



Au service  
de la qualité  
de l'air

## Campagne de mesures de la qualité de l'air intérieur au sein du lycée Marguerite Yourcenar d'Erstein

Rapport relatif à la campagne de mesures  
qui s'est déroulée du 13 au 17 décembre 2010.

ASPA 11011704 - ID

Version du 27 janvier 2011

Contrat n° 389-10



Avec le soutien du **GRSP**

Groupement Régional  
de Santé Publique



**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 termes de « Source d'information ASPA 11011704-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 : Xavier Pinget

• Intervenants études :

- Coordination du projet : Nathalie Leclerc

- Rédaction du rapport : Agnès Bertrand

- Tiers examen du rapport : Nathalie Leclerc

- Approbation finale : Emmanuel Rivière

## SOMMAIRE

<b>I. CADRE ET OBJECTIF DE L'ETUDE .....</b>	<b>4</b>
<b>II. CAMPAGNE DE MESURES .....</b>	<b>4</b>
A. PARAMETRES MESURES .....	4
B. ECHANTILLONNAGE ET ANALYSES .....	5
C. LIMITES DE L'ETUDE.....	5
D. PERIODE DE MESURE ET EMPLACEMENT DES SITES .....	6
<b>III. RESULTATS DES MESURES .....</b>	<b>7</b>
A. SUIVI DES ALDEHYDES.....	7
1. Concentrations mesurées .....	7
2. Situation au regard des valeurs repères.....	8
3. Référence aux autres campagnes de mesure réalisées en air intérieur .....	8
B. SUIVI DES COV.....	10
1. Concentrations mesurées .....	10
2. Situation au regard des valeurs guides .....	12
3. Référence à la campagne nationale logement OQAI .....	12
C. TAUX DE RENOUVELLEMENT DE L'AIR .....	13
1. Ventilation et qualité de l'air intérieur.....	13
2. Etude de l'évolution journalière des teneurs en CO <sub>2</sub> , T et HR.....	13
<b>IV. CONCLUSION.....</b>	<b>18</b>
<b>ANNEXE I :ECHANTILLONNEURS.....</b>	<b>19</b>
<b>ANNEXE II :ORIGINES DES ALDEHYDES ET AUTRES COV .....</b>	<b>20</b>

## I. CADRE ET OBJECTIF DE L'ETUDE

La Région Alsace a contacté l'ASPA afin de faire réaliser un suivi de la qualité de l'air à l'intérieur des locaux modulaires du lycée Marguerite Yourcenar, rue Victor Schoelcher à Erstein.

En effet, certains élèves et enseignants se sont plaints d'une odeur forte et persistante dans ces locaux et ont fait part de maux de tête ressentis fréquemment.

L'ASPA a réalisé des mesures du 13 au 17 décembre 2010. Celles-ci ont eu pour objectif de caractériser qualitativement et quantitativement la présence de certains composés organiques volatils et aldéhydes ainsi que les niveaux de dioxyde de carbone en tant qu'indicateur de confinement dans les locaux.

Soulignons que cette étude est mise en œuvre dans le cadre d'une action financée par le Plan Régional de Santé Publique.

## II. CAMPAGNE DE MESURES

### A. PARAMETRES MESURES

De nombreuses études sur la qualité de l'air intérieur ont déjà été menées, et ceci dans de nombreux lieux de vie : habitats, écoles, bureaux, etc. Elles ont toutes mis en évidence une spécificité de la pollution de l'air intérieur.

Il s'avère que les composés chimiques présents sont les aldéhydes (le formaldéhyde – HCHO – majoritairement et de manière quasi-systématique) et certains composés organiques volatils (COV).

L'utilisation régulière de peintures, vernis, colles, revêtements de sols, produits d'ameublement (bois aggloméré), produits d'entretien, etc. pour la construction, la rénovation ou le nettoyage, provoque la libération de telles substances chimiques dans l'air.

Ces deux classes de composés (aldéhydes, composés organiques volatils dont le benzène, le toluène, l'éthylbenzène et les xylènes - BTEX) ont ainsi été retenues comme indicateurs de la qualité de l'air intérieur.

Afin de recueillir des informations pouvant potentiellement expliquer les taux de formaldéhyde et de COVM mesurés et certains symptômes ressentis, des données complémentaires ont été recueillies :

- ✓ Suivi des paramètres physiques température et humidité relative,
- ✓ Mesure des taux de CO<sub>2</sub>, qui permet entre autre d'obtenir des informations sur l'étanchéité du bâtiment et d'approcher le degré de confinement des locaux.

## B. ECHANTILLONNAGE ET ANALYSES

Les prélèvements d'air ont été réalisés à l'aide de préleveurs temporaires à diffusion passive (cf. annexe I). Ils permettent le suivi des aldéhydes (formaldéhyde, acétaldéhyde...) et des composés organiques volatils.

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 différée des échantillons en laboratoire. Ce mode de prélèvement fournit une moyenne sur l'ensemble de la période d'exposition.

Les analyses de ces différents prélèvements ont été réalisées en laboratoire :

- Concernant les aldéhydes, l'analyse est réalisée au GIE-LIC<sup>1</sup> Laboratoire Inter-régional de Chimie par HPLC couplée avec un détecteur UV.
- Concernant les COV, les tubes passifs sont analysés en laboratoire (GIE –LIC) par chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse (CG-MS) permettant de suivre entre autres les BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes). Des analyses complémentaires ont été sous-traitées en Italie (Fondazione Salvatore Maugeri) pour identifier et quantifier précisément les différents COV sur l'un des sites de mesures.

Les mesures de CO<sub>2</sub>, de température et humidité relative, ont été réalisées à l'aide de l'analyseur d'ambiance Q-Trak. Les résultats obtenus sont enregistrés en simultané par pas de temps de 10 minutes sur les différents sites de prélèvement.



