



---

Formation des Ingénieurs du Génie Sanitaire

Date du Jury : 25 Septembre 2002

---

# Evaluation de la qualité de l'air intérieur dans quelques lieux publics en Bourgogne

---

Référent pédagogique : Mr Michel CLEMENT  
Professeur associé : Mr Bernard JUNOD  
Tuteurs de mémoire : Mr Bruno MAESTRI IRGS à la DRASS de Bourgogne  
Mlle Sandrine MONTEIRO chargée d'étude à ATMOSF'air

---

« L'École Nationale de la Santé publique n'entend donner aucune approbation ou improbation aux opinions émises dans les mémoires : les opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs »

---

David RAVEL

# Sommaire

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| LISTE DES SIGLES UTILISES ..... | 3 |
| INTRODUCTION .....              | 4 |

## PARTIE 1 : Le contexte actuel

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>LES POLLUANTS DE L'AIR INTERIEUR : DE L'EXPOSITION AUX EFFETS SUR LA SANTE ---</b>     | <b>6</b>  |
| 1.1      | LES POLLUANTS.....  | 6         |
| 1.2      | LE CONTROLE DE L'EXPOSITION HUMAINE .....   | 6         |
| 1.3      | LES METHODES POUR ETUDIER LES EFFETS SUR LA SANTE .....                                   | 7         |
| 1.4      | LES EFFETS SUR LA SANTE.....  | 8         |
| 1.5      | LES CRITERES POUR LA MESURE DE L'IMPACT SANITAIRE .....                                   | 9         |
| <br>     |   |           |
| <b>2</b> | <b>LA REGLEMENTATION EN MATIERE DE QUALITE DE L'AIR INTERIEUR .....</b>                   | <b>11</b> |
| 2.1      | ANALYSE DE LA REGLEMENTATION NATIONALE ET INTERNATIONALE.....                             | 11        |
| 2.1.1    | <i>La situation réglementaire française</i> .....   | 11        |
| 2.1.2    | <i>La situation réglementaire à l'étranger</i> .....                                      | 12        |
| 2.2      | LES LIGNES DIRECTRICES SUR LA QUALITE DE L'AIR INTERIEUR .....                            | 16        |
| 2.2.1    | <i>Mise en place</i> .....  | 16        |
| 2.2.2    | <i>Application réglementaire</i> .....  | 18        |
| <br>     |   |           |
| <b>3</b> | <b>LES CAMPAGNES DE MESURE EN AIR INTERIEUR.....</b>                                      | <b>19</b> |
| 3.1      | LES CAMPAGNES NATIONALES .....  | 19        |
| 3.1.1    | <i>L'observatoire de la qualité de l'air intérieur</i> .....                              | 19        |
| 3.1.2    | <i>Les études multicentriques</i> .....   | 20        |
| 3.1.3    | <i>Les études à l'échelle locale</i> .....  | 21        |
| 3.2      | LES CAMPAGNES INTERNATIONALES.....  | 21        |
| <br>     |   |           |
| <b>4</b> | <b>LES SOURCES DE POLLUTION DE L'AIR.....</b>   | <b>24</b> |
| 4.1      | LES EMISSIONS DES PRODUITS DE CONSTRUCTION .....  | 24        |
| 4.1.1    | <i>Définition des produits de construction et contexte réglementaire</i> .....            | 25        |
| 4.1.2    | <i>Les normes et labels pour les matériaux de construction</i> .....                      | 26        |
| 4.1.3    | <i>L'évaluation sanitaire des produits de construction</i> .....                          | 28        |
| 4.1.4    | <i>Un cas spécifique : les produits de traitement du bois</i> .....                       | 29        |
| 4.2      | LES EMISSIONS DE POLLUANTS PAR LES APPAREILS A COMBUSTION .....                           | 29        |
| 4.2.1    | <i>Les sources d'émissions liées au chauffage</i> .....                                   | 29        |
| 4.2.2    | <i>Les sources d'émission liées aux appareils de cuisson</i> .....                        | 30        |
| 4.2.3    | <i>Les études épidémiologiques menées sur les sources de combustion intérieures</i> ..... | 30        |
| 4.3      | SOURCES DE POLLUTION INTERIEURES PARTICULIERES .....                                      | 31        |
| 4.3.1    | <i>La fumée de tabac</i> .....  | 31        |
| 4.3.2    | <i>Les produits de consommation grand public</i> .....                                    | 32        |
| 4.4      | COMMENT LIMITER LA PRESENCE DE POLLUANTS ? PRESENTATION DE LA DEMARCHE HQE .....          | 33        |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>5</b> | <b>LA METROLOGIE DES POLLUANTS DE L'AIR INTERIEUR</b>                                 | <b>36</b> |
| 5.1      | APERÇU DES METHODES ET DES EQUIPEMENTS DE MESURE                                      | 36        |
| 5.1.1    | <i>Les échantillonneurs passifs</i>   | 36        |
| 5.1.2    | <i>Les échantillonneurs actifs</i>  | 36        |
| 5.1.3    | <i>Les analyseurs</i>   | 36        |
| 5.2      | LES DIFFICULTES ASSOCIEES A LA SURVEILLANCE DE L'AIR INTERIEUR                        | 37        |
| 5.3      | LES FACTEURS A CONSIDERER POUR ELABORER UNE STRATEGIE DE PRELEVEMENT EN AIR INTERIEUR | 37        |
| 5.3.1    | <i>Les objectifs visés par une campagne de mesure</i>                                 | 38        |
| 5.3.2    | <i>La dynamique des environnements intérieurs</i>                                     | 39        |

## PARTIE 2 : La campagne de mesures menée par ATMOSF'air

|                          |   |           |
|--------------------------|---|-----------|
| <b>6</b>                 | <b>OBJECTIFS</b>  | <b>42</b> |
| <b>7</b>                 | <b>SELECTION ET CARACTERISATION DES COMPOSES A MESURER</b>                                      | <b>43</b> |
| 7.1                      | LES CRITERES DE SELECTION DES COMPOSES  | 43        |
| 7.2                      | LES POLLUANTS RETENUS POUR UNE PREMIERE CAMPAGNE DE MESURES                                     | 44        |
| 7.3                      | LES POLLUANTS A CONSIDERER POUR UNE PROCHAINE CAMPAGNE DE MESURE                                | 46        |
| <b>8</b>                 | <b>LES LIEUX DE MESURE</b>  | <b>47</b> |
| <b>9</b>                 | <b>RESULTATS PARTIELS ET INTERPRETATION</b>   | <b>50</b> |
| 9.1                      | MISE AU POINT DES MESURES PAR TUBES A DIFFUSION   | 50        |
| 9.1.1                    | <i>Résultat des inter comparaisons pour la mesure du NO<sub>2</sub></i>                         | 50        |
| 9.1.2                    | <i>Analyse de la répétabilité pour la mesure par tubes à diffusion des COV et des aldéhydes</i> | 51        |
| 9.1.3                    | <i>Variabilités spatiales des mesures</i>   | 52        |
| 9.2                      | TEST D'UN APPAREIL PORTATIF (NEPHELOMETRE) POUR LA MESURE DES PARTICULES EN SUSPENSION          | 52        |
| 9.2.1                    | <i>Comparaison entre deux appareils de mesure</i>   | 53        |
| 9.2.2                    | <i>Essais en atmosphère intérieure en présence de fumée de cigarette</i>                        | 54        |
| 9.3                      | COMPARAISON DES CONCENTRATIONS EN NO ET NO <sub>2</sub> ENTRE L'EXTERIEUR ET L'INTERIEUR        | 56        |
| 9.4                      | RESULTATS DES MESURES PAR TUBES A DIFFUSION POUR LES COV  | 58        |
| 9.4.1                    | <i>Résultats généraux</i>   | 58        |
| 9.4.2                    | <i>Évaluation simplifiée des risques pour la santé</i>  | 60        |
| <b>CONCLUSION</b>        |   | <b>62</b> |
| <b>LISTE DES ANNEXES</b> |   | <b>65</b> |

---

## Liste des sigles utilisés

---

|                 |  |
|-----------------|--|
| 1PG2ME          | : 1 métoxy-2-propanol  |
| BTX             | : Benzène Toluène Xylène   |
| CIRC            | : Centre international de Recherche sur le Cancer                  |
| CO              | : Monoxyde de carbone  |
| CO <sub>2</sub> | : Dioxyde de carbone   |
| COV             | : Composés organiques volatils                                     |
| CSHPPF          | : Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France                   |
| CSTB            | : Conseil Scientifique et Technique du Bâtiment                    |
| CTBA            | : Conseil Technique du Bois et de l'Ameublement                    |
| DDASS           | : Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales     |
| DRASS           | : Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales          |
| ECA             | : European Collaborative Action                                    |
| EGBE            | : 2 butoxyethanol  |
| EGEE            | : 2 ethoxyethanol  |
| EGME            | : Ethylene methyl glycol ether                                     |
| ERP             | : Etablissement Recevant du Publique                               |
| IAP             | : Indoor Air Pollution   |
| IARC            | : International Agency for Research on Cancer                      |
| INERIS          | : Institut Nationale de l'Environnement Industriel et des Risques  |
| LCI             | : Lowest Concentration of Interest                                 |
| MCS             | : Muliti Chemicals sensitivity                                     |
| MJC             | : Maison des Jeunes et de la Culture                               |
| NO <sub>2</sub> | : Dioxyde d'azote  |
| OMS             | : Organisation Mondiale de la Santé                                |
| OQAI            | : Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur                    |
| OSHA            | : Occupational Safety and Health Administration                    |
| PCP             | : Pentachlorophenol  |
| PM <sub>x</sub> | : Particules en suspension de diamètre inférieur à x micromètre(s) |
| QAI             | : Qualité de l'Air Intérieur                                       |
| TVOC            | : Composés Organiques Volatils Totaux                              |
| US EPA          | : United State Environmental Protection agency                     |
| WHO             | : World Health Organisation  |

---

# Liste des tableaux et des graphiques

---

|  |    |
|--|----|
| Tableau 1 : Récapitulatif des valeurs guides canadiennes .....   | 14 |
| Tableau 2 : Résumé des valeurs guides allemandes .....   | 14 |
| Tableau 3 : Résumé de quelques valeurs guides norvégiennes .....   | 15 |
| Tableau 4 : Résumé de quelques valeurs limites polonaises .....  | 15 |
| Tableau 5 : Composés chimiques mesurés lors de la phase pré opérationnelle de l'OQAI .....                                     | 20 |
| Tableau 6 : Quelques études multicentriques, polluants et lieux de mesure .....  | 20 |
| Tableau 7 : Liste des lieux de mesure .....  | 49 |
| Tableau 8 : Répétabilité des tubes à diffusion pour la mesure du NO <sub>2</sub> .....   | 50 |
| Tableau 9 : Répétabilité des tubes à diffusion pour la mesure des COV.....   | 52 |
| Tableau 10 : Ratios intérieur/ extérieur le jour et la nuit pour le NO et le NO <sub>2</sub> .....                             | 57 |
| Tableau 11 : Valeur de quelques K <sub>LCl</sub> .....   | 60 |
| Tableau 12 : Polluants présents en quantités importantes .....   | 61 |
| <br>   |    |
| Figure 1 : Concentration en NO <sub>2</sub> sur le site de la MJC pendant la période de mesure .....                           | 51 |
| Figure 2 : Comparaison des concentrations en PM <sub>10</sub> mesurées par le néphélomètre et par le TEOM .....                | 54 |
| Figure 3 : Concentration en PM <sub>2,5</sub> suite à la consommation d'une cigarette dans un local de 30 m <sup>3</sup> ..... | 55 |
| Figure 4 : Concentration en PM <sub>10</sub> suite à la consommation d'une cigarette dans un local de 30 m <sup>3</sup> .....  | 55 |
| Figure 5 : Comparaison de la concentration en NO et NO <sub>2</sub> entre l'intérieur et l'extérieur de la MJC.....            | 56 |
| Figure 6 : Maximum des mesures pour les COV .....  | 58 |
| Figure 7 : Médianes des mesures pour les COV .....   | 59 |

---

# INTRODUCTION

---

L'homme moderne passe plus de 90 % de son temps à l'intérieur où il peut être exposé à une multitude de contaminants de natures chimiques ou biologiques. Le dossier du magazine « **Que choisir** » de janvier 2001, intitulé « **Aérez vous, vous êtes cernés** », témoigne de la présence, dans certaines habitations, de composés chimiques avec des proportions plus importantes à l'intérieur qu'à l'extérieur.

L'air que nous respirons au quotidien peut s'avérer être un facteur de risque dans l'apparition de certaines maladies comme l'asthme dont la prévalence est en augmentation depuis une vingtaine d'année.

Il est aujourd'hui indéniable qu'une bonne qualité de l'air intérieur (QAI) favorise la santé sous tous ses aspects.

En conséquence, il convient de prendre en considération la qualité de l'air intérieur dans une politique de santé publique.

Face à ce constat sanitaire, de nombreuses institutions commencent à s'intéresser à la thématique de l'air intérieur. **L'observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur a d'ores déjà réalisé une évaluation de la qualité de l'air dans l'habitat.**

Au niveau régional, la **DRASS** et **ATMOSF'air Bourgogne** ont souhaité s'investir dans une action locale sur la QAI. A l'avenir, **les services santé environnement des DDASS** et **les services communaux d'hygiène** pourraient se voir confier des missions de surveillance ou de diagnostic des problèmes liés à la pollution de l'air intérieur.

Ce mémoire a pour premier objectif d'établir un document de référence pour comprendre la problématique de l'air intérieur et anticiper les évolutions réglementaires futures dans ce domaine. L'étude se compose de 5 volets faisant référence à la santé, à la réglementation, aux campagnes de mesure et à la métrologie de l'air intérieur.

Ce document devrait permettre à la **DRASS** et aux acteurs locaux de définir une politique et un programme d'actions à mener dans la région sur ce thème.

Le deuxième objectif est d'identifier les polluants chimiques et physiques les plus pertinents à mesurer vis à vis de critères sanitaires, économiques mais aussi réglementaires et institutionnels.

Les polluants majeurs en santé publique comme le radon ou l'amiante sont réglementés et très bien documentés, ils ne seront donc pas abordés dans ce document.

Les méthodes de mesure pour les polluants identifiés seront testées lors d'une campagne, menée par **ATMOSF'air Bourgogne Centre-Nord** (association de surveillance de la qualité de l'air) en partenariat avec la DRASS, dans certains lieux recevant du public.

Les protocoles de mesure qui découleront de cette campagne pourront être utilisés, au niveau régional, afin de connaître l'exposition des populations ou de mettre en évidence des problèmes de santé liés à la qualité de l'air intérieur.

Par ailleurs, les résultats des mesures permettront de cibler les actions à mettre en œuvre pour la prévention du public et des consommateurs.

# **PARTIE 1 :**

## **Le contexte actuel**

# 1 Les polluants de l'air intérieur : de l'exposition aux effets sur la santé

Cette première partie se veut assez généraliste, elle présente la thématique de l'air intérieur d'un point de vue de la santé. Elle permet de comprendre comment sont évalués les polluants vis à vis de leurs effets sanitaires et elle permet d'apprécier à leurs justes valeurs les indicateurs de causalité (risque vie entière, valeurs toxicologiques de référence).

## 1.1 Les polluants

Les polluants que l'on peut rencontrer dans les environnements intérieurs sont extrêmement nombreux. Une liste non exhaustive des composés détectés, en Australie<sup>1</sup>, dans des environnements intérieurs, est présentée en *annexe 1*. Généralement, les contaminants sont regroupés en six grandes catégories que sont :

- Les polluants gazeux non organiques : NO<sub>2</sub>, CO, radon, ...
- Les composés organiques : COV, formaldéhyde...
- Les particules : Particules en suspension, fibres ...
- Les pesticides
- Les bio-contaminants : Moisissures, acariens,...
- Et en marge les métaux : Cd, As, Al, Zn ...

Cependant, la présence d'un composé chimique ou biologique dans un bâtiment ne signifie pas qu'il y a nécessairement un problème ou un risque pour la santé. Une source de contamination va engendrer ou non des problèmes de qualité de l'air intérieur selon différents facteurs comme : la nature du composé, le taux d'émission de la source et le taux de ventilation du bâtiment. D'un point de vue sanitaire, le risque vis à vis d'un polluant va être évalué en fonction du potentiel dangereux de celui ci et de l'exposition des populations.

## 1.2 Le contrôle de l'exposition humaine

Les concentrations d'exposition aux polluants de l'air intérieur sont difficiles à quantifier car elles dépendent de la nature des sources de pollution, des habitudes de ventilation et de la qualité de l'air extérieur<sup>2</sup>.

Ainsi, le niveau de pollution intérieur relevé dans un bâtiment pourra être complètement différent de celui mesuré dans une autre structure située à proximité.

---

<sup>1</sup> ENVIRONMENT AUSTRALIA. Over view of indoor air quality. Dans : State of knowledge report : Air Toxics and Indoor Air Quality in Australia. 2001

<sup>2</sup> CSHPF. Les polluants chimiques autres que le tabac. Dans : Allergies respiratoires asthme environnement. Juillet 1993



Concernant l'**aspect métrologique**, la spécificité des espaces clos par rapport à l'air extérieur nécessite des techniques de mesures particulières et adaptées qui ne permettent pas toujours de suivre en continu les fluctuations des concentrations<sup>3</sup>.

De plus, pour quantifier l'exposition, il est nécessaire de connaître le budget espace temps des populations. Cette étape est délicate compte tenu de la multiplicité des environnements intérieurs et des habitudes de chacun. C'est pourquoi, la connaissance des expositions des populations, en France, est quasi inexistante dans les bâtiments<sup>4</sup>.

Si la mesure des concentrations n'est pas réalisable, il est possible d'évaluer l'exposition par **modélisation**<sup>3</sup>. Les modèles utilisés doivent être validés par des études et des campagnes de mesures. La modélisation a l'avantage d'être moins coûteuse que la mesure directe.

A titre d'exemple, en Angleterre des chercheurs ont mis au point un modèle pour calculer les concentrations des particules en suspension en fonction des sources externes et internes, du taux de ventilation et des caractéristiques des pièces<sup>5</sup> dans un bâtiment.

Pour quelques polluants, la **mesure biologique** est une réelle alternative à la mesure environnementale et à la modélisation<sup>4</sup>.

Par exemple, le dosage du taux de nicotine sanguin est un excellent indicateur de l'exposition à la fumée de cigarette environnementale.

Si la relation entre les niveaux biologiques et les concentrations dans l'air est bien corrélée, le diagnostic biologique permet d'apporter une bonne vision de l'exposition intégrée de l'homme à la pollution de l'air.

### **1.3 Les méthodes pour étudier les effets sur la santé**

Celles ci peuvent être divisées en trois grands groupes<sup>6</sup> :

- **Les études sur l'être humain** : Elles sont subdivisées entre celles qui font appel à l'expérimentation et à l'observation.  
**Les études épidémiologiques**, par rapport aux polluants mesurés, comparent généralement des personnes exposées à d'autres qui ne le sont pas. Leurs limites résident dans la validité et la précision de la mesure de l'exposition et le contrôle des facteurs de confusion. Les personnes sont étudiées dans des conditions réalistes d'exposition, ce qui est avantageux. Le plus souvent les études épidémiologiques manquent de puissance pour mettre en évidence une relation causale forte entre l'exposition à un polluant de l'air et ses effets sur la santé.

---

<sup>3</sup> ECA. Assessment of human exposure to IAP. Dans : Effects of indoor air pollution on human health. Report N° 10. 1991

<sup>4</sup> CSTB. Observatoire de la qualité de l'air intérieur : point d'étape. 2001. Disponible à l'adresse Internet: [www.cstb.fr/dos\\_presse/TDos00.htm](http://www.cstb.fr/dos_presse/TDos00.htm)

<sup>5</sup> M A BYRNE et al. Modelling of indoor exposures to air pollution in UK population. Dans Indoor Air 99. Volume 5 p191-193. 1999

<sup>6</sup> ECA. Assessment of human exposure to IAP. Dans Effects of indoor air pollution on human health . 1991

Pour certains polluants dont les effets sont modérés et réversibles, il est possible d'effectuer **des expérimentations sur des personnes** en bonne santé ou modérément malades. L'avantage étant que le chercheur a le contrôle sur le choix des sujets et sur les concentrations d'exposition.

- **Les études sur les animaux** : Elles peuvent être réalisées à court terme, moyen terme et long terme selon les effets attendus (mort, cancer, irritation,...). La principale limite de ces études est que l'extrapolation des données de l'homme à l'animal est difficile notamment lorsque les effets ont un impact faible sur les populations. Il faut dès lors un nombre d'animaux trop important. Pour compenser ce manque de « cobayes », les expérimentations sont réalisées à de fortes concentrations. Par conséquent une extrapolation supplémentaire est nécessaire pour passer des fortes doses aux faibles doses.
- **Les études in vitro** : Elles étudient les effets d'un polluant sur des cellules ou des organes. Elles sont moins longues et moins coûteuses que les études animales. Elles sont utiles pour étudier les mécanismes d'action d'un polluant sur l'organisme. En revanche, elles ne permettent pas de prédire de façon quantitative les effets sur la santé d'un polluant.

#### **1.4 Les effets sur la santé**

Les impacts sur la santé, résultant de l'exposition à un polluant chimique seul ne sont pas toujours bien connus<sup>7</sup>. De nombreux composés susceptibles d'être retrouvés en air intérieur n'ont pas été évalués complètement et il existe peu d'information sur les effets pour de longues expositions<sup>1,4</sup>. La corrélation entre les expositions chroniques à des matrices de polluants et les effets sur la santé est encore moins bien appréhendée.

Les réponses à des agresseurs chimiques de l'air intérieur sont souvent complexes et spécifiques à chaque individu. Les facteurs personnels (âge, susceptibilité et sensibilité individuelle), combinés aux paramètres d'exposition (nature et concentrations des contaminants, durée et type d'exposition), constituent les éléments qui pourront influencer la nature et l'importance des conséquences qu'auront les contaminants sur la santé<sup>3</sup>.

Les symptômes liés à l'exposition à un air intérieur médiocre peuvent être non spécifiques ou parfois sévères (asthme, réponse allergique, augmentation du risque de cancer).

Ils peuvent apparaître juste après l'exposition. Mais ils peuvent aussi apparaître après une longue période ou une exposition chronique, il s'agit dès lors d'effets sanitaires à long terme.

On craint les effets délétères du NO<sub>2</sub> (risque pulmonaire), de la fumée de tabac (effets ORL et pulmonaires, dont les cancers), du radon et de l'amiante (cancer pulmonaire), de nombre de COV (isolément ou en mélange)<sup>8</sup>.

---

<sup>7</sup> ENVIRONMENT AUSTRALIA. Over view of indoor air quality. Dans : State of knowledge report : Air Toxics and Indoor Air Quality in Australia. 2001

<sup>8</sup> B FESTY. La qualité de l'air une enjeu environnemental et sanitaire majeur. Pollution Atmosphérique N° 173. Janvier Mars 2002

Selon différentes études, l'homme moderne passe environ 90% de son temps à l'intérieur<sup>9,10</sup> où il est soumis à des mélanges de polluants toujours plus complexes. En conséquence de cette modernisation du cadre de vie, certaines maladies ou syndromes spécifiques des environnements intérieurs malsains sont en émergence.

Depuis quelques années, l'expression de « sick building syndrom » ou **syndrome des bâtiments malsains** est en vogue. Il s'agit selon la définition de l'OMS d'une « réaction de la majorité des occupants d'un immeuble à leur environnement intérieur, réaction qui ne peut pas être directement reliée à des causes évidentes telles qu'une exposition à une concentration excessive d'un contaminant connu ou à une défectuosité d'un système de ventilation ». Les effets sur la santé ne sont pas spécifiques et ils se présentent le plus souvent sous la forme d'un mélange de symptômes parmi les suivants : Yeux secs, yeux larmoyants, nez bouché, nez coulant, gorge sèche, poitrine oppressée, symptômes de grippe, peau sèche, peau irritée, maux de tête, apathie, fatigue. C'est un syndrome qui toucherait un occupant sur cinq de locaux équipés d'un système de climatisation<sup>11</sup>.

Un autre syndrome suscite l'intérêt des spécialistes, il s'agit de la **sensibilisation chimique multiple** ou MCS pour « Multi Chemical Sensitivity ». Les contractants de cette maladie souffrent d'une hypersensibilité à divers produits chimiques. Le déclenchement de la MCS semble provoqué par une exposition massive à une certaine substance chimique, ou à de faibles concentrations de substances chimiques en mélange. Les substances, pour lesquelles la personne sensibilisée réagit, ne sont pas forcément celles qui ont provoqué la sensibilisation. Les symptômes peuvent être généraux, neurologiques, musculaires ou respiratoires<sup>12</sup>. Toutefois ce syndrome semble être soumis à controverse et son diagnostic médical n'est pas légitime<sup>13</sup>.

## **1.5 Les critères pour la mesure de l'impact sanitaire**

La méthode d'analyse du risque pour les polluants de l'air intérieur se présente sous la forme de quatre étapes successives :

- analyse du danger,
- mesure de l'exposition,
- caractérisation de la relation dose / réponse,
- évaluation quantitative et qualitative du risque.

Le produit final de cette démarche peut être un risque exprimé pour une concentration d'exposition ou la mesure de l'incidence des effets présumés sur une population. Elle présente l'avantage d'être transparente, compréhensible par

---

<sup>9</sup> ECA. Assessment of human exposure to IAP. Dans Effects of indoor air pollution on human health . 1991

<sup>10</sup> CSTB. Observatoire de la qualité de l'air intérieur : point d'étape. Disponible à l'adresse Internet : [www.cstb.fr/dos\\_presse/TDos00.htm](http://www.cstb.fr/dos_presse/TDos00.htm)

<sup>11</sup> WHO. - Indoor Air Quality. Dans Guideline for air quality 2000.

<sup>12</sup> PBLONDEAU. Compte rendu d'intervention au stage EFE du 23 Mars 2002 sur la qualité de l'air intérieur.

<sup>13</sup> S BARETT. L'allergie aux produits chimiques de l'environnement : un diagnostic fallacieux. Disponible à l'adresse Internet [www.allerg.qc.ca/leMCS.html](http://www.allerg.qc.ca/leMCS.html)

l'ensemble des acteurs et plus facile à mettre en œuvre au niveau des environnements intérieurs que les études épidémiologiques.

Comme en témoigne le programme de surveillance Air et Santé 9 villes<sup>14</sup>, les études épidémiologiques sont efficaces pour quantifier l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique sur la population. Par contre, il semble qu'elles ne soient pas réalisables dans le cas de l'exposition aux polluants de l'air intérieur<sup>15</sup>.

