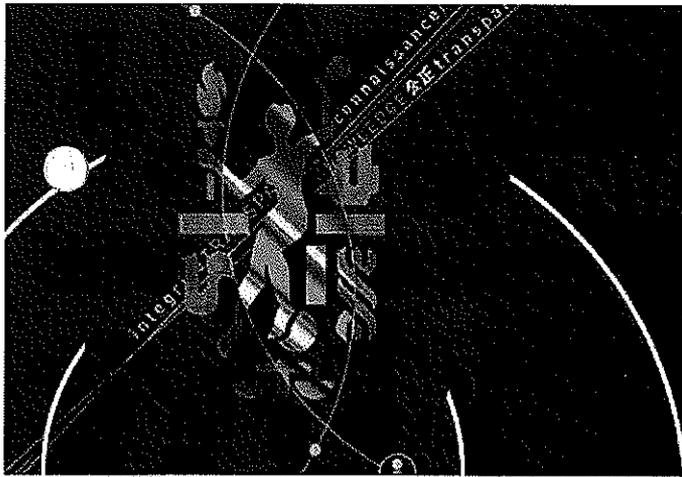


**ANNEXE 6 :
EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES DES
EMISSIONS ATMOSPHERIQUES**



BUREAU VERITAS

27 Allée du Chargement
BP 336
59666 VILLENEUVE D'ASCQ
Tél : 03.20.19.25.00
Fax : 03.20.19.25.39

SOCIETE ORCHESIENNE DE CREMATION

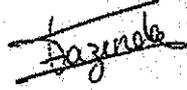
30, rue Jules Ferry
59 358 ORCHIES



**BUREAU
VERITAS**

CODE GENERAL DES COLLECTIVITES TERRITORIALES

EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES DES EMISSIONS ATMOSPHERIQUES LIEES A LA CREATION D'UN CREMATORIUM A ORCHIES

INDICE	0	1	2
DATE	Le 19 avril 2012	Le 24 avril 2012	
REDACTEUR		 Cora BOYENVAL	
VERIFICATEUR		 Nathalie FAZENDA	

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION.....	4
1.1. OBJET.....	4
1.2. CADRE ET CONTENU DE L'ETUDE.....	5
1.3. BASES DE DONNEES	8
2. ENVIRONNEMENT DU SITE- SENSIBILITE DU MILIEU	9
2.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE	9
2.2. DESCRIPTION DE LA POPULATION EXPOSEE	10
2.3. ETAT DE L'ENVIRONNEMENT : BRUIT DE FOND DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE	14
3. ETAPE 1 : IDENTIFICATION DU POTENTIEL DANGEREUX POUR L'HOMME.....	16
3.1. RECENSEMENT / TYPOLOGIE DES SUBSTANCES	16
3.2. CARACTERISTIQUES DES SUBSTANCES SUSCEPTIBLES D'ETRE REJETEES	20
3.3. CLASSIFICATION ET PHRASES DE RISQUES DES SUBSTANCES SUSCEPTIBLES D'ETRE REJETEES.	32
4. ETAPE 2 : ETABLISSEMENT DES RELATIONS DOSE-REPONSE (DOSE EFFET).....	35
4.1. RECENSEMENT DES VALEURS TOXICOLOGIQUES DE REFERENCES (VTR)	35
4.2. SELECTION DES POLLUANTS TRACEURS	38
5. ETAPE 3 : EVALUATION DE L'EXPOSITION HUMAINE.....	40
5.1. ELABORATION DES SCENARIIS D'EXPOSITION	40
5.2. METHODE DE DETERMINATION DES DOSES JOURNALIERES D'EXPOSITION – MODELISATION DE LA DISPERSION ATMOSPHERIQUE	41
5.2.1. <i>Présentation du logiciel ARIA Impact</i>	41
5.2.2. <i>Données retenues pour la modélisation</i>	42
5.2.3. <i>Résultats des modélisations</i>	46
6. ETAPE 4 : CARACTERISATION DES RISQUES.....	52
6.1. RISQUES PAR INHALATION.....	52
6.1.1. <i>Effets avec seuil par inhalation</i>	52
6.1.2. <i>Effets sans seuil par inhalation</i>	53

6.2. RISQUES PAR INGESTION	55
6.2.1. Contamination des sols, des végétaux et des produits d'origine animale	56
6.2.2. Détermination des Doses Journalières d'Exposition	67
6.2.3. Effets à seuil par ingestion	72
6.2.4. Effets sans seuil par ingestion	73
6.3. RISQUE GLOBAL : INHALATION ET INGESTION	74
6.3.1. Effets à seuil	74
6.3.2. Effets sans seuil	75
7. INCERTITUDES.....	76
8. CONCLUSION	81

1. INTRODUCTION

1.1. OBJET

Ce projet est concerné par le Code Général des Collectivités Territoriales et le Code de l'Environnement. L'article L.2223-40 du Code Général des collectivités précise que toute création ou extension de crématorium ne peut avoir lieu sans l'autorisation du représentant de l'Etat dans le département, accordée après une enquête publique conduite selon les modalités prévues aux articles L.123-1 à L.123-16 du Code de l'Environnement et un avis de la commission départementale compétente en matière d'environnement, de risques sanitaires et technologiques.

Ce projet nécessite notamment la réalisation d'une Evaluation des Risques Sanitaires (ERS).

La Société Orchésienne de Crémation a confié au BUREAU VERITAS la réalisation de cette étude.

Ce dossier a été réalisé par :

- **Cora BOYENVAL, Responsable d'Opérations - Service HSE,**
BUREAU VERITAS- 27 allée du Chargement - 59650 VILLENEUVE D'ASCQ
☎ : 03.20.19.25.00 / 📠 : 03.20.19.25.39
cora.boyenval@fr.bureauveritas.com

en collaboration avec :

- **William PLAISANT, gérant**
SOCIETE ORCHESIENNE DE CREMATION
30 rue Jules Ferry – 59358 ORCHIES
☎ : 03.20.05.10.51 / 📠 : 03.20.05.69.00
william.plaisant@wanadoo.fr
- **Tolek MATKOWSKI, Technico- commercial**
ATI Environnement
2 rue Gustave Eiffel – 45500 GIEN
☎ : 02.38.29.29.02
tmatkowski@ati-environnement.com

1.2. CADRE ET CONTENU DE L'ETUDE

Cette Etude des Risques Sanitaires (ERS) porte sur les risques liés aux différentes substances chimiques pouvant être émises à l'atmosphère par le projet de crématorium.

Cette évaluation des Risques Sanitaires est réalisée selon la méthodologie du guide de l'INERIS intitulé « Evaluation des risques sanitaires dans les études d'impact des ICPE- substances chimiques- 2003 » ; elle comporte 4 étapes :

1. **Identification du potentiel dangereux ou identification des dangers** qui consiste à identifier les effets indésirables que les substances sont intrinsèquement capables de provoquer chez l'homme,
2. **Evaluation de la relation dose – réponse** : l'estimation de la relation entre la dose, ou le niveau d'exposition aux substances, et l'incidence et la gravité de ces effets,
3. **Evaluation de l'exposition** consiste à déterminer les voies de passage du polluant de la source vers la cible, ainsi qu'à estimer la fréquence, la durée et l'importance de l'exposition,
4. **La caractérisation du risque** correspond à la synthèse des informations issues de l'évaluation de l'exposition et de l'évaluation de la toxicité sous la forme d'une expression qualitative et si possible quantitative du risque.

Ces 4 étapes sont précédées d'une description de l'environnement et de la sensibilité du milieu.

Le volet sanitaire s'appuie sur les connaissances scientifiques et les données propres au site. La démarche d'évaluation s'accommode du déficit de connaissance et de l'existence d'inévitables incertitudes scientifiques. Dans cette démarche, l'évaluateur est amené à faire des hypothèses pour mener à bien son analyse.

Quatre grands principes sont à respecter :

- le principe de **prudence scientifique** : il consiste à adopter des hypothèses raisonnablement majorantes en cas d'absence de données reconnues ;
- le principe de **proportionnalité** : il veille à ce qu'il y ait cohérence entre le degré d'approfondissement de l'étude et l'importance des incidences prévisibles ;
- le principe de **spécificité** : il assure la pertinence de l'étude par rapport à l'usage et aux caractéristiques du site et de son environnement ;

