux de HCHO dans deux établissements de la ville de Strasbourg à l'aide de prélèvement de 30 minutes - rapport conjoint ASPA/CSTB - ASPA 05092901-ID. Cette campagne a permis de souligner le rôle déterminant du renouvellement d'air sur les niveaux de formaldéhyde et la nécessité d'encourager une aération fréquente des classes, dans lesquelles des niveaux élevés peuvent être rencontrés. En revanche, cette étude ne permet pas de fixer un seuil sur 48 heures ou 1 semaine au dessus duquel il y a des risques de dépassements de la valeur guide de l'OMS.

Référence aux autres campagnes de mesure réalisées en air intérieur

Depuis le début des années 2000, des études pour le suivi des composés organiques volatils en ambiance intérieure (aldéhydes notamment) ont été menées en France afin d'alimenter une base de données jusqu'à présent très parcellaire.

Au niveau français, deux vastes études ont été réalisées dans les établissements scolaires ou les crèches au cours des dernières années²³.

L'étude ISAAC²⁴, a consisté en la mise en œuvre de campagnes de mesure dans des écoles primaires de 6 villes (Marseille, Créteil, Bordeaux, Strasbourg, Reims et Clermont-Ferrand) entre 1999 et 2000. Les mesures ont été réalisées par capteurs passifs à diffusion radiale sur 5 jours (du lundi au vendredi). Les résultats préliminaires montrent que les niveaux en formaldéhyde présentent dans l'ensemble des classes enquêtées (396 salles de classes – représentant 110 écoles) des moyennes variant de 22 à 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ selon les villes. Dans certaines classes, des concentrations intérieures maximales supérieures à 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ont été mesurées.

La deuxième étude de grande ampleur porte sur la qualité de l'air à l'intérieur de crèches collectives de la région Ile de France²⁵.

Cette étude, menée par la DRASS Ile de France et le Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris, comprend le suivi du benzène, du formaldéhyde et de l'acétaldéhyde pendant 2*48h. La campagne de mesure s'est terminée fin 2001 et a permis le suivi de 50 crèches collectives de la région francilienne en période hivernale.

Concernant les teneurs en formaldéhyde, une grande variabilité a été mise en évidence entre les crèches. Les valeurs moyennes relevées sont de 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (écart-type de 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) dans les salles fréquentées par les enfants et de 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (écart-type de 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) dans les cuisines. Le suivi des niveaux de formaldéhyde en air extérieur a permis de confirmer un résultat éprouvé : les principales sources de formaldéhyde sont essentiellement intérieures et les niveaux extérieurs sont très faibles.

²³ Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur, Inventaire des données françaises sur la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments : actualisation des données sur la période 2001-2004. Luc Mosqueron, Vincent Nedellec, octobre 2004.

²⁴ Annesi-masano et al Measurements of air pollutants in elementary schools in the six cities of metropolitan France in the framework of the ISAAC study. Proceedings of the 12th World Clean Air&Environnement Congress and Exhibition, 26-31 August 2001, Seoul, Korea

²⁵ Domsic S., Squinazi F. Connaissance de l'exposition des jeunes enfants à la pollution atmosphériques dans les crèches parisiennes. Convention DRASSIF-LHVP. Avenant n°10. Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris. Mairie de Paris.2002 Octobre.

Une étude menée en 2005 par le l'ASPA²⁶ a permis de suivre les niveaux de formaldéhyde dans l'ensemble des établissements de la ville de Strasbourg (111 écoles et 33 lieux d'accueil de la petite enfance). La concentration moyenne obtenue est de 23 µg/m³ avec un maximum à 122 µg/m³. Cette concentration est respectivement de 18 µg/m³ pour les lieux d'accueil de la petite enfance, de 22 µg/m³ pour les écoles élémentaires et 27 µg/m³ pour les maternelles.

Facteurs environnementaux influençant les niveaux de formaldéhyde

Le suivi des niveaux de formaldéhyde dans cette dernière étude a permis, par le biais d'une analyse statistique, d'identifier les facteurs environnementaux influençant les niveaux de formaldéhyde.