Pour certains polluants de l'air intérieur, les risques pour l'être humain sont bien évalués. Par contre pour d'autres, l'évaluation du risque présente des limites. Cette démarche ne s'applique que pour un polluant considéré individuellement et pour lequel on dispose d'informations sur la relation dose réponse et sur l'exposition.

Les niveaux de risques individuels relatifs aux polluants de l'air intérieur sont toujours relativement faibles. Par exemple, selon la valeur donnée par l'OMS, le risque de développer un cancer, si l'être humain est exposé une vie entière à 1 µg/m<sup>3</sup> de benzène, est de 1 sur 100 000. Mais compte tenu du nombre de personnes susceptibles d'être exposées, on se rend compte que l'impact de la pollution de l'air intérieur peut être conséquente. Sur une population de 60 millions de personnes, cela correspondrait à un excès de 600 cas de cancer.

*Comme nous avons pu le constater, la pollution de l'air intérieur est une pollution insidieuse. Les polluants sont présents à de faibles concentrations souvent inférieures aux seuils de détection olfactive. L'homme moderne passe plus de 90 % à l'intérieur où il est exposé à de faibles teneurs en polluants. Ce type d'exposition chronique peut conduire à des effets sur la santé plus ou moins graves. Sur le plan individuel, les risques sont souvent faibles, mais d'un point de vue collectif l'impact sanitaire est important. La pollution de l'air intérieur constitue à ce titre un problème de santé publique.*

---

<sup>14</sup> INSTITUT de VEILLE SANITAIRE. Programme de surveillance Air et Santé 9 villes. Juin 2002

<sup>15</sup> R L MAYNARD, Department of health. Indoor air pollution : discussion and proposal for the use and setting of indoor quality guidelines for the UK.

## 2 La réglementation en matière de qualité de l'air intérieur

L'analyse réglementaire est une étape primordiale dans l'objectif que nous voulons atteindre. Dans l'éventualité d'une implication des organismes de santé dans la surveillance de la qualité de l'air intérieur, **il convient de connaître quelles sont les évolutions prévisibles de la réglementation** dans ce domaine, quels sont les polluants qui sont ou pourront être utilisés comme indicateur de la qualité de l'air, quelle est la valeur légale des normes existante....

### 2.1 Analyse de la réglementation nationale et internationale

Pendant longtemps, les gouvernements ont focalisé leurs efforts sur la protection des personnes vis à vis de la pollution de l'air ambiant. Mais depuis quelques années, la situation évolue.

Certain pays ont d'ores et déjà mis en place des lignes directrices, voire des normes, relatives aux polluants de l'air intérieur. La France pour sa part connaît un certain retard dans ce domaine<sup>16</sup>.

#### 2.1.1 La situation réglementaire française

La notion de pollution de l'air intérieur apparaît pour la première fois, avec la loi sur l'air (LAURE) du 30 décembre 1996. Celle-ci définit, de manière générale, la pollution atmosphérique comme :

« L'introduction par l'homme, directement ou indirectement dans l'atmosphère et **les espaces clos**, de substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine... »

Des valeurs limites pour les concentrations de différents polluants chimiques pris individuellement sont établies pour les lieux de travail<sup>17</sup>.

**Mais, la réglementation française est pratiquement inexistante en ce qui concerne la pollution de l'air à l'intérieur des locaux d'habitation.** Seuls l'amiante, le radon et le plomb, qui sont des polluants majeurs en santé publique, font l'objet d'une réglementation spécifique.

En France, il n'existe aucune valeur limite pour les concentrations des autres polluants chimiques dans l'habitat<sup>18</sup>, excepté pour le formaldéhyde dans les maisons isolées avec une mousse urée-formol (arrêté du 6 mai 1988).

Par contre, le CSHPF a élaboré des recommandations (valeurs guides) pour un certain nombre de polluants de l'air intérieur comme les particules en suspension, le dioxyde d'azote, le monoxyde de carbone, le benzène, les hydrocarbures aromatiques polycycliques, le dioxyde de soufre, et récemment les composés organiques volatils.

---

<sup>16</sup> C MANDIN, INERIS. Qualité de l'air intérieur : un enjeu de santé environnementale. 2001

<sup>17</sup> Les Valeurs Maximum d'Exposition sont disponibles sur le site Internet de l'INRS : <http://www.inrs.fr/dossiers/nd2098.pdf>

<sup>18</sup> CSTB. Observatoire de la qualité de l'air intérieur : point d'étape. Disponible à l'adresse Internet : [www.cstb.fr/dos\\_presse/TDos00.htm](http://www.cstb.fr/dos_presse/TDos00.htm)

*Depuis quelques temps, la pollution de l'air intérieur est reconnue comme un problème de santé publique par les institutions. A l'avenir, la politique et la réglementation française, en matière d'air intérieur, devraient évoluer à l'exemple de certains pays étrangers.*

## **2.1.2 La situation réglementaire à l'étranger**

**Les politiques menées à l'étranger, sur la thématique de l'air intérieur, sont relativement hétérogènes.** Certains pays ont choisi de mettre en place des lignes directrices pour la qualité de l'air intérieur. Mais celles-ci peuvent se présenter sous différentes formes. Il peut s'agir de recommandations vis à vis des sources de pollution de l'habitat, de valeurs guides<sup>19</sup> par polluant, d'indicateurs de la qualité de l'air. Quelques exemples de valeurs guides adoptées par 4 pays étrangers sont présentés ci dessous.

### Le Canada :

Le Canada a mis en place **des directives d'exposition concernant la qualité de l'air des résidences**<sup>20</sup>. Elles ont été approuvées par les ministères de toutes les régions du pays.

**Elles ne sont pas d'application obligatoire** et il s'agit plutôt de recommandations non sanctionnées par une obligation de conformité. Elles sont destinées à aider les particuliers ou les organismes publics à évaluer de façon cohérente la nécessité de mesures correctives.

A plus long terme, ces directives devraient servir de base à l'élaboration ou à la modification des codes du bâtiment et des normes visant les matériaux de construction et d'ameublement. Elles devraient aussi avoir des répercussions sur les exigences concernant la ventilation.

La directive vise actuellement 17 substances, mais la liste pourrait être complétée à l'avenir. Les critères de choix de celles ci sont notamment :

- leurs effets nocifs pour la santé,
- leur représentativité pour les diverses catégories de polluants des résidences
- la disponibilité d'informations pouvant servir de base à la formulation des recommandations.

Les substances sont séparées en deux catégories :

- **Celles pour lesquelles les recommandations sont exprimées en terme de limites de concentration**, notamment en rapport avec leurs effets cancérogènes ou non cancérogènes. Pour les agents carcinogènes, il faudrait réduire l'exposition à la plus basse teneur possible. Mais, les directives d'exposition ont pris en compte les coûts et la possibilité d'actions correctives et de modifications technologiques. Elles sont donc formulées en

---

<sup>19</sup> Valeur guide : valeur recommandée en l'absence de réglementation. Valeur limite : valeur à caractère réglementaire (amiante par exemple)

<sup>20</sup> L'intégralité du texte des directives est disponible sur le site Internet de santé canada : <http://www.hc-sc.gc.ca> dans la rubrique santé environnementale, qualité de l'air dans l'habitat.

fonction d'une teneur qui peut être atteinte maintenant (**teneur d'action**), et d'une teneur qui peut être atteinte à plus long terme (**teneur cible**). Concernant les agents non carcinogènes, deux types de plages d'expositions sont présentés. La plage d'exposition acceptable à long terme (**ALTER**) pour laquelle une personne peut être exposée toute sa vie sans risque pour sa santé et la plage d'exposition acceptable à court terme (**ASTER**), selon laquelle une personne peut être exposée pendant un temps donné sans risque pour sa santé.

- **Pour les autres substances, des recommandations sont formulées** car les concentrations limites ont été jugées non pertinentes et peu pratiques. Elles doivent permettre de faciliter l'élimination de ces substances ou la réduction de l'exposition à celles-ci. Elles s'appliquent pour les agents biologiques, les hydrocarbures chlorés, les matières fibreuses, le plomb, les produits antiparasitaires, les hydrocarbures aromatiques polycycliques, les produits en aérosol, la fumée de tabac.

| Substances                                       | Valeur guide  | Période de mesure  |
|--|---|--|
| <i>Aldéhydes</i>                                 | C1 : formaldéhyde 120 µg/m <sup>3</sup><br>C2 : Acroléine 50 µg/m <sup>3</sup><br>C3 : Acétaldéhyde 9000 µg/m <sup>3</sup><br><br>C1/C1+ C2/C2+ C3/C3 < 1 | Non précisée, mais généralement 30 min dans les conditions les plus défavorables   |
| CO <sub>2</sub>                                  | ALTER : 6300 µg/m <sup>3</sup>  | Période suffisamment longue pour tenir compte des fluctuations : généralement 24 h |
| CO   | ASTER:<br>< 13 µg/m <sup>3</sup> (11 ppm)   | Concentration moyenne pour 8 heures  |
|  | ASTER :<br>< 29 µg/m <sup>3</sup> (25 ppm)  | Concentration moyenne pour une heure   |
| NO <sub>2</sub>                                  | ASTER < 480 µg/m <sup>3</sup>   | Concentration moyenne d'une heure  |
|  | ALTER < 100 µg/m <sup>3</sup>   | Période suffisamment longue pour tenir compte des fluctuations : généralement 24 h |
| <i>Ozone</i>                                     | ASTER : 240 µg/m <sup>3</sup>   | Concentration moyenne d'une heure  |
| <i>Matières particulaires (&lt;2.5 à 480 µm)</i> | ASTER: < 100 µg/m <sup>3</sup>  | Concentration moyenne d'une heure  |
|  | ALTER: <40 µg/m <sup>3</sup>  | Période suffisamment longue pour tenir compte des fluctuations : généralement 24 h |
| SO <sub>2</sub>                                  | ASTER:<br>< 1000 µg/m <sup>3</sup>  | Concentration moyenne d'une heure  |
|  | ALTER :<br><50 µg/m <sup>3</sup>  | Période suffisamment longue pour tenir compte des fluctuations : généralement 24 h |
| <i>Vapeur d'eau (humidité relative)</i>          | 30 à 80% l'été<br>30 à 50% l'hiver  |  |

| <b>Effet carcinogène</b> |  |   |
|--------------------------|--|---|
| <i>Formaldéhyde</i>      | Teneur d'action : 120 µg/m <sup>3</sup><br>Teneur cible : 60 µg/m <sup>3</sup> | Non précisée, période pour avoir un échantillon le plus représentatif de la moyenne |
| <i>Radon</i>             | Teneur d'action : 800 Bq/m <sup>3</sup>  | Moyenne à l'année   |

Tableau 1 : Récapitulatif des valeurs guides canadiennes

### L'Allemagne :

En Allemagne des valeurs guides pour 7 composés ont été développées par les chercheurs<sup>21</sup>. Elles sont destinées à être intégrées aux normes de construction du Bûndeslander.

Deux valeurs limites ont été distinguées :

- La première (GVII) résulte des connaissances scientifiques sur les études toxicologiques et épidémiologiques,
- la deuxième (GVI), extrapolée de la première par un coefficient de sécurité de 10, fixe le niveau pour lequel il n'y a pas d'augmentation du risque pour la santé.

| Substance       | GV 2                  | GV 1                   | Période de mesure |
|-----------------|-----------------------|------------------------|-------------------|
| Toluène         | 3 mg/m <sup>3</sup>   | 0.3 mg/m <sup>3</sup>  | 1 à 2 semaines    |
| Styrène         | 0.3 mg/m <sup>3</sup> | 0.03 mg/m <sup>3</sup> | 30 min            |
| Dichlorométhane | 2 mg/m <sup>3</sup>   | 0.2 mg/m <sup>3</sup>  | 24 h              |
| CO              | 15 mg/m <sup>3</sup>  | 1.5 mg/m <sup>3</sup>  | 8h                |
|                 | 60 mg/m <sup>3</sup>  | 6 mg/m <sup>3</sup>    | 30 min            |
| NO2             | 60 µg/m <sup>3</sup>  | 6 µg/m <sup>3</sup>    | une semaine       |
|                 | 350 µg/m <sup>3</sup> | 36 µg/m <sup>3</sup>   | 30 min            |

Tableau 2 : Résumé des valeurs guides allemandes

En supplément de ces valeurs guides, une valeur pour les TVOC (COV totaux), en tant qu'indicateur, a été fixée à 1 mg/m<sup>3</sup>, pour une pièce qui est en permanence occupée. Le formaldéhyde fait l'objet, depuis 1997, d'une valeur limite fixée à 0.1 ppm pour 30 min.

### La Norvège

L'objectif des lignes directrices norvégiennes sur la qualité de l'air intérieur est d'aider les services municipaux de santé. Ceux ci pourront s'appuyer sur la réglementation existante ainsi que sur les valeurs guides pour exiger des améliorations ou la fermeture d'un immeuble qui présente un risque pour la santé de ses occupants<sup>22</sup>.

Les valeurs guides ne sont proposées que pour certains polluants :

<sup>21</sup> C MANDIN, INERIS. Qualité de l'air intérieur : un enjeu de santé environnementale. 2001

<sup>22</sup> R BECHER et al. Guideline for indoor air in Norway, A practical approach. Pollution Atmosphérique N° 166. Avril-Juin 2000.



| Substance                     | Valeur guide  | Période de mesure |
|-------------------------------|---|-------------------|
| Fumée de cigarette (nicotine) | - 1 µg/m <sup>3</sup> dans les zones pour les zones non-fumeurs<br>- 10 µg/m <sup>3</sup> dans les zones non fumeur des restaurants où la distinction zone fumeur/zone non fumeur est faite | Non précisée      |
| Formaldéhyde                  | 100 µg/m <sup>3</sup>   | 30 min            |
| PM <sub>2.5</sub>             | 20 µg/m <sup>3</sup>  | 24 h              |
| CO <sub>2</sub>               | 1800 µg/m <sup>3</sup>  | Non précisée      |
| CO                            | 10 mg/m <sup>3</sup>  | 8 h               |
|                               | 25 mg/m <sup>3</sup>  | 1 h               |
| NO <sub>2</sub>               | 100 µg/m <sup>3</sup>   | 1 h               |

Tableau 3 : Résumé de quelques valeurs guides norvégiennes

### La Pologne

Le ministère de la santé et des affaires sociales a émis un décret sur les concentrations maximales autorisées pour certains polluants de l'air intérieur<sup>23</sup>. Ceux ci sont proposés dans le tableau ci dessous :

| Substance         | Concentration maximum autorisée | période de mesure |
|-------------------|---------------------------------|-------------------|
| Ammoniaque        | 300 µg/m <sup>3</sup>           | 24 h              |
| Benzène           | 10 µg/m <sup>3</sup>            | 24 h              |
|                   | 20 µg/m <sup>3</sup>            | 8-10 h            |
| Formaldéhyde      | 50 µg/m <sup>3</sup>            | 24 h              |
|                   | 100 µg/m <sup>3</sup>           | 8-10 h            |
| Xylène            | 100 µg/m <sup>3</sup>           | 24 h              |
|                   | 150 µg/m <sup>3</sup>           | 8-10 h            |
| Ozone             | 100 µg/m <sup>3</sup>           | 24 h              |
|                   | 150 µg/m <sup>3</sup>           | 8-10 h            |
| Pentachlorophénol | 5 µg/m <sup>3</sup>             | 24 h              |
|                   | 10 µg/m <sup>3</sup>            | 8-10 h            |
| Styrène           | 20 µg/m <sup>3</sup>            | 24 h              |
|                   | 30 µg/m <sup>3</sup>            | 8-10 h            |
| CO                | 3000 µg/m <sup>3</sup>          | 24 h              |
|                   | 6000 µg/m <sup>3</sup>          | 8-10 h            |
| Toluène           | 200 µg/m <sup>3</sup>           | 24 h              |
|                   | 250 µg/m <sup>3</sup>           | 8-10 h            |

Tableau 4 : Résumé de quelques valeurs limites polonaises

<sup>23</sup> R L MAYNARD, Department of health. Indoor air pollution : discussion and proposal for the use and setting of indoor quality guidelines for the UK.

*Au vue de ces quelques exemples, on constate que les valeurs guides ont un impact réglementaire relativement faible. Et mis à part la Pologne, aucun pays n'a développé des actes légaux applicables spécifiquement à l'air intérieur. De plus les valeurs guides sont relativement différentes selon les pays. Il n'existe pas de standardisation de celles-ci à l'échelle européenne ou internationale. Cela peut s'expliquer en partie par le fait que la thématique de l'air intérieur est relativement récente. Mais, il semble aussi que la mise en place et l'application des lignes directrices (valeurs guides et ou recommandations) présentent de nombreuses difficultés.*

## **2.2 Les lignes directrices sur la qualité de l'air intérieur**

Plusieurs questions et points de réflexion sont développés ci-dessous afin d'appréhender les difficultés que l'on peut rencontrer pour décider du contenu et du champ d'application des lignes directrices sur la qualité de l'air intérieur. Le groupe Air et Santé Bourgogne peut être amené à se poser des questions similaires, par exemple lors d'une réflexion préalable à la mise en place d'une politique de prévention des populations dans le domaine de l'air intérieur.

**Cette synthèse est majoritairement élaborée à partir de documents issus de l'agence fédérale Allemande de l'environnement<sup>24</sup>, et de l'institut anglais de l'environnement et de la santé<sup>25</sup>.**

### **2.2.1 Mise en place**

**On peut tout d'abord s'interroger sur la forme de ces lignes directrices : Doivent-elles être présentées sous la forme de recommandations ou sous la forme de concentrations guides applicables aux polluants de l'air intérieur ?**

Il semble qu'il soit important pour évaluer la qualité de l'air intérieur de pouvoir disposer de concentrations de références. Mais ces valeurs guides doivent, quand elles existent, être accompagnées de recommandations sur les mesures à prendre pour diminuer les teneurs en polluants. Il est inutile de mettre en place des valeurs guides s'il est impossible de les atteindre ou si on ne sait pas comment les atteindre.

**D'autre part, si des valeurs guides ont été décidées pour la qualité de l'air intérieur, il faut savoir sur quels critères elles sont fondées.** Il paraît indéniable que de telles spécifications doivent reposer sur des données sanitaires. Par exemple, l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) a publié des valeurs guides pour l'air ambiant qui sont extrapolées sur la base d'études toxicologiques<sup>26</sup>. Ces valeurs peuvent cependant être utilisées pour l'air intérieur.

**Mais qu'en est-il des standards de qualité nationaux pour la pollution de l'air extérieur ? Certains des polluants mesurés ne sont pas spécifiques à l'air extérieur**

---

<sup>24</sup> B SEIFERT. Ways to specify, reach and check guideline values for indoor air quality . - departement of environmental hygiene , federal Environmental Agency, Berlin, germany. Disponible sur Internet à l'adresse : [www.umweltbundesamt.de/whocc/nl26/ind-air.htm](http://www.umweltbundesamt.de/whocc/nl26/ind-air.htm)

<sup>25</sup> S SHORT. The issues and implications of setting and applying indoor air quality guidelines . Institut for environment and health. Disponible sur internet à l'adresse : [www.le.ac.uk/ieh/](http://www.le.ac.uk/ieh/)

<sup>26</sup> WHO. Guideline for air quality. Geneva. 2000. disponible sur le site Internet de l'OMS: [www.who.int](http://www.who.int)

et peuvent avoir des sources internes aux bâtiments. Dès lors, il est possible de se demander si les valeurs guides, utilisées pour ces polluants, sont transposables à l'air intérieur.

Les personnes passent beaucoup plus de temps à l'intérieur et elles sont exposées à des concentrations proches de celles extérieures. De ce fait, le risque concernant l'exposition à l'intérieur des habitations est accru. Une étude<sup>27</sup> a ainsi mis en évidence que pour certains composés (benzène, toluène, ...), l'exposition cumulée à l'intérieur était plus grande d'un facteur 20 par rapport à celle de l'extérieur. Les valeurs de références devraient donc être revues à la baisse pour être transposées à l'air intérieur. D'autre part, les standards de qualité pour l'air ambiant ne sont pas élaborés qu'au regard de la santé des personnes. Ils résultent d'un compromis entre des considérations sanitaires, environnementales et technico-économiques.

**Le corollaire est de savoir si l'on peut envisager la coexistence de valeurs guides différentes pour l'air intérieur et l'air extérieur.**

Sur le plan sanitaire, il est souhaitable de considérer la pollution atmosphérique dans son ensemble et de ce fait, les valeurs guides devraient être établies au vu de l'exposition totale de la pollution à l'air extérieur et intérieur. Une vision globale des phénomènes de pollution atmosphérique est précieuse en termes d'exposition, d'effet et de prévention, que l'approche sanitaire soit individuelle ou populationnelle<sup>28</sup>.

**Les valeurs guides doivent-elles être spécifiées pour l'ensemble des polluants de l'air intérieur ?**

Pour l'instant, on ne connaît pas les effets sur la santé de centaines de polluants. De plus, certains polluants comme les biocides ou les endotoxines sont relativement difficiles à mesurer. Il est donc important de sélectionner, dans l'immédiat, des polluants facilement mesurables et pour lesquels on dispose d'informations sur leurs effets sanitaires.

La question se pose pour les polluants dont les effets sont stochastiques, c'est à dire qu'il n'existe pas de seuil de concentration en dessous duquel les effets sont nuls pour la santé. Pour ces polluants, les valeurs guides pourraient correspondre à des concentrations pour lesquelles les risques pour la santé sont acceptables ou pourraient résulter de compromis, comme c'est le cas dans les lignes directrices canadiennes.

**Un autre point de réflexion est celui de la définition du champ d'application de ces valeurs guides.**

A quels types d'environnements intérieurs (écoles, ERP, établissements publics non industriels, bureaux...) sont elles destinées ? Quelle est la population (employés de bureaux, populations sensibles, ...) qui est concernée ?

La solution de fixer une valeur guide spécialement, pour les personnes sensibles, n'est pas forcément pertinente si on veut mettre en place des actions pour protéger l'ensemble de la population. Par contre ces valeurs peuvent servir de niveaux cibles à atteindre dans le futur.

---

<sup>27</sup> L B GRATT. Risk assessment considerations for indoor emissions of equipment, furnishing, products and floor, wall and ceiling treatments. Dans *Indoor Air* 1999. 1999

<sup>28</sup> B FESTY. La qualité de l'air un enjeu environnemental et sanitaire majeur. *Pollution Atmosphérique* N° 173 - Janvier Mars 2002.

*Il semblerait que la difficulté soit aussi de pouvoir faire appliquer ces lignes directrices. Peut-on imposer des contraintes réglementaires au niveau des établissements et notamment pour ceux qui appartiennent au domaine privé ?*

## **2.2.2 Application réglementaire**

Si des lignes directrices sont mises en place, elles pourront à l'avenir déboucher sur une réglementation qui les impose.

Deux démarches sont possibles pour améliorer la qualité de l'air intérieur :

- soit on agit sur la ventilation,
- soit on agit sur les sources d'émissions.

Une réglementation sur la pollution de l'air intérieur peut donc prendre plusieurs formes :

- D'une part, il est possible de **fixer des valeurs limites pour l'ensemble des polluants identifiés comme dangereux pour la santé**. Mais cette solution, qui est en fait une obligation de résultats se heurte à de nombreux problèmes. En effet, il serait difficile de l'imposer au domaine privé, elle ne se serait donc applicable qu'aux Etablissements Recevant du Public (ERP). De plus, cette solution demanderait beaucoup de moyens humains et matériels pour la faire appliquer.

Dans la même logique, il est possible de **fixer des taux minimaux de renouvellement de l'air**, afin de réduire les concentrations des polluants intérieurs à des niveaux acceptables. Mais dans ce cas de figure, l'air extérieur est supposé comme un air neuf, dépourvu de tous polluants. Alors qu'en zone urbaine, ce n'est pas le cas. Cette solution est en désaccord avec la politique de réduction de consommation de l'énergie et les efforts qui sont fait pour isoler les bâtiments. Elle apparaît de surcroît uniquement applicable pour les futurs bâtiments à construire.

- D'autre part, il est possible d'**agir sur les sources d'émissions intérieures**, comme le tabagisme passif ou les matériaux émetteurs de polluants. Cette approche semble plus facilement applicable. Cependant, la difficulté résulte dans le fait que certains polluants peuvent avoir plusieurs sources. De plus, certains produits comme les appareils de chauffage ou les peintures auront des émissions différentes selon leur utilisation ou leur application. Même s'il est possible d'agir en amont sur la qualité de ces produits, il est difficile de contrôler si l'usage, qui en est fait par l'utilisateur, est correct. Seules des recommandations peuvent être émises sur les bonnes conditions d'utilisation.

*Il apparaît que la réglementation sur l'air intérieur reste relativement complexe à mettre en œuvre. Toutefois, les recherches et les études, pour faire progresser les connaissances sur la thématique de l'air intérieur, sont nombreuses.*

## 3 Les campagnes de mesure en air intérieur

### 3.1 Les campagnes nationales

Avec l'émergence de la thématique de l'air intérieur, les campagnes de mesures connaissent une recrudescence ces dernières années. L'objectif est de présenter une liste non exhaustive de ces études par rapport aux lieux de mesures et aux polluants mesurés.

#### 3.1.1 L'observatoire de la qualité de l'air intérieur

Le 8 septembre 1999, le gouvernement français a décidé d'entreprendre une démarche de veille et d'anticipation sur les risques sanitaires liés à la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments. La mise en œuvre d'un observatoire de la qualité de l'air intérieur a été confiée au centre scientifique et technique du bâtiment. Ses objectifs sont :

- identifier les substances, agents et situations qui, en affectant la qualité de l'air à l'intérieur des espaces clos, présentent un risque pour la santé des personnes,
- évaluer l'exposition des populations aux polluants identifiés afin de contribuer à la connaissance de l'exposition globale et de l'évaluation et la gestion des risques sanitaires,
- contribuer à la mise au point de recommandations relatives à l'optimisation des systèmes de ventilation du point de vue sanitaire et énergétique,
- coordonner les recherches liées à son fonctionnement.

Avant de mettre en place la phase opérationnelle de mesurages sur 800 sites<sup>29</sup>, une phase préparatoire de mesurages a été réalisée sur 90 logements et 9 écoles.

Les polluants ont été choisis selon s'ils étaient présents dans les lieux de mesures :

- s'ils présentaient un danger et que les occupants pouvaient y être exposés,
- si les risques étaient documentés,
- s'il existait des techniques de mesurage disponibles,
- si des actions de prévention étaient disponibles et s'il y avait une demande sociale forte.