## C. 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.**

---

<sup>1</sup> GIE-LIC : laboratoire au sein duquel coopèrent plusieurs AASQA (Associations Agréées de surveillance de la qualité de l'air) et qui exerce son activité dans les locaux de l'ASPA

#### D. PERIODE DE MESURE ET EMPLACEMENT DES SITES

La campagne de mesures s'est déroulée du lundi 13 au vendredi 17 décembre 2010 soit 4,5 jours d'exposition conformément au protocole de mesure mis en œuvre dans le cadre de la campagne nationale pilote « écoles et crèches » 2009-2011.

Les mesures ont été réalisées dans le bloc modulaire (photo 1) qui est composé de 4 salles identiques réparties de part et d'autre d'un couloir central.



Photo 1 : Bloc modulaire

Le ressenti étant identique dans les 4 salles, il a été convenu d'instrumenter :

- Site n°1 : la salle de classe G3 (équipée en doublon),



Site n° 1 : Salle de classe G3

- Site n° 2 : la salle de classe G1,
- Site n° 3 : site de mesures à l'extérieur (pour appréhender les transferts de polluants BTEX de l'extérieur vers l'intérieur).



Site n° 3 : Extérieur du bâtiment

### III. RESULTATS DES MESURES

#### A. SUIVI DES ALDEHYDES

Le tableau 1 présente les résultats de l'analyse des composés de la famille des aldéhydes (formaldéhyde, acétaldéhyde, propionaldéhyde, butyraldéhyde, benzaldéhyde, isovaléraldéhyde, valéraldéhyde).

Au sein de cette famille de polluants, deux composés suscitent un intérêt particulier au regard de leurs effets sur la santé : **le formaldéhyde et l'acétaldéhyde.**

Le formaldéhyde est classé cancérigène depuis juin 2004 par le CIRC (Centre International de Recherche sur le Cancer). C'est également un irritant des yeux, de la gorge et du nez.

L'acétaldéhyde quant à lui est également un irritant et a été classé cancérigène possible par le CIRC.

##### 1. Concentrations mesurées

Les niveaux en formaldéhyde mesurés durant la campagne présentent des teneurs en formaldéhyde de respectivement 24,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dans la salle G1 et 26,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dans la salle G3.

Les teneurs en acétaldéhyde sont plus faibles et présentent un maximum de 4,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour la salle G1.

Les concentrations des autres aldéhydes sont quant à elles considérées comme faibles.

Concentrations moyennes en $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
Polluants	Site 1 salle G3	Site 2 salle G1
<b>Formaldéhyde</b>	<b>26,5</b>	<b>24,3</b>
Acétaldéhyde	4,0	4,3
Propionaldéhyde	1,4	1,6
Butyraldéhyde	5,2	6,5
Benzaldéhyde	1,0	0,8
Isovaléraldéhyde	<0,5	<0,5
Valéraldéhyde	2,0	1,8

**Tableau 1 :** Concentrations en aldéhydes.

## 2. Situation au regard des valeurs repères

En novembre 2009, le Haut Conseil de santé publique (HCSP) a rendu public son rapport sur les **valeurs-repères d'aide à la gestion dans l'air intérieur pour le formaldéhyde**.

Le HCSP propose ainsi :

- **10 µg/m<sup>3</sup>**, comme **valeur-cible à atteindre d'ici 10 ans** (valeur sanitaire de l'ANSES pour une exposition long terme),
- **30 µg/m<sup>3</sup>**, comme **valeur-repère (VR)** de qualité d'air, sous laquelle, «en 2009, aucune action corrective spécifique n'est préconisée»,
- **50 µg/m<sup>3</sup>** comme **valeur intermédiaire d'information et de recommandation (VIR)**. Au-delà de 50 µg/m<sup>3</sup>, des actions de correction devront être mises en place dans les mois suivant la mesure.
- **100 µg/m<sup>3</sup>** comme **valeur d'action immédiate (VAI) ou d'action rapide (VAR)**. Au cours du mois suivant leur mesure et confirmation, la ou les sources en cause doivent être identifiées et neutralisées dans le but de ramener les teneurs ambiantes en dessous de la valeur repère, soit 30 µg/m<sup>3</sup> en 2009.

L'ANSES a proposé en juillet 2007 pour ce composé 2 valeurs guides sanitaires :

- **50 µg/m<sup>3</sup> sur 2 heures** pour une exposition à **court terme**
- **10 µg/m<sup>3</sup>** pour une exposition à **long terme**.

Les concentrations en formaldéhyde mesurées dans les salles de classe sont **inférieures à la valeur repère** de qualité d'air **du HCSP**. Elles restent supérieures à la valeur cible pour l'exposition à long terme de l'ANSES.

## 3. Référence aux autres campagnes de mesure réalisées en air intérieur

### La campagne de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI)

L'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI)<sup>2</sup> a réalisé en 2004-2005 une vaste campagne afin d'obtenir une image représentative de la qualité de l'air à l'intérieur des logements français (567 logements enquêtés). Les résultats obtenus sont renseignés dans le tableau 2.

Résultats campagne nationale logements		
OQAI (µg/m <sup>3</sup> )		
Polluants	Médiane	95 <sup>ème</sup> percentile
Formaldéhyde	19,6	46,7
Acétaldéhyde	11,6	30,0

Médiane 50% des logements ont des teneurs inférieures à cette valeur  
xx<sup>ème</sup> percentile xx % des logements ont des teneurs inférieures à cette valeur

**Tableau 2 :** Concentrations mesurées en aldéhydes lors de la campagne OQAI

Les **concentrations** mesurées pour le **formaldéhyde** sont légèrement supérieures au niveau médian obtenu lors de la campagne OQAI. Celles en acétaldéhyde sont inférieures.

<sup>2</sup> Campagne nationale Logements : État de la qualité de l'air dans les logements français Rapport final (mise à jour mai 2007 [http://www.airinterieur.org/userdata/documents/Document\\_133.pdf](http://www.airinterieur.org/userdata/documents/Document_133.pdf))



### L'étude ISAAC<sup>3</sup>

Cette étude 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 µg/m<sup>3</sup>** selon les villes. Dans certaines classes, des concentrations intérieures maximales supérieures à 100 µg/m<sup>3</sup> ont été mesurées.