Les sources d'émission de formaldéhyde sont bien identifiées de façon théorique (fumée de cigarette, liants des bois agglomérés, mousse urée formol, peintures, colles, cosmétiques...), il est plus délicat d'identifier concrètement les déterminants qui influencent les niveaux de formaldéhyde. Un recueil descriptif d'information avait été réalisé parallèlement aux mesures²⁷. Pour chacun des sites équipés, le type de revêtement (murs, sol, plafond) et de mobilier a été relevé.

Au vu des résultats, les critères associés à l'âge du mobilier, à la réalisation de grands travaux entre 2001 et 2004 (et à la présence de boiseries sur les murs et

plafonds tendent à influencer sur des niveaux un peu plus élevés de concentrations en formaldéhyde et acétaldéhyde, comparativement à l'ensemble de l'échantillon tous critères confondus. Il convient toutefois de rester prudent quant aux liens mis en évidence à partir d'échantillon de faible effectif, comme par exemple dans le cas de celui afférent aux locaux présentant des boiseries sur les murs et plafonds.

²⁶ Campagne de mesure du formaldéhyde dans les établissements scolaires et d'accueil de petites enfance de la ville de Strasbourg : Bilan des niveaux mesurés - Juin 2005 – ASPA05061301-ID.

²⁷ Ce descriptif a également été réalisé dans le cadre de cette étude et est disponible pour une études plus approfondie.

C. LES AUTRES COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS.

La durée d'exposition des tubes passifs pour déterminer les concentrations en composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) est de 15 jours.

26 établissements ont été équipés de capteurs de mesure des COVNM, à l'intérieur des bâtiments (chaque capteur permettant de suivre 32 composés : liste en annexe VII). Une mesure unique a été réalisée dans les établissements scolaires (une seule classe instrumentée) et deux mesures (dans des pièces différentes) dans les bureaux étudiés.

Seuls les résultats de mesures des composés organiques volatils détectés en quantité importante sur 1 point de mesure des 26 structures suivies sont présentés (voir tableau 8).

L'ensemble des résultats est rapporté en annexe 6).

N° de site	Commune	Sites	Nom du site	1-méthoxy-2-propanol	n-heptane et isomères	n-butyl acétate	2-méthoxyéthyl acétate	2-butoxyéthanol	alpha-pinène	1,2,4-triméthylbenzène et isomères	n-décane	1,4-dichlorobenzène	n-undécane	1-éthoxy-2-propanol*	dipropylène glycol méthyléther (mélange d'isomères)
2	Brunstatt	Halte Garderie	2.Réfectoire	0,4	3,4	3,1	<0,1	348,4	44,4	6,8	2,3	0,8	1,7	<0,1	<1
3	Feldkirch	Ecole élémentaire	3.1	131,5	4,4	75,8	<0,1	2,0	3,7	4,3	3,3	16,0	1,2	<0,1	<1
6	Kingersheim	Mairie	6.Bureau A	2,9	80,1	1,7	<0,1	0,0	1,7	17,8	39,1	118,4	25,6	<0,1	<1
8	Lutterbach	Ecole René Cassin	8.CPA	7,7	14,0	64,3	<0,1	2,4	10,1	4,9	3,0	3,8	1,4	<0,1	<1
9	Morschwiller	Ecole du centre	9.CM2	42,5	3,4	6,6	<0,1	5,0	2,7	3,5	1,3	0,7	0,4	65,8	<1
13	Mulhouse	Ecole élém. Koechlin	13.Bât12_Salle3	16,9	13,8	58,7	90,2	20,3	2,9	25,2	18,0	2,3	9,7	<0,1	1230,8
15	Mulhouse	Mairie entrée C	15.RDC_B19	0,1	3,8	1,3	<0,1	26,1	169,3	117,2	155,3	1,4	85,2		
29	Wittenheim	Mairie	29.Salle_13	0,3	31,2	4,1	<0,1	589,5	3,2	7,8	11,3	0,6	3,6	<0,1	<1