Les polluants chimiques retenus sont présentés dans le tableau 5 :

---

<sup>29</sup> Le rapport exécutif de la phase opératoire aux premiers résultats de l'étude pilote est disponible sur le site Internet : [www.air-intérieur.fr](http://www.air-intérieur.fr)

|                            |  |
|----------------------------|--|
| Hydrocarbures aromatiques  | Benzène, toluène, éthylbenzène, m/p xylènes, o-xylène, 1,2,4 triméthylbenzène, styrène                   |
| Hydrocarbures aliphatiques | N-décane, N-undécane   |
| Cycloalcanes               | Cyclohexane  |
| Terpènes                   | Alpha-pinène, limonène   |
| Alcools                    | 2-éthyl-1-hexanol  |
| Glycols                    | 2-ethoxyéthanol, 2-butoxy-éthanol, 1-methoxy-2-propanol  |
| Hydrocarbures halogénés    | Trichloroéthylène, tetrachloroéthylène, 1,1,1 trichloroéthane, 1,4 trichlorobenzène                      |
| Esters                     | Butylacétate, isopropylacétate, 2-éthoxyéthylacétate   |
| Aldéhydes                  | Formaldéhyde, acétaldéhyde, benzaldéhyde, valéraldéhyde, hexaldéhyde, isovaléraldéhyde, isobutyraldéhyde |
|                            | NO <sub>2</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , fibres minérales   |

Tableau 5 : Composés chimiques mesurés lors de la phase pré-opérationnelle de l'OQAI

### 3.1.2 Les études multicentriques

Elles sont intéressantes car elles permettent une comparaison aisée des résultats et elles favorisent la mise en commun des compétences<sup>30</sup>.

Parmi les études multicentriques, il est possible d'en citer quelques une :

- l'étude **Vesta** visant à évaluer l'exposition dans les habitats (Grenoble, Clermont Ferrand, Nice, Paris, Toulouse),
- l'étude **Isaac** dont l'objectif est de mesurer la pollution dans les établissements scolaires des villes de Bordeaux, Clermont-Ferrand, Créteil, Marseille, Reims et Strasbourg,
- le projet « **Sentinelles de l'air** » vise à évaluer l'exposition à l'intérieur des logements dans quatre zones urbaines.

Les polluants et les lieux de mesure pour chacune de ces études sont présentés dans le tableau ci dessous :

| Auteur                       | Effectifs    | Lieu de mesure   | Polluants chimiques mesurés   |
|------------------------------|--------------|------------------|---|
| Zmirou (Vesta)               | 20 par ville | Habitat          | NO <sub>2</sub> ,<br>Formaldéhydes,<br>acétaldéhydes,<br>particules |
| Momas (Sentinelles de l'air) | 30 par ville | Habitat          | NO <sub>2</sub> , particules  |
| Annesi (ISAAC II)            | 20           | Ecoles primaires | NO <sub>2</sub> ,<br>Formaldéhydes,<br>acétaldéhydes,<br>particules |

Tableau 6 : Quelques études multicentriques, polluants et lieux de mesure

<sup>30</sup> S KICHNER et al. - Bilan des études françaises sur la mesure de la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments (1990-2001). Environnement, Risques et santé, vol 1. Mars avril 2002.

### 3.1.3 Les études à l'échelle locale

Il en existe un grand nombre et elles sont réalisées pour divers polluants (COV totaux, formaldéhydes, acétaldéhydes, particules, NO<sub>2</sub>, CO) dans différents types de lieux (habitats, bureaux, écoles). Il serait difficile d'être exhaustif. La plupart des travaux ont une portée très régionale.

Certaines études commencent à être réalisées par les **organismes de surveillance de la qualité de l'air**, sous la demande du Ministère de l'Ecologie et du développement durable.

Dans le cadre du stage, un appel a été lancé à l'ensemble des associations pour recenser les études menées ou en cours. Il paraît important de les présenter. Il s'agit pour la plupart de campagnes de mesure dans des halls de gare, de parking sous-terrains, d'aéroports voir dans des centres commerciaux. Les polluants étudiés sont généralement ceux qui sont habituellement mesurés pour l'air extérieur (CO, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, NOx, BTX). Les techniques d'échantillonnage utilisées sont des tubes passifs pour les BTX et les NO<sub>2</sub> et des mesures en continu. L'objectif est de comparer les concentrations intérieures avec celles du milieu ambiant et d'évaluer les taux de diffusion.

*Les études françaises concernant la qualité de l'air intérieur sont relativement dispersées. Il est souhaitable qu'à l'avenir l'observatoire de l'air intérieur puisse jouer un rôle dans la centralisation de celle-ci. Par ailleurs, ces études manquent de représentativité vis à vis des populations ou des bâtiments étudiés<sup>1</sup>. Elles ne prennent pas en compte certains polluants, comme les biocides et les éthers de glycol dont le potentiel dangereux pour la santé est avéré<sup>31</sup>. Les polluants mesurés par les campagnes sont souvent les mêmes, on citera pour les plus courants le formaldéhyde, les COV totaux, le NO<sub>2</sub> et le benzène.*

*De plus, il n'existe pas de travaux abordant la question de l'air intérieur avec une approche socio-culturelle prenant en compte les différents modes de vie et leurs influences sur la pollution de l'air intérieur<sup>32</sup>.*

## 3.2 Les campagnes internationales

Quelques campagnes de mesure apportent des informations intéressantes sur les polluants de l'air intérieur. Elles témoignent de la dynamique de certains pays dans l'amélioration des connaissances sur ce sujet.

**En Angleterre**, l'établissement de recherche sur le bâtiment a mesuré les niveaux de COV et d'autres polluants dans 173 habitations<sup>33</sup>, en parallèle avec une étude épidémiologique transversale. Parmi les COV mesurés, il y avait le benzène, le toluène, le xylène, les formaldéhydes, les undécane et les COV totaux. Cette

<sup>31</sup> S KICHNER et al. - Bilan des études françaises sur la mesure de la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments (1990-2001). Environnement, Risques et santé, vol 1. Mars avril 2002.

<sup>32</sup> OBSERVATOIRE REGIONAL DE LA SANTE du Languedoc Roussillon. Analyse et synthèse bibliographiques Habitat - Mode de vie - Santé respiratoire. Janvier 2001

<sup>33</sup> INSTITUTE FOR ENVIRONMENT AND HEALTH. Volatil Organic compounds (including formaldéhyde) in the home. Disponible sur le site Internet : [www.le.ac.uk/ieh/](http://www.le.ac.uk/ieh/)

étude se veut rassurante. Elle conclut que les concentrations trouvées pour la majorité des COV sont faibles et ne peuvent constituer une gêne que pour les personnes sensibles (asthmatiques, ..). Néanmoins les odeurs peuvent être une source d'inconfort.

Certains COV sont génotoxiques et cancérigènes, comme le benzène, et il n'existe pas de niveaux sans risque. Selon l'étude, dans la plupart des habitations, le risque pour la santé est négligeable. Concernant les formaldéhydes, le véritable problème est leur pouvoir allergisant.

D'après cette étude les risques concernant l'exposition aux COV et aux aldéhydes et faible. Toutefois, ces conclusions sont fondées sur l'analyse des concentrations d'exposition moyennes. Seul un faible pourcentage des habitations présente des concentrations fortes en polluants. Ces quelques cas peuvent paraître isolés, mais dans une démarche de santé publique, il convient de ne pas les oublier.

**Au Japon**, il existe un **comité sur le « sick building syndrom »** (syndrome des bâtiments malsains). Dans le cadre de ses activités, et pour à terme mettre en place des valeurs guides, il a réalisé une campagne de mesures concernant différents polluants chimiques de l'habitat<sup>34</sup>. Plusieurs critères ont été utilisés pour sélectionner les composés à mesurer :

- 1- Les composés doivent faire l'objet de valeurs guides par les pays étrangers ou par les organisations internationales.
- 2- Les composés ont des ratios air intérieur / air extérieur forts.
- 3- Les composés sont à l'origine de plaintes de la part de la population.
- 4- Les composés font l'objet d'un durcissement de la réglementation dans d'autres pays.
- 5- Les sources d'émission des composés sont connues.
- 6- Les composés appartiennent à une classe de composés chimiques reconnue.

Les composés ont pu être choisis selon un ou plusieurs de ces critères. Pour l'instant ont été retenus :

- L'éthylbenzène selon les critères 1, 2 et 3
- Le di-n-butyl phthalate selon les critères 1,3,5
- Les TVOC selon les critères 1 et 3
- Le toluène, le benzène, le xylène et le p-dichlorobenzène selon les critères 1 et 2
- Le tétradécane, et le nonanal selon les critères 2 et 6
- Le di-phtalate selon les critères 3 et 5
- Le diazone et le clorpyrifos selon les critères 4 et 5

**L'institut allemande IFID** (Institut For Indoor Diagnostic) a mené, dans le cadre d'un **projet européen Sandrine 2**<sup>35</sup>, une étude sur l'air intérieur dans

---

<sup>34</sup> Les rapports des différentes réunions de comité sont disponibles sur Internet à l'adresse : <http://www.nihs.go.jp/mhlw/ocs/sickhouse/rep-eng1.html>

<sup>35</sup> Le rapport de l'étude menée à partir des résultats de l'IFID est disponible sur le site Internet : <http://www.ful.ac.be/hotes/sandrine/>



l'habitat. Elle portait sur 500 habitations pour lesquelles les habitants présentaient des symptômes.

Elle a essayé de corrélérer les symptômes que pouvaient présenter les habitants avec les polluants de l'air intérieur. Les polluants chimiques mesurés étaient les COV totaux, les pesticides (totaux, perméthrine, PCP) et le formaldéhyde.

Les classifications ont été faites à partir de trois seuils de pollution pour chaque polluant : pas de pollution significative, pollution possible et pollution significative.

Les pollutions se sont avérées significatives pour les COV ( $> 750 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), les pesticides ( $> 5\text{mg}/\text{kg}$  dans les poussières,  $> 50\text{mg}/\text{kg}$  dans le matériel) et le formaldéhyde ( $> 0.05 \text{ ppm}$ ), respectivement pour 50, 47 et 43 habitations.

En complément des données sur l'exposition de populations, l'étude donne les pourcentages de résultats positifs par polluants pour certains symptômes. La corrélation est la plus forte pour : le formaldéhyde et les problèmes respiratoires, les maux de tête ; les COV et les allergies, les maux de tête ; les pesticides et les allergies, irritation de la peau et fatigue.

## 4 Les sources de pollution de l'air

La qualité de l'air intérieur dépend de celle de l'air extérieur et des sources d'émissions à l'intérieur des bâtiments. Les échanges d'air entre l'extérieur et l'intérieur sont conditionnés par la ventilation et l'étanchéité des locaux. Avec les mesures de réduction d'énergie, les bâtiments sont de plus en plus étanches et les polluants émis par les sources intérieures sont moins dilués. Mais à contrario, les polluants extérieurs rentrent plus difficilement. Ils proviennent surtout du trafic automobile, des usines et autres processus de combustion. Il en existe un nombre important, et par conséquent des indicateurs de pollution sont retenus pour qualifier la pollution ambiante. Il s'agit généralement des matières particulaires, des oxydes d'azote, des oxydes de soufre, des hydrocarbures et de l'ozone.

Les polluants intérieurs peuvent donc être regroupés en deux sous groupes que sont les polluants extérieurs rentrant à l'intérieur et les polluants dont la source est interne à l'habitat. Ces derniers peuvent être rattachés :

- soit à l'activité et la présence humaine,
- soit au processus de combustion et de chauffage,
- soit aux matériaux de construction et d'ameublement.

Comme pour les polluants d'origine extérieure, ils sont très variés. Mais la notion d'indicateur est plus délicate, compte tenu de la multitude des sources d'émission. C'est pourquoi, il est impossible d'établir une liste exhaustive des polluants intérieurs.

**Nous nous efforcerons donc de présenter les principaux polluants pour chaque grand type de source.** La classification retenue présente l'avantage de mettre en parallèle les stratégies de prévention des populations qui seront différentes selon les sources. Pour les polluants issus des activités humaines, des recommandations sur les bonnes pratiques d'utilisation des produits peuvent être faites aux résidents. Pour ce qui est des polluants émanant des matériaux de construction, des produits avec des faibles taux d'émission peuvent être préconisés.

Si des recommandations à destination de la population doivent être faites par le groupe air et santé, il paraît intéressant de les orienter selon l'origine présumée des sources de pollution.

### 4.1 Les émissions des produits de construction

La qualité de l'air intérieur est en partie conditionnée par la nature des matériaux de construction. Un matériau naturel, n'est pas forcément un matériau sain. L'exemple de l'amiante nous l'a rappelé récemment. Certains produits utilisés dans les bâtiments, en particulier les colles et les peintures renferment des COV et du formaldéhyde qui peuvent être potentiellement dangereux pour les sujets sensibles. D'autres matériaux comme les laines minérales font l'objet de polémiques.

Les polluants émanant des matériaux peuvent être classés en trois catégories :

- Les polluants chimiques
- Les polluants physiques : fibres, particules...
- Les polluants radioactifs : radon

Dans cette partie, les cas du radon et de l'amiante ne seront pas abordés, car ils font déjà l'objet de nombreuses études et d'une réglementation spécifique. Notre démarche est avant tout de connaître les polluants en émergence qui peuvent paraître insolites pour la population. De plus en plus, avec la médiatisation de la pollution de l'air intérieur, des interrogations voir les plaintes vont progressées. Les DDASS et ATMOSF'air doivent pouvoir disposer d'informations sur les polluants à l'origine des problèmes et sur leurs effets pour la santé.

#### 4.1.1 Définition des produits de construction et contexte réglementaire

La définition des produits de construction est donnée par la directive européenne 89/106/CEE relative au rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives des états membres concernant les produits de construction. Les produits de construction sont définis comme tout produit qui est fabriqué en vue d'être incorporé de façon durable dans les ouvrages de construction qui couvrent tant les bâtiments que les ouvrages de génie civil.

**La Directive sur les Produits de Construction (CPD)** a pour objectif la libre circulation dans l'Union européenne et à assurer la mise sur le marché de produits de construction conformes aux exigences essentielles, dont « l'hygiène, la santé et l'environnement ». Cette directive sert de fondement à l'élaboration de normes harmonisées et de guides d'agréments européens pour les matériaux de construction.

Des spécifications techniques, pour le maintien d'un environnement intérieur sain, sont mentionnées dans le document interprétatif de cette directive (30 novembre 1993)<sup>36</sup>. Elles s'appliquent aux matériaux de constructions susceptibles de dégager des polluants (COV, formaldéhyde, fibres) dans l'air. Il s'agit notamment des revêtements de sol, des cloisons, des matériaux de plafonnage, des matériaux d'isolation, des peintures, des vernis, des produits de protection du bois...

Malgré cette directive européenne, **les obligations réglementaires nationales, concernant les émissions des produits de construction, sont peu nombreuses.** Il existe des normes précisant les valeurs d'émission souhaitables de certains matériaux de construction. **Ces normes n'ont pas toujours une valeur réglementaire *stricto sensu***<sup>37</sup>. Elles ont plutôt un pouvoir incitatif plus ou moins prononcé.

Dans certains pays, les professionnels du bâtiment ou des matériaux d'ameublement, ont mis en place des **labels ou des certifications**. Les produits de construction doivent répondre à certaines valeurs d'émission pour être mis sur le marché. En Europe, il est possible de citer pour exemple :

---

<sup>36</sup> Document disponible sur le site Internet [www.dpcnet.org/detail.asp?id\\_doc=9](http://www.dpcnet.org/detail.asp?id_doc=9)

<sup>37</sup> Cette phrase est issue d'une discussion avec un ingénieur du CSTB

- Le Danemark et la Norvège : Indoor climate label
- Finlande : Finish classification of Finishing materials
- Allemagne:
  - GuT: Moquettes
  - GeV emicode: Enduits, colles, etc...
  - RAL UZ 38 : Matériaux en bois

A l'avenir, si une réglementation européenne sur les émissions des matériaux de construction ou sur l'air intérieur en général, devait se mettre en place, elle s'appuierait certainement sur des labels ou des normes existants.

#### **4.1.2 Les normes et labels pour les matériaux de construction**

##### ***4.1.2.1 Les normes existantes en France pour la mesure des émissions des matériaux de construction***

##### **La mesure des émissions en COV et aldéhydes**

La normalisation européenne (CEN : TC 264 WG 7) définit les conditions de mesurage des émissions de COV et d'aldéhydes des produits de construction. Il existe deux grandes méthodes de mesure des émissions :

- La méthode par cellule d'essai (norme ENV 1419-2) exprime les résultats en facteur d'émission. Il s'agit de la totalité d'un composé émis par une surface de matériau pendant un temps donné. Il est généralement exprimé en  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$  ou en  $\mu\text{g}/\text{g}$  de matériau/h.
- La méthode par chambre d'essai (norme ENV 1419-1) permet en outre de déterminer la concentration d'exposition. Il s'agit de mesurer la quantité du composé chimique qui va être libérée dans un volume donné ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), sous des conditions contrôlées de température, d'humidité, de vitesse et de renouvellement d'air.

Par ces deux méthodes, les composés chimiques ne sont pas mesurés directement. Ils sont d'abord piégés sur des supports adsorbants. Par la suite, les COV et les aldéhydes sont analysés respectivement selon les normes ISO/DIS 16000-6 et ISO/DIS 16000-3.

##### **Les normes de classe de qualité des produits de construction**

La plupart des normes de qualité s'appliquent aux produits dérivés du bois. Ceux-ci sont liés avec des colles pouvant contenir des COV et du formaldéhyde. La qualité des panneaux, vis à vis des émissions en formaldéhyde, est définie selon les normes NF EN 1084 pour les panneaux en contre-plaqué et les normes NF EN 312-1 et NF EN 622-1 pour les panneaux en particules et en fibres.

Par exemple, pour les panneaux en contre-plaqué, on distingue 3 classes d'émission selon la norme NF EN 1084 :

- Classe A : dégagement < 3.5 mg/m<sup>2</sup>/H
- Classe B : dégagement >3.5 et <8mg/m<sup>2</sup>/H
- Classe C : dégagement > 8 mg/m<sup>2</sup>/H

#### **4.1.2.2 Quelques labels**

Le label Gut<sup>38</sup>, par exemple, est né de l'association de fabricants européens de moquettes et tapis. Parmi les critères de ce label, figure les émissions des moquettes. Celles-ci sont mesurées après 20 heures sur des produits nouvellement fabriqués, pour le formaldéhyde, le chlorure de vinyle, l'acétate de vinyle, le benzène, le toluène, le styrène, le 4-vinylcyclohexène, le 4-phenylcyclohexène, les hydrocarbures aromatiques totaux et les COV totaux.

Dans le cas des moquettes avec une teneur en laine supérieure à 50%, une recherche de certains pesticides dangereux pour la santé (comme le pentachlorophénol) est effectuée.

Au Etats unis, la société Air Quality Science a développé son propre label de qualité pour un ensemble de produits susceptibles de polluer l'air intérieur par leurs émissions (fournitures de bureau, photocopieurs...)<sup>39</sup>. Ils mesurent les facteurs et les taux d'émission de certains polluants pour les produits considérés. Puis ils font une prédiction de la concentration des polluants émis par un produit placé dans une pièce, dont la ventilation et les taux de renouvellement sont connus. Ces valeurs de concentration sont comparées avec les valeurs guides pour la santé données par l'US EPA, L'US *occupational Safety and Health Administration* (OSHA), la *World Health Organization* (WHO) et la *German fédéral agency*. Les polluants mesurés sont principalement le formaldéhyde, le phenylcyclohexene, les particules en suspension, les aldéhydes totaux et les COV totaux.

#### **4.1.2.3 La pertinence des normes et des labels vis à vis de la santé des consommateurs**

L'objectif des normes de qualité est bien entendu de proposer aux consommateurs des produits plus sains. Mais il est regrettable que ces normes ne soient pas généralisées pour une gamme plus importante de produits et de polluants. De plus, il ne semble pas que l'ensemble des seuils de qualité soient définis selon des considérations sanitaires. Ils résultent plutôt d'un compromis technico-économique pour ne pas pénaliser les fabricants.

---

<sup>38</sup> Des informations sur ce label sont disponibles sur le site Internet : [http://www.gut-ev.de/fr/Test\\_pollution.htm](http://www.gut-ev.de/fr/Test_pollution.htm)

<sup>39</sup> Des informations complémentaires sur le label Greengard sont disponibles sur le site Internet : [www.greenguard.org/manufacturers/standards.asp](http://www.greenguard.org/manufacturers/standards.asp)

Pour les labels, il semble que les initiatives volontaires ne soient pas satisfaisantes en terme d'évaluation des risques sanitaires. Les labels sont faits dans une logique de profit et il se pose la question de l'accessibilité aux produits assurant une qualité de l'air plus saine<sup>40</sup>. Certains fabricants proposent des panneaux en polyuréthane pour éviter les émissions de formaldéhydes. Mais les alternatives pour les matériaux de construction sont souvent plus chères. D'autre part, elles peuvent être plus saines sans pour autant être plus respectueuses de l'environnement. Les prescripteurs doivent donc faire un choix en prenant en considération le coût du produit, la santé des occupants et le respect de l'environnement<sup>41</sup>.

De même que pour les normes, les critères sanitaires pris en compte pour l'élaboration des valeurs d'émission de référence ne tiennent pas compte des durées d'exposition, et la liste des polluants retenue n'est pas justifiée sur des considérations uniquement sanitaires.

*L'évaluation de la qualité sanitaire des produits de construction n'est pas toujours évidente, c'est pourquoi certains experts ont mis au point un protocole d'évaluation fondé uniquement sur des critères de santé.*

#### **4.1.3 L'évaluation sanitaire des produits de construction**

L'ECA (*European Collaborative Action ; urban air, Indoor environment and human Exposure*) a développé un protocole de classification et d'évaluation sanitaire de revêtements des sols<sup>42</sup>.

**L'objectif étant qu'à l'avenir, les consommateurs et les prescripteurs puissent disposer d'informations et de critères de décision sur les impacts sanitaires des produits qu'ils achètent ou préconisent.**

Ce protocole permet de mesurer certains polluants émis par ces produits. A partir de scénarii d'utilisation des produits dans une pièce, on évalue les concentrations d'exposition. Celles-ci, après traitement des données, sont comparées avec des références sanitaires (LCI : *Lowest Concentration of Interest*, risque vie entière). La distinction est faite entre les polluants cancérigènes dont les effets sont stochastiques et les autres pour lesquels les effets sont déterministes. Pour le benzène, et le chlorure de vinyle méthyle, le risque vie entière est le produit de la concentration d'exposition et le facteur de risque vie entière donnée par les études des organismes de santé. Les comparaisons sont réalisées pour les concentrations d'exposition mesurées à 24h, 72h et 28 jours. Un organigramme ainsi qu'un tableau sur les concentrations d'exposition est présenté en **annexe 2**.

Cette méthode peut facilement être généralisée pour d'autres produits de construction comme les panneaux de particule. **Elle est dans un premier temps destinée aux industriels qui veulent tester leurs produits, mais elle pourrait s'insérer en tant que norme dans une réglementation future.** Elle est plus satisfaisante en terme d'évaluation sanitaire que certains labels, car elle fait intervenir des notions d'évaluation du risque. Par contre, elle ne prend en compte dans l'évaluation que les polluants émis par un produit donné. Or il peut y avoir

<sup>40</sup> C MANDIN, INERIS. Qualité de l'air intérieur : un enjeu de santé environnementale. 2001

<sup>41</sup> Livre maestri

<sup>42</sup> ECA Indoor air quality and its impact on Man. - Evaluation of VOC emission from building products (solid flooring materials). Report N° 18. 1997

une multitude de sources de ces mêmes polluants à l'intérieur d'une habitation. Il s'agit d'une approche « mono-produit ».

#### **4.1.4 Un cas spécifique : les produits de traitement du bois**

Ces dernières décennies, le bois a été largement traité par des insecticides et des fongicides très toxiques, tels que le pentachlorophénol (PCP), le lindane, l'aldrine, la dieldrine, l'endrine<sup>43</sup>... Ces produits sont très solubles, le PCP notamment diffuse lentement dans le bois et son émission à l'atmosphère est progressive. A l'heure actuelle, ces produits sont interdits ou sévèrement réglementés. Depuis 1994, le PCP ne peut plus être utilisé dans les produits en bois destinés à l'habitat intérieur. Mais du fait de son émission progressive, il peut avec d'autres produits de traitement se retrouver encore dans l'atmosphère de certaines habitations. Le centre technique du bois et de l'ameublement s'intéresse surtout à la toxicité de ce composé par voie alimentaire. En effet, le PCP contenu dans l'air contamine facilement les produits de l'environnement et il peut se retrouver dans les aliments. L'analyse de PCP et autres biocides est relativement spécifique. Une partie de ceux-ci pouvant se fixer sur des poussières, les mesures sont encore peu précises. C'est pourquoi, l'observatoire de la qualité de l'air intérieur n'a pas retenu, dans un premier temps, les mesures des pesticides et biocides.

Les traitements du bois ont beaucoup évolué ces dernières années. Les molécules nouvelles, comme les triazols ou les pyréthroides, ont un poids moléculaire élevé et sont peu solubles. Le CTBA a évalué ces molécules au regard de leur risque pour la santé. Pour cela, les concentrations d'exposition de ces produits dans l'air, ont été extrapolées. Elles étaient inférieures aux valeurs guides proposées par l'OMS. Le problème sanitaire avec ces nouveaux produits semble plutôt venir des solvants avec lesquels ils sont mélangés. Lors de traitement curatif du bois par des professionnels ou des particuliers, ceux-ci peuvent être émis à de fortes concentrations pendant des périodes courtes. Il s'agit le plus souvent de White spirit (Hydrocarbures aliphatiques ou hydrocarbure polycycliques) qui est plus soluble dans les produits professionnels.

## **4.2 Les émissions de polluants par les appareils à combustion**

Les chaudières et autres appareils à combustion peuvent constituer des sources de polluants intérieurs, notamment de monoxyde de carbone, principalement lorsqu'ils sont mal ventilés ou qu'ils ne sont pas entretenus régulièrement<sup>44</sup>.

### **4.2.1 Les sources d'émissions liées au chauffage**

Les chaudières à huile ou à gaz, ainsi que les poêles à bois peuvent être une source de pollution, en particulier, s'il existe un **dysfonctionnement** ou que les

---

<sup>43</sup> La synthèse sur les produits de traitement du bois est issue d'une discussion avec un spécialiste du CTBA

<sup>44</sup> SANTE CANADA. Directives d'exposition concernant la qualité de l'air des résidences. Rapport du comité consultatif fédéral - provincial de l'hygiène du milieu et du travail

**conduites d'extraction fuient.** Les polluants généralement rencontrés sont entre autre, le monoxyde de carbone, les oxydes d'azote et de soufre, des aldéhydes et des hydrocarbures aromatiques polycycliques.