### Campagne CUS

Fin 2004-début 2005, la ville de Strasbourg a souhaité disposer d'une image représentative des niveaux de formaldéhyde rencontrés dans l'ensemble des écoles maternelles / primaires et des lieux accueil petite enfance.

La **concentration moyenne** rencontrée résultant des 526 points de mesure s'élève à **23 µg/m<sup>3</sup>** avec une médiane à 19 µg/m<sup>3</sup>. Basée sur des prélèvements de 48h, la campagne<sup>4</sup> a permis de souligner une grande disparité d'exposition au formaldéhyde et de cerner certains établissements pouvant potentiellement dépasser les 100 µg/m<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> 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.

<sup>4</sup> ASPA 05051901-ID Campagne de mesure du formaldéhyde dans les établissements scolaires et d'accueil de petite enfance de la ville de Strasbourg : bilan des niveaux mesurés.

## B. SUIVI DES COV

### 1. Concentrations mesurées

Le tableau 3 présente les résultats des analyses en BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène, m+p xylènes et o-xylène).

Le benzène est présent à des concentrations moyennes de 2,5 µg/m<sup>3</sup> en salle G3 et de 2,2 µg/m<sup>3</sup> en salle G1. Les niveaux extérieurs s'élèvent à 1,5 µg/m<sup>3</sup>.

A noter que les concentrations de toluène et d'o-xylène n'ont pas pu être quantifiées en raison de la présence de composés (éther de glycol notamment) en air intérieur (salle G1 et G3) qui interfèrent lors de l'analyse (co-élution des différents composés rendant la quantification problématique). Toutefois, elles ont été quantifiées dans la salle G3 via l'analyse complète des COV, basée sur une technique différente de détection (cf tableau 4) et s'élèvent à 4,2 µg/m<sup>3</sup> pour le toluène et 0,8 µg/m<sup>3</sup> pour le o-xylène.

En ambiance extérieure, le niveau de toluène est limité à 1,2 µg/m<sup>3</sup>.

A noter que les niveaux en benzène, éthylbenzène et m+p xylène sont très semblables dans les deux salles instrumentées.

Concentrations moyennes en µg/m <sup>3</sup>			
Polluants	Site 1 G3	Site 2 G1	Site 3 Ext
<b>Benzène</b>	<b>2,5</b>	<b>2,2</b>	<b>1,5</b>
<b>Toluène</b>	<b>nq</b>	<b>4,2</b>	<b>1,2</b>
Ethylbenzène	2,4	2,4	0,3
M+p-xylène	3,5	3,5	0,7
o-xylène	<b>nq</b>	<b>0,8</b>	0,3

*nq : présence d' interférent*

**Tableau 3 :** Concentrations en BTEX

Une étude a été menée par le CSTB<sup>5</sup> sur le transfert de la pollution extérieure vers l'intérieur des locaux. Celle-ci a montré que les polluants de l'air extérieur se comportent différemment lors de ce transfert.

Différents paramètres régissent ce phénomène : les conditions de ventilation du logement, la saison, le niveau de pollution extérieure et la présence de matériaux adsorbants et réactifs à l'intérieur du logement.

L'abattement entre les niveaux extérieurs et intérieurs est ainsi fonction du polluant considéré.

Pour le benzène, un taux de transfert élevé de la pollution extérieure vers l'intérieur du logement a été mis en évidence.

Pour information, le benzène fait l'objet de seuils, à ne pas dépasser dans l'air ambiant extérieur, fixés par le code de l'environnement – article R221-1. Ainsi, l'objectif annuel de qualité de l'air est de 2 µg/m<sup>3</sup> et la valeur limite annuelle est de 5 µg/m<sup>3</sup> pour 2010. Ainsi pour 2010, les niveaux moyens annuels en situation de fond à Strasbourg sont de 1 µg/m<sup>3</sup> et en situation de proximité automobile ils sont de 2 µg/m<sup>3</sup>.

---

<sup>5</sup> CSTB, Étude expérimentale des conditions de transfert de la pollution atmosphérique d'origine locale à l'intérieur des bâtiments d'habitation, Convention de recherche ADEME, Rapport final, Avril 2001.

Un nombre plus importants de COV totaux (somme des composés quantifiés) sont présentés dans le tableau 4.

Des concentrations soutenues en 2 composés de la famille des éthers de glycol ont été mesurées. Le 1-méthoxy-2-propanol (76,4 µg/m<sup>3</sup>) et le 2-butoxyéthanol (231,4 µg/m<sup>3</sup>) représentent ainsi près de 56% des COV quantifiés. Ces composés entrent dans la fabrication des solvants dans l'industrie des peintures, vernis mais également des produits d'entretien (cf. annexe II). Le limonène et l'alpha-pinène, composés odorants peuvent être également des traceurs de l'utilisation de ces derniers produits.

Les alcanes (avec le n-heptane notamment) représentent quant à eux 20% des COV.