Tableau 8 : Résultats des mesures des COVNM.

o *Dans le réfectoire de la halte garderie de Brunstatt (site n°2)* ont été mesurés des niveaux importants en 2-butoxyéthanol. Une concentration de 348 µg/m³ sur 15 jours d'exposition a été relevée contre 46 µg/m³ en moyenne sur les 26 sites qui composent cet échantillon ;

o *La classe 1 de l'école élémentaire de Feldkirch (site n°3)* présente des concentrations importantes en 1-méthoxy-2-propanol (132 µg/m³) et en n-butyl acétate (76 µg/m³) contre respectivement 10 et 11 µg/m³ en moyenne sur l'ensemble des sites de mesure ;

o Une concentration de 80 µg/m³ de n-heptane et ses isomères ainsi que 118 µg/m³ en 1-4-dichlorobenzène ont été relevés dans *le bureau de la mairie de Kingersheim (site n°6)* contre 15 µg/m³ et 12 µg/m³ en moyenne sur les 26 sites ;

o *La salle CPA à l'école René Cassin de Lutterbach (site n°8)* affiche 64 µg/m³ en n-butyl acétate ;

o 66 µg/m³ en 1-éthoxy-2-propanol ont été mesurés dans *la salle de classe des CM2 à l'école du Centre de Morschwiller (site n°9)* alors que la grande majorité des 26 sites présentent des teneurs inférieures à 0,1 µg/m³ ;

o 3 composés ressortent sensiblement de la mesure réalisée dans *la salle 3 (bâtiment 2) de l'école élémentaire Koechlin à Mulhouse (site n°13)* : le n-butyl acétate, le 2-méthoxyéthyl acétate et le dipropylène glycol méthyléther présents en quantité relativement importante avec respectivement 59, 90 et 1231 µg/m³ mesurés ;

o Les mesures réalisées dans *le bureau 19 (site n°15) de la mairie de Mulhouse (entrée C au rez-de-chaussée)* indiquent également la présence de plusieurs composés en quantité importante tels l'alpha pinène (169 µg/m³ relevés sur 15 jours d'exposition), le 1,2,4 triméthylbenzène et ses isomères (117 µg/m³) et le n-décane (155 µg/m³) et n-undécane (85 µg/m³) ;

o Du 2-butoxyéthanol a été retrouvé dans *la salle 13 de la mairie de Wittenheim (site n°29)* avec une mesure à 590 µg/m³.

Les sources d'émission des COV à l'intérieur des locaux sont très variées et peuvent expliquer les niveaux mesurés de COV disparates. Le descriptif ci-dessous des sources d'émissions permet de mettre en relation dans un premier temps les sites de mesure et l'utilisation faite d'un certain nombre produits d'utilisation courante (entretien, ...) ou l'ameublement etc..

Descriptif :

1-méthoxy-2-propanol : solvant dans l'industrie des laques, peintures, vernis, résines, encres, colorants, liquide de nettoyage, savons, cosmétiques. Agent de dispersion pour les huiles et les graisses. Constituants des colles. Agent de coalescence ou cosolvants dans les peintures en phase aqueuse. Liquide e refroidissement et fluide de transfert de chaleur.

n-heptane et isomères : Solvant pour colles, encres, caoutchoucs et matières plastiques. Solvant d'extraction. Intermédiaire de synthèse.

n-butyl acétate : Solvant (industrie des matières plastiques, des encres, des peintures, laques et vernis). Agent d'extraction. Agent de déshydratation. Synthèse organique, parfumerie.

2-méthoxyéthyl acétate : Solvant (fabrication des laques, encres d'imprimerie, industrie des matières plastiques, de la nitrocellulose, des dérivés cellulosiques...). Industries textiles. Industrie photographique.

2-butoxyéthanol : Solvant dans l'industrie des peintures, vernis, encres d'imprimerie et dans l'industrie cosmétique. Constituant de produits divers : dégraissant. Produits d'entretien ménager et industriels. Produits utilisés dans l'industrie mécanique et métallurgique (lubrifiants, dégraissants...).

