

---

**Groupe scolaire des Bourdenières de la commune de  
Chenôve (21 300) : Elaboration de valeurs cibles et  
vérification de leur respect**

---

**Rapport d'expertise**

**Comité scientifique et technique**

**Mars 2009**

## **Présentation des intervenants**

---

### **COMITE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE**

---

#### **Présidence – Institut de Veille sanitaire (InVS)**

M. Philippe PIRARD – Médecin épidémiologiste à l'InVS – département santé-environnement – Epidémiologie – Président

Mme Cécile KAIRO – Pharmacienne évaluatrice des risques sanitaires à l'InVS – département santé-environnement – Vice-Présidente

#### **Secrétariat scientifique – Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail (Afsset)**

Mme Valérie PERNELET-JOLY – Evaluatrice des risques sanitaires à l'Afsset – chef d'unité – département des expertises en santé environnement et travail – Secrétaire scientifique

Mme Marion KEIRSBULCK – Ingénieure Santé-Environnement – chargée de projet – département des expertises en santé environnement et travail – Secrétaire scientifique adjointe

M. Christophe ROUSSELLE – Toxicologue – chef d'unité – département des expertises en santé environnement et travail – Secrétaire scientifique adjoint

#### **Membres du collège des experts scientifiques et techniques**

M. Luc. P. BELZUNCES – Directeur de Recherche Institut National de la Recherche Agronomique (Inra) Avignon – Laboratoire de Toxicologie Environnementale – Ecotoxicologie - Neurotoxicologie – (Comité d'Experts Spécialisés « Substances chimiques » de l'Afsset)

M. Jean-François DORE – Directeur de recherche Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (Inserm) - U590 Lyon – Epidémiologie – (Comité d'Experts Spécialisés « Agents Physiques » de l'Afsset)

M. Cong Khanh HUYNH – Chef de Groupe de Recherche Institut Universitaire Romand de Santé au Travail (IST) – Chimie Analytique et Métrologie - santé travail – (Comité d'Experts Spécialisés « Substances chimiques » de l'Afsset)

Mme Béatrice LALERE – Responsable de l'unité technique chimie organique Laboratoire National de métrologie et d'Essais (LNE) – Chimie Analytique et Métrologie – (Comité d'Experts Spécialisés « Substances chimiques » de l'Afsset)

M. Frédéric LIRUSSI – Pharmacien toxicologue Laboratoire de Physiopathologie et Pharmacologie Cardiovasculaire Expérimentales (LPPCE) Facultés de Médecine et Pharmacie de Dijon – Toxicologie clinique

Mme Corinne MANDIN – Ingénieure chimiste évaluateur de risques sanitaires Ineris – Expologie

Mme Florence MENETRIER – Responsable de l'unité PROSITON à la Direction des Sciences du Vivant - Pharmacienne Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) – Toxicologie animale et humaine, radiotoxicologie et neurotoxicité – (Comité d'Experts Spécialisés « Substances chimiques » de l'Afsset)

Suppléants :

M. Marc DURIF – Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (Ineris) – Métrologie

M. Fabrice MARLIERE – Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (Ineris) – Métrologie

**Membres du collège des représentants des populations exposées**

Mme GRILLET – Agent Territorial Spécialisé des Ecoles Maternelles (Atsem) de l'école maternelle des Bourdenières – représentante des agents communaux

Mme REGNIER – Agent d'entretien dans l'école élémentaire des Bourdenières – représentante des agents communaux

M. TARNIER – Directeur de l'école maternelle des Bourdenières – représentant des enseignants

M. CUISINIER – Directeur de l'école élémentaire des Bourdenières – représentant des enseignants (remplaçant : M. DARLEY)

Mme VITORINO – Représentante des parents d'élèves de l'école maternelle

Mme BOURAKKADI – Représentante des parents d'élèves de l'école élémentaire

Mme NECTOUX – Médecin scolaire du groupe scolaire des Bourdenières – représentante de la Médecine scolaire

Suppléant :

Mme LILETTE – Médecin scolaire de l'inspection académique de Dijon - représentante de la médecine scolaire

**ORGANISMES SUPPORT**

---

**Institut de veille sanitaire (InVS)**

Département santé-environnement (DSE)

M. Lydéric AUBERT – Epidémiologiste PROFET

Mme Yvette BONVALOT – Docteure es science- responsable adjointe du département

Mme Florence COIGNARD – Pharmacienne épidémiologiste – chargé de projet « Pesticides et santé »

M. Pascal EMPEREUR-BISSONNET – Médecin évaluateur de risques sanitaires –responsable unité préparation à la réponse aux alertes et aux sollicitations

Mme Nadine FRERY – Pharmacienne Epidémiologiste – Coordonnateur du programme Biosurveillance

Mme Mathilde PASCAL – Ingénieure

Cellule Interrégionale d'épidémiologie (Cire) Centre-Est

M. François CLINARD – Pharmacien épidémiologiste

M. Claude TILLIER – Ingénieur du génie sanitaire épidémiologiste

Service Documentation

Mme Edwige Bertrand – documentaliste

**Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset)**

Département des expertises en santé environnement et travail

M. Laurent BODIN – Pharmacien toxicologue

Mme Nathalie BONVALLOT – Pharmacienne toxicologue

M. Olivier BRIAND – Docteur en Chimie Analytique et Métrologie

M. Jean-Nicolas ORMSBY – Médecin inspecteur de santé publique

Mme Amandine PAILLAT – Ingénieure Chimie Analytique et Métrologie

Mme Aurore ROUHAN – Pharmacienne évaluatrice des risques sanitaires

Secrétariat administratif

Mme Véronique QUESNEL

# SOMMAIRE

Présentation des intervenants .....	2
Abréviations .....	7
Liste des tableaux.....	8
Liste des figures .....	8
<b>1 Introduction .....</b>	<b>9</b>
<b>2 Détermination des valeurs cibles.....</b>	<b>10</b>
2.1 Contexte.....	10
2.2 Définitions et principe de construction des valeurs cibles .....	11
2.2.1 Définitions .....	11
2.2.2 Principe de construction.....	12
2.3 Choix des composés étudiés .....	12
2.4 Valeurs toxicologiques de référence retenues pour chaque substance .....	13
2.5 Méthodes d'élaboration des valeurs cibles.....	15
2.6 Paramètres d'exposition retenus .....	3
2.6.1 Population étudiée .....	3
2.6.2 Scénario d'exposition.....	3
2.6.3 Concentrations des composés étudiés dans les milieux d'exposition autres que le groupe scolaire ....	7
2.7 Résultats.....	10
2.8 Propositions de valeurs cibles permettant la réouverture de l'école .....	12
2.8.1 Choix des substances.....	12
2.8.2 Pertinence de proposer des valeurs cibles dans les poussières au regard des méthodes de mesures des concentrations dans les poussières.....	12
2.8.3 Valeurs cibles proposées à la Commission locale d'orientation et d'information (CLOI) .....	13
2.9 Discussion et recommandations .....	14
<b>3 Campagnes de mesures après travaux en vue de la vérification du respect des valeurs cibles .....</b>	<b>15</b>
3.1 Protocole .....	15
3.2 Traitement des données .....	16
3.3 Résultats.....	16
3.4 Comparaison des mesures et des valeurs cibles .....	17
<b>4 Conclusions .....</b>	<b>19</b>
<b>5 Bibliographie.....</b>	<b>21</b>

<b>ANNEXES .....</b>	<b>22</b>
<b>Annexe 1 : Chronologie des événements .....</b>	<b>23</b>
<b>Annexe 2 : Source de données et caractéristiques des concentrations dans les différents milieux d'exposition autres que l'école .....</b>	<b>28</b>
<b>Annexe 3 : Source de données et caractéristiques des différentes variables humaines d'exposition .....</b>	<b>29</b>

## **Abréviations**

---

$\alpha$ -HCH : alpha-hexachlorocyclohexane

$\beta$ -HCH : bêta-hexachlorocyclohexane

$\gamma$ -HCH : gamma-hexachlorocyclohexane

$\delta$ -HCH : delta-hexachlorocyclohexane

Afsset : Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail

ATSEM : Agent Territorial Spécialisé des Écoles Maternelle

InVS : Institut de veille sanitaire

CSTB : Centre scientifique et technique du bâtiment

CST : Comité scientifique et technique

CLOI : Commission locale d'orientation et d'information

DGS : direction générale de la santé

Ddass : direction départementale des affaires sanitaires et sociales

FCBA : Institut technologique forêt cellulose bois-construction et ameublement

HCH : hexachlorocyclohexane

LQ : limite de quantification

OMS : organisation mondiale de la santé

PCDD : polychlorodibenzodioxine

PCDF : polychlorodibenzofurane

QD : quotient de danger

TEQ : toxic equivalent (équivalent toxique)

VC : valeur cible

VGAI : valeur guide de qualité de l'air intérieur

VTR : valeur toxicologique de référence

## Liste des tableaux

---

Tableau 1 : Synthèse des VTR retenues par les experts du CST _____	13
Tableau 2 : Taux d'absorption des composés étudiés pour les 3 voies d'exposition (%) _____	15
Tableau 3 : Milieux d'exposition retenus pour chacune des trois voies d'exposition _____	4
Tableau 4 : Sources de données et caractéristiques des fréquences et durées d'exposition dans les milieux intérieurs du groupe scolaire des Bourdenières _____	4
Tableau 5 : Variables humaines d'exposition utilisées pour l'élaboration de valeurs cibles (source des données – Annexe 3) _____	6
Tableau 6 : Valeurs des concentrations dans les différents milieux d'exposition autres que l'école _____	8
Tableau 7 : Valeurs cibles établies pour l' $\alpha$ -HCH, le $\beta$ -HCH, le $\gamma$ -HCH, le pentachlorophénol, les tri et tétrachlorophénols, l'aldrine, la dieldrine et les PCDD-PCDF dans l'air intérieur et les poussières ____	11
Tableau 8 : Valeurs cibles (arrondies) présentées à la CLOI le 30 mai 2008 _____	13
Tableau 9 : Résultats synthétiques des concentrations en produits de traitement du bois dans l'air après rénovation ( $\text{ng.m}^{-3}$ ) _____	16
Tableau 10 : Comparaison des concentrations médianes dans l'air intérieur des écoles du groupe scolaire des Bourdenières aux valeurs cibles proposées _____	18

## Liste des figures

---

Figure 1 : Schéma représentant la contribution de chaque voie d'exposition à la dose totale interne _____	16
---	----

# 1 Introduction

Dans le cadre d'une campagne de mesures de pesticides dans l'air ambiant conduite en août 2007 par l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset) dans trois écoles de la commune de Chenôve (21300), des niveaux de concentrations élevés en composés de traitement du bois (lindane<sup>1</sup>...) ont été mis en évidence dans une classe de l'école élémentaire des Bourdenières : le minimum et le maximum des concentrations observées en gamma-HCH (lindane) et alpha-HCH étaient respectivement de 82 et 131 ng.m<sup>-3</sup> et 186 et 316 ng.m<sup>-3</sup>.

Cette campagne a été réalisée suite à l'analyse par l'Afsset des mesures de pesticides dans l'air extérieur et intérieur, conduites en août 2006, par l'association agréée de surveillance de la qualité de l'air de la région Bourgogne. En effet, des niveaux élevés de plusieurs composés de la famille des hexachlorocyclohexanes, notamment de lindane avaient été mesurés dans une salle de classe. La campagne de mesures complémentaires ainsi menée en 2007, à la demande de l'Afsset, est allée dans le même sens que ces premiers résultats. De plus, elle a mis en évidence une contamination des poussières et du mobilier. L'échantillonnage des matériaux de construction a permis d'identifier la structure soutenant le plafond comme source d'émission principale.

Compte tenu de la toxicité de ces composés, de la vulnérabilité de la population concernée et d'une première appréciation des risques, l'Afsset a alerté ses ministères de tutelles le 6 septembre 2007.

Les risques d'intoxication aigüe liés à ces composés ont pu être rapidement écartés chez les enfants et le personnel fréquentant cette école. Il est apparu cependant nécessaire à l'autorité sanitaire, d'estimer les risques sanitaires potentiels liés à une exposition chronique des usagers du groupe scolaire des Bourdenières (école élémentaire et école maternelle, dont le bâtiment présente les mêmes caractéristiques de construction) et, pour cela, de compléter les investigations environnementales dans l'école.

Dans ce contexte, à la demande du ministère chargé de la santé, le préfet de la région Bourgogne et le maire de Chenôve ont décidé la fermeture de l'ensemble du groupe scolaire des Bourdenières le 17 septembre 2007.

Parallèlement, sur proposition de l'Institut de veille sanitaire (InVS) et de l'Afsset, un dispositif d'expertise collective et de gestion de la situation a été mis en place pour répondre à la demande de l'autorité sanitaire.

Ce dispositif est constitué de deux instances : un comité scientifique et technique (CST) chargé de l'expertise sur l'évaluation des risques sanitaires et une commission locale d'orientation et d'information (CLOI) chargée de suivre les travaux du CST et de transmettre l'information au public.

La chronologie des événements ayant conduit à la fermeture du groupe scolaire et celle du dispositif d'expertise et de gestion sont présentées en Annexe 1.