Les radiateurs au kérosène sont de plus en plus utilisés. Etant donné que ces systèmes de chauffage ne sont pas raccordés à une cheminée, il y a un risque de teneurs élevées en contaminants<sup>1</sup>. Le plus souvent, ils ne sont pas conçus pour servir de source de chauffage principal ou les préconisations du constructeur ne sont pas respectées. Ils conduisent, ainsi, à la formation des sous-produits de combustion précédemment cités.

#### **4.2.2 Les sources d'émission liées aux appareils de cuisson**

Les cuisinières à gaz sont une source possible de sous-produits de combustion. Les émissions des fours ne sont pas toujours rejetés à l'extérieur et peuvent accroître les teneurs intérieures en monoxyde de carbone, en oxyde d'azote et en formaldéhyde. Dans cinq pays, les concentrations moyennes mesurées en NO<sub>2</sub> étaient de 40 à 70 µg/m<sup>3</sup> dans les cuisines équipées au gaz, contre 10 à 20 µg/m<sup>3</sup> pour celles qui ne l'étaient pas<sup>45</sup>. Selon la même référence, des teneurs en CO de plus de 15 mg/m<sup>3</sup> ont pu être mesurées dans des cuisines équipées de plaques de cuisson au gaz.

Une étude récente américaine<sup>46</sup> a mis en évidence des **teneurs élevées de polluants, dans l'air intérieur, pendant différentes activités de cuisine.** Les niveaux mesurés ont pu dépasser les valeurs guides sanitaires élaborées par l'agence Californienne de protection de l'environnement et les standards de qualité pour l'air ambiant.

Les chercheurs ont testés l'impact de 32 activités de cuisine utilisant des fours ou des cuisinières fonctionnant au gaz ou à l'électricité. Les résultats sont synthétisés dans l'**annexe 3**.

#### **4.2.3 Les études épidémiologiques menées sur les sources de combustion intérieures**

Le service d'études médicales d'EDF et de GDF<sup>47</sup> a fait une mise au point des données disponibles sur les effets sanitaires dus à l'exposition au dioxyde d'azote émis par les sources de combustion intérieures. Les résultats ne permettent pas de conclure à une relation causale entre le NO<sub>2</sub> et une augmentation des pathologies respiratoires.

**Les études épidémiologiques de panels ou transversales manquent souvent de puissance et les méta-analyses sont souvent difficiles à réaliser.** De plus de nombreux facteurs de confusion (tabagisme, expositions professionnelles) peuvent

---

<sup>45</sup> WHO. Air quality guidelines 1999

<sup>46</sup> Californian Environmental Protection Agency . - Residential cooking activities study finds unhealthful levels . Disponible sur Internet à l'adresse : [www.arb.ca.gov/research.indoor/indoor.htm](http://www.arb.ca.gov/research.indoor/indoor.htm)

<sup>47</sup> V EZRATTY. Mise au point sur les effets sanitaires des oxydes d'azote émis par les sources de combustion intérieures. Service des études médicales d 'EDF et de GDF. Septembre 2001



exister. Cette étude souligne la difficulté des études épidémiologiques à mettre en évidence des risques individuels faibles.

Toutefois, une étude récente en Tasmanie sur 498 enfants suivis pendant 8 ans<sup>48</sup>, témoigne d'un risque relatif significatif (RR= 1.73, IC [1.43 ;2.76]) des allergies dues à l'exposition aux cuisinières à gaz. Si ces résultats sont confirmés par les experts scientifiques, ils pourraient expliquer en partie l'augmentation des allergies depuis quelques décennies.

### **4.3 Sources de pollution intérieures particulières**

Il existe une très grande variété de contaminants produits par les activités humaines. La fumée de tabac constitue une source de pollution majeure dans l'habitat. Mais les produits de nettoyage, les peintures, les protecteurs pour tissus, les désodorisants, les insecticides... sont autant de sources de composés chimiques, organiques ou inorganiques. De nombreuses substances peuvent se retrouver dans un bâtiment lors de rénovations ou d'activités de réparation.

#### **4.3.1 La fumée de tabac**

Les fumeurs ne sont pas les seuls exposés. Le tabagisme passif est de plus en plus combattu. En France, la loi Veil de 1976 donne pour la première fois une définition du tabagisme passif et de ses effets. Le tabagisme environnemental entraîne des effets néfastes sur la santé et confirme que la fumée de tabac constitue la source la plus dangereuse de pollution de l'air intérieur en raison de sa concentration élevée en produits toxiques<sup>49</sup>.

Les non fumeurs peuvent être involontairement exposés à des quantités importantes de particules respirables, de monoxyde de carbone et d'oxydes d'azote, ainsi qu'à de nombreux contaminants organiques nocifs.

Plus de 50 composants de la fumée de cigarette sont reconnus comme ayant des effets néfastes sur la santé, dont **12 sont des agents carcinogènes reconnus ou présumés** (notamment le chlorure de vinyle, le 2-naphtylamine, le benzo(a)-pyrène, et le formaldéhyde)<sup>33</sup>. La fumée de cigarette libère aussi des produits de combustion comme le monoxyde de carbone et le dioxyde d'azote, mais aussi des particules fines.

Parmi les nombreux polluants de la fumée de cigarette, certains sont émis en quantités notables. Il s'agit du benzène, toluène, styrène, 1-3 butadiène, 2 butanone, formaldéhyde, acétaldéhyde, particules (PM 2.5), nicotine et oxyde de carbone. Dès qu'une cigarette est fumée dans une pièce, la composition de l'air est complexée et les concentrations en polluants sont fortement augmentées.

La Norvège propose des valeurs guides pour **la nicotine comme indicateur de la fumée de cigarette**. D'autres composés, comme le CO ou les particules fines,

---

<sup>48</sup> A L PONSONBY et al. - A prospective study of the association between home gas appliance use during infancy and subsequent dust mite sensitization and lung function in childhood. *Clinical and experimental allergy*, 1554-1552. 2001

<sup>49</sup> DUBUS, BODIQU, MILLET. Allergie respiratoire de l'enfant et le tabagisme passif. *Archive pédiatrie*. N° suppl 1. Page 35-38. 1999

sont cités comme des indicateurs de la fumée de cigarette<sup>50</sup>. La difficulté étant de disposer d'un indicateur le plus spécifique possible, compte tenu de la diversité des sources possibles à l'intérieur pour les polluants de la fumée de cigarette.

### 4.3.2 Les produits de consommation grand public

Nombreux sont les produits d'entretien qui peuvent émettre des composés polluants. Mais différents produits d'entretien destinés au même usage ne vont pas libérer les mêmes composés. C'est pourquoi, il est préférable pour être plus précis de partir d'une famille de polluants pour remonter aux sources possibles :

#### 4.3.2.1 Les composés chlorés

L'Agence californienne pour la protection de l'environnement a établi un rapport sur les sources de composés chlorés dans la maison<sup>51</sup>. Selon cette source, plusieurs molécules chlorées sont reconnues pour leur potentiel cancérigène et leur dangerosité pour la santé. Les composés les plus communs sont le chloroforme, le trichloroéthylène, le para-dichlorobenzène, le chlorure de méthylène, le perchloroéthylène et le 1,1,1 trichloroéthane. Ce sont des polluants généralement spécifiques de l'air intérieur et ils peuvent être émis par des produits de consommation ou des vêtements revenant du pressing.

Le perchloroéthylène est par exemple le principal composé utilisé par les procédés de séchage à sec. Tous ces composés peuvent provenir de colles, de produits nettoyants, de peintures et de produits d'entretien pour voiture. Les boules anti-mites utilisées pour protéger les vêtements et les produits désodorisants pour toilettes contiennent le plus souvent du para-dichlorobenzène.

#### 4.3.2.2 Les éthers de glycol

Ce groupe chimique est divisé en deux familles (les dérivés de l'éthylène glycol et les dérivés du propylène glycol) qui regroupent à elles deux une quarantaine d'espèces chimiques. Les espèces les plus souvent citées dans la littérature sont le 2-éthoxyéthanol (EGEE), le 2-butoxyéthanol (EGBE) et le 1-méthoxy-2-propanol (1PG2ME).

Ce sont des composés qui ont été très médiatisés et qui font l'objet d'une demande sociale forte. L'INSERM a menée une expertise collective concernant les effets sur la santé des éthers de glycol<sup>52</sup>. Ils ont un potentiel dangereux pour la santé reconnu. Pourtant, comme cela a été mentionné auparavant, très peu d'études mesurent ces composés dans l'air intérieur. Il semble que dans la réglementation du travail, l'option a été de procéder à des diagnostics sanguins plutôt que de mesurer l'exposition dans l'air. Au niveau du domaine privé, lors de

<sup>50</sup> JC PONNELLE. Audit de la qualité de l'air dans les locaux non industriels. Revue de la médecine du travail, tome 27, numéro 4 . 2000

<sup>51</sup> CALIFORNIA ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Chlorinated chemicals in your home, in indoor air quality guideline. May 2001. Disponible à l'adresse Internet <http://www.arb.ca.gov/research/indoor/clguide.pdf>

<sup>52</sup> La synthèse de l'expertise sur les éthers de glycol est disponible sur le site de l'Inserm : [www.inserm.fr](http://www.inserm.fr)

suspensions d'une exposition élevée aux éthers de glycol, il est plus difficile d'établir des diagnostics sanguins, au risque de paniquer la population. Ainsi, il serait intéressant de développer des techniques de mesure et de disposer de références pour ce groupe de polluants.

Concernant la réglementation française, toutes les substances avérées cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction sont systématiquement interdites dans les produits à usage du grand public et plus récemment dans les médicaments<sup>40</sup>. Il s'agit de l'EGEE et de son acétate et de l'éthylène glycol méthyl éther EGME et son acétate.

Les sources d'émission des éthers de glycol sont connues. Il s'agit pour les trois composés majeurs des laques, peintures et vernis. Mais le 2-butoxyéthanol se retrouve aussi dans les herbicides, les fongicides. Le 1-méthoxy-2-propanol est utilisé dans certains savons et cosmétiques.

#### **4.3.2.3 Les produits biocides**

Les produits biocides comprennent des types de produits très variés tels que des désinfectants (hygiène humaine, piscine), des produits de traitement du bois, du cuir, d'ouvrages de maçonneries, des produits antiparasitaires (insecticides, acaricides...) à usage non agricole.

Ils peuvent être émis à l'atmosphère et représenter un risque par inhalation pour les personnes.

Une récente ordonnance européenne transcrit en droit français la directive 98/8/CE du 16 février 1998 concernant la mise sur le marché des produits biocides. Elle prévoit que les produits peuvent être commercialisés que s'ils ne font pas peser de risques inacceptables sur les êtres humains, les animaux et l'environnement. La liste des produits interdits et des substances actives concernées par la directive sont en cours d'élaboration.

Dans le cadre de la phase opératoire de mesure de l'observatoire de l'air intérieur, l'INERIS est chargée de sélectionner les pesticides à mesurer et de développer pour ceux-ci une méthode de prélèvement et de mesure. Sur les 33 pesticides les plus usités, une sélection a été réalisée sur la base de mesure dans 9 logements. Des concentrations non négligeables en pesticides, contenues dans les produits de traitement pour animaux domestique, ont été décelées<sup>53</sup>.

#### **4.4 Comment limiter la présence de polluants ? Présentation de la démarche HQE**

Le comportement et le mode de vie peuvent être des facteurs de risque. Ainsi, le tabagisme passif ou les travaux de bricolages en milieux confinés, peuvent accroître de manière considérable les teneurs en polluants dans une pièce. De même, l'utilisation d'un chauffage d'appoint comme source principale de chaleur ou la fermeture volontaire des ventilations sont autant de modes de vies dits « à risques ».

---

<sup>53</sup> Cette affirmation provient d'une discussion avec Mr Blanchard de l'INERIS

Outre ces facteurs comportementaux, des facteurs intrinsèques aux caractéristiques du bâti peuvent amplifier la contamination de l'air intérieur. Il s'agit du système de ventilation, du type de chauffage et des matériaux de construction plus ou moins polluants. Cet aspect est pris en considération dans la démarche HQE (Haute Qualité Environnementale). Elle est un outil de gestion dans la construction et elle s'applique tant pour les bâtiments neufs que pour ceux en réhabilitation. En France, **il s'agit d'une démarche volontaire de la part du maître d'ouvrage, et elle ne fait pas l'objet d'une norme ou d'une réglementation.**

Elle vise à satisfaire trois exigences complémentaires<sup>54</sup> :

- la création d'un environnement intérieur sain et confortable pour ses usagers,
- La maîtrise des impacts du bâtiment sur son environnement intérieur,
- La préservation des ressources naturelles grâce à l'optimisation de leur utilisation.

La démarche est formalisée au moyen d'une grille regroupée en 14 cibles, dont la qualité de l'air. Elle prévoit de gérer les risques de pollution par les produits de construction, les risques par les équipements et l'entretien ou la maintenance. Pour cela un certain nombre de mesures, à destination du maître d'ouvrage ou de la maîtrise d'œuvre, sont mentionnées:

- **Limitier les pollutions de l'air intérieur :**

- Les produits de construction : La maîtrise d'œuvre doit choisir et utiliser les produits de construction, en tenant compte de leur émanation éventuelle de polluants.
- Les équipements : Tous les équipements à combustion ont maintenant des systèmes de sécurité normalisés. Néanmoins, près de 8000 intoxications oxycarbonées sont dénombrées chaque année en France. Il faut donc s'assurer que les équipements installés soient normalisés. Par ailleurs, il faut sensibiliser les gestionnaires et les usagers à la maintenance et à l'entretien des ces appareils.  
De la même manière, les équipements aérauliques pour la ventilation et le chauffage doivent faire l'objet d'une maintenance régulière. La maîtrise d'œuvre doit faire en sorte de la faciliter.
- La pollution par les opérations de maintenance : La maîtrise d'œuvre doit favoriser des finitions et des revêtements qui s'entretiennent facilement sans utiliser de produits dangereux.
- Pollution par le radon : Lors d'une construction dans une zone à risque, maîtrise d'œuvre et maîtrise d'ouvrage doivent vérifier le risque et si nécessaire prendre des mesures préventives : étanchéification des parois en contact avec le sol...

---

<sup>54</sup> D GAURIN - Müller. L'Architecture Ecologique, 29 exemples européens. E dition Le Moniteur

- Pollution par l'air extérieur : L'air extérieur, peut dans certains cas être fortement pollué. Pour préserver les usagers de cette pollution, il est possible notamment de mettre en place une ventilation double flux qui met le bâtiment en légère surpression.

- **Ventiler les locaux :**

Un système de ventilation est indispensable, mais il faut chercher à concilier au mieux la qualité de l'air intérieur et les consommations d'énergie. Le meilleur compromis semble être que la maîtrise d'œuvre veille à l'étanchéité des bâtiments et choisisse des systèmes de ventilation optimisés : ventilation auto réglable, ventilation asservie à la présence d'usagers (concentration en CO<sub>2</sub>).

Il existe un grand nombre de système de ventilation et le choix de l'un d'entre eux, vis à vis de la qualité de l'air intérieur, doit se faire au cas par cas selon que l'on souhaite éliminer les polluants endogènes ou éviter l'entrée des polluants exogènes.

Par exemple, dans le cas du métro, il est préférable de choisir un système de ventilation qui limite au maximum l'entrée des polluants exogènes. Pour une construction sur un sol avec un risque de radon, il est préférable d'opter pour une ventilation qui extrait au maximum le gaz du bâtiment. Dans tous les cas, ces systèmes de ventilation compliqués doivent faire l'objet d'une maintenance rigoureuse et régulière.

La ventilation est aussi un paramètre déterminant pour la dilution des polluants de nature endogène. Le règlement sanitaire départemental fixe le taux de renouvellement minimal pour certains locaux autres que les habitations. Le code de la construction et de l'habitation (article R.111-9) précise que « les logements doivent bénéficier d'un renouvellement de l'air et d'une évacuation des émanations tels que le taux de pollution de l'air intérieur du local ne constituent aucun danger pour la santé ».

**La concentration de CO<sub>2</sub> dans l'air peut s'avérer être un très bon indicateur de l'insuffisance de ventilation si elle dépasse 1000 ppm<sup>55</sup>. De la même manière, une concentration en CO supérieure à 5 ppm révèle la présence de produits de combustion non évacués ou l'entraînement de gaz d'échappement de véhicules. Ces deux indicateurs sont donc intéressants à prendre en compte dans le cadre d'une campagne de mesure des polluants de l'air intérieur. Ils permettent d'apprécier la dilution des polluants de nature endogène.**

---

<sup>55</sup> JC PONNELLE. Audit de la qualité de l'air dans les locaux non industriels. Revue de la médecine du travail, tome 27, numéro 4 . 2000

## **5 La métrologie des polluants de l'air intérieur**

### **5.1 Aperçu des méthodes et des équipements de mesure**

Différentes méthodes existent selon le type de polluant que l'on veut mesurer et selon la précision des mesures attendue. Elles peuvent être passives ou actives, il peut s'agir d'un échantillonneur ou d'un analyseur. Les mesures peuvent être continues ou ponctuelles.

#### **5.1.1 Les échantillonneurs passifs**

Le principe de l'échantillonnage passif est de prélever les polluants sans utiliser un système de pompage. Les polluants diffusent à travers un matériau inerte et ils sont piégés au niveau d'un adsorbant approprié. Les adsorbants sont alors envoyés au laboratoire pour analyse. Les résultats sont fournis en mg de polluant piégé pendant la période d'échantillonnage. Connaissant le coefficient de diffusion moléculaire du polluant et les caractéristiques géométriques du tube inerte, on peut en déduire la concentration moyenne de ce polluant exprimée généralement en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Différents modèles d'échantillonneurs existent. Ils sont à diffusion radiale ou axiale, portatif ou non. La période de mesure est fonction de la gamme de concentration attendue. L'avantage est qu'ils sont faciles d'utilisation et qu'ils permettent d'obtenir un ordre d'idée de l'exposition des occupants. Par contre, ils ne permettent pas de visualiser les fluctuations des concentrations dans le temps.

#### **5.1.2 Les échantillonneurs actifs**

Le terme actif signifie que l'air est prélevé par un système de pompage manuel ou à débit contrôlé avec analyse instantanée ou différée. Le système par pompage manuel permet de prélever un volume connu d'air qui va réagir avec un tube contenant un réactif. La lecture est quasiment instantanée, mais cette méthode est relativement peu précise et elle paraît plus adaptée pour la mesure des fortes concentrations (intoxication au CO, environnement du travail).

#### **5.1.3 Les analyseurs**

Les analyseurs sont beaucoup plus performants. Ils sont conçus la plupart du temps pour effectuer des analyses en continu. L'air est pompé directement, et après un prétraitement facultatif, il est analysé au sein de l'appareil. Les méthodes d'analyses sont diverses et elles sont fonction des propriétés physico-chimiques des molécules à mesurer. Ces analyseurs sont relativement bien développés pour les indicateurs de pollution de l'air ambiant : CO, NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, HCl, NH<sub>3</sub>... Ils sont utilisés en routine par les associations de surveillance de la qualité de l'air.

Ils peuvent être utilisés en air intérieur. D'un point de vue du fonctionnement, la température de la pièce doit être relativement constante et inférieure à 30°C. Leur inconvénient majeur, en air intérieur, est le bruit généré par l'appareil.

**La tendance actuelle est d'utiliser des appareils portatifs, manipulables, moins chers et plus silencieux.** Ils permettent d'évaluer plus facilement les concentrations d'exposition des personnes. Mais, ces appareils sont en plein développement et n'existent pas pour tous les polluants. Parmi les systèmes portatifs, simples d'utilisation, il est possible de mesurer les particules par diffusion optique, les COV totaux par photo-ionisation ou par ionisation de flamme, le CO par un capteur électrochimique, et le CO<sub>2</sub> par une sonde infrarouge. Selon les appareils, les mesures peuvent être faites de manière ponctuelle ou en continu.

## **5.2 Les difficultés associées à la surveillance de l'air intérieur**

### ***Un manque de standardisation :***

Les méthodes de surveillance de la qualité de l'air intérieur ne sont pas encore toutes normalisées. Les seules normes existantes sont relativement récentes, et elles s'appliquent au dosage des COV et formaldéhyde par échantillonnage actif (norme ISO 16000-3) et à l'échantillonnage par tubes à diffusion des COV (Norme ISO 16017-1 :2000). Une norme sur les aspects généraux de la stratégie d'échantillonnage en air intérieur (ISO 16000-1) est en projet.

Des études ont été réalisées en combinant du matériel destiné à l'air ambiant avec des méthodes et des instruments plus récents. Du fait de l'absence de standardisation, il est difficile de comparer les résultats donnés par des campagnes de mesures distinctes. C'est pourquoi, en France, il paraît souhaitable que les méthodes de mesures employées par l'observatoire de la qualité de l'air intérieur servent de référence pour des campagnes dont les objectifs sont similaires. De ce fait, nous nous en sommes inspirés pour choisir les méthodes de la campagne de mesure.

### ***Des techniques pas toujours développées et pas toujours adaptées :***

La métrologie est un paramètre limitant dans la connaissance de la pollution de l'air intérieur. Certains polluants sont plus difficilement mesurables que d'autres dans les conditions techniques actuelles. C'est le cas des biocides et des HAP qui sont présents dans l'air sous forme soluble et sous forme liée avec les poussières. D'autres polluants très spécifiques ne font pas l'objet de développement technique de mesure par les fournisseurs de matériel. Dès lors, il faut développer ses propres systèmes d'échantillonnages et d'analyses.

## **5.3 Les facteurs à considérer pour élaborer une stratégie de prélèvement en air intérieur**

Par différence avec la mesure des polluants en extérieur, **la pollution de l'air intérieur ne peut généralement pas être mesurée en continu.** Hormis pour le cas particulier de certains lieux comme les gares ou les parkings souterrains, il est difficile d'introduire dans les bâtiments des analyseurs qui sont le plus souvent volumineux et bruyants. En conséquence l'analyse des polluants de l'air intérieur

se réduit le plus souvent à des prélèvements d'air par systèmes passifs qui ont l'avantage d'être entièrement autonomes, silencieux et très petits. Dès lors, il est possible de se demander quelle est la représentativité spatio-temporelle et la validité des mesures lorsqu'on utilise un petit nombre de préleveurs, voir un seul, pour caractériser l'air d'une pièce. Il est évident que la stratégie de prélèvement revêt toute son importance pour réaliser au mieux les mesures en air intérieur.

**Il existe une grande variété de situations et de polluants pour une multitude d'environnements intérieur.** Par conséquent, les procédures de prélèvement sont elles aussi multiples. Toutefois un certain nombre de considérations peuvent s'appliquer dans la majorité des cas.

Pour développer une stratégie de prélèvement il convient de répondre aux questions suivantes : **quand mesurer, combien de temps mesurer, avec quelle fréquence et où doit on réaliser les prélèvements ?**

La réponse à ces questions est fonction de l'objectif que l'on s'est fixé pour la campagne de mesure, de la dynamique de l'environnement intérieur dans lequel on souhaite mesurer, et de la nature des polluants recherchés<sup>56</sup>.

### **5.3.1 Les objectifs visés par une campagne de mesure**

Les objectifs des mesures en air intérieur déterminent de façon prépondérante la procédure de prélèvement à adopter. Il est par conséquent important de les définir avant de débiter les mesures. Lors de la présentation de l'étude bibliographique devant le groupe Air et santé, la question sur les objectifs de la campagne de mesure a souvent été évoquée.

Nous allons tenter de présenter les différentes solutions réalisables. Parmi les objectifs, il est possible de déterminer l'exposition des populations, de répondre à des plaintes (dans cette situation, les mesures se font en complémentarité de l'identification des sources), de contrôler le succès d'actions correctrices pour améliorer la qualité de l'air, ou de vérifier la qualité de l'air avec des références ou des valeurs guides. L'ensemble de ces objectifs sont issus de deux rapports<sup>1, 57</sup> et sont développés ci dessous :

**Afin d'évaluer le risque lié aux polluants de l'air intérieur**, une étape est de quantifier l'exposition des populations. Et dans ces conditions, il est intéressant de disposer des concentrations moyennes pour évaluer les risques à long terme et des concentrations maxima pour évaluer les risques à court terme. Dans une démarche de gestion du risque, il peut être pertinent de connaître la distribution des expositions de la population pour une typologie de bâtiment donné. Pour cela il est nécessaire de procéder à des mesures dans un lot suffisamment significatif de bâtiments, choisis au hasard.

**Les mesures en air intérieur peuvent se faire pour répondre à des plaintes de la part des occupants.** Dans la majorité des cas, les plaignants peuvent souffrir d'irritations oculaires, d'irritation des muqueuses respiratoires ou de la perception de mauvaises odeurs. Pour savoir si ses symptômes sont liés avec la présence d'un polluant, il est nécessaire de mesurer les concentrations maximales

---

<sup>56</sup> ECA. Strategy for sampling chemical substances in indoor air. Report N° 6. Decembre 1989

<sup>57</sup> SANTE Canada, Comité consultatif de fédéral provincial de l'hygiène du travail. Guides techniques pour l'évolution de la qualité de l'air dans les immeubles à bureau. 1995



susceptibles d'être rencontrées. Dans ce cas on dispose son capteur à proximité de la source suspectée en prenant soin de ne pas ventiler outre mesure pour simuler une situation défavorable. Il va de soit que les mesures dans ce genre de situation doivent être réalisées après un diagnostic complet sur le bâtiment.

**Pour améliorer la qualité de l'air intérieur, il est possible dans certains cas de mettre en place des mesures correctrices.** Par exemple, les conduites défectueuses d'extraction des chaudières peuvent être remplacées dans le cas d'une teneur excessive en CO. Il faut alors réaliser une mesure avant et après travaux pour mesurer leurs efficacités. Les mesures doivent être réalisées dans des conditions météorologiques similaires.

Dans le cas d'un **mesurage pour vérifier l'adéquation de la qualité de l'air intérieur avec des valeurs guides**, il est souhaitable de respecter quelques conditions. Tout d'abord, la période de prélèvement doit être la même que celle précisée par la valeur guide. Pour certains polluants, comme le formaldéhyde qui ont des effets à court terme, il est préférable de se placer dans les conditions où les concentrations seront les plus élevées. Par contre pour les polluants dont les effets sont à long terme, les concentrations moyennes suffisent et la période de prélèvement doit être suffisamment longue pour tenir compte des fluctuations dans le temps. Il est donc nécessaire d'avoir de longues périodes d'échantillonnage importantes. Généralement, par facilité, il est retenue de mesurer les polluants pendant 24 heures. Mais les capteurs que l'on trouve sur le marché permettent des périodes d'échantillonnage supérieures à 7 jours.