Produits phytosanitaires : fongicides, herbicides. Produits de traitement des bois. Intermédiaire de synthèse organique, notamment pour la fabrication de l'acétate de 2-butoxyéthyle.

alpha-pinène : désodorisant, parfum d'intérieur, produit d'entretien.

1,2,4-triméthylbenzène et isomères : Intermédiaire de synthèse. Constituant de solvants pétroliers (white-spirit ordinaire, solvant naphta, solvants aromatiques, etc. ...) utilisés pour la formulation de diluants, peintures, vernis, encres, pesticides. Constituants de carburants et de goudrons.

n-décane : white spirit, colles pour sol, cires, vernis à bois, sol, moquettes, tapis.

1,4-dichlorobenzène : Agent antimite et désodorisant à usage domestique. Taupicide. Intermédiaire en synthèse organique, notamment pour la fabrication de colorants, de produits pharmaceutiques et d'insecticides. Production de résines à base de polysulfure de phénylène.

n-undécane : white spirit, colles pour sol, cires, vernis à bois, nettoyeurs sol.

Dans chacune des salles présentant des taux importants de polluant, un recueil descriptif devrait être envisagé. Une enquête a posteriori devrait consigner l'âge du mobilier, les dates de réalisation des travaux mais également les utilisations de produits d'entretien ou stockage de produits divers.

Cette remarques vaut également pour les salle où des niveaux importants en aldéhydes et hydrocarbures monocycliques ont été relevés.

VIII. ANALYSE DES RESULTATS DE LA CAMPAGNE DE MESURE DANS LES MICRO ENVIRONNEMENTS "EXTERIEURS"

A. LES PARTICULES INERTES

Les mesures particulières qui englobent les mesures de particules PM₁₀, les métaux lourds et les hydrocarbures aromatiques polycycliques ont été réalisées au travers d'un prélèvement journalier, entre le 6 et le 20 avril 2005. Les particules PM₁₀ ont été mesurées quotidiennement durant cette période, les mesures des HAP et des métaux lourds se sont limitées aux deux seuls jours du 15 et 16 avril 2005. Parallèlement ces deux sites ont été équipés de tubes passifs pour la mesure des BTEX et du dioxyde d'azote.

Deux sites ont été équipés de préleveurs de type Digital DA80 permettant ces mesures :

- dans le square Steinbach à Mulhouse ;
- au sous-sol du Parking de l'Europe à Mulhouse.



Les effets sur la santé ainsi que les normes de qualité de l'air (dans l'air ambiant ou en milieu intérieur) sont présentés en annexe V pour chaque polluant étudié.

Les évolutions journalières des concentrations en particules relevées dans le square et dans le parking présentent des profils et des niveaux de concentrations très différents (illustration 12) : la moyenne des concentrations en PM₁₀ (sur les 15 jours de mesure) dans le square est de 22 µg/m³ tandis que dans le parking, cette moyenne atteint 181 µg/m³. Des variations importantes des niveaux moyens journaliers sont perceptibles dans le parking, fluctuant entre 25 µg/m³ le 17 avril et 696 µg/m³ le 14 avril 2005. Dans le square, en air ambiant, ces variations sont moindres. Les valeurs journalières ont varié entre 11 µg/m³ pour la journée du 17 avril et 40 µg/m³ le 14 avril 2005.

Il est intéressant de constater que les minima et maxima des concentrations en particules relevés sur les deux sites au cours de la campagne s'observent les mêmes jours.