---

<sup>1</sup> Le lindane est l'isomère gamma de l'hexachlorocyclohexane

## 2 Détermination des valeurs cibles

### 2.1 Contexte

Lors de sa création en novembre 2007, le CST s'est donné les missions suivantes :

- faire le bilan des informations disponibles et identifier les éléments complémentaires à acquérir pour effectuer une évaluation des risques sanitaires,
- réaliser une évaluation des modalités d'exposition des populations ciblées comprenant :
  - une campagne de mesures complémentaires prenant en compte l'ensemble des informations déjà disponibles,
  - le recueil de données comportementales des individus appartenant à ces populations,
  - l'étude de la pertinence de réaliser des mesures biologiques au sein des populations exposées,
- réaliser une évaluation des risques pour la santé des enfants et des adultes qui ont été exposés en fréquentant l'école élémentaire et l'école maternelle des Bourdenières,
- étudier la pertinence et la faisabilité :
  - d'une étude épidémiologique,
  - de la mise en place d'un suivi médical,
- produire un rapport final avec les conclusions de l'expertise sur l'évaluation des risques sanitaires.

Suite à la fermeture du groupe scolaire des Bourdenières en septembre 2007, la Mairie de Chenôve a décidé de réaliser des travaux de remédiation sur la toiture des deux écoles du groupe scolaire afin de permettre la réouverture de l'école dans les meilleurs délais. Les projets de travaux ont été présentés lors de la CLOI du 19 décembre 2007 sur la base du rapport CSTB-FCBA « Expertise de deux bâtiments du groupe scolaire les Bourdenières, commune de Chenôve, afin de diminuer les concentrations de pesticides dans l'air intérieur ».

Dans ce contexte, le CST a été sollicité par la CLOI pour « recommander des valeurs guides permettant la réouverture du groupe scolaire des Bourdenières le plus rapidement possible (niveaux de polluants acceptables à atteindre après la réalisation de travaux permettant de réouvrir l'école) ».

Or il n'existait pas en 2008 de réglementation française, européenne ou internationale relative aux concentrations à respecter dans les milieux intérieurs (hors milieu professionnel) pour les substances émises par les produits de traitement du bois qui font l'objet de cette expertise.

Ce travail sur l'élaboration de valeurs permettant la réouverture du groupe scolaire des Bourdenières a donc été réalisé en parallèle à celui de l'évaluation quantitative des risques sanitaires.

## 2.2 Définitions et principe de construction des valeurs cibles

### 2.2.1 Définitions

Deux approches permettant de définir des valeurs repères de la qualité d'air dans des environnements clos et employées par ailleurs dans le cadre de travaux Afsset ont été proposées et présentées au CST lors de la réunion du 21 janvier 2008:

- Elaboration de Valeurs guides de qualité de l'air intérieur (VGAI) : la définition des VGAI est la suivante: « Concentration dans l'air, associée à un temps d'exposition, en-dessous de laquelle aucun effet sanitaire n'est attendu pour la population générale (définition de l'Organisation mondiale de la santé OMS) ». Les VGAI telles que proposées par l'Afsset sont établies sur des critères uniquement sanitaires et ne prennent pas en compte de scénario spécifique d'exposition;
- Elaboration de valeurs cibles (VC) - Recommandations pour la qualité de l'air dans les parcs de stationnement couverts. La définition d'une VC est la suivante : « concentration atmosphérique pour un polluant donné, dans un environnement donné et pour un scénario d'exposition donné, dont le respect permet de ne pas dépasser un niveau de risque à assumer (niveau acceptable) ». Elle est calculée en appliquant une démarche d'Évaluation des Risques Sanitaires. Elle est établie sur la base de critères sanitaires et elle prend en compte un scénario d'exposition.

Les experts du CST ont privilégié cette seconde approche pour l'appliquer au groupe scolaire des Bourdenières afin de prendre en compte les scénarios d'exposition des populations mais aussi les apports des autres milieux. Cette approche permet de disposer de valeurs établies spécifiquement dans le contexte local du groupe scolaire des Bourdenières, ce qui est apparu important pour les représentants des populations.

Les experts du CST ont choisi d'élaborer des Valeurs Cibles qui s'appuient sur la démarche de l'évaluation des risques sanitaires. Cette démarche repose sur quatre étapes :

- Identification des dangers
  - Description du profil toxicologique de chaque substance
- Définition des relations doses-réponses
  - Choix de l'effet critique et de la Valeur Toxicologique de Référence (VTR)
- Évaluation des expositions
  - Description des populations, des voies d'exposition
  - Quantification : fréquence, durée et intensité
- Caractérisation des risques sanitaires

Deux groupes de travail ont été mis en place au sein du CST pour alimenter les données nécessaires à l'établissement des valeurs cibles :

- Le premier chargé d'établir le profil toxicologique des substances d'intérêt et d'identifier, pour chaque substance, les effets critiques et les VTR pertinentes à considérer ;
- Le deuxième destiné à collecter l'ensemble des informations relatives aux expositions des usagers du groupe scolaire (enfants, enseignants, personnel technique...).

Etant donné que l'ensemble des éléments recherchés sert aussi pour l'évaluation des risques sanitaires, ces éléments ont été décrits en détail dans le rapport d'expertise ***Evaluation des risques sanitaires liés aux composés de traitement du bois*** consultable sur les sites internet AFSSET et InVS. Seuls les choix retenus pour chacune des étapes *Identification des dangers* et *Définition des relations doses-réponses* de l'évaluation des risques sanitaires seront présentés dans ce rapport consacré à l'élaboration des valeurs cibles.

## 2.2.2 Principe de construction

En évaluation des risques sanitaires, pour une substance dans un milieu  $i$  et pour une voie d'exposition  $j$  et pour une population cible, on calcule la Dose Journalière d'Exposition (DJE):

$$DJE_{ij} = \frac{C_i \times Q_j \times F}{P} \times \frac{DE}{TP}$$

$DJE_{ij}$  : dose journalière d'exposition pour la voie considérée

$C_i$  : concentration du polluant dans le milieu considéré

$Q_j$  : quantité de milieu pollué entrant en contact avec l'organisme (kg/j, l/j, m<sup>3</sup>/j...)

$F$  : fréquence d'exposition (fraction de temps passé dans le milieu  $i$ , ie de jours par an, d'heures par jour...)

$P$  : poids corporel

$DE$  : durée d'exposition en année

$TP$  : période sur laquelle l'exposition est moyennée

} Uniquement pour une substance ayant des effets sans seuil

Dans le cadre du groupe scolaire des Bourdenières, il était nécessaire de prendre en compte les points suivants :

- plusieurs voies d'exposition sont à considérer : respiratoire, orale et cutanée;
- pour les polluants étudiés, il n'existe pas de valeurs toxicologiques de référence pour toutes les voies retenues ;
- pour plusieurs polluants étudiés, les données toxicologiques collectées tendent à montrer des organes cibles et des effets identiques (effets systémiques) quelle que soit la voie d'exposition (orale, respiratoire, cutanée). Cela implique qu'il est possible de considérer l'additivité des différentes voies d'exposition dans le cadre de l'évaluation des risques mais également dans le cadre de l'élaboration de valeurs cibles.

Dans ce cas, il ne s'agit plus de travailler voie par voie sur des doses d'exposition externes, mais, de travailler de façon intégrée en considérant une dose totale interne à laquelle chaque voie d'exposition contribue.

Cette dose interne résulte :

- de ce qui est inhalé ;
- de ce qui est ingéré ;
- de ce qui pénètre au travers de la peau.

## 2.3 Choix des composés étudiés

Les composés étudiés dans le cadre des travaux sur le groupe scolaire des Bourdenières sont :

- Les substances actives des produits de traitement du bois ayant pu être utilisés dans les années 1970 et retrouvées dans l'école lors des précédentes campagnes de mesures:  **$\gamma$ -HCH (lindane), pentachlorophénol, aldrine et dieldrine** ;
- Les impuretés accompagnant ces substances actives ou leurs produits de transformation:  **$\alpha$ -HCH,  $\beta$ -HCH,  $\delta$ -HCH, trichlorophénols, tétrachlorophénols, dioxines et furanes.**

La démarche adoptée par le CST pour le choix des composés d'intérêt est présentée dans le rapport d'expertise *Evaluation des risques sanitaires liés aux composés de traitement du bois*. Elle a permis de cibler les principaux composés d'intérêt, les délais impartis et les contraintes économiques rendant impossibles la prise en compte de toutes les substances.

## 2.4 Valeurs toxicologiques de référence retenues pour chaque substance

Une revue des effets observés chez l'Homme et l'animal et des VTR disponibles a été réalisée et est décrite dans l'annexe 5 du rapport *Evaluation des risques sanitaires liés aux composés de traitement du bois*. Aucun risque d'intoxication aiguë lié à l'exposition aux produits de traitement de bois dans le groupe scolaire n'étant attendu, c'est au regard des effets chroniques que les VTR ont été sélectionnées.

L'ensemble des composés étudiés a été considéré comme non mutagène et donc associé à un mécanisme d'action à seuil, autrement dit, leurs effets néfastes sur la santé ne se manifestent qu'au-delà d'une certaine dose d'exposition.

Le Tableau 1 présente une synthèse des caractéristiques des VTR retenues par les experts. Trois composés ou familles de composés, l' $\alpha$ -HCH, le  $\beta$ -HCH, les tri- et tétrachlorophénols, l'aldrine et la dieldrine ont des effets critiques hépatiques. Le lindane, le pentachlorophénol et les dioxines et furanes ont des effets critiques associés aux VTR retenues qui ne sont pas communs avec d'autres composés ou familles de composés. Pour autant, ces substances peuvent également présenter une toxicité sur le foie à des doses supérieures.

**Tableau 1 : Synthèse des VTR retenues par les experts du CST**

Composés	VTR à seuil voie orale	Effet critique	Espèce	Facteur d'incertitude	Auteur <sup>12</sup>
$\alpha$ -HCH	$8 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$	hépatique (augmentation du poids du foie, atrophie et dégénérescence des hépatocytes)	rat	100	Fitzhugh <i>et al.</i> , 1950 (ATSDR, 2005)
$\beta$ -HCH	$0,6 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$	hépatique (augmentation du poids du foie)	rat	300	Van Velsen <i>et al.</i> , 1986 (ATSDR, 2005)
$\gamma$ -HCH	$0,01 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$	Immunotoxicité	souris	1000	Meera <i>et al.</i> , 1992 (ATSDR, 2005)
pentachlorophénol	$1 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$	thyroïdien (diminution des T4)	vison	1000	Beard <i>et al.</i> , 1998 (ATSDR, 2001)
2,4,5-trichlorophénol	$30 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$	hépatique (augmentation du poids du foie et hyperplasie centrilobulaire)	rat	1000	US-EPA, 1986 (US-EPA, 1992)
2,4,5-trichlorophénol					
2,3,4,6-tétrachlorophénol					

<sup>2</sup> Cf bibliographies des annexes 5 du rapport *Evaluation des risques sanitaires liés aux composés de traitement du bois*.

Composés	VTR à seuil voie orale	Effet critique	Espèce	Facteur d'incertitude	Auteur <sup>12</sup>
Aldrine	0,03 $\mu\text{g.kg}^{-1}.\text{j}^{-1}$	hépatique (modifications histologiques, augmentation du ratio des poids du foie et du corps)	rat	1000	Fitzhugh <i>et al.</i> , 1964 (ATSDR, 2002 ; US-EPA, 1988)
dieldrine	0,05 $\mu\text{g.kg}^{-1}.\text{j}^{-1}$	hépatique (augmentation du poids du foie chez les femelles et hyperplasie cellulaire)	rat	100	Walker <i>et al.</i> , 1969 (ATSDR, 2002 ; US-EPA, 1990)
dioxines et furanes	70 pg TEQ <sub>OMS</sub> $.\text{kg}^{-1}.\text{mois}^{-1}$	prostatique et développemental	rat	3,2	Ohsako <i>et al.</i> , 2001 (OMS, 2001)
		reproduction et développement	rat	9,6	Faqi <i>et al.</i> , 1998 (OMS, 2001)

Au niveau des VTR disponibles dans la littérature pour les composés d'intérêt, il est à noter que :

- pour l'isomère delta du HCH, il n'y a pas de VTR disponible ;
- pour les tri et tétrachlorophénols ; la VTR du 2,3,4,6-tétrachlorophénol a été appliquée à la somme des tri- et tétrachlorophénols.

Pour les composés étudiés, il n'existe pas de VTR à seuil spécifiques pour les voies respiratoires et cutanées. Les données toxicologiques consultées n'ont pas permis d'écarter la possibilité d'effets similaires par exposition respiratoire ou cutanée à ceux rencontrés après une exposition par voie orale.

Dans ces conditions, le CST a préconisé de caractériser, autant que possible, les risques respiratoires et cutanés étant donné que la situation avait été révélée initialement dans l'air intérieur et les poussières.

Au final, pour chaque composé, une VTR interne a été calculée à partir de la VTR externe orale.

Les experts du CST ont choisi de dériver les VTR disponibles, exprimées en doses administrées, en VTR internes afin de pouvoir les comparer aux doses internes calculées à partir des doses d'exposition par voies respiratoire, orale et cutanée et des taux d'absorption respiratoire, orale et cutanée. Les taux d'absorption cutanée ont été renseignés à partir de l'EPA (2004) qui fournit des valeurs spécifiques pour le  $\gamma$ -HCH, le pentachlorophénol et les dioxines et furanes. Pour les autres composés le taux d'absorption cutanée proposé par défaut par l'EPA (2004) de 10 % a été utilisé (Tableau 2).

Les taux d'absorption respiratoire et orale des composés étudiés ne sont pas connus et sont considérés comme maximums (100 %) par défaut.