### **5.3.2 La dynamique des environnements intérieurs**

La qualité de l'air intérieur est conditionnée de façon dynamique par la variabilité des sources d'émissions, la nature du bâtiment et des pièces et par le type d'aération et son temps de fonctionnement.

Les sources d'émission peuvent être continues (comme les matériaux de construction) ou discontinues (comme les produits d'entretien). Ces deux groupes peuvent être subdivisés en deux sous-groupes : les sources qui émettent de manière régulière dans le temps et celles qui émettent de façon irrégulières. Le plus souvent, les émissions des sources continues vont varier avec des facteurs physiques comme la température ou l'humidité.

**La compréhension de la dynamique des environnements intérieurs est capitale pour développer sa propre stratégie d'échantillonnage et pour interpréter les résultats.** Dans cette logique, il faut aussi prendre en compte tous les paramètres qui n'influent pas directement sur la métrologie (comme le type de bâtiment, le taux de ventilation, les sources extérieurs...) mais qui peuvent avoir un impact sur les concentrations mesurées. De ce fait, il est nécessaire lors d'une campagne de mesures de réfléchir sur l'emplacement des capteurs et des analyseurs.

Pour la campagne de mesures que nous avons mis en place, nous avons souhaité accompagner les mesures d'un questionnaire sur les caractéristiques des lieux de mesure. Dans le cadre d'études épidémiologiques, il est préférable d'utiliser la

double approche mesurage- questionnaire<sup>58</sup>. Il semble que cette double approche soit aussi intéressante lorsque l'on veut caractériser des environnements intérieurs ou valider des méthodes de mesure.

---

<sup>58</sup> B CLARISSE, N SETA et al. Description de l'environnement domestique et études épidémiologiques sur les pathologies respiratoires. Revue Epidémiologique de Santé Publique : Juin 2002

**PARTIE 2 :**  
**La campagne de mesure  
menée par ATMOSF'Air**

## 6 Objectifs

Cette campagne de mesure a été initiée par la DRASS et Atmosf'Air. Chacune de ces structures a des attentes particulières, c'est pourquoi la campagne de mesure permettra de répondre à des objectifs multiples.

L'objectif principal est d'ordre expérimental. Il s'agit de **tester des méthodes de mesure en air intérieur**.

Par la suite, après validation des résultats, des protocoles de mesures pourront être rédigés. L'idée est de pouvoir disposer de méthodes fiables, et standardisées qui pourront être utilisées de façon routinière par l'ensemble des services concernés.

Pour cela, les paramètres techniques de mesure, comme le temps de prélèvement, et l'emplacement des prélèvements, devront être optimisés.

En parallèle, la répétabilité des méthodes, et leurs représentativités spatiales et temporelles seront vérifiées. De ce fait cette campagne estivale devrait être complétée par une campagne en période hivernale.

En réponse à une demande du ministère de l'écologie et de l'environnement durable, le deuxième objectif est de **caractériser les expositions des populations dans les lieux recevant du public**. A cette fin, les concentrations de quelques polluants seront mesurées dans différents ERP.

Le dernier objectif est de caractériser la différence qu'il peut exister entre les concentrations en composés chimiques en air intérieur et les concentrations de l'air ambiant. Il s'agit ici de **connaître l'influence de l'air extérieur sur la pollution de l'air intérieur**.

## 7 Sélection et caractérisation des composés à mesurer

### 7.1 Les critères de sélection des composés

Dans une logique de diagnostic sanitaire, les polluants auraient été choisis en fonction des sources d'émissions possibles dans les lieux de mesure et en fonction des symptômes éventuels des occupants. Dans la logique majoritairement expérimentale de cette campagne, les polluants ont été choisis indépendamment des sites de mesures. Les critères de choix utilisés étaient d'ordre sanitaires, réglementaires, économiques et techniques.

Compte tenu de la multiplicité des polluants, un certain nombre de composés qui ont pu ressortir de l'étude bibliographique ont été présélectionnés. Puis pour chacun d'entre eux nous avons appliqué un système de notation vis à vis des critères suivants :

- **Critères méthodologiques :**
  - Notation qualitative de 1 à 3 selon la difficulté de la mesure
  - Symbole P ou C pour le type de mesure (passive ou continue)
  - Notation qualitative de 1 à 3 selon le coût de la mesure
  
- **Existence d'études :**
  - Peu ou jamais mesuré : 3
  - Mesuré assez souvent : 2
  - Souvent mesuré : 1
  
- **Critères sanitaires :**
  - Existence ou non de valeurs guides WHO
  - Classification comme cancérogène selon l'IARC: 1, 2A, 2B, 3
  - Effets sanitaires majeurs
  - Causalité forte (1), moyenne (2) ou faible (3) entre le polluant et les effets observés
  
- **Possibilité de contrôler la source d'émission ou de mettre en place des recommandations :** Possibilité forte (1), moyenne (2) ou faible (3)
  
- **Critère réglementaire :** Le polluant est-il pris en compte dans les lignes directrices mentionnées dans l'étude bibliographique ?

*Les notations affectées à chaque polluant sont subjectives et elles ne découlent que de ma propre interprétation des documents que j'ai été amené à lire pour la rédaction de l'étude bibliographique.*

Le tableau de synthèse des notations attribuées est disponible en **annexe 5**

## 7.2 Les polluants retenus pour une première campagne de mesures

La métrologie a été pour cette campagne le paramètre limitant dans le choix des polluants. Pour des problèmes de budget et de temps, les mesures devaient impérativement se faire à l'aide du matériel dont dispose Atmosf'Air ou à l'aide de méthodes extérieures peu onéreuses.

C'est pourquoi nous avons retenu de prélever et mesurer en majorité les polluants à l'aide de tubes à diffusion.

### Les polluants mesurés par tubes à diffusion :

Grâce à cette technique, nous pouvions et nous avons souhaité mesurer

- une importante gamme de COV de manière individualisé,
- 10 aldéhydes,
- et le NO<sub>2</sub>.



Illustration des 3 types de tube à diffusion

Parmi l'ensemble des COV et des aldéhydes analysés de manière forfaitaire par le laboratoire, tous n'étaient pas forcément intéressants par rapport aux critères de décision que nous avons définis. C'est pourquoi nous les avons séparés en **composés prioritaires et non prioritaires**.

Pour les composés prioritaires, une fiche d'information a été élaborée. Elle récapitule les informations disponibles sur ces polluants (sources, effets sanitaires, concentrations usuelles) et les recommandations éventuelles. Ces fiches synthétiques permettront de disposer d'éléments de réponse pour faire face aux éventuelles interrogations que pourra susciter la campagne de mesure.

Elles ont été élaborées majoritairement à partir du rapport de l'observatoire de la qualité de l'air, du rapport sur les connaissances dans le domaine de l'air en Australie<sup>59</sup>, d'un rapport du département Californien<sup>60</sup> de la santé et des informations contenues sur le site Allergonet<sup>61</sup>. Elles sont disponibles en **Annexe 4**.

<sup>59</sup> ENVIRONMENT AUSTRALIA. Over view of indoor air quality. Dans : State of knowledge report : Air Toxics and Indoor Air Quality in Australia. 2001

<sup>60</sup> CALIFORNIA DEPARTMENT OF HEALTH SERVICE. Reducing occupant exposure to volatile organic compounds from offices building construction materials : non -building guidelines.

<sup>61</sup> [www.allergonet.com](http://www.allergonet.com)

Les COV et les aldéhydes classés comme non prioritaires pourraient être mis en évidence à de fortes concentrations lors de l'analyse des résultats de la première campagne. Si c'est le cas, ils devront par la suite faire l'objet d'une étude plus approfondie pour savoir si on doit les prendre en compte dans une prochaine campagne et pour disposer d'une documentation conséquente à leur sujet.

Pour les COV, les composés prioritaires sont les **BTX** et le **styrène** car ils sont souvent mentionnés dans les lignes directrices sur l'air intérieur; les organochlorés dont le **trichloroéthane** et le **trichloréthylène** qui ont des effets reconnus et bien documentés sur la santé.

Les éthers de glycol n'ont pas été classés comme prioritaires car bien que ces composés soient très médiatisés, il existe peu d'études sur les concentrations d'exposition des populations. Mais il paraît important malgré tout de mettre en évidence l'éventuelle présence dans les lieux de mesure du méthyl glycol, de l'éthyl glycol et de leurs acétates. Ils sont interdits dans les produits cosmétiques et médicamenteux et leur usage est limité dans les produits domestiques. Ils sont considérés comme les éthers de glycol les plus nocifs pour la santé<sup>62</sup>.

Pour les aldéhydes, la technique de prélèvement par diffusion passive permet d'analyser 10 aldéhydes. Parmi ceux ci, le **formaldéhyde** et l'**acétaldéhyde** sont prioritaires car ce sont ceux pour lesquels on dispose de plus de références.

**Le NO<sub>2</sub> a été retenu car il peut être mesuré facilement par des tubes à diffusion.** De plus, il s'agit d'un polluant très documenté dont les sources endogènes sont facilement remédiables.

#### Les polluants mesurés en continu

**Dans un site, le NO<sub>2</sub> et le CO ont été mesurés en continu à l'aide du matériel dont dispose Atmosf'air.** Les objectifs étant de pouvoir :

- Visionner les fluctuations journalières de ces deux polluants à l'intérieur d'un bâtiment
- Comparer les concentrations mesurées à l'intérieur avec celles mesurées par une station de mesure de l'air ambiant située à proximité (environ 400m).
- Tester par référence avec l'appareil, la précision des tubes à diffusion pour la mesure du NO<sub>2</sub>.

**Le CO et le CO<sub>2</sub>** sont d'excellents indicateurs notamment du bon fonctionnement de la ventilation. Mais nous n'avons pas pu nous procurer des analyseurs en continu portatifs. Ainsi seul le CO a été mesuré de manière ponctuelle à l'aide de capteurs à infrarouge prêtés par la DDASS.

**Les poussières** sont une source importante de pollution de l'air intérieur, mais elles sont difficiles à mesurer. En effets les analyseurs en continu utilisés en air ambiant sont trop volumineux et trop bruyant pour être utilisés. Il serait possible de placer un mini préleveur (mini partisol par exemple) qui filtre l'air et

---

<sup>62</sup> Commission de la sécurité des consommateurs. - Avis relatif aux éthers de glycol. Disponible à l'adresse Internet : [www.cscnet.org/Commun/AVIS/ethersglycol.htm](http://www.cscnet.org/Commun/AVIS/ethersglycol.htm)

d'analyser le filtrat par gravimétrie. Mais cette technique est assez chère et elle semble assez contraignante compte tenu des erreurs de manipulation possible. De ce fait, nous avons souhaité nous faire prêter un analyseur de poussière en continu pour le tester. Cet appareil est un **néphélomètre** qui fonctionne selon un principe optique. Il a l'avantage d'être compact et de ce fait il est particulièrement adapté aux mesures en intérieur. La précision des mesures n'est pas acceptable pour une comparaison à des normes, mais elle est suffisante pour se faire une bonne idée de l'empoussièrément d'un bâtiment. Cet appareil est surtout utilisé dans les atmosphères de travail. Il peut mesurer en continu les poussières de 2.5µm, 4.5µm et 10µm. Comme nous ne disposons que d'un seul appareil, celui ci a été testé dans un premier temps dans les locaux d'Atmosf'Air.

### **7.3 Les polluants à considérer pour une prochaine campagne de mesure**

Lors d'une prochaine campagne, il serait intéressant de se procurer un **appareil portatif pour la mesure en continu du CO<sub>2</sub> et du CO**. Cet appareil pourrait être placé au niveau de chaque site pendant une journée type. Il permettrait de témoigner de la dynamique des environnements intérieurs. En parallèle, il faudrait coupler une mesure de la température et de l'hygrométrie qui peuvent influencer les concentrations en COV et qui sont des indicateurs de confort.

La mesure de ces paramètres complémentaire pourra par ailleurs faciliter l'interprétation des concentrations trouvées pour les autres polluants.

**Les pesticides et les HAP** sont des polluants dont les effets sur la santé sont reconnus. Mais les techniques pour mesurer les pesticides ne sont pas encore totalement opérationnelles. De plus, les analyses de ces polluants sont relativement chères du fait qu'ils se trouvent sous forme soluble dans l'air, mais aussi adsorbés sur les poussières. A l'avenir, il serait possible avec un budget adapté et un préleveur spécifique de mesurer ces polluants.

Si les tests sur le néphélomètre s'avèrent concluants, il pourra éventuellement être acheté et utilisé pour une prochaine campagne de mesures.



## 8 Les lieux de mesure

Pour le choix des sites de mesures, nous nous sommes limités aux établissements recevant du public. Parmi ceux ci, le choix a été fait d'avoir un maximum de sites différents selon la nature de l'activité qui s'y déroule, le type d'architecture et l'âge du bâtiment. Pour caractériser la dynamique des différents lieux de mesures, un questionnaire d'enquête (*annexe 5*) a été rempli pour l'ensemble des sites. Ainsi, nous pourrions avoir une idée précise de la validité des méthodes de mesures dans des environnements différents, et nous pourrions avoir une idée des expositions par type d'ERP. Par la suite, si d'autres campagnes doivent être réalisées, les sites les plus exposés pourront être réévalués de manière plus spécifique.

La démarche utilisée pour contacter les sites a été généralement de se déplacer auprès des gérants afin de leur exposer notre démarche. Pour formaliser l'accord de principe, un courrier a été envoyé (voir *annexe 6*).

Nous avons essuyés quelques refus. Certaines personnes étaient sensibilisées par la thématique mais pensaient que cette démarche était un peu prématurée. D'autres y ont vu une campagne pour dénoncer le tabagisme passif.

**La recherche de volontaire a été facilitée par le fait que cette étude était expérimentale et qu'elle était anonyme.** Nous avons souhaité jouer une entière transparence dans la communication des résultats. Ainsi les résultats accompagnés de commentaires et de recommandations éventuelles seront envoyés à chaque volontaire. Une réunion avec l'ensemble des volontaires permettra de dresser un bilan de cette campagne. Dans une plaquette d'ATMOSF'Air à destination du public, un édito sur la qualité de l'air intérieur avec une annonce des objectifs de la campagne de mesure a déjà été réalisé (voir *annexe 7*).

Nous avons réussi à mobiliser 10 sites dont deux bureaux de types administratifs, une Mairie, une cafétéria, une gare, un bar, une crèche, une Maison de jeune, une salle de sport et un cinéma.

Les mesures des COV, aldéhydes, et NO<sub>2</sub> par tube à diffusion ont été effectuées dans chacun de ces sites. La liste des sites, accompagnée des objectifs de mesure, est présentée dans le tableau 7 ci après.

| Lieu                             | Nombre de points de mesure (NO <sub>2</sub> , aldéhydes, COV) | Emplacements   | Intérêt des mesures   |
|----------------------------------|---|--|---|
| Bureau 1                         | 2   | Intérieur à proximité du guichet d'accueil                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comparaison extérieur/intérieur</li> <li>• Connaissance des concentrations d'exposition</li> </ul>   |
|                                  |   | Extérieur sur pylône   |   |
| Bureau 2                         | 2   | Intérieur vers guichets personnalisés                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comparaison extérieur/intérieur</li> <li>• Connaissance des concentrations d'exposition</li> </ul>   |
|                                  |   | Extérieur sur lampadaire                                       |   |
| Mairie en périphérie de Dijon    | 2   | Accueil- secrétariat   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comparaison extérieur/intérieur</li> <li>• Connaissance des concentrations d'exposition</li> </ul>   |
|                                  |   | Extérieur sur arbre ou autre support dans la cour de la Mairie |   |
| Cafétéria                        | 5   | 1 <sup>er</sup> étage zone fumeur                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comparaison extérieur/intérieur</li> <li>• Connaissance des concentrations d'exposition</li> <li>• Comparaison zone fumeur et zone non fumeur</li> <li>• Influence des sources de cuisson dans la pollution</li> </ul> |
|                                  |   | 1 <sup>er</sup> étage zone non fumeur à proximité du self      |   |
|                                  |   | 1 <sup>er</sup> étage à proximité de la crêperie               |   |
|                                  |   | 2 <sup>ème</sup> étage zone fumeur                             |   |
|                                  |   | Extérieur  |   |
| Gare                             | 4   | Point journaux   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comparaison extérieur/intérieur</li> <li>• Connaissance de l'hétérogénéité des concentrations d'exposition dans un même bâtiment</li> </ul>  |
|                                  |   | Halle d'entrée   |   |
|                                  |   | Salle de renseignements, proximité guichet                     |   |
|                                  |   | Extérieur, quai numéro 2                                       |   |
| Bar                              | 2   | Intérieur, milieu du bar                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comparaison extérieur/intérieur</li> <li>• Connaissance des concentrations d'exposition</li> <li>• Influence du tabagisme sur les concentrations</li> </ul>  |
|                                  |   | Extérieur  |   |
| Mairie de Dijon : halte garderie | 6   | Intérieur hauteur d'enfant                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comparaison extérieur/intérieur</li> <li>• Connaissance des concentrations d'exposition</li> </ul>   |
|                                  |   | Intérieur plafond (2)  |   |

|              |   |   |   |
|--------------|---|---|---|
|              |   | Intérieur salle de bain                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>d'exposition</li> <li>Influence de la hauteur de prélèvement</li> <li>3 tubes COV et aldéhyde pour mesurer la répétabilité</li> </ul>  |
|              |   | Deux pour répétitivité à hauteur enfant |   |
|              |   | Extérieur                               |   |
| Salle de gym | 3   | Salle en parquet coin                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Comparaison extérieur/intérieur</li> <li>Connaissance des concentrations d'exposition</li> <li>Connaissance de l'hétérogénéité des concentrations d'exposition dans un même bâtiment</li> </ul>  |
|              |   | Salle de musculation milieu             |   |
|              |   | Extérieur vers le portail               |   |
| MJC          | 1 + mesure en continu du NO <sub>2</sub> et du CO + un autre type de tube NO <sub>2</sub> | Intérieur                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Comparaison extérieur/intérieur</li> <li>Connaissance des concentrations d'exposition</li> <li>2 types de tubes NO<sub>2</sub> pour comparer les méthodes</li> <li>Comparaison mesure du NO<sub>2</sub> par tubes à diffusion avec mesures en continues</li> </ul> |
|              |   | Extérieur même capteur que crèche       |   |
| Cinéma       | 3   | Hall d'entrée                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Comparaison extérieur/intérieur</li> <li>Connaissance des concentrations d'exposition</li> <li>Connaissance de l'hétérogénéité des concentrations d'exposition dans un même bâtiment</li> </ul>  |
|              |   | Salle de projection                     |   |
|              |   | Extérieur parking                       |   |

Tableau 7 : Liste des lieux de mesure

## 9 Résultats partiels et interprétation

### 9.1 Mise au point des mesures par tubes à diffusion

#### 9.1.1 Résultat des inter comparaisons pour la mesure du NO<sub>2</sub>

Pour mesurer le NO<sub>2</sub> au niveau des différents sites, nous avons utilisé des tubes à diffusion de type axial de la marque Radiello. La durée de prélèvement a été fixée à une semaine (18/07/2002 au 25/07/2002).

Au niveau du site de la MJC, nous avons placé, en parallèle de ces tubes, des tubes à diffusion de type radial de la marque Grad'Co analysés par le laboratoire départemental. L'avantage de ce dernier est que leur coût d'achat et d'analyse sont bien inférieurs aux échantillonneurs axiaux. Par ailleurs le délai d'analyse est nettement plus court.

Nous voulions comparer ces deux types de tubes à diffusion entre eux. Un appareil de mesure du NO<sub>2</sub> en continu, placé sur le même site, a permis d'établir une mesure de référence.

##### 9.1.1.1 Analyse de la répétabilité pour les deux types de tubes à diffusion NO<sub>2</sub>

Pour mesurer la répétabilité des deux types de tubes, nous avons placés 5 tubes de la marque Grad'CO et 2 tubes de la marque Radiello en parallèles sur le site de la MJC.

Le tableau ci après résume les résultats :

|   | Tubes Radiello | Tubes Grad'CO |
|---|----------------|---------------|
| Moyenne en µg/m <sup>3</sup>            | 10.85          | 16.35         |
| Ecart type en µg/m <sup>3</sup>         | 0.07           | 0.69          |
| Ecart type en pourcentage de la moyenne | 0.7            | 4.2           |

Tableau 8 : Répétabilité des tubes à diffusion pour la mesure du NO<sub>2</sub>

L'écart type pour les deux séries de mesure est inférieur à 5%. Cet écart est acceptable compte tenu de la précision de la mesure qui est estimée à 20%.

##### 9.1.1.2 Efficacité des deux types de tubes à diffusion par référence avec la mesure en continu du NO<sub>2</sub>.

La figure 1 ci après présente les variations de concentrations en NO<sub>2</sub> sur le site de la MJC pour la période de mesure du 18/07/2002 au 25/07/2002.

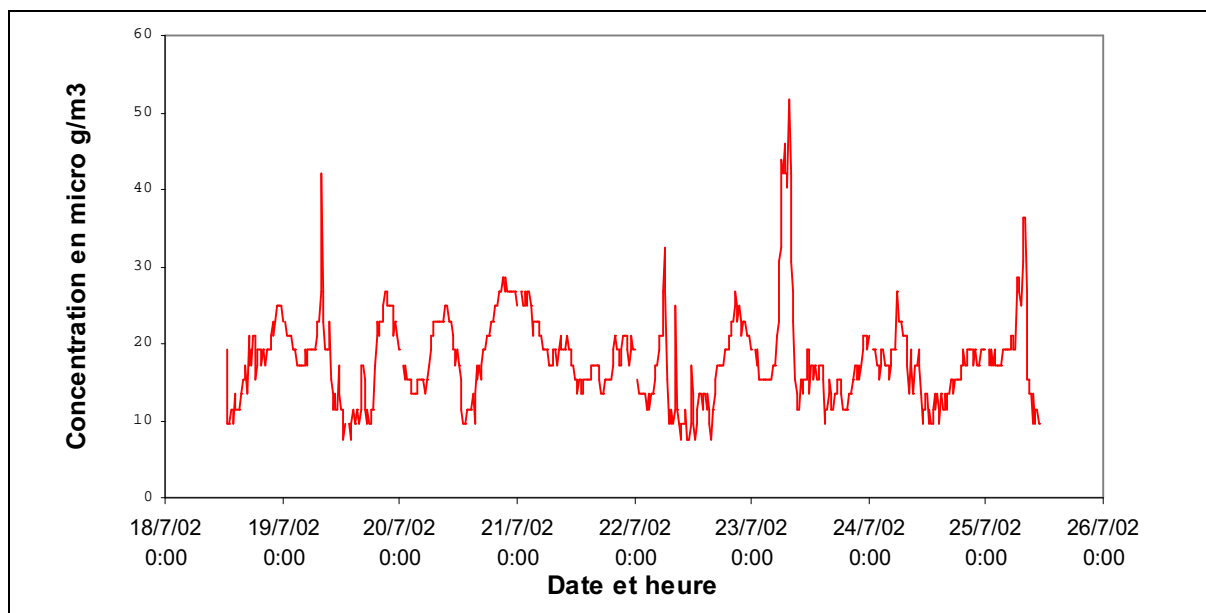


Figure 1 : Concentration en NO<sub>2</sub> sur le site de la MJC pendant la période de mesure

La concentration moyenne en NO<sub>2</sub> obtenue sur la semaine avec l'analyseur en continu est de 17.85 µg/m<sup>3</sup>. Celle ci est respectivement supérieure de 9% et inférieure de 16% par rapport aux moyennes mesurées pendant la même période par les tubes Grad'Co et Radiello.

### 9.1.1.3 Conclusions

Les tubes Grad'Co permettent de mesurer le NO<sub>2</sub> avec une assez bonne répétabilité. De plus, ils s'avèrent dans cette expérience un peu plus précis que les tubes Radiello. Etant donné que leur coût est aussi moins important, il paraît important de les privilégier pour la mesure du NO<sub>2</sub>.

### 9.1.2 Analyse de la répétabilité pour la mesure par tubes à diffusion des COV et des aldéhydes

Les COV et les aldéhydes ont été mesurés, pour l'ensemble des sites, avec des tubes à diffusion Radiello pendant une durée d'une semaine. La répétabilité a été appréhendée en plaçant 3 tubes de chaque type au sein de la crèche. Ce site nous paraissait le plus approprié pour cette expérience en raison des sources potentielles en COV et formaldéhyde (peintures, agglomérés...) et en raison de son confinement.

Le nombre de COV et d'aldéhyde mesuré par le laboratoire est important. Pour réduire l'information obtenue et pour faciliter l'analyse de répétabilité, on a choisi de se limiter aux composés prioritaires et à la somme de composés (COV totaux et aldéhydes totaux).

A l'heure de la rédaction du mémoire, nous ne disposons pas des résultats de mesure pour les aldéhydes.

Le tableau 9 résume les résultats pour les COV :

|  | Benzène | Butoxyéthanol | Toluène | COV Totaux |
|--|---------|---------------|---------|------------|
| Moyenne                                  | 0.55    | 50.9          | 3.4     | 83.7       |
| Ecart type en $\mu\text{g} / \text{m}^3$ | 0.06    | 6.6           | 0.3     | 8.4        |
| Ecart type en pourcentage de la moyenne  | 10      | 13            | 8.9     | 10         |

Tableau 9 : Répétabilité des tubes à diffusion pour la mesure des COV

L'écart type est de l'ordre de 10%, ce qui est acceptable compte tenu de la précision de la mesure. Par ailleurs cette méthode est actuellement la seule qui soit référencée.

### 9.1.3 Variabilités spatiales des mesures

Des tubes ont été mis en parallèles pour tester la variabilité des mesures en fonction de la hauteur du prélèvement et en fonction de la localisation du prélèvement dans un bâtiment.

Concernant la hauteur de prélèvement, nous avons placé dans un site deux capteurs à hauteur d'homme et un capteur à hauteur d'enfant. Pour les COV, en tenant compte de la répétabilité des mesures, les différences ne sont pas significatives. **La hauteur à laquelle on place les tubes ne semble donc pas avoir une influence sur la représentativité de la mesure de ces derniers.**

Concernant la variabilité dans l'espace, nous avons placé des capteurs à différents endroits de la gare et de la cafétéria.