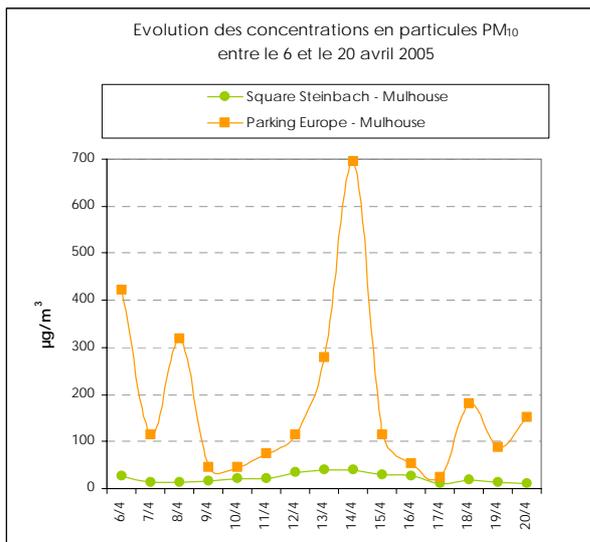


Illustration 12

Référence aux normes

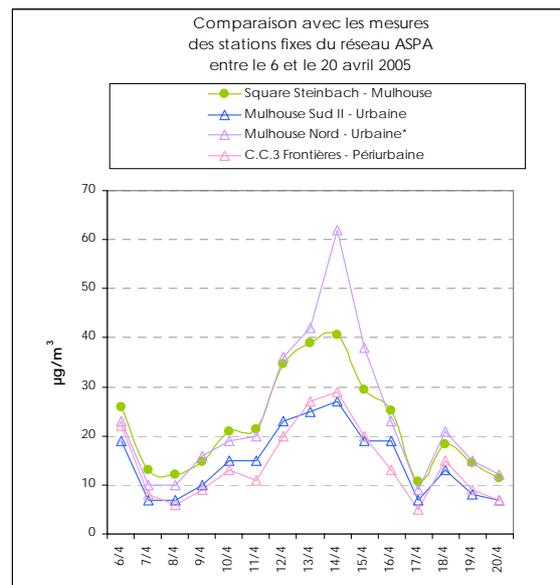
Des seuils d'information et d'alerte²⁸ ont été établis par arrêtés préfectoraux (2004) et fixant ces niveaux à :

- *Seuil d'information* : 80 µg/m³ en moyenne glissante sur 24h ;
- *Seuil d'alerte* : 125 µg/m³ en moyenne glissante sur 24h.

Ces seuils ne sont pas dépassés dans le square Steinbach à Mulhouse.

En se référant aux normes de qualité pour l'air ambiant, les niveaux de particules rencontrés dans le parking dépassent le seuil d'information et le seuil d'alerte respectivement 10 et 6 jours sur la période de mesure (15 jours).

Illustration 13



²⁸ Les niveaux de recommandation et d'alerte sont des seuils de courtes durées à partir desquels une information comportant un état de niveaux ainsi que des recommandations comportementales et sanitaires doivent être délivrées à la population. Le niveau d'alerte déclenche de plus des mesures réglementaires de réduction des rejets (circulation alternée, vitesse réduite, etc.).

Comparaison avec les mesures des stations fixes du réseau ASPA

Trois stations fixes du réseau de l'ASPA, implantées dans ou à proximité de l'agglomération mulhousienne, sont équipées de capteurs pour la mesure des particules PM10 : Mulhouse Sud II et Mulhouse Nord, intégrées dans le tissu urbain mulhousien et la station CC3F, située dans un village en périphérie de Mulhouse (de typologie périurbaine).

L'illustration 13 présente des courbes d'évolution des teneurs en particules mesurées sur 24 heures dans le square Steinbach à Mulhouse ainsi que celles représentant les 3 stations fixes précitées.

Les niveaux de concentrations relevés dans le square Steinbach montrent un profil analogue à ceux des stations 'Mulhouse Sud II' et 'CC3F' et diverge avec celui de 'Mulhouse Nord' sur la journée du 14 avril uniquement. Pour cette journée, les niveaux moyens mesurés sur la station Mulhouse Nord se détachent de ceux rencontrés sur l'agglomération mulhousienne avec une élévation significative des concentrations de PM10 (+20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entre la journée du 13 et du 14 avril), élévation beaucoup plus atténuée sur les autres sites de mesure (+2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) : la station Mulhouse Nord est une station de typologie urbaine comme Mulhouse Sud II mais fortement influencée par le trafic routier alentours, pouvant engendrer des pics très localisés.