**Tableau 2 : Taux d'absorption des composés étudiés pour les 3 voies d'exposition (%)**

Voie d'exposition	$\alpha$ -HCH	$\beta$ -HCH	$\gamma$ -HCH	tri- et tétra-chlorophénol	penta-chlorophénol	Aldrine	dieldrine	dioxines
orale (-)	100	100	100	100	100	100	100	100
respiratoire (-)	100	100	100	100	100	100	100	100
cutanée (-)	10	10	4	10	25	10	10	3

A noter que s'il s'avérait que l'une de voies d'exposition n'entraîne pas le même effet, l'hypothèse prise par les experts de considérer à défaut d'information que toutes les voies d'exposition entraînent le même effet surestimerait le risque.

## 2.5 Méthodes d'élaboration des valeurs cibles

Les valeurs cibles doivent, en l'état actuel des connaissances, permettre de protéger la santé de toute population présente dans le groupe scolaire des Bourdenières vis-à-vis des composés étudiés.

Ceci se traduit, d'un point de vue mathématique, par le fait que les niveaux de risque doivent être inférieurs à des valeurs considérées comme représentant un risque jugé acceptable.

Pour les substances à seuil d'effet, ce niveau de risque s'appelle un quotient de danger (QD). Le QD est le rapport entre les niveaux d'exposition à cette substance et sa valeur toxicologique de référence pour une voie d'exposition donnée :

$$\text{QD} = \text{DJE totale} / \text{VTR} ;$$

Le risque peut être écarté lorsque le QD est inférieur à 1.

Les valeurs de contamination des milieux de l'école considérées comme acceptables sont déterminées après avoir calculé :

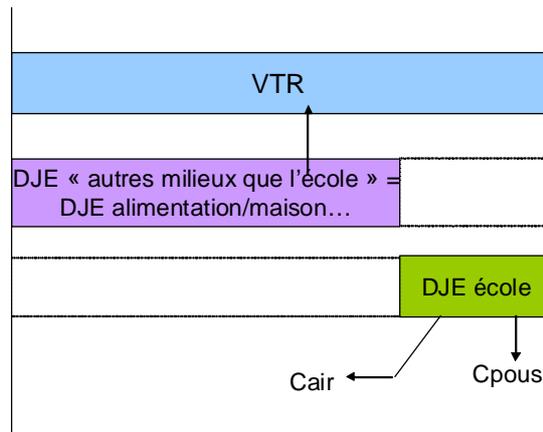
- la VTR interne à partir de la VTR pour la voie orale en tenant compte du facteur d'absorption,
- la dose journalière d'exposition interne apportée par la contamination des milieux extérieurs à l'école;
- la dose journalière d'exposition interne liée à l'exposition dans le groupe scolaire jugée comme acceptable (c'est-à-dire correspondant à un QD <1 cf. ci-dessous) :
- La contribution maximale de l'école à la dose d'exposition globale jugée acceptable (c'est-à-dire inférieure à la VTR) peut ensuite être calculée :

Pour avoir un  $\text{QD} \leq 1$ , il faut :  $\text{DJE interne} \leq \text{VTR interne}$

Avec  $\text{DJE interne} = \text{DJE autres milieux que l'école} + \text{DJE école}$

D'où  $\text{DJE école} \leq \text{VTR interne} - \text{DJE autres milieux que l'école}$

Ce schéma illustre le principe de construction présenté ci-dessus (les proportions respectives des DJE école/autres milieux telles qu'indiquées dans ce schéma sont fictives).



- En décomposant la dose journalière d'exposition (DJE) interne selon les trois voies d'exposition (orale, cutanée, respiratoire) (cf. Figure 1):

$$\boxed{DJE \text{ interne} = DJE_r \times F_r + DJE_o \times F_o + DJE_c \times F_c}$$

Avec :

$DJE_r$  : Dose journalière d'exposition respiratoire (mg/kg/j)

$DJE_o$  : Dose journalière d'exposition orale (mg/kg/j)

$DJE_c$  : Dose journalière d'exposition cutanée (mg/kg/j)

$F_r$  : Taux d'absorption respiratoire (-)

$F_o$  : Taux d'absorption orale (-)

$F_c$  : Taux d'absorption cutanée (-)

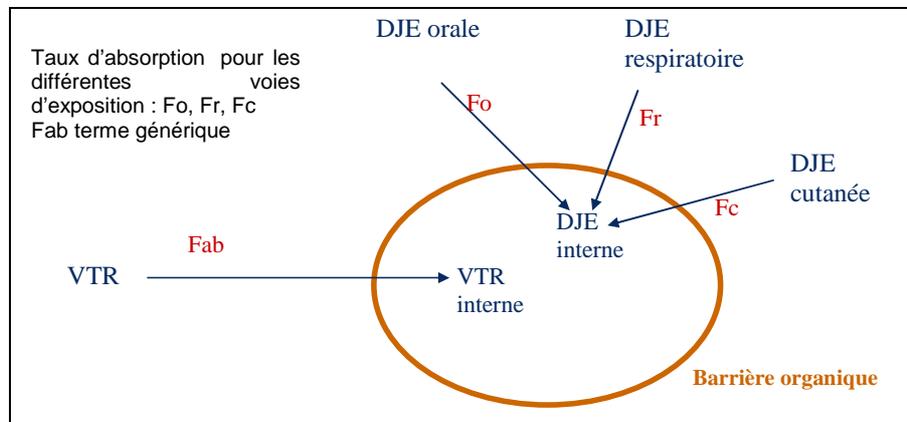


Figure 1 : Schéma représentant la contribution de chaque voie d'exposition à la dose totale interne

- En décomposant les doses journalières d'exposition pour chaque voie d'exposition selon les équations suivantes :
- **Dose Journalière d'Exposition pour la voie orale**

$$DJE_o = \frac{Cp_{\text{école}} \times Qp_{\text{école}} + Cp_{\text{int}} \times Qp_{\text{int}} + Cp_{\text{ext}} \times Qp_{\text{ext}}}{P} + DJE_{\text{alimentation}}$$

Ecole
Autres milieux que l'école

- **Dose Journalière d'Exposition pour la voie respiratoire**

$$DJE_r = \frac{(Cp_{\text{école}} \times F_{\text{école}} + Cp_{\text{int}} \times F_{\text{int}} + Cp_{\text{ext}} \times F_{\text{ext}}) \times V_{\text{resp}}}{P}$$

Ecole
Autres milieux que l'école

- **Dose Journalière d'Exposition pour la voie cutanée**

$$DJE_c = \frac{(Cp_{\text{école}} \times F_{\text{école}} + Cp_{\text{int}} \times F_{\text{int}} + Cp_{\text{ext}} \times F_{\text{ext}}) \times F_{\text{sol-peau}} \times S \times F_{\text{evt}}}{P}$$

Ecole
Autres milieux que l'école

L'ensemble des données à collecter pour réaliser les calculs de dose sont :

- Des paramètres environnementaux :
  - Cp : Concentration de polluants
    - dans l'air extérieur, et dans les autres milieux intérieurs fréquentés au cours d'une journée.
    - dans les poussières extérieures, et dans les autres milieux intérieurs fréquentés au cours d'une journée.
    - dans les aliments.
- Des paramètres humains :
  - Q : quantité du milieu auquel l'homme est exposé, par voie et par jour :
    - consommations alimentaires
    - ingestion de sol
    - volume respiré
    - surface cutanée exposée selon l'activité : S et  $F_{\text{sol-peau}}$
    - en fonction de l'âge
  - F : fréquence d'exposition (sans unité)
    - budget espace-temps
  - P : poids corporel individuel dans chaque groupe de population étudiée

Le calcul peut être décomposé suivant l'équation ci-dessous (1) pour les doses relatives à l'exposition dans l'école, de façon à faire apparaître la **concentration dans l'air intérieur de l'école ( $C_{\text{air\_école}}$ )** et les **concentrations dans les poussières ( $C_{\text{poussières\_école}}$ )** qui sont les **valeurs cibles recherchées respectivement dans l'air et dans les poussières.**

Equation 1 :

$$\left( \frac{C_{air\_ecole} \times F_{ecole} \times V_{resp}}{P} \right) \times Fr + \left( \frac{C_{poussiere\_ecole} \times Q_{p\_ecole}}{P \times FC} \right) \times Fo + \left( \frac{C_{poussiere\_ecole} \times F_{ecole} \times S \times F_{sol\_peau} \times F_{evt}}{P \times FC} \right) \times Fc \leq VTR_{interne} - (DJE_{r\_autresm} \times Fr + DJE_{o\_autresm} \times Fo + DJE_{c\_autresm} \times Fc)$$

- $DJE_{r\_autresm}$  : Dose journalière d'exposition par voie respiratoire dans les autres milieux d'exposition ( $ng.kg^{-1}.j^{-1}$ )
- $DJE_{o\_autresm}$  : Dose journalière d'exposition par voie digestive dans les autres milieux d'exposition ( $ng.kg^{-1}.j^{-1}$ )
- $DJE_{c\_autresm}$  : Dose journalière d'exposition par voie cutanée dans les autres milieux d'exposition ( $ng.kg^{-1}.j^{-1}$ )
- Fr : Taux d'absorption respiratoire (-)
- Fo : Taux d'absorption digestive (-)
- Fc : Taux d'absorption cutanée (-)
- $VTR_{interne}$  : Valeur toxicologique de référence après absorption ( $ng.kg^{-1}.j^{-1}$ )
- $C_{air\_ecole}$  : Concentration dans l'air intérieur de l'école ( $ng.m^{-3}$ )
- $F_{ecole}$  : Fraction de temps passée à l'intérieur de l'école (-)
- $V_{resp}$  : Volume respiratoire ( $m^3.j^{-1}$ )
- $C_{poussiere\_ecole}$  : Concentration dans les poussières de l'école ( $ng.kg^{-1}$ )
- $Q_{p\_ecole}$  : Quantité de sol et poussières ingérées dans l'école ( $mg.j^{-1}$ )
- S : Surface de peau de contact ( $cm^2$ )
- $F_{sol\_peau}$  : Facteur d'adhérence sol-peau ( $mg.cm^{-2}.évènement^{-1}$ )
- $F_{evt}$  : Fréquence de l'évènement ( $évènement.j^{-1}$ ), valeur égale à 1 par défaut (EPA, 2004) Erreur ! Signet non défini.
- FC : Facteur de conversion =  $1.10^6$  ( $mg.kg^{-1}$ )
- P : Poids (kg)

Pour calculer les valeurs cibles, on se retrouve avec une équation à deux inconnues. Les experts ont donc été confrontés à deux choix :

- Définir comme valeur cible une dose interne journalière apportée par l'école

Les valeurs cibles ainsi définies ont été jugées difficilement compréhensibles. En effet elles ne correspondent pas à une valeur cible dans chaque milieu (air ou poussières) qui pourrait ensuite être vérifiée directement. Cette proposition a donc été écartée.

- Définir des valeurs cibles dans l'air et les poussières

Ce choix permet de définir des valeurs dont l'interprétation était plus compréhensible. Toutefois il nécessite de définir *a priori* des proportions de contribution de chacune des voies d'exposition à la dose interne : l'exposition par inhalation résultant de la contamination dans l'air et l'exposition par ingestion et contact cutané résultant de la contamination dans les poussières. Pour ne pas dépasser la dose interne acceptable, une fois fixée la valeur cible dans un milieu, la valeur cible dans l'autre milieu se déduit. Si elles ne sont pas connues, les contributions de chacun des milieux est à définir par les experts, ce qui nécessite de disposer de niveaux d'exposition représentatifs (air et poussières) hors situation de contamination.

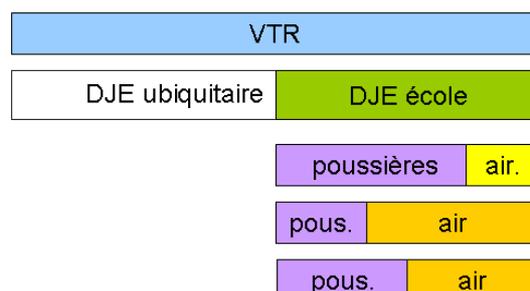
Or plusieurs difficultés existent :

- 1) comment apprécier des contributions moyennes quand les campagnes de mesures ne concernent qu'un faible nombre de mesures sur un site ?
- 2) les résultats des mesures des concentrations dans les poussières, obtenus avec les deux techniques mises en œuvre, sont trop disparates selon les pièces et les jours de prélèvement. Cette disparité s'explique très probablement du fait que les techniques de mesure dans les poussières ne sont pas satisfaisantes que ce soit par les lingettes ou l'aspirateur (Afsset-InVS, 2009). Par ailleurs, les mesures de ces composés dans les poussières ne sont pas normalisées en France.
- 3) comment garantir que la contribution à l'exposition globale de chacune de ces sources (air et poussières) soit la même avant et après travaux ?
- 4) l'absence de données bibliographiques exploitables concernant la part de la dose interne pouvant être attribuée aux poussières par ingestion involontaire ou au contact cutané et à l'air.

Différentes hypothèses ont été posées basées sur des contributions « théoriques » des différents milieux (air et poussières).

- une **contribution majoritaire** de l'exposition via les poussières à la dose journalière d'exposition dans l'école et, par conséquent, une contribution via l'air intérieur minoritaire. Cette hypothèse entraîne des niveaux bas à atteindre dans l'air intérieur.
- une **contribution minoritaire** de l'exposition via les poussières à la dose journalière d'exposition dans l'école et ainsi une contribution via l'air intérieur majoritaire. Cette hypothèse entraîne des niveaux bas à atteindre dans les poussières.
- une **part de l'exposition** par inhalation et par voie orale **égale** dans la dose journalière d'exposition dans l'école

Ces éléments sont récapitulés de façon schématique ci-dessous.