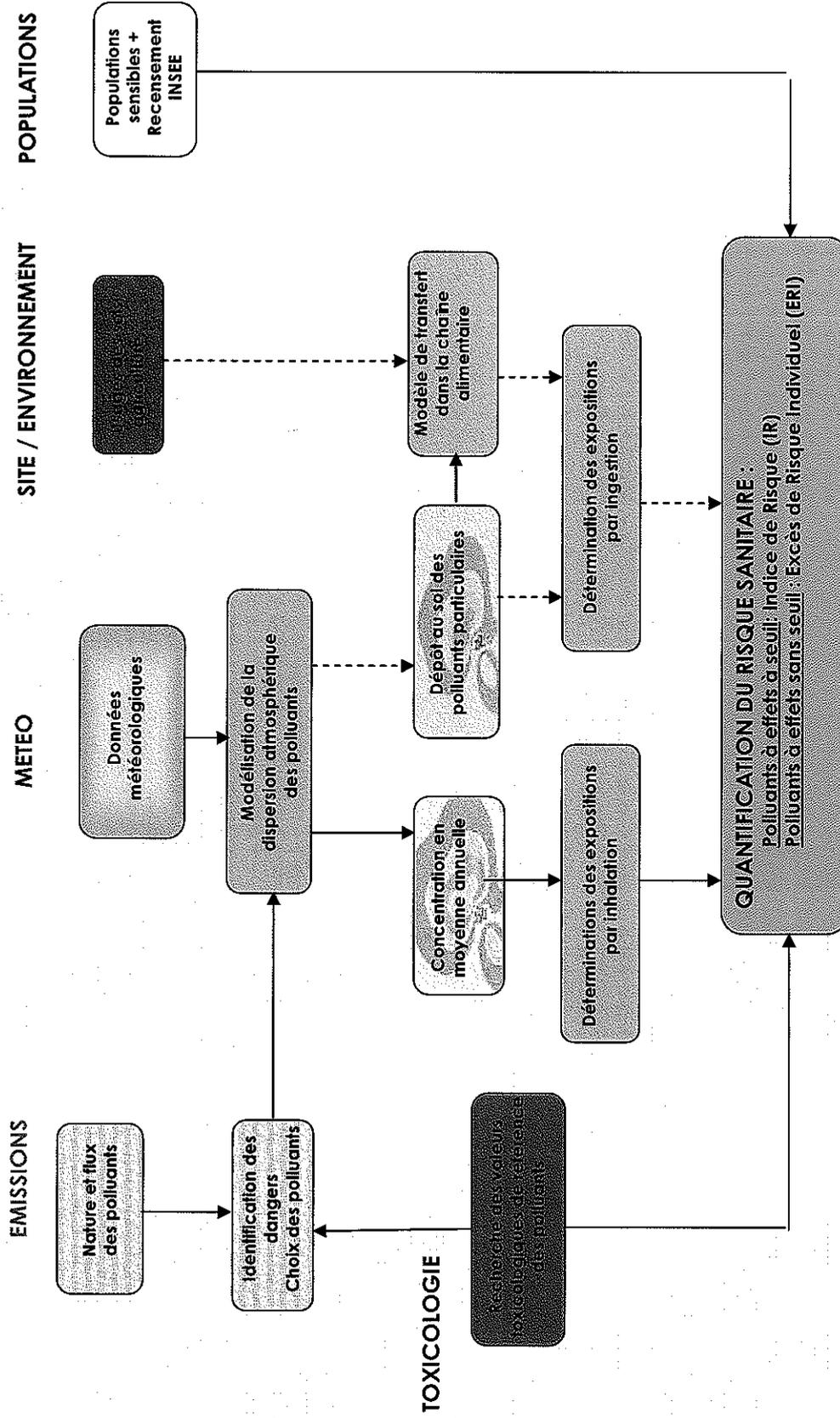
- le principe de **transparence** : étant donné qu'il n'existe pas une connaissance absolue, le choix des hypothèses, des outils et du degré d'approfondissement nécessaire relève du jugement et du savoir-faire de l'évaluateur. La règle est que ces choix soient cohérents et expliqués.

L'étude relative aux effets combinés de plusieurs substances chimiques est exclue de cette étude. Il est, en effet, difficile de prendre en compte dans l'état actuel des connaissances les interactions entre plusieurs composés et les rejets de mélanges de composants non identifiés.

Enfin, cette étude concerne les polluants primaires émis par l'installation et ne concerne pas la formation de polluants secondaires relevant de réactions chimiques complexes qui dépendent de nombreux facteurs et sont difficilement prévisibles.

Le synoptique de la page suivante présente notre démarche.

Evaluation des Risques Sanitaires



1.3. BASES DE DONNEES

Outre les ouvrages spécifiques mentionnés au cours de l'étude, les principales bases de données consultées pour caractériser les substances et rechercher les valeurs toxicologiques de référence sont :

- **FURETOX** : base de données de l'InVS (Institut de Veille Sanitaire) et du Ministère de la Santé, de la Jeunesse et des Sports qui recense les valeurs toxicologiques émises par les différents organismes
- **ITER** (International Toxicity Estimates for Risk) : valeurs définies par des parties indépendantes puis validées par des experts,
- **INERIS** (Institut National de l'Environnement Industriel et des RISques) – Fiches de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques,
- **IRIS** (Integrated Risk Information System) de l'US-EPA (United-States Environmental Protection Agency) qui est l'Agence de Protection de l'Environnement des Etats-Unis,
- **ATSDR** (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) qui est l'Agence pour l'Enregistrement des Substances Toxiques et des Maladies,
- **HEALTH CANADA,**
- **CIRC** : Centre International de Recherche sur le Cancer,
- **OMS** : Organisation Mondiale pour la Santé,
- **HSDB** : Hazardous Substances Data Bank, banque de Données sur les Substances Dangereuses de la Librairie Nationale de Médecine des Etats-Unis (National Library of Medicine),
- **RIVM** (Rijkinstituut voor volksgezondheid en milieu),
- **INRS** (Institut National de Recherche et de Sécurité),
- **OEHHA** (Office of Environmental Health Hazard Assessment) de l'agence de Protection de l'Environnement de Californie (California Environmental Protection Agency).

2. ENVIRONNEMENT DU SITE- SENSIBILITE DU MILIEU

2.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le projet de crématorium se situe rue Léon Rudent, au nord de la commune d'Orchies, à proximité immédiate du cimetière.



L'environnement immédiat du projet est constitué du cimetière communal (au sud-est) et de parcelles agricoles sur tout le reste du périmètre.

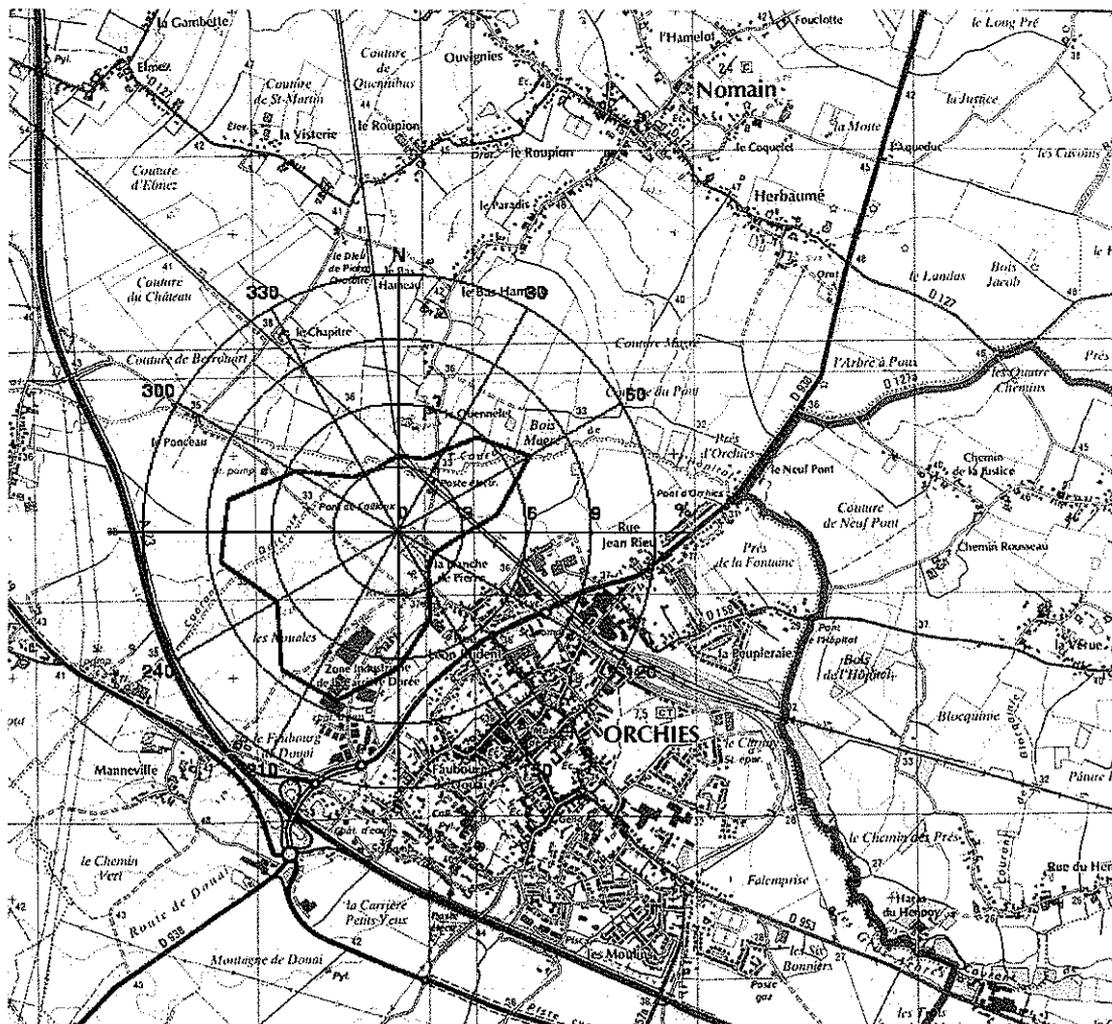
Les habitations les plus proches sont situées à environ 150m au sud de la limite du projet de crématorium.

2.2. DESCRIPTION DE LA POPULATION EXPOSEE

Au vu de la rose des vents présentée ci-dessous, les vents dominants sont de secteur sud-ouest. Ces vents soufflent en direction de la commune de Nomain. Par ailleurs, le site d'implantation du crématorium est implanté sur la commune d'Orchies et également limitrophe de la commune de Auchy-lez-Orchies.

Les zones d'exposition principale comprend donc les communes d'Orchies, d'Auchy-lez-Orchies et de Nomain.

Ainsi, ces communes font l'objet d'une description socio-démographique dans le paragraphe suivant ainsi qu'un recensement des établissements « sensibles » qui s'y trouvent.