Pour le  $\text{NO}_2$ , les différences de concentrations au sein d'un même bâtiment ne sont pas significatives. Cela s'explique du fait que le  $\text{NO}_2$  provient essentiellement d'apports extérieurs. Les sources internes en  $\text{NO}_2$  sont faibles en été en raison de l'absence de chauffage.

Par contre, pour les COV on observe des différences significatives selon les composés. Par exemple, au niveau de la cafétéria, le limonène varie de  $3.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  à  $30.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  entre la zone fumeur et la crêperie qui sont situés à une vingtaine de mètres d'écart. L'explication de cette variation est certainement qu'un désodorisant contenant du limonène est appliqué uniquement au niveau de la zone fumeur.

De même, le toluène varie au sein de la gare entre  $24.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  entre le premier étage et le sous sol. Le point journaux au sous sol doit certainement contribuer à augmenter la concentration en toluène.

**Ces résultats permettent d'insister sur le fait que pour les composés dont les sources sont endogènes, les concentrations maximales sont à rechercher à proximité des sources d'émission.**

## 9.2 Test d'un appareil portatif (néphélomètre) pour la mesure des particules en suspension

### 9.2.1 Comparaison entre deux appareils de mesure

Une comparaison a été faite entre le néphélomètre et le TEOM pour la mesure des poussières extérieures de diamètre inférieur à 10  $\mu\text{m}$ .

Le néphélomètre fonctionne suivant un principe optique. Pour déterminer la masse de particules en suspension, un coefficient fonction de la densité des poussières est appliqué au nombre de particule compté. La photo ci-dessous permet de visualiser l'allure de l'appareil



Le TEOM est un appareil spécifique, validé au niveau national pour la mesure des particules en suspension. Il fonctionne selon un système de pesée par une micro-balance. Dans cette expérience, il a servi de référence. La figure ci après présente la comparaison obtenue sur une durée de 20 minutes.

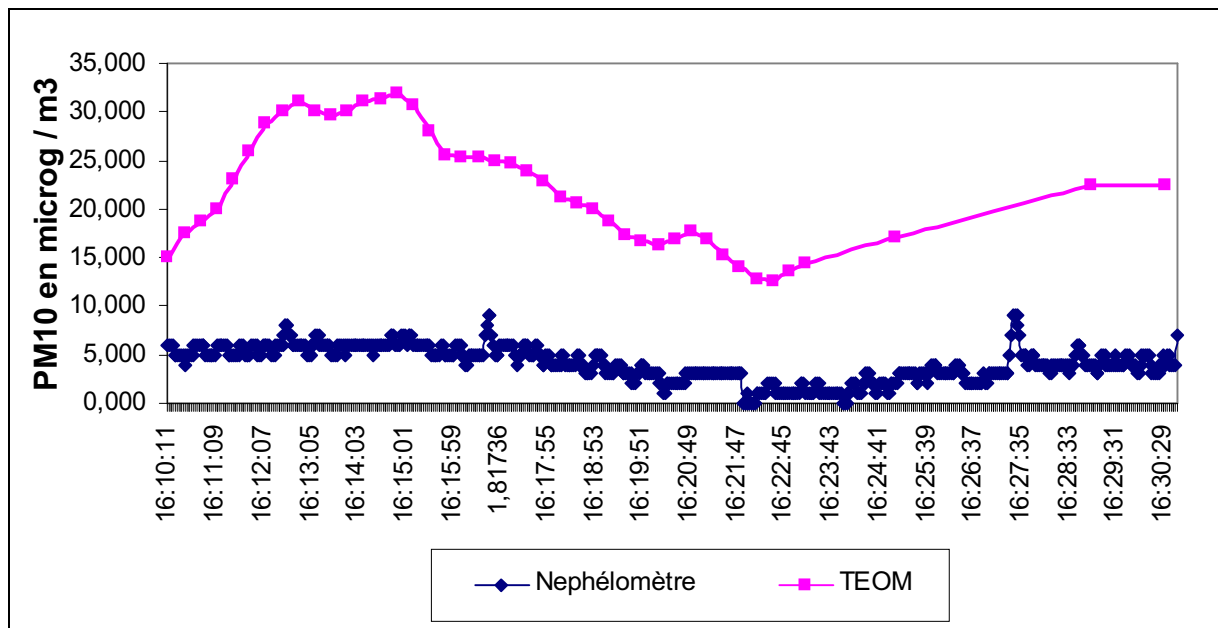


Figure 2 : Comparaison des concentrations en PM<sub>10</sub> mesurées par le néphélomètre et par le TEOM

Les valeurs données par le néphélomètre sont nettement inférieures à celles données par le TEOM. Il semble que le débit d'échantillonnage du néphélomètre (2 L par minute) soit un peu faible pour les mesures en extérieur. Le vent qui était présent lors des mesures, a pu aussi entraîner des sous-prélèvements. Une autre explication possible est que le néphélomètre soit calibré sur des poussières d'une densité inférieure à celles présentes dans l'air ambiant le jour de la mesure. De plus, la gamme de concentration mesurée ici est faible par rapport à la gamme de mesure nominale de l'appareil.

Toutefois, la tendance obtenue avec le néphélomètre est assez similaire de celle du TEOM.

En conséquence, cet appareil permet d'obtenir un ordre idée des concentrations en particules. Mais il ne peut pas être utilisé pour se référer à des normes ou des valeurs limites.

### 9.2.2 Essais en atmosphère intérieur en présence de fumée de cigarette

Pour tester l'appareil, nous avons simulé une source de poussière dans un local de 30 m<sup>3</sup>. Pour cela, nous avons laissé se consumer une cigarette. Puis nous avons ouvert la fenêtre pour simuler une aération.

Les courbes pour les poussières de diamètres inférieurs à 2.5 µm et 10 µm sont présentées dans les graphiques ci-après :



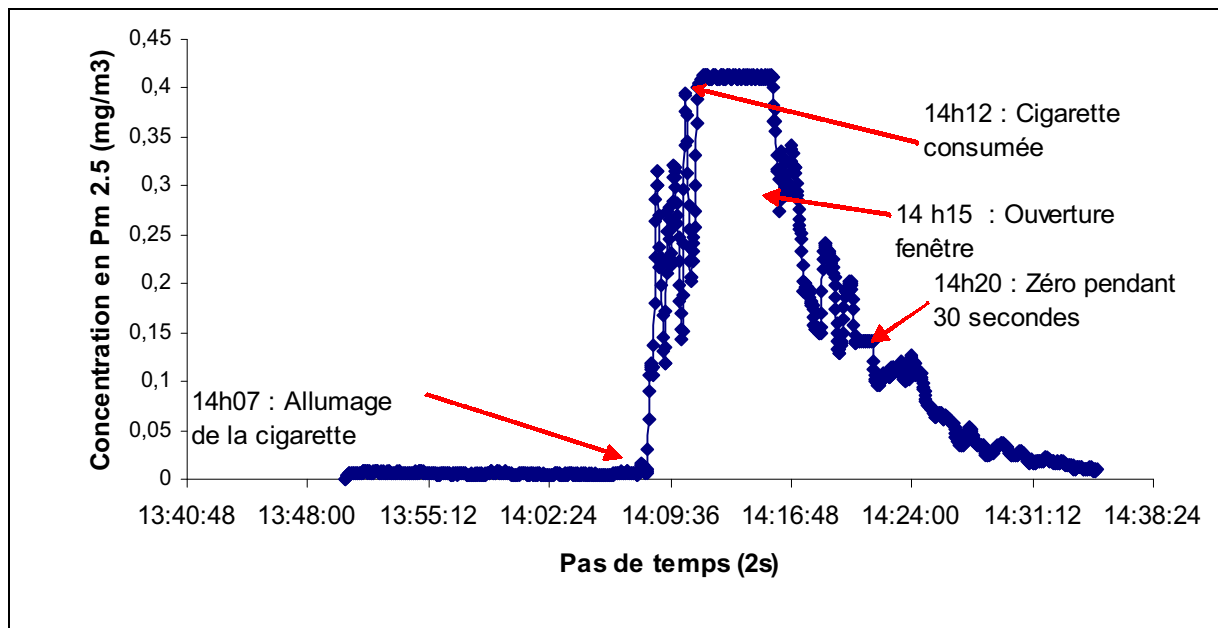


Figure 3 : Concentration en  $PM_{2.5}$  suite à la consommation d'une cigarette dans un local de  $30\text{ m}^3$

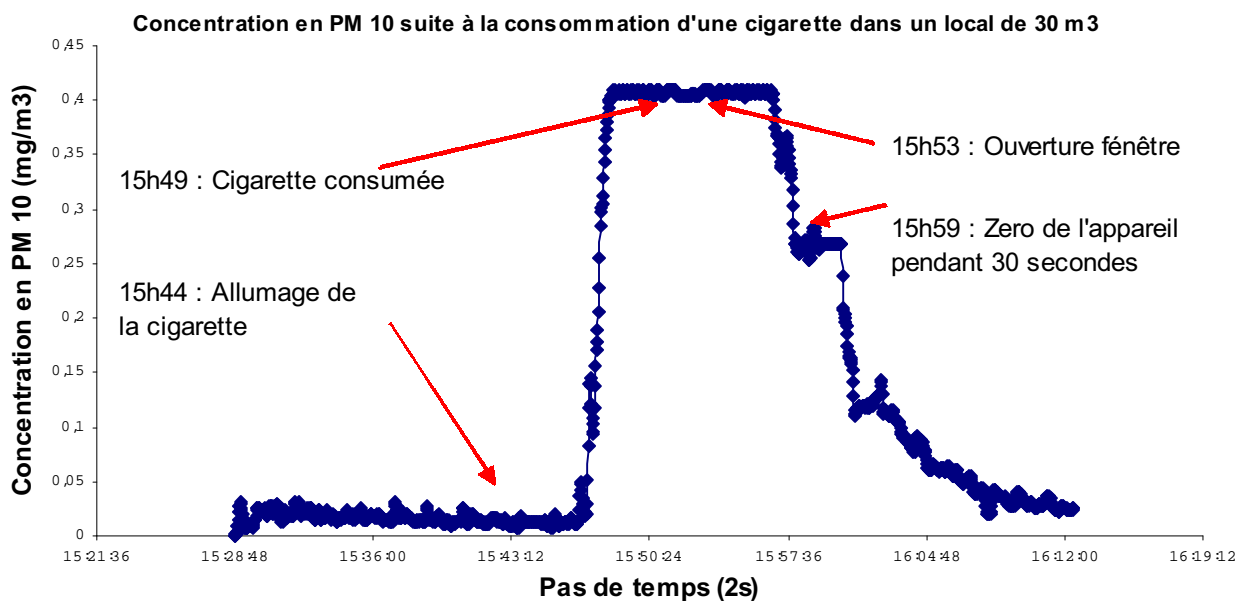


Figure 4 : Concentration en  $PM_{10}$  suite à la consommation d'une cigarette dans un local de  $30\text{ m}^3$

Cette expérience est symbolique, mais elle témoigne que la cigarette est une source d'émission importante de poussières. Les plafonds pour les deux courbes sont quasiment identiques (environ  $450\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), ce qui signifie que les poussières émises par la cigarette sont principalement de petites tailles (inférieures à  $2.5\text{ }\mu\text{m}$ ).

Nous avons vu que la précision de l'appareil n'était pas très bonne par rapport à un appareil comme le TEOM. Toutefois, nous pouvons considérer que le seuil maximal

obtenu dans le local avant aération est proche de  $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cette valeur est nettement supérieure au seuil journalier de  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  fixé par le CSHPF. Il est dès lors possible d'imaginer les concentrations importantes en poussières que l'on peut avoir dans des lieux enfumés.

Cette expérience souligne aussi l'importance de la ventilation pour diluer de manière conséquente les sources de pollution de natures endogènes.

### 9.3 Comparaison des concentrations en NO et NO<sub>2</sub> entre l'extérieur et l'intérieur

L'appareil de mesure situé à la MJC a permis de mesurer en continu les concentrations en NO et NO<sub>2</sub> sur une période d'une semaine. Ces valeurs ont été comparées avec celles données par une station de mesure de l'air ambiant située à proximité (environ 400 mètres). Le graphique illustrant cette comparaison est présenté ci dessous :

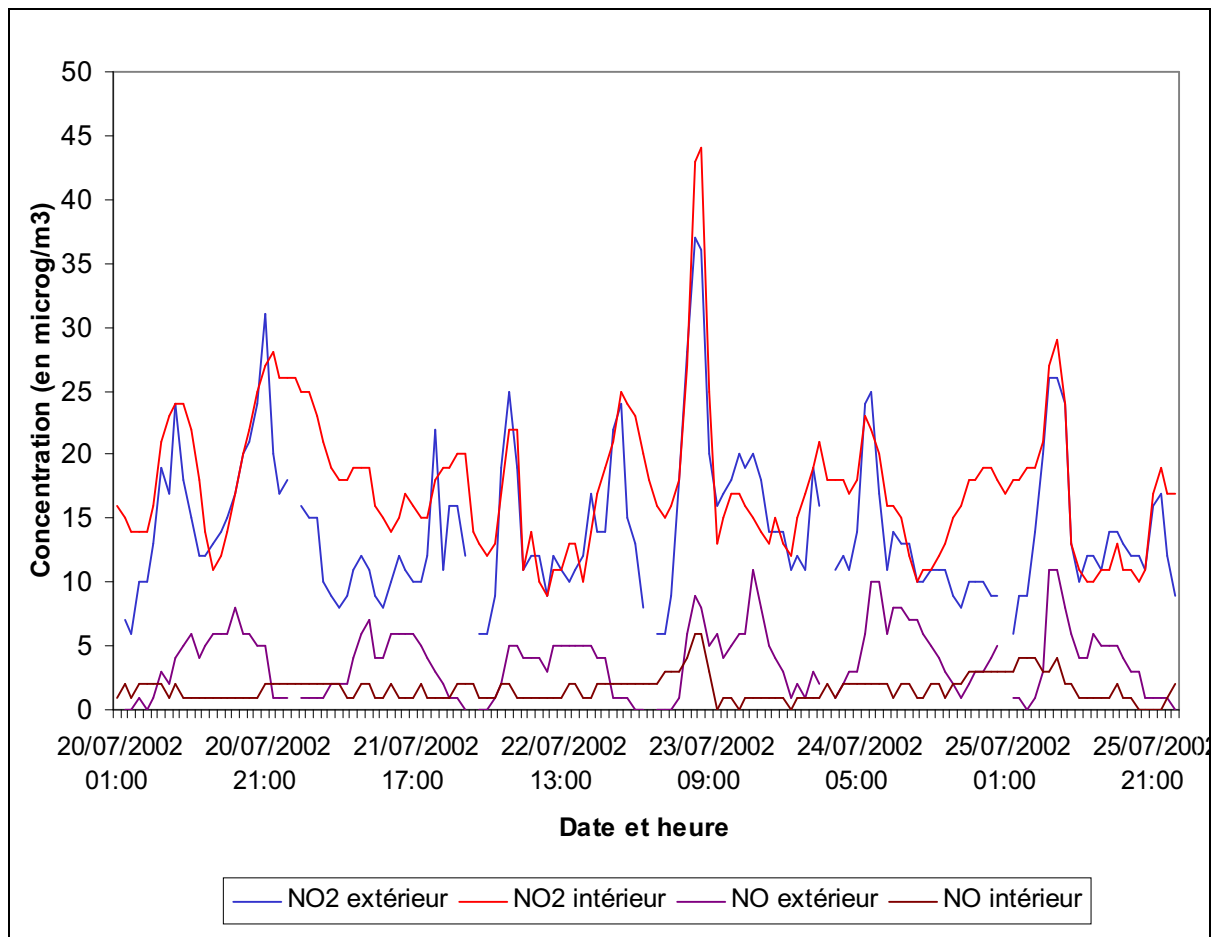


Figure 5 : Comparaison de la concentration en NO et NO<sub>2</sub> entre l'intérieur et l'extérieur de la MJC

On observe une assez bonne correspondance entre les courbes intérieur-extérieur pour les deux polluants. Les concentrations en NO et NO<sub>2</sub> sont relativement faibles à l'intérieur car les sources endogènes (cigarette, chauffage, cuisinière) dans la MJC étaient presque inexistantes à cette période de l'année. De

ce fait les concentrations intérieures ont été déterminées par l'apport de l'air extérieur.

Le tableau ci-dessous présente les ratios intérieur/extérieur moyens par comparaison entre le jour et la nuit (23 heures à 7 heures du matin) pour 4 jours de la semaine :

| Ratio intérieur/ extérieur | NO   | NO <sub>2</sub> |
|----------------------------|------|-----------------|
| Jour                       | 0.35 | 1.12            |
| Nuit                       | 0.63 | 1.22            |

Tableau 10 : Ratios intérieur/ extérieur le jour et la nuit pour le NO et le NO<sub>2</sub>

**Le NO<sub>2</sub> contrairement au NO est présent en quantité supérieure à l'intérieur qu'à l'extérieur.** Il est possible d'imaginer que la transformation du NO en NO<sub>2</sub> est plus rapide à l'intérieur qu'à l'extérieur.

Par ailleurs, les ratios intérieur/extérieur pour ces deux composés sont plus important la nuit que le jour. Les composés sont plus facilement dispersés et réagissent plus facilement à l'extérieur. Par ailleurs l'oxydation du NO en NO<sub>2</sub> est plus forte durant la période diurne.

## 9.4 Résultats des mesures par tubes à diffusion pour les COV

### 9.4.1 Résultats généraux

Compte tenu du faible nombre de mesures, les moyennes sont fortement influencées par les valeurs importantes trouvées dans certains sites. Nous avons donc choisi d'exprimer les résultats sous la forme de concentrations maximum et médianes.

Les figures 6 et 7 résument les valeurs maximum et les médianes des COV détectés significativement (concentration moyenne > 1 µg/<sup>3</sup> en intérieur et en extérieur). Ces données sont établies à partir des résultats pour l'ensemble des sites de mesure.

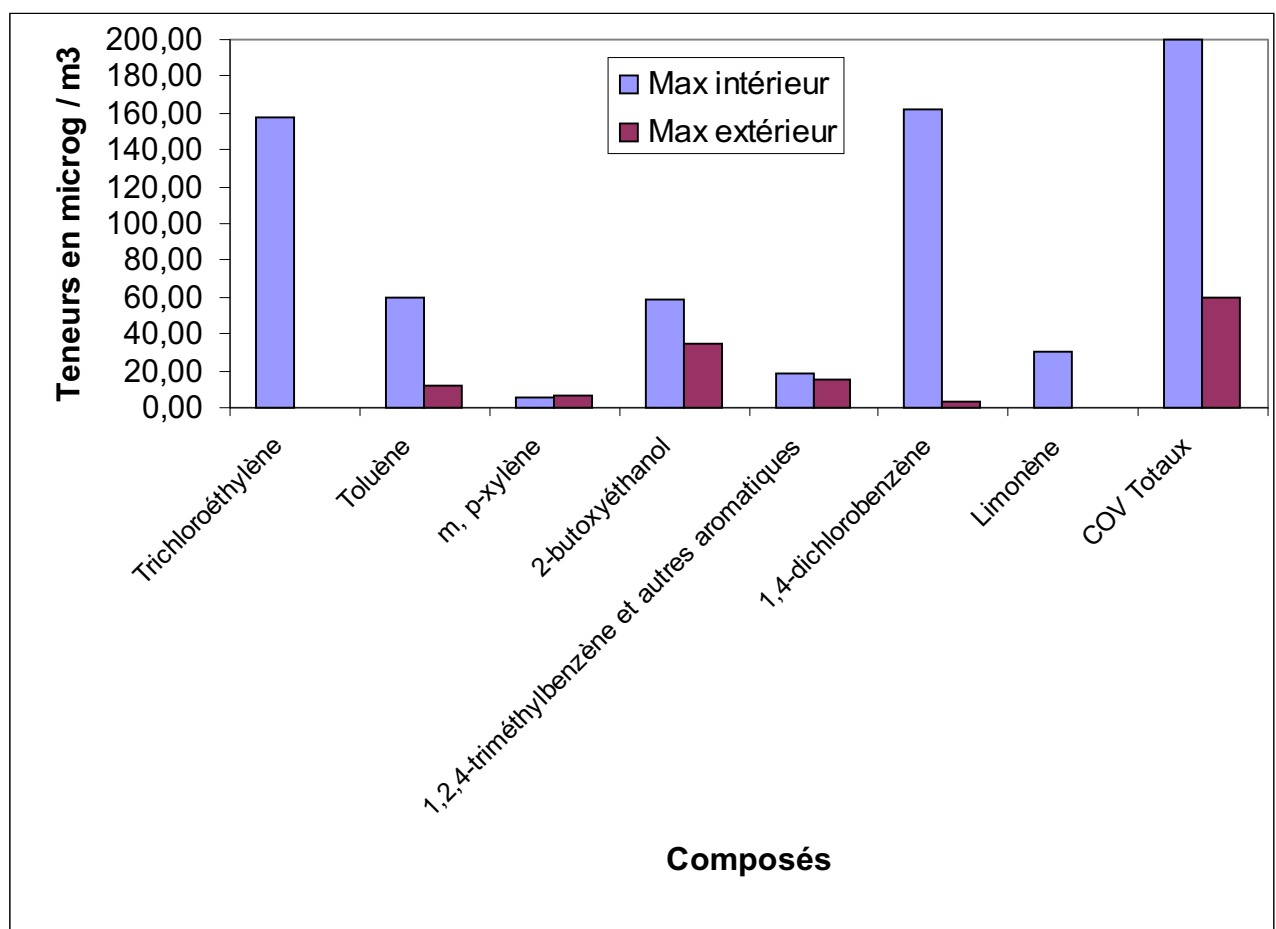


Figure 6 : Maximum des mesures pour les COV

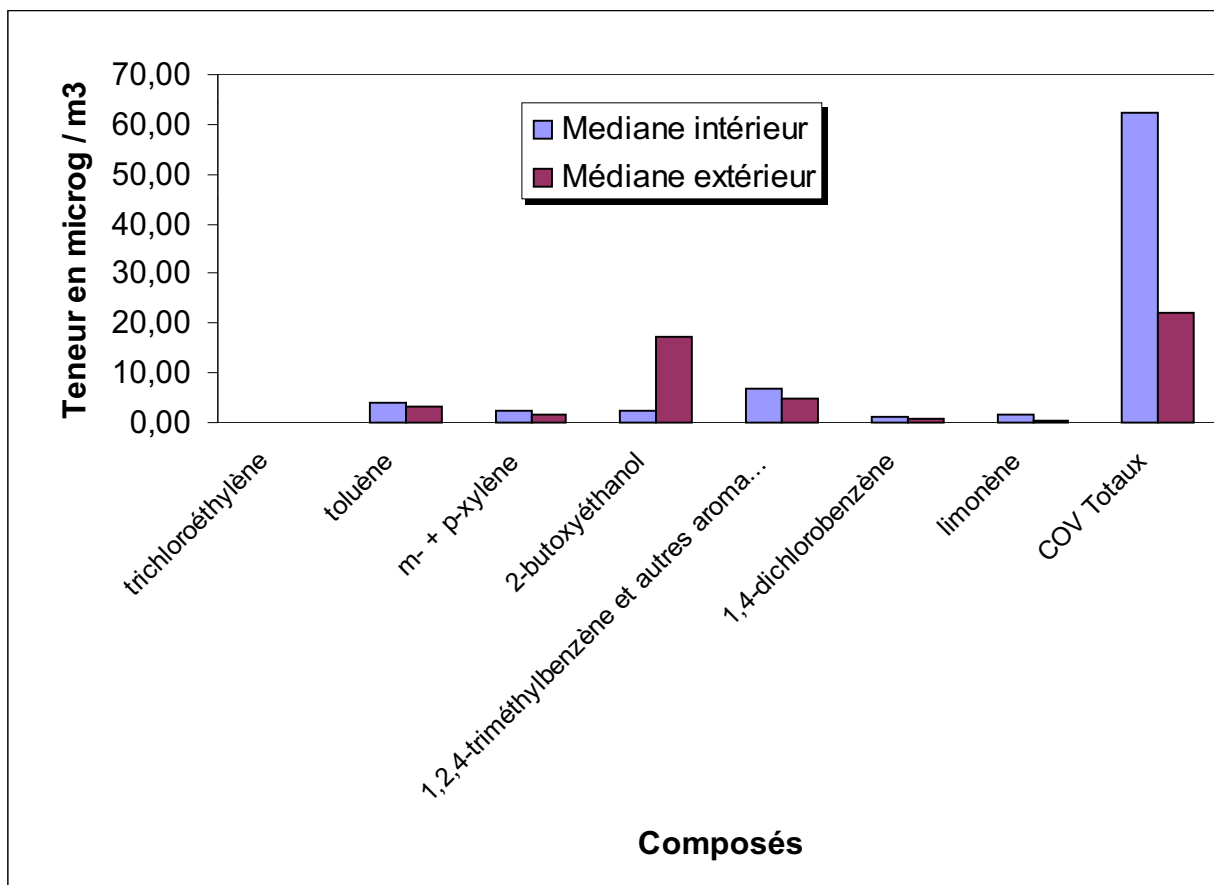


Figure 7 : Médianes des mesures pour les COV

Les COV en concentrations significatives sont différents entre l'intérieur et l'extérieur. Ils sont en plus grand nombre à l'intérieur.

Par ailleurs, **Il est incontestable que les COV sont en concentration nettement supérieur en intérieur qu'en extérieur. Le ratio intérieur extérieur pour les COV totaux est de 2.5.** Il est difficile d'exploiter les autres ratios car la taille de l'échantillon est trop petite.

Les concentrations en COV en intérieurs sont assez faibles sauf dans des cas particuliers où les valeurs sont fortes. Il existe donc une grande hétérogénéité de la qualité de l'air selon les sites de mesures.

**Le benzène** qui est considéré comme un cancérigène certain pour l'homme est présent à de faibles concentrations :  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne et  $2.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour la concentration maximale trouvée. La pollution interne en benzène est majoritairement déterminée par l'apport extérieur, avec un ratio intérieur-extérieur moyen de 1,4.

**Les éthers de glycol** les plus dangereux pour la santé sont présents sous formes de traces avec une concentration maximale en éthyle acétate de  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et de  $1.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour le butyle acétate. Ces valeurs se veulent rassurantes compte tenu que ces deux composés sont interdits dans les produits à usage domestique. Seul le 2-butoxyéthanol est présent en quantité notable au niveau de la halte garderie avec une moyenne de  $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . L'OMS propose une concentration tolérable de  $1900 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour une durée d'exposition de une semaine. Cette

concentration assez importante est vraisemblablement due à l'utilisation de peinture couplée avec un défaut de ventilation.