Plusieurs couples de contribution respective de l'air et des poussières ont donc été calculés et discutés (100%- 0%, 0%-100%, 25%-75%, 50%-50%,75%-25%). L'enjeu était d'être à la fois protecteur de la population, sans pour autant proposer des niveaux de concentrations dans un milieu donné objectivement trop faibles vu l'absence de données sur la part des deux milieux d'exposition. Ceci aurait pu retarder l'ouverture de l'école de façon injustifiée. Les couples extrêmes ont donc été éliminés d'emblée puisque pour la majorité des substances considérées, une contamination des 2 milieux a été observée dans l'école.

Les experts ont considéré, qu'en l'état actuel des connaissances, il n'était pas possible de connaître précisément quelle était la contribution à la dose interne de chacune de ces voies (orale, respiratoire, cutanée). Par exemple pour le lindane, les premiers résultats des mesures ont montré une contribution moyenne de la contamination des poussières à la dose interne apportée par l'école de 80% si l'on utilisait les résultats obtenus avec la méthode des lingettes ou de 10% si l'on utilisait les résultats obtenus à partir des prélèvements effectués par l'aspirateur. Par ailleurs, il n'était pas possible d'exclure l'une de ces voies d'exposition.

**Il a donc été décidé de prendre en compte de manière équivalente l'exposition par l'air intérieur et par les poussières.**

## 2.6 Paramètres d'exposition retenus

### 2.6.1 Population étudiée

La population étudiée est définie par les personnes fréquentant le groupe scolaire des Bourdenières.

Il a été choisi de retenir dans l'étude :

- **l'ensemble des enfants**, en distinguant l'école maternelle de l'école élémentaire, concernant les milieux d'exposition et en distinguant les tranches d'âge chaque fois que la précision des données le permet pour les variables humaines d'exposition.
- **les ATSEM, les enseignants et les agents d'entretien. Les deux dernières populations ont été retenues en distinguant** l'école maternelle de l'école élémentaire. Au total, ce sont cinq populations d'adultes qui sont étudiées correspondant à quatre durées d'exposition différentes liées à leurs emplois du temps différents et aux deux lieux d'exposition différents (maternelle et élémentaire).

### 2.6.2 Scénario d'exposition

L'exposition aux produits de traitement du bois peut survenir suivant les trois voies d'exposition : respiratoire, orale et cutanée.

Afin de caractériser l'exposition globale aux composés étudiés, les niveaux de concentrations rencontrés dans les milieux autres que l'école ont été recherchés.

Le Tableau 3 présente les milieux d'exposition qui ont pu être pris en compte pour chacune des voies d'exposition, dans l'école et en dehors du groupe scolaire des Bourdenières.

**Tableau 3 : Milieux d'exposition retenus pour chacune des trois voies d'exposition**

Voie d'exposition	Véhicule de contamination	Milieux d'exposition		Source de données (cf. annexe 2)
Voie respiratoire	Air	Ecole	Classes	
		Hors école	Milieux intérieurs autres que l'école	Littérature
			Extérieur	
Voie orale	Poussières	Ecole	Classes	
		Hors école	Milieux intérieurs autres que l'école	Littérature
			Extérieur	Littérature
	Alimentation	Aliments	Littérature	
Voie cutanée	Poussières	Ecole	Classes	
		Hors école	Milieux intérieurs autres que l'école	Littérature
			Extérieur	Littérature

Les fréquences et durées d'exposition (qui définissent le budget espace-temps des personnes fréquentant le groupe scolaire) ont été renseignées pour chacune des populations retenues dans l'étude et pour chacun des milieux.

Le Tableau 4 présente en détail les fréquences et durées d'exposition dans les milieux intérieurs du groupe scolaire des Bourdenières. Il est à noter que ces temps n'incluent pas les temps de récréation qui sont considérés comme un temps passé à l'extérieur.

**Tableau 4 : Sources de données et caractéristiques des fréquences et durées d'exposition dans les milieux intérieurs du groupe scolaire des Bourdenières**

Temps passé à l'intérieur de l'école	Enfants		Adultes			
	Maternelle	Elémentaire	Enseignants maternelle	Enseignants élémentaire	ATSEM	Agents d'entretien
Fréquences d'exposition	4,5 j.semaine <sup>-1</sup>		- 4,5 j.semaine <sup>-1</sup> - Réunion : 40 min.semaine <sup>-1</sup>		37,25 h.semaine <sup>-1</sup>	25 h.semaine <sup>-1</sup>
	36 semaines.an <sup>-1</sup>		36 semaines.an <sup>-1</sup>		42 semaines.an <sup>-1</sup>	

Durées d'exposition d'une journée d'école :

- classes	5h30	5h30	5h45	-	-
- temps hors classes (j <sup>-1</sup> )	-	-	- Midi : 1h40 - Matin et soir : 1h30	- Matin : 50 min - Midi : 1h40 - Soir : 30 min	-
- cantine (j <sup>-1</sup> )	1h	-	-	1h30	-
- étude (j <sup>-1</sup> )	-	1h	-	1h	-

Temps passé à l'extérieur de l'école	Enfants		Adultes			
	Maternelle	Elémentaire	Enseignants maternelle	Enseignants élémentaire	ATSEM	Agents d'entretien
Durées d'exposition sur une journée (ajustée sur l'année)	3h et 12min		1h et 48 min			

- : n'a pas lieu d'être

Dans l'école, il a systématiquement été considéré les fréquences et les durées d'exposition les plus majorantes :

- Il a été considéré que les enfants prenaient leur repas à la cantine alors que seulement 1/3 d'entre eux restent effectivement à la cantine. Les valeurs cibles établies sont également valables pour la cantine.
- Il a été considéré que les enfants de l'école élémentaire restaient à l'étude 1 h par jour alors que 20 % des enfants seulement fréquentent l'étude. Certains d'entre eux la fréquentent tous les soirs.

Ces hypothèses majorent les durées d'exposition dans l'école, pour les enfants qui ne prennent pas leur repas à la cantine et qui ne restent pas à l'étude. Elles conduisent donc à réduire la valeur cible.

Pour caractériser l'exposition, un certain nombre de variables humaines d'exposition (paramètres physiologiques, comportementaux et morphologiques) spécifiques à chaque âge doit être renseigné. Les données disponibles dans la littérature ont permis d'étudier les enfants par tranche d'âge. Pour les adultes, les variables humaines d'exposition ne sont pas détaillées par âge. Les valeurs de variables humaines d'exposition sont présentées dans le Tableau 5 pour chacune des populations retenues dans l'étude. Les références bibliographiques et les caractéristiques des données utilisées pour renseigner les variables humaines d'exposition sont données dans l'annexe 3.



### **2.6.3 Concentrations des composés étudiés dans les milieux d'exposition autres que le groupe scolaire**

Les milieux d'exposition autres que le groupe scolaire ont été documentés à partir des données bibliographiques disponibles, en privilégiant systématiquement le niveau géographique le plus proche de la situation locale, sauf pour l'air extérieur. En effet, la concentration dans l'air extérieur pour chaque composé étudié a été mesurée lors de la campagne de mesure conduite dans le cadre de l'évaluation des risques sanitaires menée en mars-avril 2008. Les experts ont choisi de retenir les résultats des mesures les plus élevées parmi le jeu de données disponibles pour l'air extérieur, à savoir celles obtenues sur le pas de temps le plus court<sup>3</sup> pour les isomères du HCH et sur 7 jours pour le pentachlorophénol et les PCDD-PCDF. Les valeurs pour les isomères du HCH sont plus élevées que les résultats issues des campagnes menées les années précédentes (Atmosf'air Bourgogne 2006, Atmosf'air Bourgogne 2007, Afsset, septembre 2007).

Cette hypothèse est conservatrice car elle va amener à des valeurs cibles dans l'école plus sévères que si les résultats de l'ensemble des campagnes avaient été considérés.

Le Tableau 6 renseigne les valeurs des concentrations dans les différents milieux d'exposition autres que l'école pour les composés étudiés.

---

<sup>3</sup> Initialement prévues sur 24h mais suite à une coupure d'électricité les mesures ont été faites sur 14h00

**Tableau 6 : Valeurs des concentrations dans les différents milieux d'exposition autres que l'école**

Paramètres	$\alpha$ -HCH	$\beta$ -HCH	$\gamma$ -HCH	tri-tétra-chlorophénols	pentachlorophénol	aldrine	dieldrine	dioxines et furanes
Concentration dans l'air intérieur des milieux intérieurs autres que l'école (ng.m <sup>-3</sup> )	0,2	-	2,9	-	1,89	0,4	0,4	0,00042
Concentration dans l'air extérieur (ng.m <sup>-3</sup> )	4,6	1,4	4,1	0,24	0,107	1,4	2,1	1,5E-04
Concentration dans les poussières du sol des milieux intérieurs autres que l'école (ng.kg <sup>-1</sup> )	0,0	-	50000	-	200000	0	0	-
Concentration dans les poussières du sol à l'extérieur (ng.kg <sup>-1</sup> )	-	-	1000	-	35000	-	-	1,70E+01
Dose journalière d'exposition par l'alimentation (ng.kg <sup>-1</sup> .j <sup>-1</sup> )	2,7	2,7	2,8	-	14,286	0	10	8,00E-04

- : pas de donnée

L'absence d'information sur les concentrations de certains milieux pour certains composés amène à une sous-estimation des doses calculées pour les milieux autres que l'école.

En l'absence de données sur les quantités de poussières ingérées à l'intérieur des bâtiments, les quantités de sols et de poussières ingérées quotidiennement par les adultes et les enfants sont renseignées pour l'ensemble de la journée sans détailler les quantités ingérées dans chacun des milieux fréquentés. Or, les concentrations en poussières de pesticides étant dépendantes en particulier des milieux d'exposition, il a été nécessaire de renseigner les quantités de poussières ingérées dans chacun de ces milieux. Il a donc été posé l'hypothèse que les quantités de sol et de poussières ingérées sont proportionnelles au temps passé dans chacun des milieux. En réalité, les enfants doivent ingérer plus de sol et de poussières dans les milieux extérieurs que dans les milieux intérieurs, mais il n'est pas possible d'apprécier quantitativement ces données, ni dans la littérature française, ni dans la littérature internationale. L'impact de cette hypothèse sur les résultats n'est donc pas connu. On peut supposer que, de par les activités et les caractéristiques des milieux, pour une même durée de temps, moins de poussière est absorbée dans l'école qu'à l'extérieur. En ce sens, les hypothèses sont majorantes dans le calcul des VC.

Il n'y a que deux composés, le  $\gamma$ -HCH et le pentachlorophénol pour lesquels l'ensemble de ces données a pu être renseigné. Il manque :

- Des concentrations dans les poussières des autres milieux intérieurs pour les dioxines et furanes,
- Des concentrations dans les poussières extérieures pour l' $\alpha$ -HCH.

D'une façon générale, pour les autres composés pour lesquels il manque au moins une concentration dans un milieu autre que l'école, il n'a pas été possible de prendre en compte la contribution de ce milieu et la donnée manquante a été assimilée à une absence de contamination.

Par ailleurs, les données de la littérature relatives aux concentrations dans les milieux d'exposition autres que l'école sont en nombre trop restreint pour permettre de faire une synthèse de la littérature et de faire un choix de données suivant la qualité de l'étude (méthodologie, année, transparence etc.). Pour la plupart des substances, il n'a été recueilli qu'une seule donnée dont les composantes sont peu développées.

## **2.7 Résultats**

Pour chaque composé d'intérêt, les valeurs cibles ont été calculées par catégorie de population. Le Tableau 7 présente les résultats des valeurs cibles dans l'air et dans les poussières pour l'ensemble des composés étudiés. Les valeurs cibles les plus contraignantes sont obtenues pour les enfants les plus jeunes, c'est-à-dire les enfants d'environ 3 ans qui entrent en maternelle, en raison des variables humaines d'exposition retenues. Pour les classes d'âge supérieures, les valeurs cibles sont moins sévères.