Superposition de la rose des vents de Lille-Lesquin et d'extraits de cartes IGN

■ **Population**

Les données présentées ci-dessous sont issues du recensement de la population de 2008 effectué par l'INSEE.

Commune	Densité de population (hab/km ²)	Population totale (2008)	Variation de la population
			Taux moyen annuel entre 1999 – 2008
Orchies	760,5	8 305	1,2 %
Auchy-lez-Orchies	183,4	1 429	2,4 %
Nomain	128,4	2 454	0,3 %

La répartition de la population était la suivante en 2008:

Orchies	Hommes	%	Femmes	%
Ensemble	3 924	100,0	4 381	100,0
0 à 14 ans	817	20,8	804	18,3
15 à 29 ans	924	23,5	971	22,2
30 à 44 ans	799	20,3	860	19,6
45 à 59 ans	816	20,8	831	19,0
60 à 74 ans	357	9,1	447	10,2
75 à 89 ans	204	5,2	433	9,9
90 ans ou plus	8	0,2	34	0,8
0 à 19 ans	1 096	27,9	1 115	25,5
20 à 64 ans	2 424	61,8	2 543	58,0
65 ans ou plus	404	10,3	723	16,5

Source : Insee, RP2008 exploitation principale.

Auchy-lez-Orchies	Hommes	%	Femmes	%
Ensemble	709	100,0	720	100,0
0 à 14 ans	162	22,8	176	24,4
15 à 29 ans	130	18,3	101	14,0
30 à 44 ans	178	25,1	185	25,7
45 à 59 ans	150	21,2	141	19,6
60 à 74 ans	60	8,5	76	10,6
75 à 89 ans	25	3,5	39	5,4
90 ans ou plus	4	0,6	2	0,3
0 à 19 ans	208	29,3	212	29,4
20 à 64 ans	445	62,8	433	60,1
65 ans ou plus	56	7,9	75	10,4

Source : Insee, RP2008 exploitation principale.

Nomain	Hommes	%	Femmes	%
Ensemble	1 221	100,0	1 233	100,0
0 à 14 ans	255	20,9	204	16,5
15 à 29 ans	188	15,4	211	17,1
30 à 44 ans	262	21,5	273	22,1
45 à 59 ans	289	23,7	281	22,8
60 à 74 ans	164	13,4	175	14,2
75 à 89 ans	62	5,1	86	7,0
90 ans ou plus	1	0,1	3	0,2
0 à 19 ans	328	26,9	296	24,0
20 à 64 ans	736	60,3	765	62,0
65 ans ou plus	157	12,9	172	13,9

Source : Insee, RP2008 exploitation principale.

■ « Etablissements sensibles »

Il s'agit des établissements scolaires, des établissements hospitaliers, des maisons de retraite, des équipements sportifs extérieurs, ...

Ces établissements font l'objet d'une attention particulière dans le cadre d'une évaluation des risques sanitaires étant donné qu'ils constituent des lieux de présence de populations « sensibles » à la pollution (enfants, personnes âgées, personnes malades, personnes pratiquant une activité sportive ...).

■ Enseignement

	Orchies	Auchy-lez-Orchies	Nomain
Ecoles maternelles	2	2	2
Ecoles élémentaires	3		
Collèges/Lycées	3	0	0

■ Petite enfance

On trouve sur la commune d'Orchies 1 crèche.

Il n'y a pas de structure recensée sur les communes de Auchy-lez-Orchies et de Nomain.

■ **Etablissements sanitaires et sociaux**

Types de structures	Orchies	Auchy-lez-Orchies	Nomain
Hébergement personnes âgées	1	0	0
De santé	1	0	0

■ **Sports et loisirs**

On trouve sur la commune d'Orchies 2 salles de sport, 1 stade, 1 terrain de foot, 1 boulodrome, 1 piscine et plusieurs courts de tennis.

Sur celle d'Auchy-lez-Orchies, on trouve 1 complexe sportif regroupant 2 terrains de foot, 1 boulodrome et un city stade.

Sur la commune de Nomain, on trouve un complexe sportif regroupant 2 terrains de foot, 1 boulodrome, 1 court de tennis, 1 salle de sport et 1 city stade.

Les établissements sensibles les plus proches du site sont :

- le Club de Tennis Orchies Pévèle, situé sur la zone de la carrière dorée, à 500 m au sud sud-est du site,
- le lycée hôtelier Notre Dame de la providence, situé rue des Glycines, à 700 m au sud-est du site,
- les écoles maternelles et primaires St Michel, situées rue François Herbo, à 1 km au sud-est du site,
- le collège de la Providence, situé rue Alphonse Leroux à 1 km environ au sud-est du site,
- la maison de retraite Marguerite de Flandre, située rue de la Poterne à 1,2 km au sud-est du site.

2.3. ETAT DE L'ENVIRONNEMENT : BRUIT DE FOND DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE

□ Description des stations de mesure et polluants

La qualité de l'air au niveau dans la région est étudiée par l'association Atmo Nord-Pas-de-Calais.

Les stations du réseau de mesure les plus proches du site sont :

- Lille-Lesquin : il s'agit d'une station de mesure de type périurbaine, localisée à 16 km au nord du site,
- Hornaing : il s'agit d'une station de mesure de proximité industrielle, localisée à 14 km au sud-est du site.

Les polluants atmosphériques sont trop nombreux pour être surveillés en totalité. Certains d'entre eux sont choisis parce qu'ils sont caractéristiques du type de pollution (industrielle ou automobile) et parce que leurs effets nuisibles pour l'environnement et/ou la santé sont déterminés. Les polluants suivis sur ces stations sont les suivants :

- les poussières (Particules en Suspension, Ps) :
Elles sont émises principalement (environ 40% des émissions) par les moteurs des véhicules (les poussières fines sont émises par les moteurs diesel). Les autres sources viennent des combustions industrielles, du chauffage domestique et de l'incinération des déchets,
- les oxydes d'azote (NO_x) :
Les émissions d'oxydes d'azote apparaissent dans toutes les combustions, à haute température, de combustibles fossiles (charbon, fioul, pétrole...). C'est le secteur des transports qui est responsable de plus de 70 % des émissions de NO_x (les moteurs diesel en rejettent deux fois plus que les moteurs à essence catalysés).

Le monoxyde d'azote (NO) rejeté par les pots d'échappement est oxydé par l'ozone et se transforme en dioxyde d'azote (NO₂),

- l'ozone (O₃) :
L'ozone protège les organismes vivants en absorbant une partie des UV dans la haute atmosphère ; mais à basse altitude, ce gaz est nuisible si sa concentration augmente trop fortement. C'est le cas lorsque se produit une réaction chimique entre le dioxyde d'azote et les hydrocarbures (polluants d'origine automobile) dans des conditions climatiques particulières.

☐ **Mesures réalisées en 2010**

Les mesures, réalisées pour l'année civile 2010, donnent les concentrations pour les polluants suivants en $\mu\text{g}/\text{m}^3$:

- le dioxyde d'azote (NO_2) :

Mesures 2010	Valeur limite	Bilan vis-à-vis des décrets n° 98-360, 2002-213, 2003-1085, 2007-1479, 2008-1152 et directive 2008/50/CE		dépassement vis-à-vis de la procédure d'alerte	
				Seuil de recommandation et d'information	Seuil d'alerte
	Moyenne annuelle 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Moyenne horaire / journalière (percentile 99,8) 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Moyenne horaire 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Moyenne horaire 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Lille-Lesquin	30	104		1	0
Hornaing	/	/		/	/

- les poussières en suspension (Ps)- PM10 :

Mesures 2010	Valeur limite	Bilan vis-à-vis des décrets n° 98-360, 2002-213, 2003-1085, 2007-1479, 2008-1152 et directive 2008/50/CE		dépassement vis-à-vis de la procédure d'alerte	
				Seuil de recommandation et d'information	Seuil d'alerte
	Moyenne annuelle 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Moyenne annuelle 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Moyenne horaire / journalière (percentile 90,4) 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Moyenne glissante sur 24 heures 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Moyenne glissante sur 24 heures 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Hornaing	27	27	48	18	0
Lille-Lesquin	/	/	/	/	/

- l'ozone (O_3) :

Mesures 2010	Objectif de qualité	Bilan vis-à-vis des décrets n° 98-360, 2002-213, 2003-1085		dépassement vis-à-vis de la procédure d'alerte	
				Seuil de recommandation et d'information	Seuil d'alerte
	Moyenne sur 8 heures 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	/	/	Moyenne horaire 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 ^{er} seuil : 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 2 ^{ème} seuil : 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 3 ^{ème} seuil : 360 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Hornaing	/	/	/	/	/
Lille-Lesquin	39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	nd	nd	1	0 (pour tous les seuils)

Les valeurs mesurées par les stations de Lesquin et Hornaing respectent les seuils recommandés par les autorités sanitaires.

3. ETAPE 1 : IDENTIFICATION DU POTENTIEL DANGEREUX POUR L'HOMME

L'objectif de cette première étape est d'identifier le potentiel dangereux des émissions de l'établissement vis à vis d'un risque sanitaire. Tout événement de santé indésirable, et par extension, tout effet toxique sera considéré comme un danger.