B. LES BTEX : COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS MONOCYCLIQUES

a. Parking

Deux tubes passifs BTEX ont été installés dans le parking de l'Europe, au rez-de-chaussée et au sous-sol.

Les niveaux de benzène mesurés durant 15 jours dans le parking sont très importants et sont très différents des ordres de grandeur pouvant être rencontrés dans les locaux ou dans l'air ambiant. Les deux sites du parking indiquent des concentrations supérieures à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (valeur limite annuelle) avec respectivement 14 et $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ au rez-de-chaussée et au sous-sol. L'objectif de qualité de l'air ainsi que les valeurs limites imposées par le décret n°2002-213 sont largement dépassés.

Les teneurs en toluène sont également élevées avec $77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ au rez-de-chaussée et $151 \mu\text{g}/\text{m}^3$ au sous-sol du parking durant la période de mesures.

A noter que ces concentrations importantes en composés organiques volatils monocycliques sont corroborées par les niveaux de dioxyde d'azote rencontrés dans le parking (71 et $74 \mu\text{g}/\text{m}^3$) dépassant la valeur limite 2005 ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et confirmant l'impact d'un trafic routier intense dans un espace confiné permettant l'accumulation des polluants (benzène, toluène et oxydes d'azote).

b. Square

Un tube passif BTEX a été installé dans le square Steinbach à Mulhouse.

Les niveaux mesurés dans le square sont plus faibles que sur la grande majorité des autres sites instrumentés pour la mesure du benzène et du toluène et sont inférieurs à la moyenne des points de mesures dans l'air ambiant durant cette campagne. Les concentrations en benzène mesurées dans le square sont de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ restant inférieures à la valeur limite 2005 mais égales à la valeur de l'objectif de qualité de l'air ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et de $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en toluène.

Les valeurs toxicologiques de référence ou VTR sont de bons indicateurs, permettant de se rendre compte de l'impact des niveaux d'exposition sur la santé.

L'ATSDR²⁹ propose comme valeur de référence pour le toluène :

- MRL (Minimal Risk Level) égal à $170 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour des expositions courtes (inférieures à 14 jours) ;
- MRL égal à $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour des expositions intermédiaires (de 14 à 365 jours).

Cette seconde valeur est dépassée sur dans le parking.

L'US EPA³⁰ fixe un RfC (Reference Concentration – voie respiratoire) égale à $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ qui est une estimation de la quantité de produit à laquelle un individu peut théoriquement être exposé, par inhalation, sans constat d'effet nuisible.

Cette valeur n'est pas dépassée dans le parking.

²⁹ ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry (Etats-Unis)

³⁰ US EPA : United States - Environmental Protection Agency (Etats-Unis)

C. LES METAUX TOXIQUES ET HAP³¹

Les métaux lourds étudiés au cours de cette campagne sont le plomb (Pb), le Cadmium (Cd), le nickel (Ni), l'arsenic (As), le chrome (Cr), le cuivre (Cu) et le zinc (Zn).

Concernant les hydrocarbures aromatiques polycycliques, 9 composés ont été tracés plus précisément :

- benzo(a)anthracène ;
- chrysen ;
- benz(e)pyrène ;
- benz(b)fluoranthène ;
- benz(k)fluoranthène ;
- benz(a)pyrène ;
- dibenz(a,h)anthracène ;
- benzo(g,h,i)perylène ;
- indeno(c,d)pyrène.

Les résultats des mesures sont présentés dans le tableau 9.

Les concentrations ont globalement diminué entre le 15 et le 16 avril 2005, quel que soit le composé étudié (métaux ou HAP) et quel que soit le milieu observé, dans l'air ambiant ou en espace confiné (square/parking). Seul les teneurs en zinc ont légèrement augmenté (+3,5 µg/m³) entre ces deux jours.