**Tableau 7 : Valeurs cibles établies pour l'α-HCH, le β-HCH, le γ-HCH, le pentachlorophénol, les tri et tétrachlorophénols, l'aldrine, la dieldrine et les PCDD-PCDF dans l'air intérieur et les poussières**

Composés	Valeurs cibles	3 ans	4 ans	5 ans	6 ans	7 ans	8 ans	9 ans	10 ans	11 ans	12 ans	enseignant maternelle	enseignant élémentaire	ATSEM	agent d'entretien
<b>α-HCH</b>	Dans l'air (ng.m-3)	44006	50537	57067	61632	59796	68068	75868	82250	84909	95310	129861	127079	101873	176240
	Dans les poussières (mg.kg-1)	3499	4019	4538	5102	7285	8293	9244	10021	11519	12930	19140	18730	15015	25975
<b>β-HCH</b>	Dans l'air (ng.m-3)	3286	3774	57067	61632	59796	68068	75868	82250	84909	95310	129861	127079	101873	176240
	Dans les poussières (mg.kg-1)	261	300	4538	5102	7285	8293	9244	10021	11519	12930	19140	18730	15015	25975
<b>γ-HCH</b>	Dans l'air (ng.m-3)	26	32	38	42	43	50	57	63	66	75	109	106	86	147
	Dans les poussières (mg.kg-1)	3	3	4	4	8	9	10	11	13	15	22	21	17	29
<b>pentachlorophénol</b>	Dans l'air (ng.m-3)	5405	6209	7014	7577	7356	8376	9337	10124	10452	11735	15996	15654	12549	21709
	Dans les poussières (mg.kg-1)	279	321	363	408	500	569	635	688	791	888	1415	1385	1110	1921
<b>tri et tétrachlorophénols</b>	Dans l'air (ng.m-3)	165088	189586	214083	231205	224317	255350	284609	308548	318522	357541	487149	476711	382156	661130
	Dans les poussières (mg.kg-1)	13128	15076	17024	19141	27331	31112	34677	37593	43211	48504	71799	70261	56324	97441
<b>aldrine</b>	Dans l'air (ng.m-3)	2,E+02	2,E+02	2,E+02	2,E+02	2,E+02	3,E+02	3,E+02	3,E+02	3,E+02	4,E+02	5,E+02	5,E+02	4,E+02	7,E+02
	Dans les poussières (mg.kg-1)	1,E+01	1,E+01	2,E+01	2,E+01	3,E+01	3,E+01	3,E+01	4,E+01	4,E+01	5,E+01	7,E+01	7,E+01	6,E+01	1,E+02
<b>dieldrine</b>	Dans l'air (ng.m-3)	218	250	283	306	297	338	377	409	423	475	648	634	508	880
	Dans les poussières (mg.kg-1)	17	20	22	25	36	41	46	50	57	64	96	93	75	130
<b>dioxines et furanes</b>	Dans l'air (ng.m-3)	7,E-03	8,E-03	9,E-03	1,E-02	1,E-02	1,E-02	1,E-02	1,E-02	1,E-02	2,E-02	2,E-02	2,E-02	2,E-02	3,E-02
	Dans les poussières (mg.kg-1)	7,E-04	8,E-04	1,E-03	1,E-03	2,E-03	2,E-03	3,E-03	3,E-03	3,E-03	4,E-03	5,E-03	5,E-03	4,E-03	7,E-03

## 2.8 Propositions de valeurs cibles permettant la réouverture de l'école

La valeur cible, fondée sur des critères sanitaires, est un outil d'aide à la gestion qui :

- doit assurer la protection de la santé des populations fréquentant l'école
- doit être utilisable par les gestionnaires
- doit être vérifiable, ce qui implique la disponibilité de méthodes de mesures fiables

### 2.8.1 Choix des substances

Les experts se sont interrogés sur la pertinence de proposer à la CLOI une valeur cible pour les substances pour lesquelles on ne dispose pas de suffisamment de données dans les milieux autres que l'école. En effet, en l'absence de ces données, l'exposition *via* ces milieux non renseignée est par défaut considérée comme nulle, ce qui est sans doute inexact et conduit à « autoriser » des niveaux d'exposition artificiellement plus élevés au sein de l'école qui devient alors le seul milieu d'exposition considéré. Le  $\beta$ -HCH, les tri et tétrachlorophénols ont ainsi plus d'une donnée manquante. Mais pour ces substances la VTR interne était de plusieurs ordres de grandeur au dessus des niveaux mesurés dans le groupe scolaire lors de la campagne menée en mars-avril 2008. Ceci a donc amené les experts à considérer que ces substances ne constituaient pas une source de préoccupation dans cette école et qu'elles ne méritaient par conséquent pas de faire l'objet de valeur cible.

Même si pour l' $\alpha$ -HCH et le pentachlorophénol la situation est identique à celle des composés cités précédemment, les experts ont quand même décidé de présenter des valeurs cibles étant donné que ces substances avaient été mises en avant lors de l'alerte et de sa gestion.

Pour l'aldrine et la dieldrine, l'ensemble des mesures en 2008 était inférieur à la limite de quantification ( $<0,3 \text{ ng.m}^{-3}$ ), ce qui a donc amené les experts à considérer que ces substances ne constituaient pas une source de préoccupation dans cette école et qu'elles ne méritaient pas, par conséquent, de faire l'objet de valeur cible.

**Des valeurs cibles seront donc proposées pour l' $\alpha$ -HCH, le  $\gamma$ -HCH, le pentachlorophénol et les dioxines et furanes.**

### 2.8.2 Pertinence de proposer des valeurs cibles dans les poussières au regard des méthodes de mesures des concentrations dans les poussières

Il n'existe pas à ce jour de norme française relative aux prélèvements des pesticides dans les poussières des locaux. Aussi deux techniques ont été mises en œuvre dans le cadre des campagnes 2008 dans le groupe scolaire des Bourdenières :

- La première consiste à utiliser un aspirateur haut volume (du type HVS 3 qui possède une norme d'utilisation établie par un organisme américain (ASTM, 2005) sur une surface définie.
- La seconde technique repose sur l'utilisation de lingettes imprégnées de solvant organique (l'isopropanol a été retenu pour les campagnes) pour récolter les poussières sur une surface définie.

L'objectif était d'utiliser ces deux moyens de prélèvement sur des surfaces équivalentes dans les mêmes salles afin de pouvoir comparer les résultats (dispersion et cohérence).

Les résultats obtenus avec les deux méthodes lors de la campagne de mesure réalisée en mars-avril 2008 sont nettement différents. Le prélèvement des poussières par HSV3 donne des résultats très hétérogènes d'un lieu de prélèvement à un autre alors que les résultats des lingettes sont plus homogènes.

Pour estimer l'exposition orale et cutanée, les équations d'évaluation des risques sanitaires utilisent le paramètre de la concentration de polluants dans les poussières en ng/g (équations issues des méthodologies appliquées pour les études de sites et sols pollués (EPA). Or les concentrations obtenues avec la technique des lingettes sont surfaciques (exprimée en  $\text{ng.m}^{-2}$ ). Les experts ont proposé d'utiliser les données HVS3 pour déterminer la quantité de poussières moyenne collectée par l'aspirateur dans les deux écoles (maternelle et élémentaire, dans l'intention de limiter l'impact de la variabilité de cette mesure). Il est donc supposé que la quantité de poussières, recueillie avec les lingettes, est la même que celle recueillie avec l'aspirateur pour une surface identique. Ce paramètre a été appliqué aux données obtenues avec les lingettes pour obtenir des concentrations massiques (exprimées en  $\text{ng.g}^{-1}$ ).

Les concentrations dans les poussières issues de l'aspirateur sont systématiquement inférieures aux concentrations issues des mesures de lingettes en  $\text{ng.g}^{-1}$ . Aucune corrélation n'a pu être définie.

Différents éléments ont été discutés pour expliquer cette disparité. Il peut être déduit des caractéristiques de ces deux techniques que les concentrations recueillies au moyen des lingettes sont plus élevées que les concentrations recueillies avec l'aspirateur. La différence est d'autant plus marquée que les composés sont volatils. S'agissant des lingettes, il est légitime de penser que l'action mécanique du prélèvement (frottement) et l'action du solvant (solubilisation) sont susceptibles de recueillir des quantités de composés d'intérêt plus importantes qu'avec l'aspirateur.

**Au vu de ces résultats les experts ont jugé que la fiabilité et la reproductivité de la mesure des pesticides dans les poussières était insuffisante pour caractériser les concentrations des substances d'intérêt dans les poussières pour une problématique de valeurs cibles. Aucune valeur cible ne sera donc proposée à la CLOI pour les poussières.**

### 2.8.3 Valeurs cibles proposées à la Commission locale d'orientation et d'information (CLOI)

Dans un souci d'aide à la gestion, les experts du CST ont souhaité présenter à la CLOI une seule valeur cible par composé. Cette valeur cible correspondait à une valeur de concentration dans l'air telle que la contribution à la dose journalière acceptable pour l'école (cf. 2.5) via cette voie était équivalente à la contribution apportée par les poussières. Compte tenu de cette règle, un calcul de valeurs cibles a été réalisé pour chaque population et chaque école (cf. 2.6). C'est au final la valeur la plus protectrice calculée, sur l'ensemble des populations définies et pour tout le groupe scolaire qui a été retenue. En effet, il n'est pas envisageable de proposer des concentrations dans l'air différentes pour chacune des populations alors qu'elles fréquentent les mêmes lieux. Cette hypothèse majorante a été étendue à l'ensemble des deux écoles, c'est-à-dire que les valeurs cibles calculées pour chacun des composés sont les mêmes dans les deux écoles, maternelle et élémentaire.

Le Tableau 8 présente la valeur cible établie pour l'air intérieur la plus protectrice pour les substances retenues dans la partie 2.8.1 pour l'ensemble de la population du groupe scolaire.

**Tableau 8 : Valeurs cibles (arrondies) présentées à la CLOI le 30 mai 2008**

Composés	Milieu	Valeur cible	Unité
$\alpha$ -HCH	Air	44000	$\text{ng.m}^{-3}$
$\gamma$ -HCH	Air	26	$\text{ng.m}^{-3}$
PCP	Air	5000	$\text{ng.m}^{-3}$
Dioxines Furanes	- Air	7	$\text{pg.m}^{-3}$ (I-Teq)

## 2.9 Discussion et recommandations

La démarche retenue pour l'élaboration des valeurs cibles impose d'établir des valeurs cibles composé par composé. Il ne peut pas être intégré, dans les valeurs cibles, la prise en compte des interactions entre les composés. Si cette interaction est antagoniste (l'effet de l'exposition cumulée est inférieur à la somme des effets de chaque exposition) on surestime ainsi le risque. Par contre, si cette interaction est synergique, on sous-estime le risque.

Par ailleurs, en raison de l'absence de données, le CST a proposé, par défaut, une proportion équivalente pour la contribution des poussières et de l'air. A titre d'illustration, les données issues de la campagne de mars-avril 2008 ont été utilisées pour examiner la contribution des poussières à la dose interne pour le  $\gamma$ -HCH. Les valeurs varient de moins de 10% à plus de 80% selon la technique utilisée pour estimer les concentrations de poussières. Cet exemple souligne les difficultés d'exploitation des données issues des deux techniques mises en œuvre lors des campagnes 2008 et l'absence de données pour établir les proportions des expositions via l'air et les poussières dans la dose interne.

Pour avoir une bonne estimation des contributions respectives de l'air et des poussières à la dose journalière apportée par l'école il faudrait :

- ◆ d'une part disposer de plusieurs campagnes de mesures représentatives de l'exposition des populations dans l'école tout au long d'une année scolaire. Une seule campagne est insuffisante, qui plus est, juste après la réalisation des travaux...
- ◆ d'autre part disposer de méthodes de mesure fiables, reproductibles et représentatives de la contamination des poussières.
- ◆ enfin disposer de modèles d'estimation de l'exposition aux poussières représentatifs et pertinents eut égard à l'effet critique. Par exemple dans le modèle cutané : la fréquence, la durée, la quantité des contacts entre poussières et peau sont des paramètres importants à considérer. Il en est de même du taux d'absorption de la substance.

Les difficultés rencontrées avec l'exploitation des concentrations dans les poussières en pesticides et en dioxines et furanes amènent le CST à émettre des recommandations fortes pour l'amélioration de la reproductibilité et de la performance des méthodes de prélèvements ainsi que des modèles d'estimation de l'exposition des personnes par voie orale et cutanée.

### 3 Campagnes de mesures après travaux en vue de la vérification du respect des valeurs cibles

Une nouvelle campagne de mesures environnementales dans le groupe scolaire des Bourdenières a été réalisée suite aux travaux de rénovation et de retrait des matériaux incriminés. L'ensemble des éléments en bois de la charpente, non porteurs, ont été retirés et les faux-plafonds ont été changés. Ces travaux ont été réalisés dans le groupe scolaire durant les mois d'avril et mai 2008.

L'objectif de cette campagne était de caractériser les concentrations dans les milieux d'exposition à l'issue des travaux de remédiation, très rapidement après la réalisation des travaux, à la demande de la CLOI. Les prélèvements dans l'air intérieur ont donc été effectués dans un délai très court après la réalisation des travaux de remédiation. Un grand ménage a été effectué avant la réalisation de la campagne de mesures. Le personnel technique de l'école a toutefois constaté d'importants dépôts de poussières qui ont aussi été observés au moment de la réalisation des mesures de validation et ce, malgré le ménage réalisé.

#### 3.1 Protocole

Un rapport spécifique «*Résultats des campagnes de mesure de résidus de pesticides réalisées dans le groupe scolaire des Bourdenières de la commune de Chenôve (21300) en 2008 – Note descriptive*», décrivant plus en détail les étapes de conception, réalisation et les résultats de cette campagne est disponible. Seuls les principaux points sont rappelés dans le cadre de ce rapport.

Lors de la réunion de la CLOI le 28 mars 2008, les usagers du groupe scolaire ont adressé une demande pour que celui-ci soit réouvert avant la fin de l'année scolaire, même pour quelques jours, notamment pour l'organisation de la kermesse.

La DDASS a interrogé le CSTB concernant les délais à respecter entre la fin des travaux et la réalisation de la nouvelle campagne de mesures. Ils ont indiqué que pour les pesticides, 3-4 jours suffiraient pour rééquilibrer l'air.

La campagne de mesures a été réalisée du 20 mai au 26 mai 2008 dans l'école maternelle et du 27 mai au 2 juin 2008 dans l'école élémentaire.