3.1. RECENSEMENT / TYPOLOGIE DES SUBSTANCES

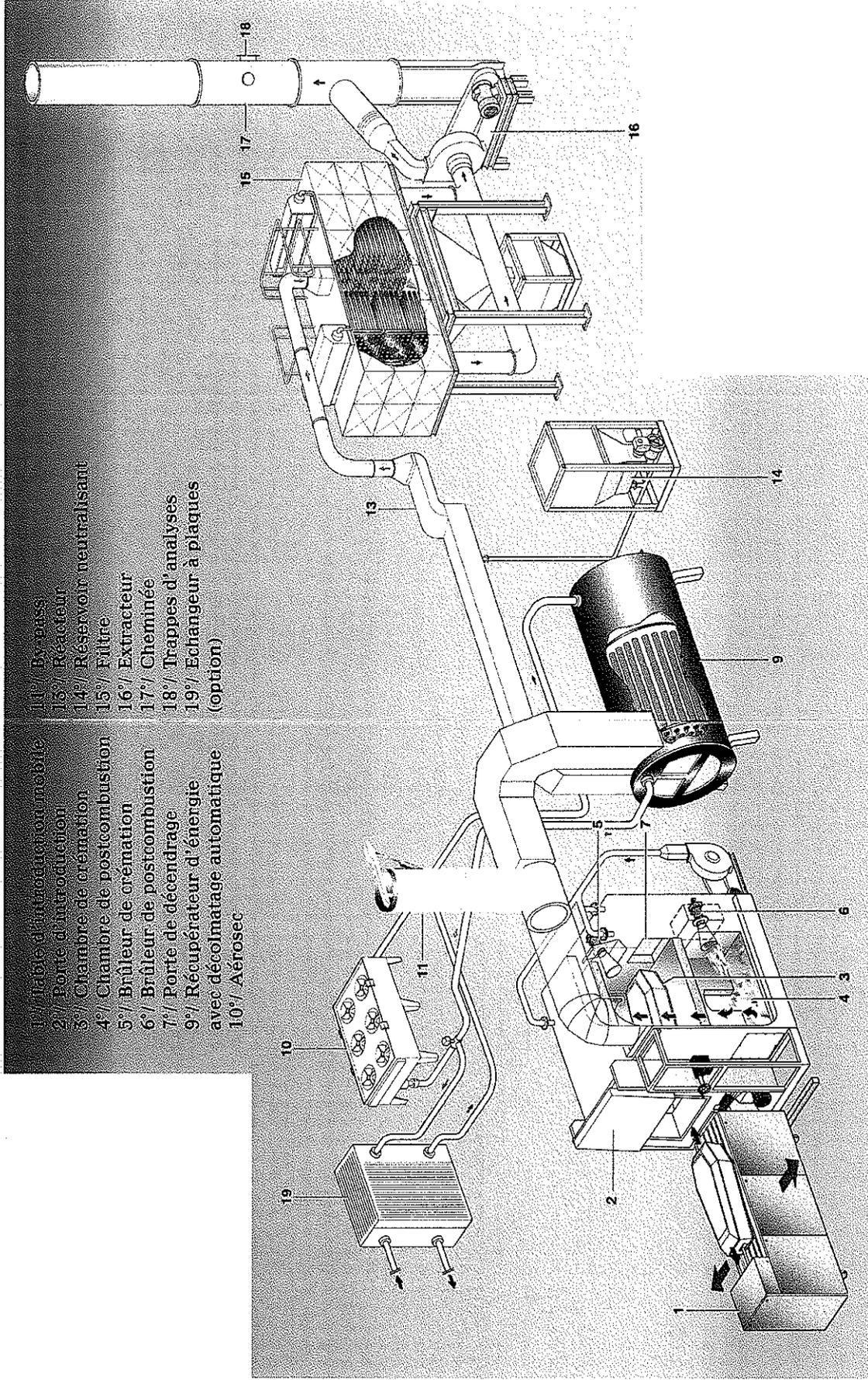
Les substances susceptibles d'être émises par le crématorium et de présenter un potentiel dangereux au niveau sanitaire sont ceux issus du four de crémation, qui seront traités par un système de filtration (décrit ci-après), constitués :

- de Composés Organiques Volatils (COV),
- d'oxydes d'azote (NOx),
- de monoxyde de carbone (CO),
- de poussières (Ps),
- d'acide chlorhydrique (HCl),
- de dioxyde de soufre (SO₂),
- de dioxines/furannes,
- de mercure.

Le four de crémation sera équipé d'un système de neutralisation et de filtration des gaz permettant de réduire très fortement les quantités de polluants susceptible d'être émises à l'atmosphère.

Le schéma de la figure suivante présente les différentes parties d'un four de crémation et de la ligne de filtration associée.

Evaluation des Risques Sanitaires



- 11/ Bypass
- 15/ Réacteur
- 14/ Réservoir neutralisant
- 15/ Filtre
- 16/ Extracteur
- 17/ Cheminée
- 18/ Trappes d'analyses
- 19/ Echangeur à plaques (option)

- 1/ Table d'incinération mobile
- 2/ Porte d'introduction
- 3/ Chambre de crémation
- 4/ Chambre de postcombustion
- 5/ Brûleur de crémation
- 6/ Brûleur de postcombustion
- 7/ Porte de décentrage
- 9/ Récupérateur d'énergie avec décollatage automatique
- 10/ Aérosec

Schéma de présentation des différentes parties d'un four de crémation et d'une ligne de filtration

Principe de fonctionnement de la filtration

A la sortie de l'échangeur, les gaz sont à une température comprise entre 140°C et 160° C et contiennent des polluants composés de poussières, mercure, HCl, SO₂, métaux lourds, dioxines et furanes,...

Le principe consiste à injecter un produit neutralisant pour piéger le HCl, le SO₂, le mercure, les dioxines et furanes.

Ce produit neutralisant qui est stocké dans une trémie séparée est injecté dans un réacteur qui effectue un mélange gaz/neutralisant afin de purifier ces polluants.

Les principales particules de poussières sont déjà séparées par la force centrifuge dans l'admission du filtre céramique.

Ensuite le courant gazeux aspire uniformément sur les éléments de filtration.

La poussière des neutralisants reste sur les éléments de filtration, tandis que les gaz purifiés traversent les éléments.

Après un intervalle de temps réglable, un jet d'air comprimé est induit par le « système de nettoyage à pulsion à contre-courant » dans les éléments. Ceci se fait en alternance par groupe de bougies. Par ce jet d'air comprimé, la poussière accumulée sur les éléments est brusquement projetée et arrive dans le réservoir de collecte de la poussière sous le boîtier de filtration et sera évacué par une vis vers un bidon.

Après que la poussière ait été parfaitement écartée, les gaz purifiés sont évacués par le ventilateur, en passant par une soupape de réglage de la température.

Garanties des rejets atmosphériques après filtration

Les concentrations en polluants seront conformes à l'arrêté du 28 janvier 2010 relatif à la hauteur de la cheminée des crématoriums et aux quantités maximales de polluants contenus dans les gaz rejetés à l'atmosphère, à savoir inférieures à :

- 20 mg/Nm³ pour les COV,
- 500 mg/Nm³ pour les NOx,
- 50 mg/Nm³ pour le CO,
- 10 mg/Nm³ pour les poussières,
- 30 mg/Nm³ pour le HCl,
- 120 mg/Nm³ pour le SO₂,
- 0,1 ng I-TEQ/Nm³ pour les dioxines/furanes,

- 0,2 mg/Nm³ pour le mercure.

Ces valeurs sont rapportées à une teneur en oxygène de 11% après déduction de la vapeur d'eau (gaz secs).

En ce qui concerne la hauteur de la cheminée, elle a été calculée en fonction de la hauteur du faîte du bâtiment (étant donné l'absence d'obstacles dans un rayon de 30m autour de la future cheminée) : elle devra au minimum être égale à 1,05 x 5,76 m soit 6,05 m par rapport au sol.

La quantification des flux de polluants annuels susceptible d'être émis par le crématorium est présentée dans le tableau ci-dessous:

Composé	Concentration maximale attendue (mg/Nm ³ à 11 % O ₂) selon l'arrêté du 28 janvier 2010	Concentration maximale attendue (mg/Nm ³ brut sec) ⁽¹⁾	Flux horaire brut attendu (kg/h) ⁽²⁾	Flux annuel (kg/an) ⁽³⁾
COV	20	30	0,06	45
Dioxyde d'azote (NO _x)	500	750	1,5	1125
Monoxyde de carbone (CO)	50	75	0,15	112,5
Poussières (Ps)	10	15	0,03	22,5
Acide chlorhydrique (HCl)	30	45	0,09	67,5
Dioxyde de soufre (SO ₂)	120	180	0,36	270
Dioxines-furanes	0,1 ng I-TEQ /Nm ³	0,15 ng I-TEQ /Nm ³	3.10 ⁻¹⁰	2,25.10 ⁻⁷
Mercure (Hg)	0,2	0,3	0,0006	0,45

⁽¹⁾ L'installation de crémation fonctionnant à une teneur en O₂ de 6%, la concentration maximale en mg/Nm³ sur gaz brut sec sera la suivante : $C_{6\%O_2} = C_{11\%O_2} \times (21-6)/(21-11)$

⁽²⁾ sur la base d'un débit maximal sur gaz secs de 2 000 Nm³/h

⁽³⁾ sur la base d'un nombre maximal de 500 crémations/an (à l'horizon 2037, le nombre de crémations prévu pour les premières années étant de 300) et d'une durée maximale de 90 minutes pour une crémation soit un nombre d'heures de fonctionnement maximal de 750 h/an.

3.2. CARACTERISTIQUES DES SUBSTANCES SUSCEPTIBLES D'ETRE REJETEES

■ Poussières

Devenir dans l'environnement

- Impact sur les surfaces avec effet de salissures,
- Impact sur les végétaux par recouvrement des surfaces foliaires,
- Pollution potentielle des sols.