### 9.4.2 Évaluation simplifiée des risques pour la santé

Le nombre de COV retrouvé est important. De ce fait, pour pouvoir comparer les sites entre eux vis à vis du risque pour la santé, nous avons introduit un indicateur ( $K_{LCI}$ ).

Pour cela nous avons utilisé les valeurs de concentration limite d'intérêt (ou LCI pour lowest concentration of interest) d'un certain nombre de COV. Ces valeurs ne sont pas des valeurs guides pour les COV, mais elles sont utilisées dans l'évaluation sanitaire des produits de construction. Elles sont élaborées à partir d'études toxicologiques pour un certain nombre de COV dont les effets sont déterministes. Elles correspondent à la concentration au dessus de laquelle des effets peuvent être observés sur la santé.

Afin de prendre en compte les différentes propriétés des COV, on a introduit des facteurs pondérateurs :

$$K_{LCI} = \sum \alpha_i C_i$$

Avec  $\alpha_i$  le facteur pondérateur normalisé sur le Toluène.

Par exemple  $\alpha_{\text{Styrène}} = LCI_{\text{Styrène}} / LCI_{\text{Toluène}}$

**On peut considérer le  $K_{LCI}$  comme la concentration d'un mélange de COV représentant l'équivalent en Toluène. Si la valeur  $K_{LCI}$  dépasse la LCI du Toluène, alors un effet sur les personnes pourrait être possible.**

Pour calculer le  $K_{LCI}$ , nous avons intégré les LCI des COV suivant<sup>63</sup> : Toluène, Ethyle acétate, Butanol, Trichloroéthylène, N-butyl acétate, Tetrachloroéthylène, Styrene, Ethylbenzène, (O,m,et p) Xylène, 2 Butoxyéthanol, 1,4 Dichlorobenzène, Limonène.

La LCI du toluène est de 1000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Les  $K_{LCI}$  calculées sont relativement faibles pour l'ensemble des sites. La moyennes des  $K_{LCI}$  extérieur et Intérieur sont respectivement de 19 et 323  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Toutefois pour 2 sites les  $K_{LCI}$  sont supérieures à la LCI du Toluène. Les  $K_{LCI}$  les plus forts sont présentés dans le tableau ci dessous :

| Site                                  | Gare point journaux | MJC Intérieur | Cinéma hall d'entrée | Cinéma salle de projection |
|---------------------------------------|---------------------|---------------|----------------------|----------------------------|
| $K_{LCI}$ en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 85                  | 295           | 3025                 | 3242                       |

Tableau 11 : Valeur de quelques  $K_{LCI}$

<sup>63</sup> Les LCI sont issues du rapport N° 18 de l'ECA in intitulé Evaluation of VOC Emissions from Building Products.

Pour les valeurs les plus fortes, les  $K_{LCI}$  sont déterminés par la présence d'un ou de deux polluants en des concentrations importantes. Le tableau 12 résume les polluants mis en cause et les valeurs guides associées.

| Site                             | Polluants mis en cause |                                 |   |   |
|----------------------------------|------------------------|---------------------------------|---|---|
|                                  | Polluant               | LCI<br>$\mu\text{g}/\text{m}^3$ | Valeur guide<br>en $\mu\text{g}/\text{m}^3$   | Concentration<br>trouvée $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| Gare point<br>journaux           | Toluène                | 1000                            | 260 / semaine<br>et 1000 pour 30<br>min (OMS) | <b>60</b>   |
|                                  | 1,4-dichloro benzène   | 600                             | 1000 / an (OMS)                               | <b>4.3</b>  |
| MJC                              | 1,4-dichlorobenzène    | 600                             | 1000 / an (OMS)                               | <b>161.4</b>                                      |
| Cinéma<br>hall<br>d'entrée       | Trichloréthylène       | 50                              | RFC de 40 (US<br>EPA)                         | > <b>138</b> (détecteur<br>saturé)                |
| Cinéma<br>salle de<br>projection | Trichloréthylène       | 50                              | RFC de 40 (US<br>EPA)                         | > <b>157</b> (détecteur<br>saturé)                |

Tableau 12 : Polluants présents en quantités importantes

Pour expliquer la présence du trichloroéthylène dans le cinéma, il est possible d'envisager l'utilisation ponctuelle d'un produit à des fins de dégraissage ou de nettoyage. Le 1,4-dichlorobenzène dans la MJC doit provenir de l'utilisation d'un produit d'entretien.

**Ceci souligne l'importance à accorder à la composition chimique des produits qui sont utilisés dans les bâtiments. Ils doivent être utilisés à bon escient dans des locaux qui peuvent être aérés ou ventilés après utilisation.**

---

## CONCLUSION

---

L'analyse documentaire a permis de souligner que la pollution de l'air intérieur est une thématique en émergence et que les connaissances dans ce domaine doivent être approfondies.

D'un point de vue sanitaire, le lien de causalité entre les polluants chimiques de l'air intérieur et les effets sur la santé est difficile à démontrer. Les études épidémiologiques révèlent leurs limites dans la mise en évidence des risques faibles. La méthode d'évaluation du risque quant à elle semble plus adaptée. Mais des progrès sont à faire dans l'application de cette méthode pour des polluants pris en mélange. De plus pour un certain nombre de composés chimiques, les données bibliographiques sont insuffisantes pour réaliser une évaluation du risque. Pour l'instant, les effets sur la santé de l'air intérieur et de l'air ambiant sont étudiés de manière assez cloisonnée. A l'avenir, des passerelles devraient se former pour une évaluation intégrée des populations.

Sur le plan réglementaire, la législation française en terme d'air intérieur est encore à un stade embryonnaire. Il est malaisé de définir le champ d'application et la forme que devrait revêtir une réglementation dans ce domaine. Les objectifs de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur semblent nous orienter vers une réglementation vis-à-vis de la ventilation des locaux. D'un autre côté, des entreprises mettent en place des labels sur leurs produits de construction. Ces labels pourraient influencer une future réglementation sur la commercialisation de produits de construction à faibles émissions.

Concernant les études et les campagnes de mesures, il semble qu'elles manquent de représentativité aux niveaux des lieux de mesures et des polluants mesurés. Certains lieux comme les établissements recevant du public et certains composés polluants comme les éthers de glycol ou les biocides ne sont pas assez étudiés.



La métrologie semble être un facteur limitant dans l'évaluation de l'exposition des populations. Les appareils de mesures en continu sont trop bruyants pour la mesure en intérieur. Pour certains polluants, les méthodes de mesures ne sont pas encore optimisées. Le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air travaille pour apporter des solutions techniques.

La stratégie de prélèvement des composés chimiques est directement fonction des objectifs que l'on s'est fixés et des particularités des lieux de mesures.

Une attention particulière a été portée sur ce point et sur la sélection des composés lors de notre campagne de mesures dans des lieux recevant du public.

La campagne de mesures menée par ATMOSF'air a permis d'apporter des conclusions intéressantes :

D'une part, il s'avère que les méthodes de mesures testées sont satisfaisantes. Des perspectives peuvent donc être envisagées pour utiliser ces méthodes dans le cadre d'une surveillance de l'air intérieur ou pour réaliser des diagnostics de l'air dans les bâtiments.

D'autre part, les résultats analytiques soulignent :

- Une grande hétérogénéité des lieux de mesure vis à vis de la qualité de l'air.
- Des quantités plus ou moins notables en polluants chimiques ont fréquemment été rencontrées dans les lieux recevant du public.

Il serait intéressant de rapprocher ces résultats de ceux trouvés par l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur.

La période estivale est particulière compte tenu de l'absence de sources de chauffage et d'une ouverture des fenêtres plus importante. Il sera fait une campagne de mesure en période hivernale pour confirmer ces premiers résultats.

Dans certains lieux, les concentrations fortes (en trichloréthylène, 1,4-dichlorobenzène) semblent être dues à une utilisation de produits chimiques (produits d'entretien, sprays...) associée ou non à une ventilation insuffisante.

A l'avenir, le groupe Air et Santé Bourgogne pourrait s'appuyer sur ces résultats pour mettre en place des actions concrètes. Compte tenu du côté ubiquiste de la

pollution de l'air intérieur, une campagne de sensibilisation et de responsabilisation du public semble la plus adaptée dans un premier temps.

A titre d'exemple, il serait possible de réaliser une plaquette d'information à diffusion large sur le choix et la bonne utilisation des produits chimiques d'usage intérieur, notamment pour ceux qui contiennent des composés chlorés ou des éthers de glycol. Dans ce document, il serait pertinent de rappeler les influences importantes de la ventilation et du tabagisme passif dans la pollution de l'air intérieur. Cette plaquette aurait avant tout un rôle informatif. Elle permettrait de faire prendre conscience d'une problématique qui reste encore méconnue du large public.

Par ailleurs, il paraît important, de mon point de vue, d'améliorer la diffusion des connaissances dans ce domaine afin que la problématique de l'air intérieur se démocratise. L'observatoire de la qualité de l'air intérieur milite dans ce sens. Il se veut transparent dans la communication des résultats sous leurs formes brutes. Par contre, il serait souhaitable qu'à l'avenir ses résultats soient accompagnés de recommandations sanitaires.

Au niveau local, il serait souhaitable d'étayer la communication et les formations des professionnels de santé sur cette thématique. Par exemple ATMOSF'air pourrait prévoir un volet air intérieur dans les enseignements qui sont dispensés aux étudiants infirmiers.

---

## Liste des annexes

---

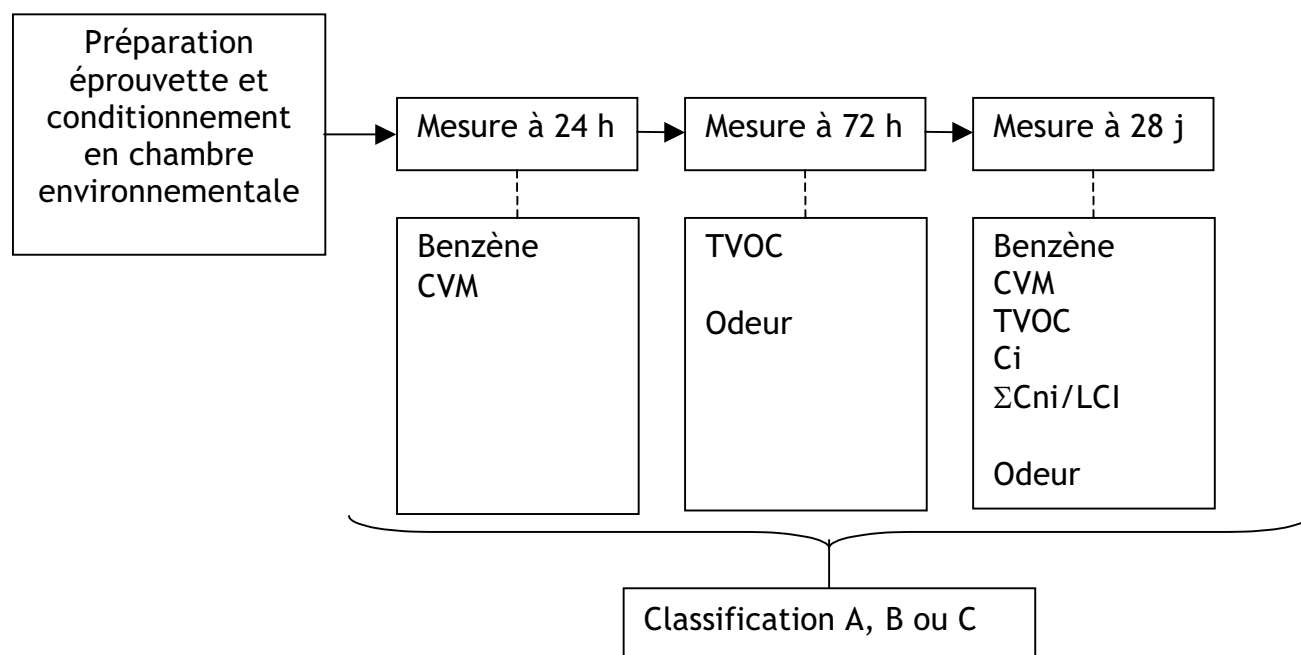
- ANNEXE 1 : Liste des polluants rencontrés en air intérieur**
- ANNEXE 2 : Résumé des concentrations en polluants mesurées lors d'activités de cuisine**
- ANNEXE 3 : Principe de l'évaluation sanitaire des revêtements de sol**
- ANNEXE 4 : Fiches d'informations pour les composés prioritaires et les polluants mesurés**
- ANNEXE 5 : Tableau de synthèse pour l'aide à la sélection des polluants à mesurer**
- ANNEXE 6 : Questionnaire sur les caractéristiques des sites de mesures (courrier + questionnaire)**
- ANNEXE 7 : Edito de la lettre trimestrielle d'Atmosf'Air ;  
L'air intérieur : une thématique en évolution, un enjeu de santé publique**

**ANNEXE 1 :**  
**Liste des polluants rencontrés en air intérieur**  
(Nomenclature en langue Anglaise)

|                             |                                |                                 |
|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Acetic acid                 | Ethylbenzene                   | Pesticides                      |
| Acetone                     | Formaldehyde                   | Phenol                          |
| Asbestos                    | n-Hexane                       | Propane                         |
| Benzene                     | Lead                           | Radon                           |
| Butane                      | Legionella                     | Respirable suspended particules |
| Butyric acid                | Limonene                       | Semivolatile organic compounds  |
| Camphene                    | Methanol                       | Sulfates                        |
| Carbon monoxide             | Methyl chloroform              | Sulfur dioxide                  |
| Chloroform                  | m-Methylethyl benzene          | tetrachloroethylene             |
| p-Dichlorobenzene           | Methyl ethyl ketone            | Toluene                         |
| 1,2-Dichloroethylene        | Microbials                     | Total suspended particules      |
| Dichloromethane             | Nicotine                       | Total volatil organic compounds |
| Diethylketone               | Nitrogene dioxide              | 1,1,2 Trichloroethane           |
| n-Decane                    | Nonanal                        | 1,2,3 Trimethyl benzene         |
| Dust mites                  | n-Nonane                       | 1,2,4 Trimethyl benzene         |
| Environmental tobacco smoke | Ozone, photochemicals oxidants | Volatile organic compounds      |
| Ethanol                     | PCB <sub>s</sub>               | m-, o-, and p-Xylene            |
| Ethyl acetate               | Pentane                        |                                 |

(Source : Adapté de Brown (1996), EPA Victoria (1993) and AZNEC (1990) ; Tiré du rapport : Air Toxics and Indoor Air Quality in Australia)

## ANNEXE 2 : Principe de l'évaluation sanitaire des revêtements de sol



CVM : Chlorure de vinyle monomère  
 TVOC : Composés organiques volatil totaux  
 Ci : Concentration d'un COV pris individuellement  
 LCI : Limite toxicologique de référence pour un COV non cancérigène

| Classe de qualité | Benzène 24h              | Ethers de Glycol 1a 24h | TVOC 72j                 | Ethers de Glycol 1 a 24h | Butyl glycol 28j        | TVOC 28j                | ΣCi/LCI | ΣCi                    |
|-------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|---------|------------------------|
| A                 | < 12,5 µg/m <sup>3</sup> |                         | < 2500 µg/m <sup>3</sup> |                          | < 300 µg/m <sup>3</sup> | < 100 µg/m <sup>3</sup> | < 0,5   | < 10 µg/m <sup>3</sup> |
| B                 | < 25 µg/m <sup>3</sup>   |                         | < 5000 µg/m <sup>3</sup> |                          | < 600 µg/m <sup>3</sup> | < 200 µg/m <sup>3</sup> | < 1     | < 20 µg/m <sup>3</sup> |
| C                 | > 25 µg/m <sup>3</sup>   |                         | > 5000 µg/m <sup>3</sup> |                          | > 600 µg/m <sup>3</sup> | > 200 µg/m <sup>3</sup> | > 1     | > 20 µg/m <sup>3</sup> |

**ANNEXE 3 :**  
**Résumé des concentrations en polluants mesurées lors d'activités de cuisine**

| Polluants       | Type de cuisson  | Gamme de valeurs mesurées dans la cuisine               | Standard de qualité de l'air ambiant ou valeur guide de référence  |
|-----------------|--|---|--|
| PM 10           | Cuisinière à gaz (aliments frais)  | 200 à 800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$                      | Non précisé  |
|                 | Cuisinière électrique (aliments frais)   | 1200 à 1300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$                    |  |
|                 | Cycle de nettoyage du four électrique  | 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$                           |  |
| NO <sub>2</sub> | Cuisinière à gaz (poulet frais)  | 765 $\mu\text{g}/\text{m}^3$                            | 480 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une heure selon le standard californien de la qualité de l'air ambiant |
|                 | Cycle de nettoyage automatique de la cuisinière à gaz                              | >765 $\mu\text{g}/\text{m}^3$                           |  |
| Formaldéhydes   | Cycle de nettoyage du four à gaz   | > 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$                          | 94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une heure selon le niveau d'exposition de référence californien         |
|                 | Cycle de nettoyage du four électrique ou lors de certaines préparations culinaires | De 130 à 420 $\mu\text{g}/\text{m}^3$                   |  |
| HAP             | Toutes activités   | Niveaux très bas, fonction du type d'huile utilisée     | Non précisé  |
| CO              | Cycle de nettoyage du four   | Légèrement supérieures à 9 ppm pendant plusieurs heures | 9 ppm pour 8 heures selon la valeur guide de l'ARB   |
|                 | Toutes activités culinaires  | 1 à 5 ppm   |  |

(Source : Adapté d'une publication de l'agence californienne de la protection de l'environnement)

## ANNEXE 4 : Fiches d'informations pour les composés prioritaires et les polluants mesurés

### Les COV prioritaires:

A ce jour, de l'ordre de 50 à 300 composés organiques volatils ont été identifiés dans l'air intérieur des locaux. Une cinquantaine sont communément retrouvés dans l'environnement intérieur. Un groupe de travail de l'OMS les a classés en 1989 en quatre catégories, selon leur point d'ébullition qui peut varier de 50 à 400 °C<sup>64</sup> :

- Composé organique très volatil ou gazeux, point d'ébullition entre 50 et 100 °C,
- Composé organique volatil, point d'ébullition entre 50 et 260 °C,
- Composé organique semi volatil, point d'ébullition entre 240 et 400 °C,
- Composé organique associé aux particules : point d'ébullition au dessus de 400 °C.

Les COV détectés à l'intérieur des habitations appartiennent le plus souvent à 9 groupes de composés chimiques : alcanes, cycloalcanes et alkènes, hydrocarbures aromatiques ou benzéniques, hydrocarbures halogénés, terpènes, aldéhydes, cétones, alcools, esters.

Les concentrations en COV dans l'air intérieur sont variables dans le temps et très souvent supérieures de 2 à 10 fois à celles de l'air extérieur. Les concentrations mesurées sont le plus souvent relativement faibles (< à 100 µg/m<sup>3</sup> pour des composés pris individuellement), mais dans certaines conditions de confinement et d'émission importantes, de fortes concentrations peuvent être rencontrées<sup>65</sup>. Par ailleurs les effets sanitaires diffèrent selon les composés. C'est pourquoi, la concentration totale en COV ou TCOV n'est pas forcément un bon indicateur sanitaire<sup>66</sup>. Par contre cette valeur peut être mesurée facilement en continu par des appareils portatifs (FID ou PID).

En cas de fortes valeurs, elle s'avère être révélatrice d'un défaut de ventilation et ou de la présence de sources d'émissions importantes (peintures ou matériaux neufs par exemple)<sup>46</sup>. Brown a mis en évidence une concentration de 10000 µg/m<sup>3</sup> en TVOC pendant la rénovation d'un bureau. La concentration n'était plus que de 540 après 35 jours et de 180 après 80 jours. Les valeurs guides quand elles existent pour les TVOC se situent généralement autour de 500µg/m<sup>3</sup>.

Il est intéressant de passer en revue les COV prioritaires:

<sup>64</sup> ECA. Totale volatile organic compounds (TVOC) in indoor air quality investigations. - Report N°19. 1997

<sup>65</sup> P KRIEGER, F DE BLAY et al. - Asthme et polluants chimiques domestiques (à l'exception du tabac). Disponible sur le site Internet <http://www.allergonet.com/EnvironFS.htm>

<sup>66</sup> CALIFORNIA DEPARTEMENT OF HEALTH SERVICE. Reducing occupantsexposure to volatile organic compounds from offices building construction materials : non-building guidelines.



## 1. Les hydrocarbures aromatiques polycycliques :

### ❖ Les BTX

#### • Le benzène :

##### - **Les sources intérieures :**

Le benzène peut être retrouvé dans les produits de consommation comme l'essence à hauteur de 2.6 à 3.3 % ou dans la cigarette à hauteur de 0 à 0.5 mg/ cigarette dans la fumée. Mais il est aussi présent sous forme de traces dans les produits de bricolage, d'ameublement et de décoration. La pollution extérieure avec les raffineries et les gaz d'échappement des voitures peut influencer considérablement les niveaux rencontrés dans les ambiances intérieures.

##### - **Les valeurs usuelles :**

L'observatoire de la qualité de l'air intérieur a mis en évidence des valeurs moyennes de  $2\mu\text{g}/\text{m}^3$  dans les logements. Une étude anglaise a trouvé une valeur moyenne de  $8\mu\text{g}/\text{m}^3$  dans les habitats privés avec un maximum autour de  $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Selon différentes campagnes de mesure menées par le Japon ou les Etats unis, le ratio concentration intérieur par rapport à l'extérieur est en moyenne proche de 2.

En air extérieur les concentrations sont fonction de la plus ou moins grande présence de sources d'émission. A Dijon, une campagne de mesure réalisée par ATMOSF'Air ont mis en évidence des concentrations inférieures à  $2\mu\text{g}/\text{m}^3$  sur 6 semaines avec des concentrations maximales de  $2.8\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

##### - **Les valeurs guides :**

Le conseil supérieur d'hygiène publique de France prévoit dans son avis une concentration annuelle de  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  comme valeur annuelle et  $25\mu\text{g}/\text{m}^3$  comme valeur quotidienne.

L'objectif de qualité du décret 98/360 fixe une valeur annuelle de  $2\mu\text{g}/\text{m}^3$  en air ambiant pour préserver la santé.

##### - **Les risques pour la santé**

Le benzène est classé comme cancérigène (classe 1). L'OMS propose un risque unitaire de  $4.4$  à  $7.5 \cdot 10^{-6}$  à partir d'une étude sur les leucémies chez des travailleurs exposés à des concentrations de l'ordre de  $5$  à  $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Les effets déterministes liés à l'exposition au benzène varient de l'irritation oculaire aux maux de tête et aux vomissements.

Les seuils de perception olfactifs minimaux rencontrés sont de  $1150$  et  $2300\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### • Le Toluène :

##### - **Les sources intérieures :**

Le toluène peut être présent dans de nombreux produits de consommation comme les peintures, vernis, colles, encres, moquettes, tapis, calfatage siliconé, vapeur d'essence, fumée de cigarette. Comme pour le benzène, la pollution extérieure en toluène avec les raffineries et les gaz d'échappement des voitures peut influencer considérablement les niveaux rencontrés dans les ambiances intérieures.

**- Les valeurs usuelles:**

L'observatoire de la qualité de l'air a mesuré une valeur moyenne proche de 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  avec un maximum autour de 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Certaines études dans l'habitat ont pu mettre en évidence des concentrations jusqu'à 1500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Selon les recherches menées au Japon, le ratio air intérieur- air extérieur se situe autour de 4 à 5.

**- Les valeurs guides :**

L'OMS propose des valeurs guides de 260  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour une semaine et 1000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour 30 minutes. Concernant l'air extérieur le Toluène fait l'objet d'une surveillance obligatoire, mais il n'existe pas encore d'objectifs de qualité.

**- Les risques pour la santé :**

Les expositions courtes au toluène à de fortes concentrations peuvent conduire à des pertes de consciences. Les expositions de longues durées à de faibles concentrations peuvent conduire à des atteintes rénales. A forte dose, le toluène est suspecté d'avoir des effets sur les fonctions reproductrices et sur le développement du fœtus. Mais ce n'est pas démontré pour les concentrations normalement rencontrées dans l'air.

Les seuils de perception olfactifs minimaux rapportés sont de 79 et 412.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

- Le Xylène :

**- Les sources intérieures :**

Le Xylène est présent dans de très nombreux produits de consommation dont les peintures, les vernis, les colles, les insecticides, produits de nettoyage de surface.... Au niveau de l'air extérieur les entreprises qui fabriquent les produits précédemment cités et les gaz d'échappement sont les sources d'émission principales.

**- Les valeurs usuelles:**

Le xylène comprend trois isomères : le méta, la para et l'ortho xylène. Les valeurs moyennes rencontrées dans l'habitat selon une étude anglaise sur les COV sont de l'ordre de 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour des valeurs maximum de 250  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Les ratios concentrations intérieures par rapport aux concentrations extérieures varient selon deux études de 2,2 à 5.6.

**- Les valeurs guides :**

L'OMS propose des valeurs guides de 4800  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour 24 heures et 870  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour une année. Concernant l'air extérieur le xylène fait l'objet d'une surveillance obligatoire, mais il n'existe pas encore d'objectifs de qualité.

**- Les risques pour la santé :**

Le xylène est un irritant de la peau, des yeux et du nez. Le Xylène peut provoquer par inhalation des maux d'estomac, des baisses de la concentration, des nausées et des vomissements.

- Styrène :

- **Les sources intérieures :**

Le styrène est émis par les matière plastique, les matériaux isolants, et la fumée de cigarette. En extérieur, il se retrouve principalement dans les gaz d'échappement des voitures.

- **Les valeurs usuelles :**

L'observatoire a mesuré des concentrations maximum en styrène de l'ordre de 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Le comité Japonais pour la lutte contre le SBS à mis en évidence une concentration moyenne de 4.9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Les ratios intérieur/extérieur rencontrés dans la littérature sont très diverses. Ils varient de 6.5 à 25.

- **Les valeurs guides :**

L'OMS propose une valeur hebdomadaire de 260  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  et une valeur annuelle de 7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dans certains labels comme le label Allemand Gut, la valeur limite d'émission en styrène pour les carpettes est fixée à 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  avec un essai en chambre.

- **Les effets sur la santé :**

Le styrène est classé par l'IARC comme un cancérogène possible pour l'homme (groupe 2B).

Le styrène peut aussi affecter le système nerveux central et la fonction respiratoire. L'exposition peut aussi irriter les yeux et le nez.