Le protocole de réalisation des campagnes de validation a été finalisé avant la réception de l'ensemble des résultats de la première campagne de mesure réalisée entre mars et avril 2008. Dans ce contexte il a été convenu en CLOI de garder le même protocole de mesures dans les conditions réalistes d'aération et de ménage que celui de la campagne précédente.

**Les composés recherchés** étaient les suivants :  $\alpha$ -HCH,  $\beta$ -HCH,  $\gamma$ -HCH,  $\delta$ -HCH, aldrine, dieldrine, trichlorophénols, tétrachlorophénols, pentachlorophénol, dioxines et furanes.

**Les zones de prélèvements** pour les milieux intérieurs du groupe scolaire des Bourdenières étaient les suivants :

- Dans l'école maternelle, une salle de classe (notée M6), le local ATSEM, une salle de jeux-repos (notée M1) et les sanitaires (notée M2),
- Dans l'école élémentaire, 3 salles de classe au 1<sup>er</sup> étage (notées E5, E7, E9) et 1 salle de classe au rez-de-chaussée (notée E10).

De plus, il a été réalisé des prélèvements d'air extérieur sur le toit de la mairie, à défaut de pouvoir le réaliser dans la cour de l'école.

Les matrices prélevées sont :

- Air intérieur (Prélèvement d'air sur un filtre quartz, une mousse PUF, 20 g de résine, deux mousses PUF en série),
- Poussières au sol (2 techniques : aspirateur HVS3 et lingettes imprégnées d'isopropanol),
- Air extérieur : Même technique que pour les prélèvements d'air intérieur.

Les prélèvements ont donc été faits dans l'air intérieur sur des pas de temps de 24h pendant trois jours consécutifs.

### 3.2 Traitement des données

Les choix du CST pour le traitement des données au vu de l'élaboration des valeurs cibles ont été les mêmes que pour les données utilisées dans l'évaluation des risques sanitaires. Il n'est présenté dans ce rapport que les choix retenus qui sont détaillés dans le rapport d'expertise *Evaluation des risques sanitaires liés aux composés de traitement du bois*.

- prise en compte des résultats de mesures pour les pesticides dont les recouvrements des marqueurs d'extraction sont compris entre 60 et 120 % en conformité avec la norme relative au dosage des pesticides dans l'air ambiant (AFNOR XP X 43-059, 2007).
- application de la valeur de la limite de quantification aux résultats de mesures dont les valeurs sont inférieures à la limite de quantification, en l'absence de donnée sur la valeur de la limite de détection.
- calcul de la médiane des concentrations dans l'air intérieur.
- non prise en compte des résultats de concentrations dans les poussières compte tenu des incertitudes portant sur la fiabilité des 2 techniques de mesures mises en œuvre.

### 3.3 Résultats

Le Tableau 9 présente les concentrations médiane, mais aussi minimale et maximale, à titre d'information, dans l'école maternelle et élémentaire (en distinguant le rez-de-chaussée et le premier étage).

**Tableau 9 : Résultats synthétiques des concentrations en produits de traitement du bois dans l'air après rénovation (ng.m<sup>-3</sup>)**

Composés	Maternelle				Elémentaire (1 <sup>er</sup> étage)				Elémentaire (rez-de-chaussée)			
	min	max	médiane	nombre de valeurs recevables /12	min	max	médiane	nombre de valeurs recevables / 9	min	max	médiane	nombre de valeurs recevables / 3
pentachlorophénol (ng.m <sup>-3</sup> )	1	4	3	11	2	4,9	3,2	8	0,9	3	0,9	3
α-HCH (ng.m <sup>-3</sup> )	26	56	45,7	12	62	84	79,9	6	14	23	18,5	2
γ-HCH (ng.m <sup>-3</sup> )	3	11,9	7,5	12	15,4	21,4	20	6	5	5	5	2
dioxines et furanes (pg TEQ <sub>OMS</sub> .m <sup>-3</sup> incluant LQ)	0,09	0,23	0,09	-	0,05	0,06	0,06	-	0,06			-

- : n'a pas lieu d'être car toutes les valeurs ont été retenues

Le laboratoire prestataire n'a pas précisé parmi les mesures qui étaient inférieures à la limite de quantification (LQ), celles qui étaient également inférieures à la limite de détection (LD). Dans une hypothèse majorante, il a donc été choisi d'appliquer la valeur de la LQ pour toutes les valeurs qui étaient inférieures à la LQ.

Les incertitudes sur les mesures sont rappelées ci-dessous :

- **La reproductibilité des mesures qui a été testée** en réalisant simultanément 4 prélèvements de 24 heures dans une même salle (1 salle en maternelle et 1 salle en élémentaire) lors de la première campagne menée en mars-avril 2008.
  - Chlorophénols : 8 à 30 % selon les composés dans l'école maternelle et 12 à 37 % selon les composés dans l'école élémentaire,
  - Hexachlorocyclohexanes : 3 à 14 % selon les composés dans l'école maternelle et 3 à 17 % selon les composés dans l'école élémentaire.
- **La variabilité de la méthode analytique** qui est définie par le laboratoire prestataire :
  - $\pm 20$  % pour chaque congénère des dioxines et furanes et  $\pm 10$  % pour le total en I-TEQ,
  - $\pm 15$  % pour les pesticides (chlorophénols, hexachlorocyclohexanes, aldrine et dieldrine).
- **Le rendement d'analyse** pour chacune des analyses et chacun des composés **n'est connu que pour l'étape d'extraction**. Ce rendement n'est jamais maximum et les concentrations sont sous-estimées. Dans les normes, l'AFNOR a préconisé que les composés, dont les rendements de prélèvements sont trop faibles ( $< 60$  %), soient écartés. Cette recommandation a été suivie pour la sélection des données utilisées pour l'élaboration des valeurs cibles. Les rendements des dioxines et furanes sont plus faibles que les rendements des pesticides.

Les prélèvements dans l'air intérieur ont été effectués dans un délai très court après la réalisation des travaux de remédiation sur les éléments de la toiture. Un seul ménage a été effectué depuis ces travaux importants de retrait de la source principale de contamination.

Le personnel technique de l'école a constaté d'importants dépôts de poussières qui ont été observés au moment de la réalisation des mesures de validation malgré le ménage réalisé.

Les experts du CST ont discuté de ces constats. Ils étaient conscients du fait qu'ils étaient liés à un délai trop court après la finalisation des travaux. Certains experts ont suggéré de vérifier le degré de contamination des poussières dans quelques mois. Le CST a dans son ensemble jugé cette mesure comme non indispensable et laissé ce choix au jugement de la CLOI.

### 3.4 Comparaison des mesures et des valeurs cibles

Les travaux du CST sur l'élaboration de valeurs cibles ont été présentés à la CLOI lors de la séance du 30 mai 2008 pour qu'elle puisse décider et valider les valeurs cibles permettant de prendre une décision sur la réouverture de l'école.

Seules les concentrations médianes dans l'air de l' $\alpha$ -HCH, du  $\gamma$ -HCH, du pentachlorophénol et des dioxines et furanes, réalisées après les travaux de remédiation, ont été comparées aux valeurs cibles (Tableau 10).

Ces valeurs cibles établies dans l'air pour l' $\alpha$ -HCH, le  $\gamma$ -HCH, le pentachlorophénol et les dioxines et furanes tiennent compte d'une contribution systématique des poussières de l'école à la dose interne équivalente à celle de l'air de l'école (cf. chapitre 2.5 et 2.8).

**Tableau 10 : Comparaison des concentrations médianes dans l'air intérieur des écoles du groupe scolaire des Bourdenières aux valeurs cibles proposées**

Composé	Concentrations mesurées Maternelle	Concentrations mesurées Elémentaire (1er étage)	Concentrations mesurées Elémentaire (rez-de-chaussée)	valeur cible groupe scolaire (arrondie)
pentachlorophénol (ng.m <sup>-3</sup> )	3	3,2	0,9	5000
α-HCH (ng.m <sup>-3</sup> )	45,7	79,9	18,5	44000
γ-HCH (ng.m <sup>-3</sup> )	7,5	20	5	26
dioxines et furanes (pg TEQOMS .m <sup>-3</sup> incluant LQ)	0,09	0,06	0,06	7

Toutes les concentrations mesurées dans l'air intérieur du groupe scolaire des Bourdenières à l'issue des travaux de remédiation sont inférieures aux valeurs cibles ce qui a amené à la réouverture de l'école fin juin 2008.

Quelques points de discussion sont présentés ci-dessous :

- La VTR utilisée pour la construction des valeurs cibles des dioxines et furanes est de 70 pg TEQ OMS .kg<sup>-1</sup>.mois<sup>-1</sup> (OMS, 2001). Elle porte sur la somme de 7 dioxines, 10 furanes et 12 PCB « de type dioxine ». Or ces derniers n'ont pas été mesurés lors de la campagne de mesure menée en mai –juin 2008. Les concentrations mesurées sont donc « incomplètes ». Les concentrations utilisées pour l'air des milieux intérieurs autres que l'école et pour les poussières à l'extérieur et issues de la littérature concernent également uniquement les dioxines et furanes. Au regard de l'équation 1, la valeur cible établie pour l'air intérieur pour les dioxines et furanes est contraignante par rapport aux concentrations mesurées dans l'école. .
- Il est important de garder à l'esprit pour les valeurs proches de la valeur cible qu'il s'agit d'un ordre de grandeur et que des hypothèses majorantes ont été retenues pour les calculs.

## 4 Conclusions

Suite à la fermeture du groupe scolaire des Bourdenières en septembre 2007, la Mairie de Chenôve a décidé de réaliser des travaux de remédiation sur la toiture des deux écoles du groupe scolaire afin de permettre la réouverture de l'école dans les meilleurs délais.

Dans ce contexte, le CST a été sollicité par la CLOI pour élaborer des valeurs cibles. Ces valeurs ont été établies dans l'intention de fournir aux gestionnaires un outil simple. Cet outil doit permettre de vérifier que les concentrations des substances émises par les produits de traitement du bois dans l'air ne dépassaient pas les niveaux permettant de protéger la santé de toutes les catégories de population fréquentant le groupe scolaire à l'égard de ces produits.

L'approche retenue par le CST repose sur la démarche d'évaluation des risques sanitaires. Elle prend en compte les scénarios d'exposition de la population et les concentrations dans les autres milieux d'exposition que le groupe scolaire. Les substances pour lesquelles des valeurs cibles ont été proposées sont des substances actives de produits de traitement du bois retrouvées à des niveaux quantifiables dans le groupe scolaire. Il s'agit du  $\alpha$ -HCH, du lindane, du pentachlorophénol, des dioxines et furanes.

Les effets systémiques exercés par les substances retenues sont considérés comme des effets à seuil de dose, c'est à dire qu'en dessous de ce seuil aucun effet sur la santé ne survient.

Ces effets ne peuvent pas par ailleurs être reliés à une voie particulière d'exposition. La poussière par contact cutané ou par ingestion, comme l'air, contribuent en effet certainement à la dose journalière interne.

Les valeurs de contamination des milieux de l'école considérées comme acceptables sont déterminées après avoir calculé :

- la VTR interne à partir de la VTR pour la voie orale et du facteur d'absorption
- la dose journalière d'exposition interne apportée par la contamination des milieux extérieurs à l'école;
- la dose journalière d'exposition interne liée à l'exposition dans le groupe scolaire considéré comme acceptable car n'entraînant pas un quotient de danger supérieur à 1 quand on la somme à la dose précédente.

Les valeurs cibles sont construites considérant l'exposition aux substances par l'ensemble des voies (inhalation, ingestion, contact cutané). Elles peuvent être exprimées en concentrations dans l'air intérieur et en concentrations dans les poussières. Elles sont dépendantes l'une de l'autre, une valeur plus importante dans les poussières conduisant à une valeur plus stricte dans l'air et inversement.

En l'état des connaissances, la contribution de différentes voies d'exposition n'a pu être déterminée. Il a été décidé de prendre en compte de façon équivalente les contributions via l'air intérieur et via les poussières. Par ailleurs, les valeurs cibles proposées tiennent compte de l'ensemble des expositions autres que l'école pour les substances considérées. Or, les concentrations en produits de traitement du bois dans les milieux intérieurs, comme à l'extérieur sont encore mal renseignées.

Aucune technique de mesure standardisée des pesticides dans les poussières n'étant disponible actuellement, le CST a retenu de ne pas proposer des valeurs cibles dans les poussières.

Dans un souci d'aide à la gestion, les experts du CST ont souhaité présenter à la CLOI une seule valeur cible par composé. Cette valeur cible correspondait à une valeur de concentration dans l'air

telle que la contribution à la dose journalière acceptable pour l'école via cette voie était équivalente à la contribution apportée par les poussières. Compte tenu de cette règle, un calcul de valeurs cibles a été réalisé pour chaque population et chaque groupe scolaire (cf. 2.6). C'est la valeur la plus protectrice calculée sur l'ensemble des populations définies et pour tout le groupe scolaire qui a, au final, été retenue. Ainsi, des valeurs cibles dans l'air intérieur de l'ensemble du groupe scolaire des Bourdenières ont été proposées pour l' $\alpha$ -HCH, le lindane, le pentachlorophénol, les dioxines et furanes. Toutes les concentrations mesurées dans l'air intérieur du groupe scolaire des Bourdenières à l'issue des travaux de remédiation sont inférieures aux valeurs cibles ce qui a amené à la réouverture de l'école fin juin 2008.

Aucune technique de mesure standardisée des pesticides dans les poussières n'étant disponible actuellement, le CST a retenu de ne pas proposer des valeurs cibles dans les poussières.