Effets sur la santé

☞ Effets généraux

- Irritation des voies respiratoires inférieures,
- Altération des fonctions respiratoires.

☞ Pénétration et devenir dans l'organisme

La principale voie de pénétration dans l'organisme est l'inhalation.

La taille des particules détermine largement leur devenir. Les PM_{2.5} (particules fines inférieures à 2,5 µm) peuvent rester en suspension dans l'air pendant des jours. Les plus grosses (les PM₁₀ de taille inférieure à 10 µm) se déposent très rapidement du fait de leur poids ; celles-ci restent généralement en suspension de l'ordre de quelques heures en l'absence de précipitations.

Les particules de taille supérieure à 10 µm se déposent surtout dans les voies respiratoires hautes. Une fraction peut se déposer sur la muqueuse de l'oropharynx, puis être déglutie.

Les poussières de taille inférieure à 2,5 µm sont capables d'atteindre le parenchyme pulmonaire profond. Le taux de déposition dans l'étage alvéolo-interstitiel est de l'ordre de 30 à 50 % pour les particules ultrafines de 0,01 à 0,1 µm, et de l'ordre de 20 % pour les particules de 0,5 à 2,5 µm.

Les poussières inhalées provoquent à la fois une réaction irritative liée à leur nature particulaire, ainsi qu'une réaction inflammatoire liée aux molécules adsorbées sur ces poussières.

■ Oxydes d'azote

Devenir dans l'environnement

- Se décompose en acide nitrique dans l'eau et le sol,
- Contribue au phénomène des pluies acides,
- Précurseur de l'ozone troposphérique (basse atmosphère),
- Eutrophisation des cours d'eau et des lacs.

Effets sur la santé

☞ Effets généraux

- Altération des fonctions respiratoires,
- Hyper réactivité bronchique chez les asthmatiques,
- Sensibilisation des bronches aux infections microbiennes chez l'enfant,

☞ Pénétration et devenir dans l'organisme

La principale voie de pénétration dans l'organisme est l'inhalation. Les oxydes d'azote sont des irritants puissants des muqueuses, leur principale cible est l'appareil respiratoire et en particulier le parenchyme pulmonaire.

Les oxydes d'azote sont principalement constitués de monoxyde (NO) et de dioxyde (NO₂) d'azote. Le monoxyde, rapidement oxydé en NO₂, est environ 5 fois moins toxique que le NO₂.

Le facteur d'absorption de ce gaz est compris entre 0,81 et 0,9 pour une respiration normale (OMS).

■ Dioxyde de soufre

Devenir dans l'environnement

- Formation d'acide sulfurique en présence d'humidité qui contribue :
 - aux phénomènes des pluies acides (impact sur la végétation et les eaux superficielles),
 - à la dégradation de la pierre et des matériaux de certaines constructions.
- Temps de séjour moyen dans l'air de 1 à 5 jours.

Effets sur la santé

☞ Effets généraux

- Irritation des voies respiratoires, en particulier associée avec les particules en suspension,
- Altération des fonctions respiratoires pulmonaires,
- Exacerbation des symptômes respiratoires aigus chez l'adulte (toux, gêne respiratoire).

☞ Pénétration et devenir dans l'organisme

La principale voie de pénétration dans l'organisme est l'inhalation. Le dioxyde de soufre est un produit très irritant pour les yeux, la gorge et les voies respiratoires.

Le dioxyde de soufre est très soluble et il est rapidement distribué dans tout le corps. Il se transforme en acide sulfurique et est métabolisé dans le sang en sulfates, éliminés par les urines.

Jusqu'à plus de 90 % du dioxyde de soufre inhalé peut être absorbé dans les voies respiratoires.

■ **Monoxyde de carbone**

Devenir dans l'environnement

- Participe à la formation de l'ozone troposphérique,
- Se transforme en dioxyde de carbone dans l'atmosphère et contribue à l'effet de serre.

Effets sur la santé

☞ Effets généraux

- Céphalée, vertiges, asthénie associés à des troubles digestifs (nausées, vomissements),
- Baisse des performances comportementales,
- Effets sur le développement du fœtus pour les femmes enceintes fumeuses,
- Infarctus du myocarde.

☞ Pénétration et devenir dans l'organisme

Le monoxyde de carbone diffuse rapidement après inhalation dans les parois alvéolaires puis de façon difficilement réversible dans le sang. L'oxyde de carbone se fixe dans le sang à 85 % sur l'hémoglobine pour laquelle il a une affinité 203 fois supérieure à celle de l'oxygène chez l'homme. Il provoque alors une réduction de la capacité de transport de l'oxygène du sang, affecte l'oxygénation de certaines cellules musculaires (en particulier myocarde) et la respiration cellulaire. Ces trois effets conduisent à l'hypoxie.

■ **Acide chlorhydrique**

Devenir dans l'environnement

- Contribution à l'acidification du milieu

Effets sur la santé

☞ Effets généraux

- Erosions dentaires et gingivostomatite,
- Dermatoses orthoergiques,
- Irritation des voies respiratoires pouvant aboutir à une bronchite chronique.

☞ Pénétration et devenir dans l'organisme

L'action de l'acide chlorhydrique est liée à sa très grande solubilité. Il se dissocie presque complètement dans l'eau, et l'ion hydrogène est capable de réagir avec les molécules organiques.

■ **Composés Organiques Volatils**

Devenir dans l'environnement

Les émissions de composés organiques volatils peuvent agir directement sur la santé ou l'environnement en fonction de la nature des composés, ainsi que de façon indirecte par le biais de réactions complexes dans l'atmosphère et la formation d'ozone troposphérique.

L'ozone troposphérique est issu de réactions chimiques entre les oxydes d'azote, les composés organiques volatils, le monoxyde de carbone, sous l'effet du rayonnement solaire de courte longueur d'onde.

La production s'accompagne d'autres espèces aux propriétés acides ou oxydantes : aldéhydes, composés organiques nitrés, acide nitrique, eau oxygénée.

Les effets de l'ozone sont :

- La perturbation de l'activité photosynthétique des végétaux, l'altération de leur résistance et la diminution de leur productivité,
- La contribution à l'effet de serre,
- L'accélération de la dégradation des matériaux, notamment les plastiques.

Effets sur la santé

☛ Effets généraux

- altération du système nerveux, des globules et des plaquettes du sang,
- effet déprimant sur le système nerveux pouvant engendrer neurasthénie, dépression, anxiété,
- irritant des muqueuses et de la peau en cas d'exposition aiguë,
- dégénérescences cérébrales en cas d'exposition chronique de longue durée.

Les composés ayant la nocivité directe la plus élevée sont généralement des composés halogénés et des hydrocarbures aromatiques polycycliques.

☛ Pénétration et devenir dans l'organisme

La principale voie de pénétration dans l'organisme est l'inhalation. Ces composés se volatilisent en effet facilement.

Les muqueuses nasales sont les sites privilégiés d'action des polluants gazeux car elles sont un lieu naturel de passage et de rétention des produits adsorbables. L'irritation des voies nasales est la conséquence d'une altération des muqueuses. Cette irritation par inhalation s'accompagne souvent de maux de gorge.

L'action indirecte sur la santé est le résultat de la formation d'ozone qui est un gaz peu soluble et très oxydant, pénétrant profondément dans l'appareil respiratoire. Par ses propriétés oxydantes et sa structure chimique, l'ozone est un gaz qui peut réagir sur les composants

cellulaires et affecter les capacités respiratoires. Ces effets sont accentués lors d'efforts physiques et d'expositions prolongées : en particulier, l'ozone provoque, dès une exposition prolongée à une concentration de 150 à 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, des irritations oculaires ou de la toux, surtout chez les personnes sensibles: enfants et asthmatiques. Les autres espèces photochimiques (nitrate de peroxyacétyle, aldéhydes...) peuvent provoquer des effets identiques.

■ Mercur

(source : « Mercur et ses dérivés – Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, INERIS, mise à jour 20/09/2010 »).

Comportement

Le mercur peut se présenter sous différentes formes : mercur élémentaire, mercur inorganique et mercur organique (dont le méthylmercur). Ces diverses formes du mercur sont susceptibles d'évoluer dans l'environnement.

Le mercur élémentaire et les composés organiques du mercur sont volatils. Les composés inorganiques le sont très peu.

Le mercur élémentaire est quasiment insoluble dans l'eau. La solubilité des composés organiques est variable, tous sont plus ou moins solubles. La solubilité des composés du mercur inorganique est très variable : des composés comme le chlorure mercurique sont solubles, le sulfure mercurique est complètement insoluble.

Le mercur est faiblement mobile dans le sol. Le mercur mis en contact avec le sol est rapidement immobilisé (par les oxydes de fer, d'aluminium et le manganèse et surtout par la matière organique), et a tendance à rester dans les horizons de surface. L'une des principales particularités du mercur est de subir, dans les sols, sédiments et poissons, des réactions de méthylation / déméthylation.

Persistence

Le mercur inorganique et organique s'accumule facilement dans les organismes. D'une façon générale, le mercur organique présente des facteurs de bioconcentration supérieurs à ceux du mercur inorganique.

Le monométhyl et de le diméthylmercur sont formés dans les sols et les sédiments à partir de sels de mercur inorganique par des bactéries aérobies

ou anaérobies (ou parfois par voie chimique). Le mercure métallique peut aussi être méthylé après avoir été oxydé en Hg^{2+} .

De nombreux paramètres influencent la méthylation et la déméthylation, par exemple la concentration en ions sulfure (S^{2-}) et le potentiel d'oxydoréduction. En conditions réductrices, le précipité insoluble HgS est formé et il résiste à la méthylation. Si les conditions deviennent aérobies, HgS est oxydé en $HgSO_4$ qui peut subir une méthylation. La matière organique présent dans les sols favorise quant à elle la méthylation.