Les seuils de perception olfactifs minimaux rencontrés sont de 20 et 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### Recommandations relatives aux BTX et au styrène :

Les concentrations en BTX et en styrène en air intérieur sont généralement faibles, mais elles sont plus importantes que les concentrations en air extérieur du fait de la présence de sources endogènes. Dans le cas de fortes concentrations en BTX, l'origine est sûrement due à un confinement des locaux ou à manque de ventilation lors de l'application des produits émetteurs. Il est donc recommandé de supprimer certaines sources d'émissions internes comme la cigarette et ventiler correctement le local lors de l'usage des produits émetteurs.

Air santé Canada dans un rapport propose une liste de vérification en cas se fortes teneurs en COV :

- Le bâtiment a t il moins d'un an ou a t il été rénové ou redécoré, ou y a ton ajouté, remplacé des meubles depuis un mois ?
- Emploie- t on des produits de nettoyage appropriés ? Le moment de leur utilisation est il bien choisi, de manière à réduire l'exposition des occupants ?
- Certaines activités, nécessitent elles d'importantes quantité de produits chimiques, particulièrement des solvants très volatils ? y a t il des odeurs de solvant ? les matières imprégnées et les solvants ont ils éliminés de façon appropriée ?
- A t on recourt à un système de ventilation accrue ou à un système de ventilation distinct dans le cas de sources localisées ? Le système de ventilation favorise t il la circulation de COV provenant d'ailleurs dans le bâtiment ?

- Trichloréthylène :

- **Les sources intérieures :**

Le trichloréthylène est un solvant qui peut se retrouver dans les peintures, vernis, colles, dégraissants à métaux. A l'extérieur, les entreprises de fabrication de peinture ou qui utilise de la peinture, les papeteries peuvent émettre du trichloréthylène.

- **Les valeurs usuelles :**

L'agence de protection de l'environnement californienne a réalisée une campagne de mesure de différents composés chlorés dans l'intérieur des habitations. Le trichloréthylène était présent en moyenne entre 0.3 et 0.8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Au Japon la valeur moyenne retrouvée était de 2.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . L'observatoire de la qualité de l'air intérieur a mis en évidence une concentration maximum de 42  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dans une chambre. Selon deux études, les ratios air intérieur air extérieur rencontrés sont de 2.1 et 7.3.

- **Les valeurs guides :**

Dans la réglementation du travail, la valeur maximum d'exposition pour le trichloréthylène est de 75 ppm. L'US EPA propose une concentration de référence par inhalation (RFC) de 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  basée sur les effets du trichloréthylène sur le système nerveux central, le foie, et le système endocrinien.

- **Les risques pour la santé :**

Le trichloréthylène est classé comme un cancérogène probable pour l'homme (2A). L'OMS propose pour celui ci un risque individuelle de  $4.3 \cdot 10^{-7} \mu\text{g}/\text{m}^3$ . L'exposition à des concentrations modérées peut causer de maux de tête et des pertes de l'équilibre. L'exposition chronique au trichloréthylène peut entraîner des nausées et des irritations respiratoires.

- Le tetrachloroéthylène ou perchloroéthylène :

- **Les sources intérieures :**

Les sources principales en air intérieur sont les vêtements provenant du pressing, les moquettes, les tapis. Mais ce composé a de nombreuses autres sources endogènes et on le retrouve notamment dans les correcteurs, les produits waterproof, les adhésifs, les nettoyeurs du bois.

- **Les valeurs usuelles :**

Le Japon témoigne d'une valeur moyenne dans l'habitat de 1.9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . La valeur maximale rencontrée par l'observatoire de la qualité de l'air est de 74  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . L'agence de protection de l'environnement californienne a obtenu des valeurs moyennes variant entre 1 et 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dans les habitations. Selon deux études, les ratios air intérieur air extérieur rencontrés sont de 2.9 et 1.7. Mais selon l'OMS, des valeurs supérieures à 250  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ont été mesurées en air intérieur.

- **Les valeurs guides :**

L'OMS propose deux valeurs guides de 8000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour 30 min et 250  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour une semaine.

### - Les effets sur la santé :

C'est un composé narcotique à de hautes concentrations. Des effets sur le foie et le rein ont été observés chez les travailleurs exposés pendant de longues périodes au tétrachloroéthylène. Des symptômes d'irritation des yeux et du nez ont été observés chez des personnes exposées pendant moins de deux heures à des concentrations de l'ordre de 650 à 1350  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Les seuils de perception olfactifs minimaux rencontrés sont de 13500 et 2025  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

- Recommandations de l'US EPA relatives au trichloroéthylène et au tetrachloroéthylène :

L'US EPA a émis des recommandations à destination du public concernant les composés chlorés :

- Lire la liste des composés sur les produits achetés,
- Ne pas acheter des quantités trop importantes,
- Utiliser les produits en suivant la notice,
- Ne pas utiliser à l'intérieur des produits destinés à l'extérieur,
- Utilisés les produits contenant des composés chlorés dans des pièces aérées et ventilées,
- Se protéger au maximum lors de l'application,
- Disposer les vêtements provenant du pressing dans des endroits aérés.

## Les aldéhydes

Les aldéhydes n'appartiennent pas au groupe des COV car selon la classification adoptée par l'OMS, leur point d'ébullition est inférieur à 50°C. De nombreux aldéhydes sont susceptibles de se retrouver dans l'air intérieur. Mais selon les composés les effets sanitaires sont différents. Les composés le plus étudiés et pour lesquels nous disposons de plus d'informations sont le formaldéhyde et l'acétaldéhyde. L'analyse des aldéhydes peut se faire avec des méthodes chimiques. On prélève ceux ci dans un milieu sorbant, on le traite chimiquement, puis on le dose pour déterminer leur concentration. L'échantillonnage peut être passif grâce à des tubes à diffusion ou des badges. Les échantillonneurs passifs ne sont pas encombrant, peu coûteux, faciles d'utilisation et ont une bonne sensibilité dans la plage des ppb. Ils permettent de déterminer la concentration moyenne pendant la période de mesure normalement fixée entre un jour et une semaine. Avec les méthodes actives d'échantillonnage, il faut une pompe et un barboteur. Une certaine formation est recommandée et il faut préparer des solutions ou des adsorbant solides et les traiter en laboratoire.

Il existe des détecteurs électrochimiques spécifiques pour la mesure du formaldéhyde. Ils permettent des mesures en continue avec un seuil de détection entre 0.02 et 0.05 ppm. Leurs inconvénients sont leur coût, leur durée de vie limitée et la nécessité d'un certain apprentissage pour les étalonner et les entretenir.

- Le formaldéhyde :

- **Les sources d'émissions :**

Les concentrations usuelles en formaldéhyde dans l'habitat dépendent grandement de la présence ou non de panneaux de particules et de mousse urée formol qui sert d'isolant des bâtiments. On peut le retrouver aussi dans la fumée de cigarette, les adhésifs....

- **Les concentrations usuelles :**

En France les taux de formaldéhyde mesurés dans les locaux d'habitation sont souvent inférieurs à  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Mais des pics de  $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et des concentrations moyennes de l'ordre de  $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sont observés dans des maisons qui comportent des mousses urée formol ou des étagères en panneaux de particules. Le formaldéhyde est un polluant très spécifique de l'air intérieur et il est présent en air ambiant à de très faibles quantités.

- **Les valeurs guides:**

Le formaldéhyde est classé comme cancérigène possible pour l'homme (2 A). L'US EPA propose un risque unitaire de  $1,3 \cdot 10^{-5} (\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3})^{-1}$  pour le formaldéhyde. L'US EPA propose une concentration de référence par inhalation de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . L'ancienne valeur guide proposée par l'OMS (en 1987) était de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Le formaldéhyde est caractérisé par une  $\text{RD}_{50}$  de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La  $\text{RD}_{50}$  est définie comme la concentration d'une exposition de 10 min résultant en une diminution du taux de respiration de 50 % chez la souris ou le rat.

- **Les effets sur la santé:**

Le formaldéhyde est un irritant de la peau, des muqueuses et de l'arbre respiratoire. Les symptômes d'irritation oculaire et ORL peuvent apparaître à de très faibles teneurs ( $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Mais, il semble exister une très grande susceptibilité interindividuelle. A de plus fortes concentrations ( $6000$  à  $36000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), les symptômes respiratoires peuvent apparaître. Le seuil de détection olfactif du formaldéhyde se situe entre  $60$  à  $1200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

- L'acétaldéhyde :

- **Les sources d'émissions :**

Les sources d'émissions principales de l'acétaldéhyde sont les désodorisants, la fumée émise par la combustion du bois et la nourriture.

- **Les concentrations usuelles :**

Les teneurs mesurées par l'observatoire de la qualité de l'air intérieur sont en moyenne de  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

- **Les valeurs guides:**

L'OMS propose comme concentrations tolérables  $2000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour un jour et  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour une année. L'acétaldéhyde est caractérisé par une  $\text{RD}_{50}$  de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

- **Les effets pour la santé :**

L'acétaldéhyde est classé comme cancérigène probable pour l'homme (2B) selon le classement IAARC. L'OMS propose un risque unitaire de  $1,5 \text{ à } 9.10^{-7} (\mu\text{g.m}^{-3})^{-1}$  pour l'acétaldéhyde.

A des concentrations moyennes 9000 à 36 0000  $\mu\text{g/m}^3$ , l'acétaldéhyde est un irritant de la peau, des yeux, des muqueuses, et des voies respiratoires.

- Les moyens de rémediation pour les aldéhydes

Pour le formaldéhyde, il est possible d'agir au niveau des sources d'émission majeures comme les panneaux de particules. Un rapport d'air et santé Canada propose des stratégies d'intervention pour le formaldéhyde :

Méthode d'élimination à la source :

- Elimination ou réduction de la source (sélection de produits qui dégagent le moins d'émissions, déplacement des matériaux émetteurs dans un local mieux ventilé).
- Blocage de la source au moyen d'une barrière (comme un film de polyuréthane)
- Avant leur installation, entreposage des meubles et des matériaux de construction jusqu'à ce qu'ils ne dégagent plus d'émissions

Méthodes de limitation par la ventilation :

- Augmentation de l'apport d'air de l'extérieur pendant les heures d'occupation et de non-occupation des locaux
- Modulation des relations de pression de l'air (évacuation locale, élimination des voies empruntées par les polluants)
- Modulation des relations sources-répartition (déplacement des occupants, blocage de la recirculation de l'air contaminé).

Concernant l'acétaldéhyde, les stratégies d'intervention sont similaires à celles pour le formaldéhyde. L'accent doit être mis sur l'information des populations et sur le choix des désodorisants intérieurs et sur la limitation des sources de combustion. L'augmentation du taux de ventilation semble avoir un effet sur la diminution des concentrations en aldéhydes.

## Le Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)

### - Les sources d'émission

Le NO<sub>2</sub> est un gaz inerte, produit par une combustion à haute pression. Le NO<sub>2</sub> est l'oxyde d'azote le plus important en quantité émise. En Atmosphère intérieur, il est surtout émis par les cuisinières, les veilleuses des chauffe-eaux et des poêles (gaz naturel ou propane), les poêles à bois, les cheminées à foyer ouvert, les radiateurs à gaz ou à kérosène et la fumée de tabac. Le NO<sub>2</sub> peut provenir également de l'air extérieur : 35% de la combustion du fuel et du charbon et 45% des moteurs de véhicules à essence.

### - Les concentrations usuelles

Les teneurs moyennes à l'intérieur des maisons peuvent excéder les concentrations extérieures. Ainsi, dans les cuisines mal ventilées, les maisons mal ventilées et

équipées de radiateurs fonctionnant mal ou lors du fonctionnement d'une cuisinière à gaz, des pics de 720 µg/m<sup>3</sup> à 1800 µg/m<sup>3</sup> ont été mesurés<sup>67</sup>. Une étude sur la qualité de l'air dans les espaces souterrains ferroviaires à Paris (préfecture région île de France, Qualité de l'air dans les espaces souterrains ferroviaires<sup>68</sup>, a mis en évidence des concentrations moyennes en NO<sub>2</sub> de 40 à 80 µg/m<sup>3</sup>, proches du niveau de fond urbain et généralement inférieures au niveaux observés en proximité automobile.

#### - Les valeurs guides

L'OMS fixe des valeurs guides de 400 µg/m<sup>3</sup> (1 heure) pour l'exposition à des pics de pollution en NO<sub>2</sub> et de 150 µg/m<sup>3</sup> (24 heures) pour une exposition prolongée.

#### - Les effets sur la santé

Chez l'homme l'inhalation de fortes concentrations de NO<sub>2</sub> provoque surtout des liaisons des bronchioles terminales et des alvéoles. Chez les personnes saines, on observe le plus souvent une irritation des yeux, du nez et de la gorge aux concentrations habituelles. Aux concentrations qui peuvent être rencontrées dans les environnements intérieurs, le NO<sub>2</sub> peut aggraver l'intensité de la réponse bronchique et modifier la courbe dose réponse chez les sujets présentant un asthme modéré.

### Les particules en suspension :

#### - Les sources d'émission

Les véhicules et les usines d'incinération constituent les principales sources extérieures d'origine anthropique. Les apports naturels en poussières sont important et il proviennent de l'érosion des sols et des roches. Il semble que ces particules ont des diamètres de l'ordre de la dizaine de micromètres.

Au niveau de l'air intérieur, la fumée de cigarette est une importante source d'émission de particules fines. Les appareils de cuisson et principalement les friteuses peuvent constituer une source secondaire de particules en suspension.

#### - Les valeurs guides :

L'OMS ne propose plus de valeurs guides pour les particules en suspension. Elle considère que ce type de pollution a un effet sans seuil et elle donne des risques vis à vis de tel ou tel effet sur la santé.

Le décret N° 2002-213 fixe comme valeur limite pour la protection des populations un seuil de 50 µg/m<sup>3</sup> par an en PM 10 qui ne doit pas être dépassé plus de 35 jours dans l'année. Ce seuil ne s'applique qu'à la part des concentrations non liées à des événements naturels.

Le CSHPF dans son avis du 6 Juin 1996 fixe un seuil de protection à 80 µg/m<sup>3</sup> en valeur journalière pour les PM 10.

L'US EPA a pour projet de fixer une valeur guide pour les PM 2.5 de 40 µg/m<sup>3</sup> en moyenne journalière.

---

<sup>67</sup> HAUT COMITE DE LA SANTE PUBLIQUE. Politiques publiques, pollution atmosphérique et santé : poursuivre la réduction des risques. Juin 2000

<sup>68</sup> Disponible à l'adresse Internet [www.ile-de-france.drivre.gouv.fr/environnement/airmetro/airmetro.htm](http://www.ile-de-france.drivre.gouv.fr/environnement/airmetro/airmetro.htm)



**- Les valeurs usuelles :**

Dans les locaux où il n'y a pas de fumeurs, les concentrations moyennes de particules se situent aux alentours de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , et entre 30 et  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dans les milieux où se trouvent des fumeurs.

**- les effets sur la santé**

Les effets des particules en suspension sur l'homme dépendent de la taille des particules et de leur concentration et ils peuvent fluctuer avec les variations journalières en PM 2.5 et PM 10. Les études épidémiologiques de panels démontrent à court terme des augmentations des admissions hospitalières concernant les manifestations respiratoires, et des fluctuations dans l'utilisation de dilatateurs bronchiaux. A long terme, les études sont peu nombreuses et elles font référence à des augmentations de la mortalité et de la morbidité respiratoire.

**- Liste de vérification :**

En cas d'une présence important de poussière dans un bâtiment, certaines questions doivent être posées et entre autre :

- Y a t il des fumeurs au sein du bâtiment ?
- Le système de filtration de l'air est il optimisé ? Est il correctement entretenu ?

|   |
|---|
| <p style="text-align: center;"><b>ANNEXE 5 :</b><br/>Tableau de synthèse pour l'aide à la sélection<br/>des polluants à mesurer</p> |
|---|

**Rappel des critères de notation :**

- **Critères méthodologiques :**
  - Notation qualitative de 1 à 3 selon la difficulté de la mesure
  - Symbole P ou C pour le type de mesure (passive ou continue)
  - Notation qualitative de 1 à 3 selon le coût de la mesure
  
- **Existence d'études :**
  - Peu ou jamais mesuré : 3
  - Mesuré assez souvent : 2
  - Souvent mesuré : 1
  
- **Critères sanitaires :**
  - Existence ou non de valeurs guides WHO
  - Classification comme cancérogène selon l'IARC: 1, 2A, 2B, 3
  - Effets sanitaires majeurs
  - Causalité forte (1), moyenne (2) ou faible (3) entre le polluant et les effets observés
  
- **Possibilité de contrôler la source d'émission ou de mettre en place des recommandations :** Possibilité forte (1), moyenne (2) ou faible (3)
  
- **Critère réglementaire :** Le polluant est-il pris en compte dans les lignes directrices mentionnées dans l'étude bibliographique ?

| Composé          | Critère méthodologique |                |      | Existence d'études en air intérieur | Critères sanitaires              |                    |                           |  |     | Possibilité contrôle sources endogènes | Critère réglementaire : existence de lignes directrices |
|------------------|------------------------|----------------|------|-------------------------------------|----------------------------------|--------------------|---------------------------|--|-----|--|---|
|                  | Facilité de mesure     | Type de mesure | Coût |                                     | Classification comme cancérogène | Valeurs Guides WHO | Effets sanitaires majeurs | Causalité effets/polluant                  |     |  |   |
|                  |                        |                |      |                                     |                                  |                    |                           |  |     |  |   |
| H aromatiques    | Benzène                | 1              | P/C  | 1                                   | 1                                | O                  | 1                         | Cancer                                     | 1   | 1-2                                    | O   |
|                  | Toluène                | 1              | P/C  | 1                                   | 2                                | O                  | 3                         | Système sanguin, système nerveux           | 3   | 2                                      | O   |
|                  | Xylènes                | 1              | P/C  | 1                                   | 2                                | O                  | 3                         | Système sanguin, système nerveux           | 3   | 2                                      | O   |
|                  | Styrène                | 1              | P    | 1                                   | 2                                | N                  | 2 B                       | Système sanguin, système respiratoire      | 2   | 2                                      | O   |
| COV totaux       |                        | 1              | P/C  | 1 - 2                               | 1                                | N                  | ND                        | Système respiratoire                       | 3   | 3                                      | N   |
| HAP              | Benzo(a)pyrène         | 3              | P    | 3                                   | 3                                | O                  | 1                         | Cancer                                     | 1   | 3                                      | N   |
| H halogénés      | Chlorure de vinyle     | 3              | P    | 3                                   | 3                                | N                  | 1                         | Cancer                                     | 1   | 2                                      | N   |
|                  | Tetrachloro éthylène   | 1              | P    | 1                                   | 2                                | O                  | 2 B                       | Système nerveux, foie                      | 2   | 2                                      | N   |
|                  | Trichloréthylène       | 1              | P    | 1                                   | 2                                | O                  | 2 A                       | Système nerveux, foie                      | 2   | 2                                      | N   |
| Aldéhydes        | Formaldéhyde           | 1              | P    | 1                                   | 1                                | O                  | 2 A                       | Allergisant, irritant système respiratoire | 1-2 | 2                                      | O   |
|                  | Acétaldéhyde           | 1              | P    | 1                                   | 2                                | O                  | 2 B                       | Allergisant, irritant système respiratoire | 2   | 2                                      | O   |
|                  | Acroléine              | 1              | P    | 1                                   | 3                                | N                  | ND                        | Irritation, altération du poumon           | 2-3 | 2                                      | O   |
| Ethers de glycol | 2-ethoxyéthanol        | 1              | P    | 1                                   | 2                                | N                  | ND                        | Fertilité, irritant, maux de tête          | 2-3 | 2                                      | N   |
|                  | 2-butoxyéthanol        | 1              | P    | 1                                   | 2                                | O                  | Prob                      | Fertilité, irritant, maux de tête          | 2-3 | 2                                      | N   |
|                  | 2-butoxyéthyl acétate  | 1              | P    | 1                                   | 3                                | N                  | ND                        | Fertilité, irritant, maux de tête          | 2-3 | 2                                      | N   |
|                  | 2-ethoxyéthyl acétate  | 1              | P    | 1                                   | 3                                | N                  | ND                        | Fertilité, irritant, maux de tête          | 2-3 | 2                                      | N   |

|              |                            |   |     |   |     |   |    |                                   |     |     |   |
|--------------|----------------------------|---|-----|---|-----|---|----|-----------------------------------|-----|-----|---|
|              | 1-methoxy-2-propanol       | 1 | P   | 1 | 2   | N | ND | Irritant, maux de tête            | 2-3 | 2   | N |
|              | 1-methoxy-2-propyl acétate | 1 | P   | 1 | 3   | N | ND | Irritant, maux de tête            | 2-3 | 2   | N |
|              | pesticides                 | 3 | P   | 3 | 2-3 | N | ND | DIVERSES                          | 2   | 1-2 | N |
| Gaz minéraux | NO <sub>2</sub>            | 1 | P/C | 1 | 1   | O | ND | Troubles respiratoires            | 2   | 1   | O |
|              | CO                         | 1 | P/C | 1 | 1   | O | ND | Intoxication, mort                | 1   | 1   | O |
| Particules   | PM 2.5                     | 2 | P/C | 2 | 2   | N | ND | Troubles respiratoires, mortalité | 2   | 2   | O |
|              | PM 10                      | 2 | P/C | 2 | 2   | N | ND | Troubles respiratoires, mortalité | 2   | 2   | O |

## **ANNEXE 6 : Questionnaire sur les caractéristiques des sites de mesures (courrier + questionnaire)**

Madame, Monsieur,

Comme convenu, Madame Monteiro et moi même avons posé jeudi dernier les capteurs destinés à mesurer la composition chimique de l'air au sein de votre établissement. Nous vous rappelons que cette campagne de mesure est prévue sur une semaine entière. Le jeudi 25/07/02, nous récupérerons les capteurs. A cette occasion nous souhaiterions que vous nous remettiez le questionnaire ci-joint rempli. L'analyse des données récoltées grâce à ce questionnaire nous permettra d'affiner la compréhension et l'interprétation des mesures effectuées au sein de votre établissement. Elle permettra entre autre d'évaluer l'influence des caractéristiques de la ventilation et du type de bâtiment sur la qualité de l'air intérieur. Par ailleurs, elle nous donnera des informations sur la représentativité des mesures par rapport aux caractéristiques des bâtiments et aux sources de pollutions présumées.

En vous remerciant de votre collaboration pour le bon déroulement de cette étude, je vous prie d'agréer, Madame, l'expression de mes sentiments les meilleurs.

Ce questionnaire est envoyé à l'identique à l'ensemble des sites de mesure. Selon la nature de votre bâtiment et des activités qui s'y déroulent, il n'est pas possible de répondre à toutes les questions.

## 1 Caractéristique du bâti :

- Quelle est la date de construction du bâtiment ? : .....
- Quelle est la surface au sol de la pièce ou des pièces où se situent les capteurs (surface approximative si l'on ne connaît pas le chiffre exact) ? :  
.....

## 2 Système de ventilation :

- Quel est le type de ventilation du bâtiment ? ( Par ordre d'importance :Ventilation mécanique contrôlée, ventilation naturelle, bouche d'extraction)  
.....  
.....
- Si vous le connaissez, quel est le taux de renouvellement de l'air au sein du bâtiment ? .....
- S'il existe des extractions, quel est leur nombre et leur capacité en m<sup>3</sup>/heure ?.....  
.....
- Le bâtiment est il climatisé ? .....

## 3 Système d'isolation et de rénovation du bâtiment

- Les vitres sont elles équipées de double vitrage ?.....
- Quelle est la nature des matériaux d'isolation utilisés (laine de verre, mousse urée-formol) ? .....

- Le bâtiment est il équipé d'une isolation thermique externe ?

.....

- Avez vous réalisé des travaux de peinture durant les 12 derniers mois ?  
(surface approximative peinte, date et pièce concernée) :

.....

.....

- Avez vous changé la moquette, la tapisserie ou le mobilier durant les 12 derniers mois ? (nature des travaux, date et pièces concernées) :

.....

.....

#### **4 Chauffage et source de cuisson**

- Quelle est la source de chauffage principale du bâtiment ? (énergie : gaz ou électricité, type de chauffage : radiateur, central)

.....

- Existe il une source de cuisson des aliments ? (nature et nombre de repas préparés).....

#### **5 Entretien, ménage du bâtiment**

- Avec quelle fréquence le ménage est il réalisé ?

.....

- Utilisez vous des désodorisants ou des produits particuliers (anti-moustique, insecticide) ? Quelles sont leur nature et leur fréquence d'utilisation ?

.....

.....

.....

## **ANNEXE 7 :**

### **Edito de la lettre trimestrielle d'Atmosf'Air : L'air intérieur : une thématique en évolution, un enjeu de santé publique**

La qualité de l'air intérieur n'est pas une problématique nouvelle. Dès le 18ème siècle, avec la prolifération des épidémies, il était recommandé d'ouvrir les fenêtres pour maintenir un environnement intérieur sain. Depuis, la société s'est modernisée, et il convient pour plusieurs raisons de reconsidérer la pollution de l'air intérieur.

**Aujourd'hui, les citoyens passent près de 90% de leur temps  
dans les logements, lieux de travail, transports!**

Afin de réduire les consommations d'énergie, l'isolation des bâtiments est accrue et la ventilation naturelle est remplacée par des systèmes de ventilation dont la maintenance n'est pas toujours correctement effectuée. Les polluants ont eux aussi changés et ils se sont diversifiés. « Formaldéhyde, éthers de glycol, benzène » sont autant de composés chimiques qui peuvent être émis par les matériaux de construction, la fumée de tabac ou les peintures. La pollution de l'air ambiant contribue, elle aussi, à détériorer la qualité de l'air intérieur.

**Ainsi, l'homme moderne est exposé dans son milieu de vie à  
des « cocktails » de polluants,**

Suspectés de jouer un rôle dans la croissance des pathologies chroniques (cancers, affections respiratoires, fatigues) et autres allergies.

Face à ce **problème de santé publique**, ATMOSF 'air a décidé d'apporter sa contribution et son savoir faire à l'évaluation des expositions à l'intérieur des établissements recevant du public. Pour cela, l'association, en collaboration avec la DRASS a recruté un stagiaire de l'Ecole Nationale de la Santé Publique.

**L'objectif étant dans une étape préliminaire d'identifier les polluants  
importants vis à vis des risques sanitaires et de tester sur sites des  
méthodes de mesure.**



A terme, les associations de surveillance de la qualité de l'air ainsi que les DDASS pourraient se voir confier des missions de surveillance, de prévention voir de vigilance concernant la qualité de l'air intérieur. Ce stage s'insère dans une démarche volontaire et anticipatrice d'une éventuelle réglementation dans le domaine. Résultats dans un prochain numéro.....

David RAVEL