Ainsi, à l'issue de son expertise, le CST recommande :

- le développement de méthodes, validées et standardisées, de prélèvement et d'analyse, des pesticides dans l'air intérieur et les poussières (sur les sols et le mobilier),
- l'acquisition de données et paramètres d'exposition de la population générale aux pesticides (alimentation, meilleure connaissance de la contamination des milieux, données d'imprégnation, taux d'ingestion de poussières dans les milieux intérieurs, etc.).

## 5 Bibliographie

AFNOR, 2007, Dosage des substances phytosanitaires dans l'air ambiant, XP-X 43-059, 36 p.

Afsset (2007a). Résultats des campagnes de mesures de résidus de pesticides réalisées dans trois écoles de la commune de Chenôve (21300) en août 2007, 28 p. <http://www.afsset.fr>

Afsset (2007b). Résultats des mesures de résidus de pesticides réalisées par la municipalité de Chenôve dans les matériaux de construction de plusieurs bâtiments situés à Chenôve (21300) en septembre 2007, 7 p. <http://www.afsset.fr>

Atmosph'Air Bourgogne, 2006, Campagne de mesures de pesticides en air extérieur et intérieur, 37 p.

ATSDR (2005). Toxicological profile for alpha-, bêta-, gamma-, and delta-hexachlorocyclohexane. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxpro2.html>

ATSDR (2002). Toxicological Profile for Aldrin/Dieldrin <http://www.atsdr.cdc.gov/toxpro2.html>

ATSDR (2001) Toxicological Profile for Pentachlorophenol <http://www.atsdr.cdc.gov/toxpro2.html>

ATSM 2005

FCBA- CSTB (2007). Expertise de deux bâtiments du groupe scolaire les Bourdenières, commune de Chenôve, afin de diminuer les concentrations de pesticides dans l'air intérieur, 32 p. [bourgogne.sante.gouv.fr/drass-ddass/ddass-cote-d-or/index.html](http://bourgogne.sante.gouv.fr/drass-ddass/ddass-cote-d-or/index.html)

INERIS (2003). Evaluation des risques sanitaires dans les études d'impact des installations classées, 152 p.

InVS-Afsset (2009) Groupe scolaire des Bourdenières de la commune de Chenôve (21 300) : Evaluation des risques sanitaires liés aux composés de traitement du bois " Rapport d'expertise du Comité scientifique et technique. En ligne : <http://www.afsset.fr>, <http://www.invs.sante.fr>

OMS 2001

US EPA (1988) Aldrin Oral RfD - Integrated Risk Information System. U.S. Environmental Protection Agency. En ligne : <http://www.epa.gov/NCEA/iris/subst/0130.htm>

US EPA (1990) Dieldrin Oral RfD - Integrated Risk Information System. U.S. Environmental Protection Agency . En ligne : <http://www.epa.gov/NCEA/iris/subst/0225.htm>

US EPA (1992). 2,3,4,6-Tetrachlorophenol - Oral RfD - Integrated Risk Information System. U.S. Environmental Protection Agency <http://www.epa.gov/NCEA/iris/subst/0108.htm>

US EPA (1997). Exposure Factors Handbooks, <http://www.epa.gov/ncea/efh/pdfs/efh-chapter05.pdf>

US EPA (2004) Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment, Part E of Risk Assessment Guidance for Superfund, Human Health Evaluation Manual (Volume I) [http://rais.ornl.gov/homepage/RAGS\\_E\\_EPA540R99005.pdf](http://rais.ornl.gov/homepage/RAGS_E_EPA540R99005.pdf).

---

## **ANNEXES**

---

## Annexe 1 : Chronologie des événements

---

- **Juin 2007** : Publication des résultats de la *Campagne de mesures de pesticides en air extérieur et intérieur*, réalisée de mi-avril à mi-août 2006 par Atmosf'Air Bourgogne. Cette étude faisait suite à des mesures de pesticides réalisées pendant une année (février 2005 à février 2006) sur la commune de Chenôve en air extérieur. Elle visait à estimer les niveaux d'exposition des populations résidant à proximité de terrains agricoles traités, en cherchant à mettre en évidence une relation entre la pollution extérieure et celle présente à l'intérieur et à définir si d'autres sources d'exposition existaient dans les habitats et si leur présence nécessitait de les intégrer dans les études épidémiologiques.
- **Juillet 2007** : Intégration dans la base de données de l'Observatoire des Résidus de Pesticides (ORP) des résultats de la *Campagne de mesures de pesticides en air extérieur et intérieur* réalisée par Atmosf'Air Bourgogne. L'Afsset, coordonnateur de l'ORP, met en exergue les résultats d'une salle de classe de l'école élémentaire du groupe scolaire des Bourdenières qui présente des concentrations en lindane (gamma-hexachlorocyclohexane) parmi les trois plus élevées des 12 milieux intérieurs investigués. De plus, c'est le seul milieu intérieur où est relevée la présence de 3 autres isomères de l'hexachlorocyclohexane (HCH). Ainsi, compte tenu de ces éléments, et considérant par ailleurs la toxicité de ces pesticides et le fait que la population exposée est essentiellement constituée d'enfants avec des temps d'exposition pouvant être qualifiés de chroniques, l'Afsset prépare des investigations complémentaires.
- **16 au 22 août 2007** : L'Afsset fait réaliser une campagne de mesures dans l'air, les poussières et les matériaux de l'école élémentaire des Bourdenières et de deux autres écoles de Chenôve (Afsset, 2007) dans l'intention de vérifier les valeurs des mesures de la campagne d'Atmosf'Air Bourgogne de 2006 et de rechercher les causes des niveaux de concentrations observés. Cette campagne montre une imprégnation en isomères de l'HCH et la présence d'aldrine et de dieldrine dans l'ensemble des milieux investigués dans le groupe scolaire des Bourdenières. Les concentrations sont supérieures à celles des deux autres écoles de la même commune investiguées parallèlement. Des éléments de la charpente sont incriminés comme source d'émission de pesticides.
- **6 septembre 2007** : L'Afsset envoie une **note d'alerte sanitaire** à ses ministres de tutelles recommandant la fermeture du premier étage de l'école élémentaire et, par analogie de construction, de l'école maternelle du groupe scolaire des Bourdenières. Cette alerte est établie sur la base des niveaux de concentrations en gamma-HCH plus élevés dans cette école que dans deux autres écoles de Chenôve (i), sur les niveaux de contamination de l'air, mais aussi des poussières et du mobilier des classes (ii) et une suspicion sur la charpente comme source d'émission (iii). Cette alerte tient compte également de la toxicité des pesticides retrouvés et de la vulnérabilité d'une partie des populations exposées (enfants).
- **10 septembre 2007** : L'InVS est informé de la situation par la Direction Générale de la Santé.

### *Chronologie de gestion de l'alerte sanitaire*

- **12 septembre 2007** : Réunion de sécurité sanitaire à la Direction Générale de la Santé (DGS).
- **14 septembre 2007** : Réunion en Préfecture de Côte d'Or où l'Afsset présente la situation au préfet et au maire de Chenôve en présence de l'InVS. A la demande du ministère, le préfet et le maire décident de la fermeture de l'école.

- **17 septembre 2007** au soir : **Fermeture du groupe scolaire des Bourdenières** par décision préfectorale et réunions avec les enseignants et le personnel municipal puis avec les parents d'élèves pour leur présenter les raisons de la fermeture de l'école et les mesures prises pour la gestion de cette fermeture.
- **18 et 20 septembre 2007** : Journées déclarées « sans classe » pour permettre le déménagement des classes dans d'autres structures. L'école maternelle est accueillie à l'école élémentaire Léon Gambetta. L'école élémentaire est séparée en deux : les deux classes du cours préparatoire sont accueillies à l'école élémentaire Paul Bert et les autres classes (cours élémentaires, cours moyens et classe d'intégration scolaire (Clis)) sont accueillies au centre d'accueil du plateau. Pendant ces deux jours, la mairie de Chenôve réalise les aménagements nécessaires sur les structures d'accueil de substitution et organise les transferts en bus, la restauration scolaire et le travail des agents des affaires scolaires concernés. Ces deux jours permettent aux enseignants de prendre possession de leurs nouvelles classes, de rassembler le matériel pédagogique nécessaire et de préparer l'arrivée des élèves dans les nouveaux locaux. Les enfants inscrits au centre d'accueil du matin et/ou du soir et les enfants dont les parents travaillent dans des conditions ne leur permettant pas de garder leur enfant toute la journée, sont accueillis par la mairie pendant ces deux jours vachés. Par la suite, des pré fabriqués ont été installés sur le site du groupe scolaire des Bourdenières pour accueillir l'ensemble des élèves.
- **21 septembre 2007** : Reprise de l'accueil des enfants dans les structures de substitution du groupe scolaire des Bourdenières.
- **24 au 28 septembre 2007** : A la demande de la mairie, réalisation d'une campagne de mesures de pesticides dans les matériaux de construction (Afsset, octobre 2007) permettant de préciser la nature des composés et les matériaux de construction susceptibles d'être la cause des concentrations observées dans l'air.
- **22 octobre 2007** : Réunion téléphonique préparatoire à la mise en place d'un comité scientifique et technique (CST) dédié aux problématiques de santé publique liées à l'exposition aux pesticides dans le groupe scolaire des Bourdenières à Chenôve, avec des experts susceptibles de le constituer. L'InVS assure la présidence du CST. L'AFSSET assure son secrétariat scientifique.
- **26 octobre 2007** : Réunion d'information présidée par le directeur de cabinet du préfet et le représentant du maire en présence des représentants des parents d'élèves, des enseignants et du personnel des deux écoles, des experts nationaux et locaux, des services de l'Etat et de la mairie, préparatoire à la mise en place du CST et de la CLOI (commission locale d'orientation et d'information). Le CST est créé à la demande de la DGS. Les missions du CST et du CLOI sont formalisées.
- **8 novembre 2007** : **1<sup>ère</sup> réunion du CST** comprenant un tour de table des attentes de chacun des membres et un historique de la situation. Les règles de fonctionnement et les objectifs du CST sont définis en lien avec les problématiques soulevées, liées à l'exposition des personnes aux pesticides dans le groupe scolaire des Bourdenières.
- **12 novembre 2007** : A la demande de la DDASS de Côte d'Or, le CSTB et le FCBA expertisent les bâtiments du groupe scolaire des Bourdenières pour confirmer la nature des matériaux mis en cause dans les concentrations de pesticides relevées dans l'air et pour préconiser des travaux de rénovation de l'école.
- **27 novembre 2007** : **2<sup>ème</sup> réunion du CST** comprenant la visite du groupe scolaire des Bourdenières, l'analyse des résultats des campagnes de 2006 et 2007 et une discussion sur le projet de protocole d'évaluation des risques sanitaires. Audition du représentant technique de la mairie.

- **10 décembre 2007** : 3<sup>ème</sup> réunion du CST comprenant l'audition de la responsable de la campagne de mesures réalisée en 2006 par Atmosf'Air Bourgogne, la présentation de l'expertise du CSTB-FCBA réalisée au mois de novembre, le rapport des réponses du laboratoire prestataire aux questions soulevées par le CST le 27/11/2007 et une discussion sur le cahier des charges de la campagne de mesures envisagée dans le groupe scolaire des Bourdenières pour déterminer l'exposition des usagers.
- **19 décembre 2007** : 1<sup>ère</sup> réunion de la CLOI au cours de laquelle sont présentés l'état d'avancement des travaux du CST, les résultats de l'étude du CSTB-FCBA et le planning prévisionnel des campagnes de mesures et des travaux de rénovation du toit de l'école.
- **8 janvier 2008** : 4<sup>ème</sup> réunion du CST portant sur le cahier des clauses techniques et particulières de la campagne de mesures environnementales dans le groupe scolaire des Bourdenières.
- **15 janvier 2008** : Soumission du cahier des clauses techniques particulières.
- **21 janvier 2008** : 5<sup>ème</sup> réunion du CST comprenant le choix de la méthode d'élaboration de valeurs pour la mise en œuvre de critères permettant de décider de la réouverture de l'école. Deux méthodes ont été soumises au choix des experts et discutées, les « valeurs cibles » dont les travaux d'expertise collective menés en 2006-2007 et relatifs aux parcs de stationnement couverts sont un exemple et les « valeurs guides de qualité de l'air intérieur » telles qu'élaborées par un groupe de travail de l'Afsset. La méthode d'élaboration de « valeurs cibles » est retenue. Deux groupes de travail sont mis en place au sein du CST pour alimenter les données nécessaires à l'établissement des valeurs cibles, l'un est destiné à préparer les scénarios d'exposition (sous-groupe « exposition ») et l'autre est destiné à réaliser l'analyse toxicologique (sous-groupe « toxicologie »). Il est introduit la notion de valeur toxicologique de référence et les premières données toxicologiques pour quelques substances d'intérêt sont présentées.
- **25 janvier 2008** : 2<sup>ème</sup> réunion de la CLOI au cours de laquelle est présenté l'état d'avancement des travaux du CST et le rapport d'expertise du CSTB-FCBA. La mairie présente le principe des travaux de rénovation du groupe scolaire des Bourdenières en vue de l'élimination des matériaux contaminés et le calendrier prévisionnel de réalisation de ces travaux. La CLOI demande que l'Etat prenne en charge une campagne de mesures après ces travaux de façon à vérifier les niveaux de concentrations atteints dans le groupe scolaire après ceux-ci.
- **26 janvier - 8 février** : Suspension de la procédure d'appel d'offre pour vice de forme et relance d'un marché négocié en urgence.
- **18 février au 8 avril 2008** : **Campagne de mesures** dans l'air et les poussières à l'intérieur de l'école et dans l'air à l'extérieur de l'école, avant les travaux de rénovation de l'école, en vue de l'étude des risques pour les usagers avant la fermeture de l'école.
- **22 février 2008** : 3<sup>ème</sup> réunion de la CLOI comprenant un compte-rendu de l'état d'avancement des travaux du CST, un ajustement du planning de travaux de rénovation de l'école et du planning des travaux du CST.
- **6 mars 2008** : 6<sup>ème</sup> réunion du CST, limitée au sous-groupe « toxicologie » comprenant la présentation des données toxicologiques disponibles pour le pentachlorophénol et les isomères de l'hexachlorocyclohexane. Les experts demandent des documents complémentaires.
- **25 mars 2008** : 7<sup>ème</sup> réunion du CST au cours de laquelle le sous-groupe « exposition » recueille auprès des représentants des enseignants et des experts les données nécessaires à la construction des scénarios d'exposition. Le sous-groupe « toxicologie » retient une VTR pour le pentachlorophénol. Le CST fait un point sur l'état d'avancement de la campagne de mesures en cours.