Lycée Erstein - Salle G3 Concentrations moyennes en µg/m <sup>3</sup>		
COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS	n-hexane et isomères	5,1
	éthylterbutyléther	0,2
	2-méthoxyéthanol	<0,1
	1,1,1-trichloroéthane	<0,1
	isopropyl acétate	<0,1
	benzène	2,5
	cyclohexane	nq
	1-méthoxy-2-propanol	<b>76,4</b>
	n-heptane et isomères	<b>61,5</b>
	trichloroéthylène	0,2
	2-éthoxyéthanol	0,3
	diméthylsulfure	0,1
	toluène	4,2
	n-octane et isomères	1,0
	tétrachloroéthylène	0,2
	n-butyl acétate	2,0
	2-méthoxyéthyl acétate	<0,1
	éthylbenzène	2,4
	m- + p-xylène	3,5
	styrène	1,5
	o-xylène	0,8
	n-nonane et isomères	18,4
	2-éthoxyéthyl acétate	<0,1
	2-butoxyéthanol	<b>231,4</b>
	alpha-pinène	10,8
	n-décane et isomères	13,4
	1,2,4-triméthyl-benzène et autres aromatiques C <sub>9</sub>	9,6
	1,4-dichloro-benzène	0,6
	2-éthyl-1-hexanol	19,0
	limonène	38,7
n-undécane et isomères	10,0	
n-butanol	<b>35,9</b>	
isobutanol	3,9	
COV TOTAUX	<b>554</b>	

Tableau 4 : Concentrations en COV Totaux

## 2. Situation au regard des valeurs guides

En juin 2010, le Haut Conseil de Santé Publique (HCSP) a rendu public son rapport sur les valeurs-repères d'aide à la gestion dans l'air intérieur pour le benzène.

Le HCSP propose :

- **2 µg/m<sup>3</sup>**, comme **valeur cible** à atteindre en 5 ans dans tous les espaces clos habités ou accueillant du public,
- **5 µg/m<sup>3</sup>**, comme **valeur repère** de qualité d'air. A partir de 2012, cette valeur repère évoluera avec une pente décroissante de 1 µg/m<sup>3</sup>/an jusqu'à la valeur cible,
- **10 µg/m<sup>3</sup>** comme **valeur d'action** rapide ou immédiate.

L'ANSES propose des valeurs guides sanitaires de qualité d'air intérieur (VGAI) pour des expositions à court terme, intermédiaire et chronique prenant en compte les effets hématologiques cancérigène et non cancérigène du benzène.

### VGAI long terme :

- 2 µg/m<sup>3</sup> pour une durée d'exposition « vie entière », correspondant à un excès de risque de 10<sup>-5</sup>, pour les effets hématologiques cancérogènes.

Les concentrations en **benzène** mesurées dans les deux salles de classe du Lycée Yourcenar **sont inférieures à la valeur repère du HCSP** tout en étant supérieures à la valeur cible.

A noter que les niveaux extérieurs mesurés sur le site du lycée contribueraient à eux-seuls à 75% de la valeur cible en ambiance intérieure (de 2 µg/m<sup>3</sup>), sur la base d'un transfert de 100%.

## 3. Référence à la campagne nationale logement OQAI <sup>6</sup>

Les résultats de la campagne de l'OQAI pour les BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes) sont renseignés dans le tableau 5.

Les concentrations mesurées en BTEX sont inférieures ou très proches des niveaux médians obtenus en air intérieur lors de la campagne OQAI.

Résultats campagne nationale logements OQAI (µg/m <sup>3</sup> )		
Polluants	Médiane	95 <sup>ème</sup> percentile
Benzène	2,1	7,2
Toluène	12,2	86,7
Ethylbenzène	2,3	15,0
m+p-xylène	5,6	42,3
o-xylène	2,3	14,7

**Tableau 5 :** Concentrations en BTEX mesurées dans le cadre de l'OQAI.

Médiane 50% des logements ont des teneurs inférieures à cette valeur  
 xx<sup>ème</sup> percentile xx % des logements ont des teneurs inférieures à cette valeur

<sup>6</sup> Campagne nationale Logements : Etat de la qualité de l'air dans les logements français Rapport final (mise à jour mai 2007 [http://www.air-interieur.org/Userdata/documents/Document\\_133.pdf](http://www.air-interieur.org/Userdata/documents/Document_133.pdf))

### C. TAUX DE RENOUVELLEMENT DE L'AIR

#### 1. Ventilation et qualité de l'air intérieur

Le taux de CO<sub>2</sub> dans l'air intérieur d'un local peut être considéré comme un bon indicateur de la pollution intérieure liée aux occupants.

L'étude réalisée en juin 2005 par l'ASPA et le CSTB<sup>7</sup> a permis également de souligner la très forte variabilité des niveaux de polluants intérieurs dans une salle en fonction du taux d'occupation et de renouvellement d'air. Le renouvellement d'air des locaux (par aération naturelle ou ventilation mécanique) est l'un des paramètres clés pour améliorer la qualité sanitaire de l'air intérieur en complément de mesure de réduction des sources d'émission.

#### 2. Etude de l'évolution journalière des teneurs en CO<sub>2</sub>, T et HR

Rappelons que les deux salles de cours ont été instrumentées pour des mesures de CO<sub>2</sub>, température et humidité relative.


Le CO<sub>2</sub> est mesuré comme indicateur du niveau de confinement des locaux.

En effet, en présence des élèves, s'observe une phase de croissance des concentrations relativement rapide, et en période d'inoccupation des salles voire d'aération, une phase de décroissance des concentrations.

Le tableau 6 reprend les horaires théoriques de présence des élèves.

**Tableau 6 :** planning d'occupation des salles

Planning d'occupation des salles										
	Salle de classe G3					Salle de classe G1				
	Lundi 13/12	Mardi 14/12	Mercredi 15/12	jeudi 16/12	Vendredi 17/12	Lundi 13/12	Mardi 14/12	Mercredi 15/12	jeudi 16/12	Vendredi 17/12
8h - 8h55	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé
8h55 - 9h55	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé
9h55 - 10h10	inoccupé	inoccupé	inoccupé	inoccupé	inoccupé	inoccupé	inoccupé	inoccupé	inoccupé	inoccupé
10h10-11h05	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé
11h05-12h	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé
12h00- 12h30	inoccupé	inoccupé	inoccupé	inoccupé	inoccupé	inoccupé	inoccupé	inoccupé	inoccupé	inoccupé
12h00- 13h30	inoccupé	inoccupé	inoccupé	inoccupé	inoccupé	inoccupé	inoccupé	inoccupé	inoccupé	inoccupé
13h30 - 13h50	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé
13h50 - 14h50	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé
14h50 - 15h50	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé
15h50 - 16h00	inoccupé	inoccupé	inoccupé	inoccupé	inoccupé	inoccupé	inoccupé	inoccupé	inoccupé	inoccupé
16h00 - 16h55	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé	occupé


  
 occupé  
 inoccupé

<sup>7</sup> Etude conjointe ASPA / CSTB exploratoire sur le profil temporel des niveaux de formaldéhyde dans deux établissements de la ville de Strasbourg (ASPA-05092901-ID).