Les mesures des métaux et des HAP révèlent toutes des concentrations plus élevées dans le sous-sol du parking que dans le square. Ces différences de concentrations entre milieu extérieur et intérieur peuvent être plus ou moins importantes selon les composés et les jours observés : des écarts de 81, 33 et 26 µg/m³ ont été relevés entre les concentrations – respectivement de zinc, plomb et cuivre – mesurées dans le parking et dans le square.

³¹ Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

Référence aux normes

La valeur limite pour le plomb fixée à 500 ng/m³ (à ne pas dépasser en moyenne sur 1 an³²) n'est atteinte ni dans le square, ni dans le parking.

Il en est de même concernant le cadmium et le nickel dont les niveaux journaliers relevés sur les deux sites n'ont pas dépassé les valeurs cibles (fixées à respectivement 5 et 20 ng/m³ en moyenne sur 1 an pour le cadmium et le nickel)³³.

En revanche, les concentrations d'arsenic (6,5 ng/m³) et de b(a)P (3,7 ng/m³) mesurées pour la journée du 15 avril sont supérieures aux valeurs cibles³⁴. Le lendemain pour l'arsenic, les valeurs avaient chuté et étaient repassées sous la valeur cible (0,8 µg/m³ mesurés le 16 avril).

La valeur cible pour le benzo(a)pyrène (1 ng/m³ en moyenne sur 1 an) est dépassée sur les deux jours de prélèvement avec respectivement 3,7 et 1,9 ng/m³ mesurés le 15 et le 16 avril.

³² Directive fille 1999/30/CE

³³ Directive fille 2004/461/CE

³⁴ 6 ng/m³ en moyenne sur 1 an pour l'arsenic et 1 ng/m³ pour le benzo(a)pyrène

Composés	Square Steinbach			Parking de l'Europe / sous-sol		
	15-avr	16-avr	Moy.	15-avr	16-avr	Moy.
Pb [ng/m ³]	31,3	13,2	22,2	64,8	17,3	41,1
Cd [ng/m ³]	0,5	0,3	0,4	0,6	0,3	0,4
Ni [ng/m ³]	1,6	1,0	1,3	5,1	7,1	6,1
As [ng/m ³]	0,7	0,3	0,5	6,5	0,8	3,7
Cr [ng/m ³]	2,7	1,4	2,1	9,0	13,0	11,0
Cu [ng/m ³]	44,6	12,3	28,5	70,2	17,6	43,9
Zn [ng/m ³]	31,0	34,5	32,8	112,3	58,6	85,4
Benz(a)anthracen [ng/m ³]	0,3	0,1	0,2	2,1	0,8	1,5
Chrysen [ng/m ³]	0,3	0,2	0,2	1,3	0,6	0,9
Benz(e)pyren [ng/m ³]	0,4	0,1	0,2	1,3	0,5	0,9
Benz(b)fluoranthen [ng/m ³]	0,6	0,2	0,4	2,0	0,9	1,4
Benz(k)fluoranthen [ng/m ³]	0,2	0,1	0,2	1,3	0,6	1,0
Benz(a)pyren [ng/m ³]	0,4	0,1	0,2	3,7	1,9	2,8
Dibenz(a,h)anthracen [ng/m ³]	n.n.<0,05	n.n.<0,05	n.n.<0,05	0,3	0,3	0,3
Benzo(g,h,i)perylene [ng/m ³]	0,6	0,3	0,4	6,0	3,6	4,8
Indeno(c,d)pyren [ng/m ³]	0,5	0,2	0,3	4,0	2,0	3,0

Tableau 9 : Résultats des mesures des métaux lourds et des HAP.

IX. CONCLUSION

Cette étude exploratoire menée de février à avril 2005 sur le SIVOM de l'agglomération mulhousienne se proposait d'appréhender la qualité de l'air dans des lieux fréquentés par le public et ceci afin d'évaluer l'exposition des populations fréquentant ces différents milieux.

En outre, ces travaux cadre également avec les orientations du plan régional pour la qualité de l'air en Alsace qui fixe des orientations régionales visant à suivre, prévenir, réduire ou atténuer la pollution atmosphérique et ses effets sur la santé et l'environnement.