- **28 mars 2008** : 4<sup>ème</sup> réunion de la CLOI comprenant un compte-rendu de l'état d'avancement des travaux du CST, un ajustement du planning des mesures à réaliser après les travaux et du planning des travaux du CST.
- **14 avril 2008** : 8<sup>ème</sup> réunion du CST limitée au sous-groupe « toxicologie » au cours de laquelle une VTR est retenue pour le  $\gamma$ -hexachlorocyclohexane, l' $\alpha$ -hexachlorocyclohexane, le  $\beta$ -hexachlorocyclohexane, l'aldrine et la dieldrine.
- **29 avril 2008** : 9<sup>ème</sup> réunion du CST au cours de laquelle les premiers résultats de la campagne de mesures (avant travaux de rénovation) sont présentés. Des recommandations sont établies pour la campagne de mesures à réaliser après les travaux de rénovation. Il est discuté des moyens de pallier le manque de connaissance de la contribution de chacune des voies d'exposition pour l'établissement des valeurs cibles.
- **30 avril 2008** : 5<sup>ème</sup> réunion de la CLOI comprenant un état de l'avancement des travaux de rénovation de l'école, des travaux du CST, une présentation du calendrier prévisionnel de la campagne de mesures à réaliser après les travaux de rénovation et une présentation des résultats de la campagne de mesures réalisée avant les travaux de rénovation.
- **20 mai au 5 juin 2008** : **Campagne de mesures** dans l'air et les poussières à l'intérieur de l'école et dans l'air à l'extérieur de l'école, après les travaux de rénovation de l'école, en vue de la comparaison de ces mesures avec les valeurs cibles.
- **26 mai 2008** : 10<sup>ème</sup> réunion du CST consistant en une discussion sur le traitement des résultats des campagnes de mesures avant et après travaux de rénovation, à partir des résultats de la campagne de mesures réalisée avant les travaux (seuls disponibles à cette date).
- **27 mai 2008** : 11<sup>ème</sup> réunion du CST comprenant une discussion sur les données d'entrée nécessaires à l'établissement des valeurs cibles. Etablissement des valeurs cibles.
- **30 mai 2008** : 6<sup>ème</sup> réunion de la CLOI au cours de laquelle sont principalement présentés les valeurs cibles, l'état d'avancement de la campagne de mesures après les travaux de rénovation et les résultats définitifs de la campagne de mesures avant les travaux de rénovation.
- **24 juin 2008** : 12<sup>ème</sup> réunion du CST comprenant la présentation des résultats de mesures après les travaux de rénovation, le traitement de ces données et la comparaison avec les valeurs cibles établies. **Le CST préconise la réouverture du groupe scolaire des Bourdenières**. Une discussion est engagée sur l'appréhension des concentrations dans l'école depuis son ouverture (1968) dans l'objectif de l'évaluation des risques sanitaires avant la fermeture de l'école.
- **26 juin 2008** : 7<sup>ème</sup> réunion de la CLOI comprenant la validation de la réouverture du groupe scolaire des Bourdenières.
- **27 juin 2008** : Réunion publique des représentants de l'Etat et de la commune pour annoncer la réouverture du groupe scolaire des Bourdenières. Journée vaquée pour les enfants afin de permettre le réaménagement des classes.
- **30 juin 2008** : **Réouverture du groupe scolaire des Bourdenières**.
- **5 septembre 2008** : 13<sup>ème</sup> réunion du CST pour présentation des **résultats de l'évaluation des risques sanitaires avant la fermeture du groupe scolaire** et discussion du rapport sur l'évaluation des risques sanitaires à l'exposition aux produits de traitement du bois dans le groupe scolaire des Bourdenières à Chenôve.
- **15 septembre 2008** : Réunion préparatoire de la CLOI du 22/09/08

- **20 septembre 2008** : Réunion des représentants de l'Etat avec les professionnels de santé pour les informer des résultats des investigations menées suite à l'alerte sanitaire lancée le 6 septembre 2007.
- **22 septembre 2008** : 8<sup>ème</sup> réunion de la CLOI où sont présentés les résultats de l'évaluation des risques sanitaires pour la période précédant la fermeture du groupe scolaire des Bourdenières et la rénovation du toit.
- **25 novembre 2008** : 14<sup>ème</sup> réunion du CST pour validation du rapport sur l'évaluation des risques sanitaires à l'exposition aux produits de traitement du bois dans le groupe scolaire des Bourdenières à Chenôve.
- **10 février 2009** : 15<sup>ème</sup> réunion du CST pour validation du rapport sur les campagnes de mesures 2008.
- **10 Mars 2009** 16<sup>ième</sup> et dernière réunion du CST pour présentation et validation du rapport sur l'élaboration des valeurs cibles et la vérification de leur respect pour la réintégration des locaux. Discussion du retour d'expérience.

## Annexe 2 : Source de données et caractéristiques des concentrations dans les différents milieux d'exposition autres que l'école

Paramètres	Références bibliographiques de la source de données	Caractéristique des données
Concentration dans l'air intérieur des milieux intérieurs autres que l'école (ng.m <sup>-3</sup> )	Bouvier G., 2005, Contribution à l'évaluation de l'exposition de la population francilienne aux pesticides, Thèse de Doctorat, 295 p.	Médiane (n=130) pour $\alpha$ -HCH et $\gamma$ -HCH Limite de quantification pour aldrine et dieldrine
	Desmettres P. (Comité départemental d'habitat et d'aménagement rural Pas-de-Calais (CDHR62)), 2006, Phase 1 du programme Habit'air Nord-Pas-de-Calais, 78 p.	Médiane (n=4) pour PCP sur la phase gazeuse uniquement (phase particulière inférieure à la limite de détection)
	Von Manikowsky S. <i>et al.</i> , 1998, PCDD/PCDF Indoor exposure in day-care centers and PCDD/PCDF blood concentrations of female employees, Environmental Health Perspectives Supplements, 106 (S2), 707-714, <a href="http://www.ehponline.org/members/1998/Suppl-2/707-714manikowsky/manikowsky.html">http://www.ehponline.org/members/1998/Suppl-2/707-714manikowsky/manikowsky.html</a>	Médiane (n=11) pour dioxines et furanes. Dans 10 hôpitaux de jour dans la région d'Hambourg (Allemagne)
Concentration dans l'air extérieur (ng.m <sup>-3</sup> )	Atmosf'Air Bourgogne, 2006 Afsset, septembre 2007 Afsset, Campagnes de mesures 2008 avant et après travaux	Médiane (n=4 à 8 selon les composés)
Concentration dans les poussières des milieux intérieurs autres que l'école (ng.kg <sup>-1</sup> )	Müssig-Zufika M. <i>et al.</i> (Umweltbundesamt (UBA)), 2008, Kinder-Umwelt-Survey 2003/06 - KUS - Hausstaub Stoffgehalte im Hausstaub aus Haushalten mit Kindern in Deutschland, 59 p. <a href="http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3356.pdf">http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3356.pdf</a>	PCP et $\gamma$ -HCH : médiane (n=741) valeur de LQ pour le $\gamma$ -HCH
	Blanchard O. (Ineris), 2001, Mise au point des techniques de prélèvement et d'analyse des biocides dans l'environnement intérieur, 20 p.	$\alpha$ -HCH, aldrine et dieldrine : médiane (n=9) dans la salle à manger ou le salon, région du Nord. Médiane < LD
Concentration dans les poussières du sol à l'extérieur (ng.kg <sup>-1</sup> )	PCP, $\gamma$ -HCH : IPCS Inchem, monographies EHC des composés	- PCP : Suisse (1983), 0-10 cm, sol témoin - $\gamma$ -HCH : concentration maximale dans les sols (1972)
	Dioxines : INSERM, 2000, Dioxines dans l'environnement quels risques pour la santé, expertise collective 2000, 406 p. <a href="http://ist.inserm.fr/basisrapports/dioxine.html">http://ist.inserm.fr/basisrapports/dioxine.html</a>	dioxines : France, zone urbaine (1999)
Dose journalière d'exposition par l'alimentation (ng.kg <sup>-1</sup> .j <sup>-1</sup> )	PCP, $\gamma$ -HCH, aldrine et dieldrine : IPCS Inchem, monographies EHC des composés	- PCP : Allemagne (1982), intérieur sans traitement PCP, unité « personnes » converties en « g/P » avec P=70kg - $\gamma$ -HCH : USA (1980), 30 paniers de marchés, 30 villes - aldrine : 0 - dieldrine : GB (1981)
	$\alpha$ -HCH, $\beta$ -HCH : HSDB	$\alpha$ -HCH : USA (1995) pour les enfants de 2 ans (car valeur la plus élevée)
	dioxines : AFSSA (2005)	dioxines : France pour les enfants et uniquement pour les PCDD/F (car valeur plus élevée que pour les adultes)

### Annexe 3 : Source de données et caractéristiques des différentes variables humaines d'exposition

Paramètre	Références bibliographiques de la source de données	Caractéristique des données
Poids (kg)	Enquête décennale santé 2002-2003 de l'Insee Tanguy <i>et al.</i> (2007)	Données disponibles par classes d'âge pour les enfants
Volume respiratoire (m <sup>3</sup> .j <sup>-1</sup> )	Pour les adultes : EPA. 1997. Exposure Factors Handbooks.  Pour les enfants : EPA, 2006 Child-specific exposure factors handbook (external review draft)	Une moyenne des volumes respiratoires des 2 sexes pour chaque tranche d'âge a été utilisée.  Ces données tiennent compte de l'ensemble des activités de la journée, sommeil, activités sédentaires et exercice physique
Quantités de sol et de poussières ingérées (mg.j <sup>-1</sup> )	Pour les adultes et les enfants de plus de 6 ans : EPA, 1997 <sup>1</sup> Exposure Factors Handbooks  Pour les enfants de moins de 6 ans : EPA, 2006 Child-specific exposure factors handbook (external review draft),	Il s'agit des quantités de sols et de poussières ingérées quotidiennement.  En l'absence d'information sur les quantités de sol et de poussières ingérées par les populations étudiées dans les différents milieux fréquentés, il a été posé l'hypothèse que les quantités de sol et de poussières ingérées sont proportionnelles au temps passé dans chacun des milieux
Surface de peau en contact (cm <sup>2</sup> )	EPA, 2004, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment, Part E of Risk Assessment Guidance for Superfund, Human Health Evaluation Manual (Volume I)	C'est la somme des surfaces corporelles susceptibles d'être en contact avec les milieux d'exposition. On dispose de la moyenne des surfaces de peau médianes pour des hommes et des femmes.  Pour les adultes, la valeur fournie correspond à un adulte de plus de 18 ans portant une chemise à manches courtes, un short et des chaussures. La surface de la peau exposée est ainsi limitée à la tête, aux mains, aux avant-bras et aux bas des jambes.  Pour les enfants, la valeur fournie par l'EPA correspond à un enfant de 1 à 6 ans portant une chemise à manches courtes et un short (pas de chaussures). La peau exposée est limitée à la tête, aux mains, aux avant-bras, à la partie inférieure des jambes et aux pieds.
Facteur d'adhérence sol-peau (mg.cm <sup>2</sup> .évènement <sup>-1</sup> )	EPA, 2004, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment, Part E of Risk Assessment Guidance for Superfund, Human Health Evaluation Manual (Volume I)	C'est la quantité de poussières adhérant à la peau par unité de surface de peau. Pour les adultes, la valeur proposée correspond à la médiane pour un jardinier (représentant une activité importante).  Pour les enfants (1 à 6 ans), la valeur proposée correspond au 95 <sup>ème</sup> percentile pour des enfants jouant dans une garderie ou encore à la médiane pour des enfants jouant sur un sol humide (c'est la même valeur dans les deux cas).
fréquence de l'évènement (évènement.j <sup>-1</sup> )	EPA, 2004, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment, Part E of Risk Assessment Guidance for Superfund, Human Health Evaluation Manual (Volume I)	C'est la fréquence à laquelle le contact peau-milieu d'exposition est établi. En l'absence d'information sur ce paramètre, il est recommandé d'attribuer par défaut la valeur de 1, ce qui signifie que la peau est en permanence en contact avec le milieu d'exposition.

## Notes

---

---