Concernant les mesures, le tableau 7 reprend les statistiques (concentrations moyennes, maximales et minimales) pour le CO<sub>2</sub>, la température moyenne et l'humidité relative.

A noter que les analyseurs de CO<sub>2</sub> ont présenté des phénomènes de saturation à l'approche des 5000 ppm. Les maxima indiqués dans le tableau 7 sont ceux enregistrés par les appareils.

		Salle G1	Salle G3
<b>CO2 en ppm</b>	<b>Moyenne</b>	<b>1707</b>	<b>1570</b>
	<b>Minimum</b>	<b>567</b>	<b>584</b>
	Date et heure du minimum:	15/12/10 - 7h55	15/12/2010 - 8h34
	<b>Maximum:</b>	<b>5308</b>	<b>5296</b>
	Date et heure du Maximum:	14/12/11 - 11h35	15/12/2010 - 12h34
<b>Temp en deg C</b>	<b>Moyenne</b>	<b>16,8</b>	<b>16,2</b>
	<b>Minimum</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
	Date et heure du minimum:	15/12/2010 - 6h45	16/12/2010 - 6h44
	<b>Maximum:</b>	<b>25,9</b>	<b>26,1</b>
	Date et heure du Maximum:	13/12/2010 - 15h45	13/12/2010 - 11h54
<b>HR en %</b>	<b>Moyenne</b>	<b>46,1</b>	<b>49,7</b>
	<b>Minimum</b>	<b>22,9</b>	<b>29,6</b>
	Date et heure du minimum:	17/12/2010 - 11h55	13/12/2010 - 17h14
	<b>Maximum:</b>	<b>60,6</b>	<b>61,6</b>
	Date et heure du Maximum:	14/12/2010 - 11h55	15/12/2010 - 17h54

**Tableau 7 :** Concentrations moyennes, minimales et maximales en CO<sub>2</sub>, T° et HR.

Les graphiques 1 et 3 représentent l'évolution des données de température et d'humidité relative (HR) dans les salles G1 et G3. L'HR se situe dans la majorité des cas dans la plage de 40 à 60% qui est recommandée.

En présence des élèves, la température a tendance à augmenter et présente quelques maxima, en phase avec les pointes de CO<sub>2</sub>.

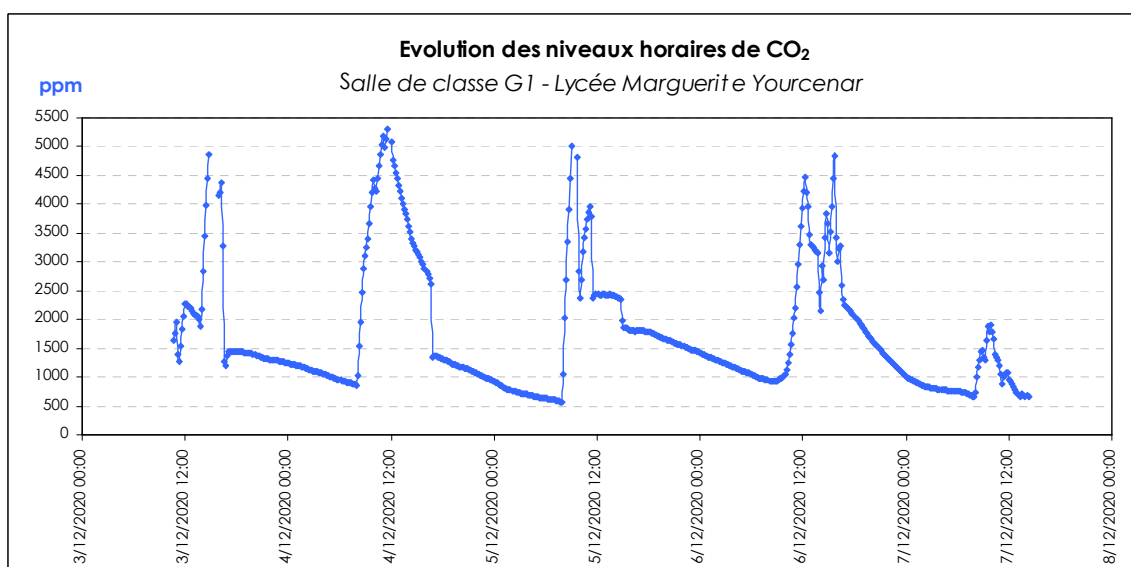
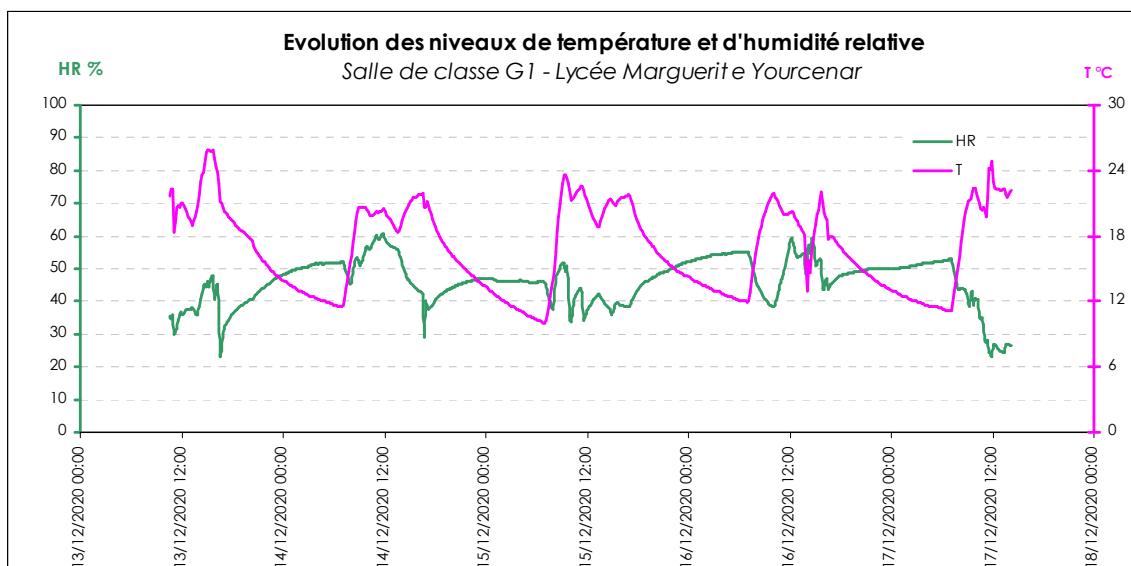
Globalement, les teneurs en CO<sub>2</sub> relevées sur l'ensemble du dispositif sont importantes au point d'atteindre après plusieurs heures d'occupation des salles le taux de saturation de l'appareil. En effet, les concentrations moyennes horaires, présentées graphiques 1 et 2 page suivante, vont jusqu'à 5308 ppm pour la salle G3 et 5296 ppm pour la salle G1, ce qui est très élevé.