Pour répondre à ces objectifs, des mesures ont été réalisées dans différents milieux, extérieurs et intérieurs.

En air extérieur...

Les mesures réalisées dans le parking de l'Europe présentent des niveaux de concentrations en polluants très élevés, pouvant flirter voire dépasser les normes de qualité de l'air comme c'est le cas pour le dioxyde d'azote, le benzène, les particules PM₁₀, l'arsenic et le benzo(a)pyrène ;

Les relevés effectués dans le square Steinbach à Mulhouse indiquent des niveaux de concentrations nettement moins importants que dans le parking, équivalents (voire même plus faibles pour certains polluants comme le benzène) aux niveaux de pollution rencontrés en milieu urbain.

En air intérieur...

Dans la grande majorité des cas, les niveaux de concentrations en composés organiques volatils (dont les BTEX et les aldéhydes) relevés dans les espaces clos *peuvent être qualifiés de modérés, seuls quelques établissements* (et plus particulièrement certaines salles/pièces de ces établissements) *se démarquent par une présence accrue* (en terme de concentration) *de certains polluants* au regard du reste de l'échantillon de mesure et des normes de qualité de l'air. De ce fait, une attention toute particulière a été portée à ces micro-environnements (retour dans les différentes pièces en question pour lister les sources potentielles d'émission) et des mesures complémentaires vont être mises en place afin de confirmer ces premiers relevés (phase de mesure prévue pour début 2007).

Le tableau présenté en page suivante (tableau 10) liste les établissements et les salles ayant indiquées des niveaux pour certains polluants anormalement élevés et pour lesquelles des investigations complémentaires ont et vont être mises en place dans les prochains temps.

Commune	Lieux	Salle	ALDEHYDES	AUTRES COV	ORIGINES PROBABLES
Feldkirch	Ecole Elementaire	3.1		1-methoxy-2-propanol, n-butylacetate, limonène	Encres, peintures, laques, vernis, savons, cosmétiques, parquet, désodorisant, parfum d'intérieur, cires, nettoyeur sol
		3.3		toluène	Peinture, vernis, colles, encres, moquettes, tapis, solvant
Rixheim	Ecole maternelle des Romains	25. Salle 1	formaldehyde, butyraldehyde	xyènes, toluène, n-heptane, methyl acétate	Photocopieurs, peinture bois, fumée de cigarette, vernis, colles, encres, moquettes, tapis, solvant
		25. Salle 3	formaldehyde, butyraldehyde	benzène, toluène, ethylbenzène, xyènes	Photocopieurs, peinture bois, fumée de cigarette, Peinture, vernis, colles, encres, moquettes, tapis, solvant, insecticides
		25. Salle 5	formaldehyde, butyraldehyde		Photocopieurs, peinture bois, fumée de cigarette
Zimmersheim	Ecole Primaire	31. Salle de repos	formaldehyde	benzène	Bois, colle, photocopieur, fumée de cigarette, produit de bricolage, d'ameublement, de construction et de décoration
		31. Salle de sport	formaldehyde		Photocopieurs, peinture bois, fumée de cigarette
Mulhouse	Creche caroline Fritz	12. Salle 1		benzène, Toluène	Fumée de cigarette, produit de bricolage, d'ameublement, de construction, de décoration, peinture, vernis, colles, encres, moquettes, tapis
Mulhouse	Mairie	15. Entrée C RDC - bureau19	acétaldéhyde, propionaldéhyde, butylaldéhyde	a pinene, n decane, n nonane, 1-2-4 trimethylbenzene	Fumée de cigarette, Photocopieur, panneaux de bois, désodorisant d'interieur, white spirit, vernis
Staffelfelden	Ecole maternelle Mélusine	28. BCD		benzène, ethylbenzène, xyènes	Fumée de cigarette, produit de bricolage, d'ameublement, de construction, de décoration, cires, peintures, vernis, colles, insecticides

Tableau 10 : Sites de mesure nécessitant des investigations complémentaires