Dégradation abiotique

Dans les sols, à l'état naturel, le mercure se trouve principalement sous forme de cinabre (ou sulfure de mercure). Sous certaines conditions, le mercure est méthylé (principalement en monométhylmercure). Des réactions d'oxydo-réduction permettant le passage entre les degrés 0 et +II du mercure se produisent aussi. Une partie du mercure présent dans le sol est éliminé par volatilisation.

Dans l'atmosphère, la plus grande partie du mercure est sous forme élémentaire. Le diméthylmercure, qui lui aussi est volatil, serait rapidement dégradé en Hg^0 dans l'atmosphère (son temps de résidence n'est que de quelques jours, voir de quelques semaines). Hg^0 peut rester dans l'atmosphère pendant des temps très longs (durée de vie de 2 mois et 3 ans).

Effets sur la santé

☛ Effets généraux

- Irritation des voies respiratoires par inhalation aiguë,
- Hydrargyrisme se traduisant par de l'anxiété, insomnie puis tremblements lors d'une exposition respiratoire chronique.

☛ Pénétration et devenir dans l'organisme

Le mercure élémentaire sous forme de vapeur est essentiellement absorbé par voie pulmonaire; le taux d'absorption pulmonaire est compris entre 75 et 85 %.

Peu d'études traitent de l'absorption par voie orale du mercure élémentaire et du mercure inorganique. Toutefois, l'absorption par voie orale de ces deux types de mercure semble faible.

Le mercure élémentaire absorbé par voie pulmonaire est distribué dans tout le corps. En effet, du fait de ces propriétés lipophiles, il traverse facilement la barrière sang/cerveau et la barrière du placenta. Le mercure élémentaire s'accumule prioritairement dans les reins alors que le mercure inorganique divalent, atteint de façon similaire tous les organes. L'accumulation du mercure inorganique divalent au niveau

des reins et dans le fœtus est moins importante que celle du mercure élémentaire puisqu'il est moins lipophile.

Le métabolisme du mercure est identique chez l'homme et chez l'animal quel que soit le type de mercure (élémentaire ou inorganique) et quel que soit le mode d'absorption. Chez l'homme, les vapeurs de mercure élémentaire inhalées se retrouvent rapidement dans le sang et sont dans un premier temps oxydées dans les hématies en mercure inorganique par l'hydrogène peroxydase. L'oxydation du mercure élémentaire a lieu également dans le cerveau, le foie, les poumons et probablement dans les autres tissus.

Le mercure inorganique est également oxydé puis réduit dans les tissus mammaires en mercure élémentaire.

Aucune donnée concernant l'absorption du mercure organique par inhalation n'est disponible. Il semble toutefois que ce mercure peut être facilement absorbé à travers les poumons.

Par voie orale, l'absorption du mercure organique est plus importante que celle du mercure inorganique ou du mercure élémentaire. Le taux d'absorption chez l'homme représente 95 %.

La distribution du mercure organique absorbé par voie pulmonaire ou cutanée n'a pas fait l'objet d'étude. Par contre, le mercure organique absorbé par voie orale est distribué dans tout le corps et s'accumule principalement dans les reins.

En ce qui concerne le métabolisme, le méthylmercure et spécifiquement le méthylmercure divalent est transformé en mercure inorganique dans les tissus.

Le méthylmercure et les vapeurs de mercure métalliques sont les formes les plus nocives car elles atteignent le cerveau.

☛ Effets systémiques

Dans le cas d'une exposition au mercure élémentaire, les organes cibles sont le système nerveux central et le rein.

Par inhalation, le mercure élémentaire engendre des troubles neurologiques néfastes ainsi que des scléroses. L'exposition par voie orale au mercure élémentaire induit des troubles cardiovasculaires, gastrointestinaux mais surtout neurologiques et rénaux. La majorité des études suggère que les troubles du système moteur sont réversibles alors que la diminution cognitive ainsi que les pertes de mémoire peuvent être permanentes. Par voie cutanée, il a été montré que certaines personnes sensibles au mercure pouvaient développer des stomatites.

Par voie orale, le mercure inorganique a un effet neurotoxique. Des troubles cardiovasculaires peuvent également être observés. L'exposition par voie cutanée au mercure inorganique pendant de longues durées induit des troubles cardiovasculaires, gastrointestinaux, rénaux, neurologiques et immunologiques.

L'exposition chronique par voie pulmonaire au mercure organique entraîne des troubles respiratoires, gastrointestinaux, musculaires, hépatiques et neurologiques.

Par voie orale, le cerveau est le principal organe cible du mercure organique et les fonctions sensorielles telles que la vue et l'ouïe ainsi que les zones du cerveau impliquées dans la coordination motrice sont généralement affectées. Les premiers symptômes induits par l'exposition par voie orale au mercure organique, tels que la paresthésie (troubles de la sensibilité), un malaise général, une vision brouillée sont non spécifiques. Ces premiers symptômes sont suivis d'une restriction des champs visuels, d'une surdité, d'un défaut d'élocution et de troubles de la coordination musculaire. Dans des cas moins sévères, une réversibilité des symptômes peut survenir. A doses très élevées mais non précisées, le mercure affecte aussi le système nerveux périphérique.

☞ Effets cancérogènes

Le mercure élémentaire, le dichlorure de mercure ou chlorure mercurique et le chlorure mercurieux ont été examinés par l'Union Européenne mais n'ont pas été classés.

L'oxyde de mercure, le sulfure de mercure, le méthylmercure, le chlorure de méthylmercure, le méthylmercure dicyandiamide n'ont pas fait l'objet d'un examen par l'Union Européenne.

☞ Effets sur la reproduction et le développement

Pour des expositions au mercure élémentaire, des études ont montré une augmentation des malformations congénitales et des avortements, de même qu'une diminution du poids des enfants à la naissance. La relation entre l'exposition au mercure élémentaire et les effets sur la reproduction ne semble toutefois pas aussi évidente.

Pour une exposition au mercure inorganique, une étude a montré une augmentation des avortements spontanés. Toutefois, aucun effet néfaste sur le taux de fertilité n'a été observé.

Pour une exposition au mercure organique, une étude réalisée en Guyane Française a mis en évidence de faibles troubles neurologiques chez des enfants âgés de 5 à 7 ans dont les mères furent exposées à du méthylmercure. Des études ont montré par ailleurs que le

méthylmercure pouvait provoquer des altérations du cerveau chez les enfants exposés. Les malformations les plus sévères (paralysie, retard de croissance, cécité) sont observées chez les enfants exposés pendant le second trimestre de la grossesse.

■ Dioxines et furanes

Source : « Exposition aux dioxines de la population vivant à proximité des UIOM – Etat des connaissances et protocole d'une étude d'exposition – InVS – AFSSA – Juin 2003 »)

Comportement

Les dioxines atteignent les eaux douces suite aux dépôts atmosphériques, lors de l'érosion des sols ou suite à des rejets atmosphériques. En raison de leur caractère hydrophobe, les dioxines se retrouvent essentiellement sur les particules en suspension et dans les sédiments associés à la matière organique dissoute. Les concentrations de dioxines libres dissoutes dans l'eau sont très faibles. Les eaux de surfaces perdent leur charge en dioxines par sédimentation des particules (le sédiment est considéré comme le milieu où les dioxines peuvent être définitivement emprisonnées), par volatilisation (processus limité par les faibles concentrations de dioxines dissoutes) ou par photodégradation, un processus dont l'efficacité diminue lorsque la profondeur augmente.

Les PCDD/F de l'atmosphère se déposent sur le sol et sur les végétaux en partie sous forme gazeuse ou vapeur, en partie sous forme solide adsorbée sur des particules ou poussières, dite phase particulaire ; le rapport entre ces deux formes, dit ratio V/P, dépend des caractéristiques physiques de chaque congénère (température de volatilisation..). Le dépôt gazeux est la voie prédominante des congénères faiblement chlorés (tétra à hexa-), le dépôt particulaire celle des dérivés à 7 et 8 chlores.

Les dioxines possèdent les caractéristiques physico-chimiques suivantes :

- une forte **stabilité** chimique et métabolique (c'est-à-dire vis-à-vis des enzymes), qui explique leur faible dégradation dans le milieu et les organismes vivants,
- une forte **liposolubilité** ou lipophilie, due à leur caractère peu polaire, ce que traduit un coefficient de partage octanol/eau (Kow) élevé ; elle entraîne un passage facile des dioxines par diffusion passive à travers les membranes biologiques des êtres vivants, donc entre le milieu et les organismes qui y habitent (par transfert cutané ou branchial par exemple), mais aussi lors d'ingestion d'un aliment végétal ou animal, à travers la muqueuse digestive. Ce passage facile des dioxines à travers les membranes biologiques correspond à la notion de bio-disponibilité élevée propre à ces contaminants dits «bio-cumulatifs».

Persistence

La persistance des PCDD/F dans les sols est très longue : la cinétique de disparition est très probablement bi-phasique avec une première phase plus rapide et une seconde très lente, ce qui permet d'estimer la demi-vie de la TCDD à environ 10 ans, les congénères plus chlorés persistant encore plus longtemps.

La photodégradation des dioxines semble être la seule réaction chimique qui conduise à l'élimination des dioxines dans l'environnement. Une déchloration par photolyse et la photooxydation en présence de radicaux hydroxyles, d'ozone et de PAN (peroxy acetyl nitrate) sont deux types de réaction possibles. Ces réactions, leurs vitesses, leurs produits sont encore mal caractérisés.