Mise à part le 14 décembre où vraisemblablement la salle G3 n'était pas ou peu utilisée, la variation d'occupation des classes est bien perceptible sur les graphiques. En effet, dès que les élèves entrent en salle de cours les niveaux de CO<sub>2</sub> augmentent fortement. Les périodes d'intercours ou celles des pauses repas sont également plus ou moins marquées.

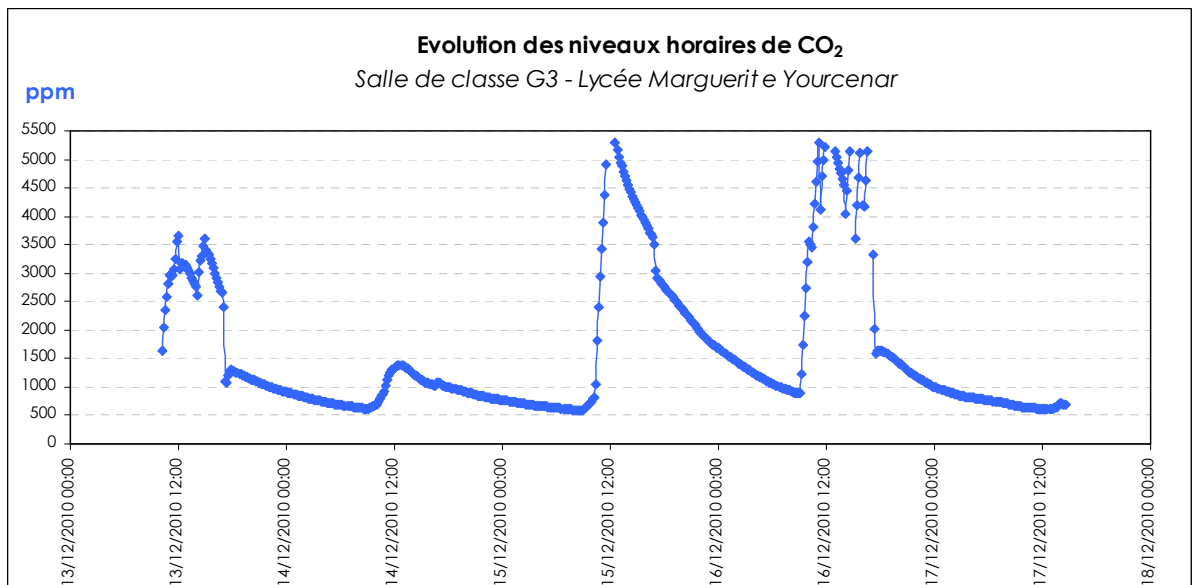
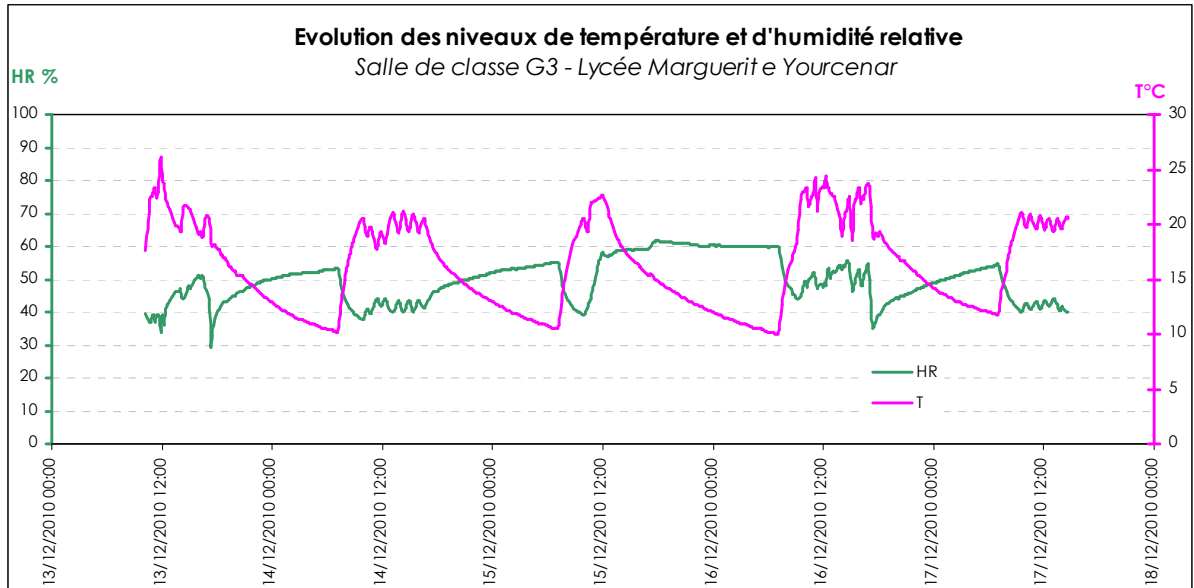
Les aérations à ces pauses ou intercours sont clairement insuffisantes car à la reprise des cours, les niveaux sont déjà bien trop élevés (ex : salle G1 le 15 décembre à la pause de 10h ou le jour suivant vers 14h00).

Pareillement, la fin des cours est visible. Une chute des niveaux (liée à l'ouverture des fenêtres et /ou des portes) suivie d'une phase lente de décroissance des concentrations allant jusqu'à 500 ppm la nuit (se rapprochant des niveaux moyens extérieurs de CO<sub>2</sub>) sont ainsi constatées.

La décroissance diurne des niveaux de CO<sub>2</sub> est lente et souligne l'étanchéité des bâtiments.



**Graphiques 1 et 2 :** Evolution des niveaux de T, HR et CO<sub>2</sub> dans la salle G1



**Graphiques 3 et 4 :** Evolution des niveaux de T, HR et CO<sub>2</sub> dans la salle G3



Concernant la réglementation, le seuil préconisé dans le règlement sanitaire départemental type (RSDT, 1985) est fixé à **1300 ppm**.

Ceux fixés dans le cadre des études du CSTB (avec témoins lumineux), sont de 1000 ppm pour le seuil de passage du vert à l'orange, et de 1700 ppm pour le seuil de passage de l'orange au rouge. À partir de 1700 ppm, il est recommandé d'ouvrir les fenêtres car l'ambiance est dite confinée.

A noter que **5000 ppm est la valeur maximale admise d'exposition professionnelle** au CO<sub>2</sub> sur 8 h en France<sup>8</sup> (27/10/2007).

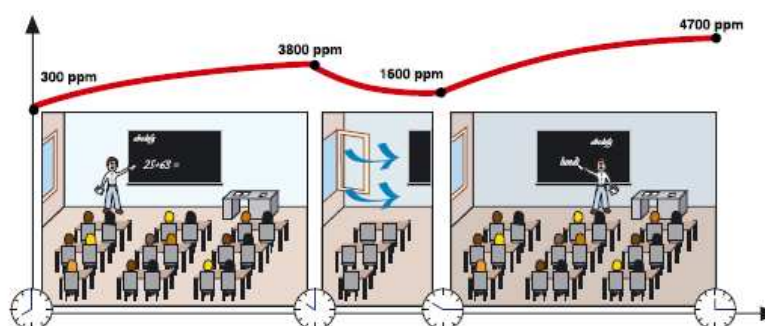
Les deux classes sont pour le CO<sub>2</sub> **largement au dessus de la valeur réglementaire du RSDT** et ce quasiment dès l'arrivée des élèves en classe.

A noter que ces taux élevés de CO<sub>2</sub> ont été modélisés par le CETIAT dans son guide sur la ventilation dans les écoles<sup>9</sup> avec un taux de renouvellement d'air faible.

Les graphiques extraits de ce guide sont repris ci-dessous et illustrent l'intérêt d'une ventilation adaptée.

**Exemple d'évolution de concentration en CO<sub>2</sub> :**

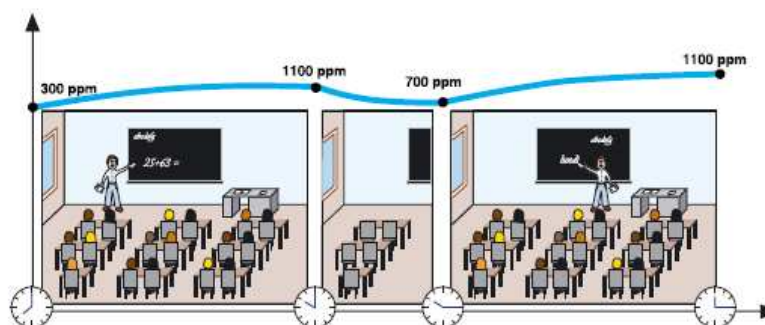
Classe de 25 élèves, 2h cours -> 1/4h interours -> 2h cours



Cas " sans ventilation " : infiltrations 0.2Vol/h (interours 4Vol/h)

Remarque : sans aération à l'interours, on atteindrait la valeur de 6200 ppm au bout de la période considérée (4h15).

Source  
CETIAT<sup>9</sup>



Cas " avec ventilation " : 18m<sup>3</sup>/h/pers->2.6Vol/h (en permanence)

<sup>8</sup> Arrêté du 26/10/2007 Publié au JO liste des valeurs limites d'exposition professionnelle indicatives en application de l'article R.232-5- du code du travail.

<sup>9</sup>CETIAT 2001 Ventilation performante dans les écoles, Guide de Conception, 29p

#### IV. CONCLUSION

La campagne de mesures réalisée du 13 au 17 décembre 2010 présente :

- dans les deux salles de classes, des niveaux de **formaldéhydes inférieurs à la valeur repère** du HCSP. Ils restent supérieurs à la valeur cible pour l'exposition à long terme de l'ANSES mais se situent dans les niveaux moyens mesurés en ambiance intérieure,
- quelque soit le site considéré, des niveaux en **benzène inférieurs à la valeur repère** de la qualité de l'air intérieur préconisée par le HCSP tout en étant supérieurs à la valeur cible de l'ANSES. Les niveaux extérieurs contribuent en cette phase hivernale à environ 75% de cette dernière valeur cible,
- des niveaux de COV totaux présents en concentrations marquées pour 2 composés de la famille des éthers de glycol dont la source présumée serait liée aux produits de nettoyage,
- des **niveaux de CO<sub>2</sub>** après plusieurs heures d'occupation des salles, **très supérieurs à la valeur réglementaire du RSDT (1300 ppm)** et au seuil de 1700 ppm du CSTB soulignant une ambiance très confinée. Des mesures sont à mettre en place afin d'augmenter le taux de renouvellement d'air dans bâtiments.