Effets sur la santé

Sources :

- « *Les dioxines dans l'environnement et la santé, Agence française de sécurité sanitaire environnementale, juin 2003* »
- « *Dioxines dans l'environnement – Quels risques pour la santé ? Expertise collective INSERM, 2000* »

Sont regroupés sous le terme dioxines et furanes les polychlorodibenzo-p-dioxines (PCDD) et les polychlorodibenzofuranes (PCDF) qui sont des composés aromatiques tricycliques chlorés. Il existe de nombreux composés en fonction du nombre et de la position des atomes de chlore, avec 210 congénères différents identifiés (75 PCDD et 135 PCDF).

17 congénères (7 PCDD et 10 PCDF) sont habituellement suivis en raison de leur toxicité avérée ; ces composés comptent un minimum de 4 atomes de chlore en positions 2, 3, 7 et 8. L'augmentation du nombre d'atome de chlore de 4 à 8 conduit généralement à une diminution du potentiel toxique.

Le composé le plus toxique est le 2, 3, 7, 8-tétrachlorodibenzo-p-dioxine (2,3,7,8-TCDD) qui sert de référence.

Les dioxines-furanes étant convertis en équivalent I-TEQ (International Toxic Equivalent Quantity) par des facteurs d'équivalent toxiques, nous retiendrons par la suite notamment pour les valeurs toxicologiques de référence la 2,3,7,8-TCDD. Il existe pour les dioxines deux séries de facteurs d'équivalence toxique :

- l'OTAN a fixé en 1988 des facteurs pour 7 congénères de PCDD (sur 75) et 10 de PCDF (sur 135),

- l'OMS, depuis 1997, a modifié des facteurs d'équivalence toxique au vu de nouvelles données toxicologiques et a ajouté des facteurs pour 12 congénères de PCB dits « dioxin-like ».

☞ Voies d'exposition

Globalement, il est admis que l'exposition moyenne des populations se fait à plus de 95 % par voie alimentaire, en particulier par ingestion de graisses animales (lait et produits laitiers, viandes, poissons) en raison du caractère fortement liposoluble des dioxines et furanes. L'apport le plus important est dû aux produits d'origine bovine ; les volailles et le porc constituent des sources moindres en raison de leur mode d'élevage en bâtiments, sauf en cas de contamination des aliments.

☞ Effets systémiques

Un risque augmenté de maladies cardiovasculaires et une modification des taux de lipides sanguins ont été observés dans certaines études, de même qu'un risque augmenté de diabète.

D'autres effets ont été décrits comme des modifications de la fonction thyroïdienne, des effets neurologiques ou neuropsychologiques, mais les résultats reposent sur peu d'observations.

A des doses relativement élevées, les dioxines entraînent des effets dermatologiques (chloracné) mais il ne semble pas exister de relation directe entre le niveau d'exposition et cette manifestation.

☞ Effets cancérogènes

De nombreuses études épidémiologiques ont évalué les effets des dioxines sur le développement de cancer chez l'homme. Pour les populations professionnelles, un excès de risque de l'ordre de 40 % est observé pour tous les cancers confondus. Des cancers du naso-pharynx, du poumon, du foie, de l'estomac, de la vessie, de la peau, du testicule, de l'ovaire, de la thyroïde, du cerveau ainsi que différentes formes de leucémie ont été associées au moins une fois à l'exposition à la 2,3,7,8-TCDD, mais il ne semble pas qu'un cancer particulier prédomine dans les populations exposées.

Il a été montré une corrélation entre l'exposition aux dioxines et la survenue de lymphomes non hodgkiniens ; les lymphomes non hodgkiniens constituent des tumeurs cancéreuses se développant dans les ganglions lymphatiques et parfois dans différents organes (rate, foie,...).

Chez l'animal, les sites de cancers induits par l'exposition aux dioxines/furanes sont variables suivant les espèces, ce qui rend difficile la transposition à l'homme.

☞ Effets sur la reproduction et le développement

Les effets sur la reproduction et le développement ont fait l'objet de résultats discordants et on ne peut pas considérer que ces effets soient formellement démontrés en l'état actuel des connaissances.

Ont été évoquées une augmentation des avortements spontanés et des malformations congénitales, une baisse du ratio des sexes à la naissance (avec une prédominance des filles sur les garçons), une atteinte de la fertilité, une diminution du poids de naissance, un retard de la maturation sexuelle et du développement comportemental.

3.3. CLASSIFICATION ET PHRASES DE RISQUES DES SUBSTANCES SUSCEPTIBLES D'ETRE REJETEES

Les différentes caractéristiques des substances sont présentées ci-dessous :

- Etiquetage, phrases de risque des produits,
- Caractère cancérigène, mutagène et tératogène des substances.

En ce qui concerne le caractère cancérigène, 3 classifications existent et ont été présentées de la manière suivante dans le tableau de la page suivante:

Evaluation des Risques Sanitaires

Substances	N° CAS	Étiquetage de danger	Phrases de risque	Cancérogénicité	Mutagénicité	Génotoxicité
NO _x	10102-44-0	T+	R26 : très toxique par inhalation R34 : provoque des brûlures	-	-	-
SO ₂	7446-09-5	T	R23 : toxique par inhalation R34 : provoque des brûlures	3 ⁽¹⁾	-	-
CO	630-08-0	T, F+	R23 : toxique par inhalation R 48/23 : risques d'effets graves pour la santé en cas d'exposition par inhalation R 61 : risques pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant	-	-	-
Poussières	-	-	-	-	-	-
HCl	7647-01-0	C	R34 : provoque des brûlures R 37 : irritant pour les voies respiratoires	-	-	-
Benzène	71-43-2	T, F+	R45 : peut provoquer le cancer R46 : peut causer des altérations génétiques héréditaires R11 : Facilement inflammable R36/38 : Irritant pour les yeux et la peau R 48/23/24/25 : toxique ; risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par inhalation, par contact avec la peau et par ingestion	1 ⁽¹⁾ - A ⁽²⁾ - 1 ⁽³⁾	Mutagène catégorie 2	-
Mercur	7439-97-6	T, N	R23 : toxique par inhalation R33 : dangers d'effets cumulatifs R50 : très toxique pour les organismes aquatiques R53 : peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique	3 ⁽¹⁾ , D ⁽²⁾	-	-

Étiquetage de danger : T+ : très toxique – T : toxique – F+ : très inflammable – F : inflammable – Xn : nocif – Xi : irritant – N : dangereux pour l'environnement – O : comburant
⁽¹⁾Classification CIRC : 1 : cancérigène chez l'homme, 2A : cancérigène probable chez l'homme, 2B : cancérigène possible chez l'homme, 3 : inclassable, 4 : probablement non cancérigène.

⁽²⁾Classification US-EPA : A : cancérigène chez l'homme, B1 et B2 : cancérigène probable chez l'homme, C : cancérigène possible chez l'homme, D : inclassable, E : probablement non cancérigène.

⁽³⁾Classification de l'Union Européenne : 1 : cancérigène chez l'homme, 2 : cancérigène probable chez l'homme, 3 : cancérigène possible chez l'homme.
n.c. : non classé

Evaluation des Risques Sanitaires

Substances	N° CAS	Etiquetage de danger	Phrases de risque	Cancérogénicité	Mutagénicité	Génotoxicité
Mercuré inorganiqué (chlorure mercuriqué)	7487-94-7	T+, N	R 28 : Très toxiqué en cas d'ingestion R 34 : Provoqué des brûlures R 48/24/25 Toxiqué : risqué d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée par contact avec la peau et par ingestion R 50 : très toxiqué pour les organismes aquatiques R 53 : peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique	3 ⁽¹⁾ , C ⁽²⁾	-	-
Méthylmercure	22967-92-6			2B ⁽¹⁾ , C ⁽²⁾		
Dioxines – furanes (2,3,7,8-TCDD)	1746-01-6	-	-	1 ⁽¹⁾	-	-

Etiquetage de danger : T+ : très toxiqué – T : toxiqué – F+ : très inflammable – F : inflammable – N : nocif – Xi : irritant – N : dangereux pour l'environnement – O : comburant
⁽¹⁾Classification CIRC : 1 : cancérogène chez l'homme, 2A : cancérogène probable chez l'homme, 2B : cancérogène possible chez l'homme, 3 : cancérogène possible chez l'homme, 4 : probablement non cancérogène.

⁽²⁾Classification US-EPA : A : cancérogène chez l'homme, B1 et B2 : cancérogène probable chez l'homme, C : cancérogène possible chez l'homme, D : inclassable, E : probablement non cancérogène.

⁽³⁾Classification de l'Union Européenne : 1 : cancérogène chez l'homme, 2 : cancérogène probable chez l'homme, 3 : cancérogène possible chez l'homme.

n.c. : non classé

4. ETAPE 2 : ETABLISSEMENT DES RELATIONS DOSE-REPONSE (DOSE EFFET)

Les relations dose-réponse font le lien entre une dose d'exposition à une substance suivant une voie d'exposition, et l'apparition d'un ou plusieurs effets néfastes sur la santé.

Cette étape consiste à identifier les VTR (Valeurs Toxicologiques de Référence) en deçà desquelles la réponse est encore nulle, c'est-à-dire qu'il n'y a pas d'effets néfastes.

Ces valeurs servent à évaluer le risque sanitaire dans l'étape 4. Pour une dose d'exposition inférieure à ces valeurs, il n'y a pas de risque pour la santé.

Ces VTR dépendent :

- des voies d'exposition,
- du type de substance (à effet avec seuil ou à effet sans seuil),
- des durées d'exposition lors des études épidémiologiques, des facteurs d'incertitude utilisés...

4.1. RECENSEMENT DES VALEURS TOXICOLOGIQUES DE REFERENCES (VTR)

Les deux bases de données que nous avons utilisées pour la recherche des VTR sont :

- la base française FURETOX (<http://www.furetox.fr>),
- la base américaine ITER du site TERA (<http://www.tera.org/iter/>).

Ces deux sites recensent les VTR établies par les différents organismes (US EPA, ATSDR, OMS,...) pour tous les composés qui disposent de telles valeurs.

Les différents types de VTR pour les effets avec seuil et sans seuil sont présentés dans le tableau suivant. Selon la base de données utilisée, les dénominations prennent des appellations différentes.

BASE DE DONNEES	Avec seuil		Sans seuil	
	Voie orale	Inhalation	Voie orale	Inhalation
Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable	DJT	CAA	ERU _o	ERU _i
IRIS (US-EPA)	RfD	RfC	UR	UR
ATSDR	MRL	MRL		
OMS	GV ou TC	GV ou TC	UR	UR
ITER	RfD	RfC	UR	UR
Health Canada	TDI	TC	TD05	TC05
OEHHA		REL		
RIVM	TDI	TCA		

Avec :

- DJT : Dose journalière tolérable en $\mu\text{g}/\text{j}$
- CAA : Concentration admissible dans l'air en mg/m^3
- RfD : Dose de référence en $\mu\text{g}/\text{j}$
- RfC : Concentration de référence en mg/m^3
- MRL (Minimum Risk Level) : indice pour des durées d'exposition spécifique (aiguë, subchronique, chronique) et pour des voies d'exposition données
- TC (Tolerable Concentration) : concentration admissible en mg/m^3
- TDI (Tolerable Daily Intake) : Dose journalière admissible en $\mu\text{g}/\text{j}$
- TD05 : dose associée à une hausse de 5% de la mortalité due à des tumeurs en $\mu\text{g}/\text{j}$
- TC05 : concentration associée à une augmentation de 5 % de la mortalité due à des tumeurs en mg/m^3
- ERU : excès de risque unitaire en $(\text{mg}/\text{m}^3)^{-1}$
- UR : Unit Risk ; air en mg/m^3
- REL : Reference Exposure Levels (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Ces définitions présentent quelques différences suivant les organismes d'évaluation. Ainsi, l'US-EPA considère que les valeurs toxicologiques de type chronique qu'elle définit (RfD ou RfC) peuvent s'appliquer à partir d'un minimum sept années d'exposition, tandis que les valeurs de l'ATSDR (MRL) sont établies pour une exposition supérieure au minimum à 1 an.

Les valeurs toxicologiques obtenues pour les différentes substances spécifiques au site sont données dans le tableau suivant. Ces dernières ont été recherchées pour chacune des substances pour la voie d'exposition concernée : l'inhalation pour les composés gazeux et les poussières, l'inhalation et l'ingestion (par voie indirecte) pour le mercure et les dioxines/furanes.

Pour certaines substances, des VTR ont été établies par les différents organismes cités ci-dessus. Dans ce cas, nous avons retenu, conformément aux préconisations de la circulaire DGS/SD, 7B n°2006-234 du 30 mai 2006 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des VTR pour mener les ERS dans le cadre des études d'impact, les VTR dans l'ordre suivant :

- pour les substances à effets à seuil : d'abord US EPA, puis ATSDR, puis OMS/IPCS, puis Health Canada, puis RIVM et en dernier lieu OEHHA,

Evaluation des Risques Sanitaires

- pour les substances à effets sans seuil : US EPA, puis OMS/IPCS, puis RIVM et enfin OEHHA.

Les valeurs retenues pour la suite de l'étude sont celles qui sont indiquées **en gras** dans le tableau suivant qui synthétise les résultats des recherches effectuées.

Le symbole - signifie que la substance n'est pas présente dans les bases de données consultées ou qu'elle est présente mais qu'elle ne dispose pas de VTR.

A coté de chaque VTR sont présentées les informations suivantes :

- l'organisme qui l'a établie,
- l'année où cette valeur a été établie (ou mise à jour),
- l'organe cible.

Composés	Vole d'exposition	Effet	VTR	Organe cible
NOx	Inhalation	avec/sans seuil	-	-
SO ₂	Inhalation	avec/sans seuil	-	-
CO	Inhalation	avec/sans seuil	-	-
Poussières	Inhalation	avec/sans seuil	-	-
COV (benzène)	Inhalation	avec seuil	0,03 mg/m³ (US EPA, 2003) 0,0098 mg/m ³ (ATSDR, 2007) 0,06 mg/m ³ (OEHHA, 2002)	Système immunitaire
		sans seuil	2.2- 7,8.10⁻⁶ (µg/m³)⁻¹ (US EPA, 1998) 6x10 ⁻⁶ (µg/m ³) ⁻¹ (OMS, 2000) CR= 20 µg/m ³ (RIVM, 2000) 2,9.10 ⁻⁵ (µg/m ³) ⁻¹ (OEHHA, 2002) CT _{0,05} =15 mg/m ³ (Health Canada, 1991)	Système hématopoïétique Leucémies
HCl	Inhalation	avec seuil	0,02 mg/m³ (US EPA, 1995) 9 µg/m ³ (OEHHA, 2002)	Système respiratoire
		sans seuil	-	-
Mercure élémentaire (7439-97-6)	Inhalation	avec seuil	0,3 µg/m³ (US EPA, 1995) 0,2 µg/m ³ (ATSDR, 1999) 0,2 µg/m ³ (RIVM, 2000) 0,03 µg/m ³ (OEHHA, 2003)	Système nerveux
		sans seuil	-	-
Mercure organique (méthylmercure) 22967-92-6	Ingestion	avec/sans seuil	-	-
	Inhalation	avec/sans seuil	-	-
Ingestion		Avec seuil	1.10⁻⁴ mg/kg/j (US EPA, 2001- RIVM, 2000) 3.10 ⁻⁴ mg/kg/j (ATSDR, 2001) 1.6.10 ⁻³ mg/kg/j (OMS, 2003)	Système nerveux central/ développement neurologique
	Sans seuil	-	-	
Mercure inorganique	Inhalation	Avec seuil	1.10 ⁻³ mg/m ³ (OMS, 2000)	rein
		Sans seuil	-	-
	Ingestion	Avec seuil	3.10 ⁻⁴ mg/kg/j (US EPA, 1995) 2.10 ⁻³ mg/kg/j (RIVM, 2001- OMS, 2008)	Rein – système immunitaire
		Sans seuil	-	-

Composés	Voie d'exposition	Effet	VTR	Organe cible
Dioxines - furanes (assimilés à la 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-P-Dioxine)	Inhalation	avec seuil	$4.10^{-5} \mu\text{gTEQ}/\text{m}^3$ (OEHHA, 2003)	Foie, appareil respiratoire, reproduction, système immunitaire et système hématopoïétique
		sans seuil	$38 (\mu\text{gTEQ}/\text{m}^3)^{-1}$ (OEHHA, 2002)	-
	Ingestion	avec seuil	$1.10^{-9} \text{mgTEQ}/\text{kg}/\text{j}$ (OMS, 1998- ATSDR, 1998)	Développement psychomoteur, reproduction et système immunitaire
		sans seuil	$1.3.10^5 (\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$ (OEHHA, 2002)	-

Remarque : Les oxydes d'azote (NOx) et les poussières (Ps) ne disposent pas de VTR. Cependant, étant donné qu'ils sont émis en quantité non négligeable, nous avons pris en compte pour ces composés la ligne directrice de l'OMS en moyenne annuelle (mise à jour de 2005) qui est de **40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les NOx et 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM10**. Ces valeurs ne peuvent remplacer une VTR mais elles permettent de ne pas sous-estimer le risque global.

En ce qui concerne le SO₂ et le CO, il n'existe pas de valeur guide annuelle. Seules des valeurs journalières ou sur 8h existent ; toutefois, ces dernières ne correspondent pas à une exposition chronique et ne peuvent être retenues pour une ERS.

4.2. SELECTION DES POLLUANTS TRACEURS

Les critères de sélection des polluants traceurs sont :

- l'**existence d'une VTR** (ou ligne directrice de l'OMS par défaut...) qui est nécessaire pour quantifier le risque sanitaire,
- la **toxicité** du polluant,
- la **quantité** de polluant susceptible d'être émise.

Les deux derniers facteurs doivent être étudiés simultanément : en effet, un polluant A émis en très faible quantité mais très toxique peut présenter un risque sanitaire plus important qu'un polluant B émis en très grande quantité mais peu toxique.

Concrètement, dans le cas présent, étant donné le nombre de substances disposant d'une VTR (ou d'une ligne directrice de l'OMS), nous avons retenu toutes les substances disposant d'une telle valeur comme « traceurs », à savoir :

- les oxydes d'azote (NOx),
- les poussières (Ps),
- les COV (assimilés au benzène),
- l'acide chlorhydrique (HCl),
- le mercure (Hg),
- les dioxines/furanes (PCDD/F).

Le tableau, ci-dessous, récapitule les effets pour lesquels les « traceurs » seront étudiés :

Substance	Inhalation		Ingestion	
	Effets avec seuil	Effets sans seuil	Effets avec seuil	Effets sans seuil
NOx	oui	non	non	non
Poussières	oui	non	non	non
COV (benzène)	oui	oui	non	non
HCl	oui	non	non	non
Mercure	oui	non	oui	non
Dioxines/ furanes	oui	oui	oui	oui