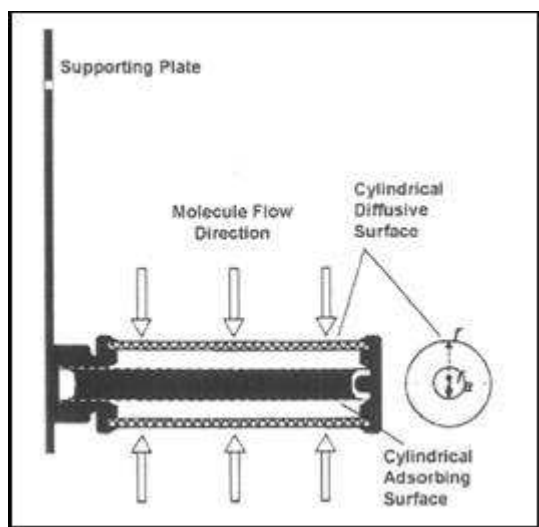
A noter toutefois que ces niveaux ne sont toutefois représentatifs que de la période courte d'échantillonnage dans les conditions de températures rencontrées

## ANNEXE I :

### ECHANTILLONNEURS

Le principe de fonctionnement de ce mode de prélèvement est basé sur celui de la diffusion passive de molécules sur un absorbant 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 différée des échantillons en laboratoire.

La cartouche de collection est livrée dans un tube en verre scellé. Une fois retirée du tube, la cartouche est insérée dans le corps diffusif du préleveur. Le corps diffusif est ensuite vissé sur un support qui sera disposé dans un abri si nécessaire.



#### A. Echantillonneur passif « COVNM »

Après exposition, la cartouche est replacée dans le tube de verre et envoyée à un laboratoire d'analyse. La quantité totale de COV adsorbés sur la cartouche de charbon actif est extraite par désorption thermique et déterminée par chromatographie gazeuse.

#### B. Echantillonneur passif aldéhydes

Les cartouches adsorbantes sont greffées avec du 2,4-DNPH (2,4-dinitrophénylhydrazine) qui est un réactif spécifique de la liaison C=O des aldéhydes et des cétones. Les hydrazones formées sont séparées par HPLC et détectées par absorption UV.

Les cartouches adsorbantes sont éluées avec de l'acétonitrile. Les hydrazones formées lors de l'exposition sont séparées par Chromatographie Liquide de Haute Performance et détectées par absorption UV.

Méthode d'analyse basée sur la norme NF X43-264.



## ANNEXE II :

### ORIGINES DES ALDEHYDES ET AUTRES COV

A titre d'information, les sources d'émission de ces différents composés (COV et aldéhydes) sont récapitulées ci-après.

#### LES ALDEHYDES

- **Formaldéhyde** : panneaux de particules, panneaux de fibres, panneaux de bois brut, peinture à phase solvant, fumée de cigarettes, photocopieurs ;
- **Acétaldéhyde** : photochimie, fumée de cigarettes, photocopieurs, panneaux de bois brut, panneaux de particules ;
- **Benzaldéhyde** : peintures à phase solvant, photocopieurs, parquet traité ;
- **Isovaléraldéhyde** : parquet traité, panneaux de particules ;
- **Propionaldéhyde** : fumée de cigarettes ;
- **Butyraldéhyde** : photocopieurs ;
- **Valéraldéhyde** : émissions des livres et magazines neufs, peintures à phase solvant, panneaux de particules.

#### Les principaux COV

##### **Alcanes**

- **n-heptane et isomères** : Solvant pour colles, encres, caoutchoucs et matières plastiques. Solvant d'extraction.
- **n-décane** : white spirit, colles pour sol, cires, vernis à bois, sol, moquettes, tapis.

- **n-undécane** : White-spirit, colles pour sol, cires, vernis à bois, nettoyeurs pour sol, moquettes, tapis

##### **Alcools**

- **isobutanol** : solvant dans les industries des laques, peintures, vernis, encres et résines, solvant de nettoyage.
- **n-heptanol et isomères** : utilisés comme diluants des encres d'imprimerie, des résines, des vernis, peintures et colles à moquette.
- **phénol** : intermédiaire dans l'industrie des plastiques, fabrication de plastifiants, adhésifs, de durcisseurs de dissolvants et d'isolants. Depuis 2006, il ne peut plus être utilisé comme biocide (désinfectant).

##### **Hydrocarbures aromatiques**

- **Benzène** : carburants, fumée de cigarettes, produits de bricolage, d'ameublement, de construction et de décoration.
- **Toluène** : Peintures, vernis, colles, encres, moquettes, tapis, vapeurs d'essence.
- **Styrène** : Matières plastiques, matériaux isolants, carburants, fumée de cigarette.
- **Xylènes** : peintures, vernis, colles, insecticides.
- **1,2,4-triméthylbenzène et isomères** : Intermédiaire de synthèse. Constituant de solvants pétroliers (white-spirit ordinaire, solvant naphtha, solvants aromatiques, etc. ...) utilisés pour la formulation de diluants, peintures, vernis, encres, pesticides. Constituants de carburants et de goudrons.

## Acétates (esters)

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

## Ethers de glycols :

- **2-phénoxyéthanol** : solvant pour peintures, vernis, laques, encres d'imprimerie, colorants. Biocide pour produits ménagers et industriels
- **1-méthoxy-2-propanol** : solvant dans l'industrie des laques, peintures, vernis, résines, encres, colorants, liquide de nettoyage. Agent de dispersion pour les huiles et les graisses. Constituants des colles. Agent de coalescence ou co-solvants dans les peintures en phase aqueuse.
- **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.

## Terpènes

**alpha-pinène, limonène et autres terpènes** : désodorisant, parfum d'intérieur, produits d'entretien.