OBJET : EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES
SITE DE LAIGNEVILLE (60)

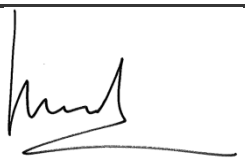
Annexe 2 EC14-00099 V02

OBJET : EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES

SITE DE LAIGNEVILLE (60)

Annexe 2 EC14-00099

Société :	**MONTUPET S.A**
Site :	**3 rue de Nogent** 60 290 Laigneville (60)
Indice :	**02**
Date :	12/09/2016

Rédacteur	Date	Visa
Richard NGO	V1 : 22/12/2015 V2 : 28/09/2016	

Approbateur	Date	Visa
Fabien BELOT-ARNAUD	22/12/2015	

SOMMAIRE

GLOSSAIRE 1
CADRE DE L'ETUDE - MÉTHODOLOGIE 2
CHAPITRE I. INVENTAIRE QUALITATIF ET QUANTITATIF DES ÉMISSIONS 3
1 COMPOSÉS INVENTORIÉS 4
2 INVENTAIRE DES EMISSIONS ATMOSPHÉRIQUES 5
CHAPITRE II. ÉVALUATION DES ENJEUX ET DES VOIES D'EXPOSITION 6
1 POPULATIONS 7
2 ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP) 10
3 USAGES AUTOUR DU SITE 14
3.1 Occupation des sols 14
3.2 Usages agricoles 15
3.3 Recensement des points d'eau 16
3.4 Activité de loisirs 17
CHAPITRE III. SCHÉMA CONCEPTUEL D'EXPOSITION 18
CHAPITRE IV. EVALUATION DE L'ETAT DES MILIEUX 21
1 MÉTHODOLOGIE 22
2 MILIEU AIR 22
2.1 Concentrations dans l'Air 22
2.2 Evaluation de l'état du milieu Air 25
2.3 Milieu Sol 26
2.3.1 Concentrations dans les sols 26
2.3.2 Evaluation de l'état du milieu Sols 26
2.4 Milieu Végétaux 26
2.4.1 Concentrations dans les végétaux 26
2.4.2 Evaluation de l'état du milieu Végétaux 26
2.5 Conclusion 26
CHAPITRE V. EVALUATION PROSPECTIVE DES RISQUES SANITAIRES 27
1 CHOIX DES TRACEURS DE RISQUE 28
1.1 Substances émises par le site 28
1.2 Identification des dangers 29
1.3 Etude des relations dose-réponse 31
1.3.1 Définitions 31
1.3.2 Critères de choix des Valeurs Toxicologiques de Référence 31
1.3.3 Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence 33
1.4 Choix des traceurs de risque 41
CHAPITRE VI. EVALUATION DE L'EXPOSITION HUMAINE 43

1 VOIES D'EXPOSITION 44
2 EXPOSITION PAR INHALATION 44
2.1 COMPARAISON DES CONCENTRATIONS AUX VALEURS GUIDES OMS 44
2.2 SCÉNARIO D'EXPOSITION 45
2.3 MÉTHODE DE CALCUL DES DOSES D'EXPOSITION PAR VOIE RESPIRATOIRE 45
2.4 DOSES D'EXPOSITION PAR VOIE RESPIRATOIRE 46
3 EXPOSITION PAR INGESTION 47
3.1 SCÉNARIO D'EXPOSITION 47
3.2 DÉTERMINATION DES CONCENTRATIONS DANS LES MILIEUX D'EXPOSITION 48
3.2.1 Détermination des concentrations dans les sols 48
3.2.2 Détermination des concentrations dans les végétaux 50
3.2.3 Détermination des concentrations dans les produits d'origine animale 56
3.3 CALCUL DES DOSES D'EXPOSITION PAR VOIE DIGESTIVE 60
CHAPITRE VII. CARACTERISATION DES RISQUES 63
1 MÉTHODOLOGIE 64
1.1 SUBSTANCES À EFFETS À SEUIL 64
1.2 SUBSTANCES À EFFETS SANS SEUIL 65
1.3 RISQUE GLOBAL 65
2 EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES POUR LES SUBSTANCES À SEUIL 66
3 EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES POUR LES SUBSTANCES SANS SEUIL 70
CHAPITRE VIII. INCERTITUDES 71
1 INCERTITUDES RELATIVES À LA MODÉLISATION ATMOSPHÉRIQUE 72
1.1 INCERTITUDES LIÉES AU MODÈLE : VALIDATION DU MODÈLE ARIA IMPACT 72
1.2 INCERTITUDES LIÉES AUX DONNÉES D'ENTRÉE 73
1.2.1 Incertitudes liées aux émissions 73
1.2.2 Incertitudes liées aux mesures météorologiques 73
1.2.3 Incertitudes liées aux paramètres du modèle 73
1.3 INCERTITUDES LIÉES À LA VARIABILITÉ 74
2 INCERTITUDES RELATIVES À L'ÉVALUATION DES RISQUES SANITAIRES 74
2.1 FACTEURS DE SOUS-ESTIMATION DES RISQUES 74
2.2 FACTEURS DE SURESTIMATION DES RISQUES 74
2.3 FACTEURS DONT LE SENS D'INFLUENCE SUR LES RÉSULTATS N'EST PAS CONNU OU EST VARIABLE 75
CHAPITRE IX. CONCLUSION 76

Liste des tableaux

TABLEAU 1 : COMPOSÉS INVENTORIÉS ÉMIS À L'ATMOSPHÈRE 4
TABLEAU 2 : DONNÉES DE POPULATION 8
TABLEAU 3 : LOCALISATION DES HABITATIONS LES PLUS PROCHES 8
TABLEAU 4 : LISTE DES ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC DANS UN RAYON DE 3 KM AUTOUR DU SITE 12
TABLEAU 5 : RECENSEMENT AGRICOLE 2010 (RECENSEMENT LE PLUS RÉCENT DISPONIBLE) 15
TABLEAU 6 : CARACTÉRISTIQUES DE LA STATION DE MESURE SITUÉE DANS LA ZONE D'ÉTUDE) 24
TABLEAU 7 : RÉSULTATS DES MESURES ATMO PICARDIE - NO2 24
TABLEAU 8 : RÉSULTATS DES MESURES ATMO PICARDIE – PM10 24
TABLEAU 9 : RÉSULTATS DES MESURES ATMO PICARDIE – MÉTAUX 25
TABLEAU 10 : INTERPRÉTATION DE L'ÉTAT DU MILIEU « AIR » 25
TABLEAU 11 : CLASSIFICATIONS CIRC, US-EPA ET UNION EUROPÉENNE POUR LES EFFETS CANCÉRIGÈNES 29
TABLEAU 12 : IDENTIFICATION DES DANGERS PAR SUBSTANCES 30
TABLEAU 13 : DISPONIBILITÉ DES VALEURS TOXICOLOGIQUES DE RÉFÉRENCE (EXPOSITION CHRONIQUE) 33
TABLEAU 14 : VALEURS GUIDES 35
TABLEAU 15 : VALEURS TOXICOLOGIQUES DE RÉFÉRENCE RETENUES POUR LES EFFETS CHRONIQUES À SEUIL 39
TABLEAU 16 : VALEURS TOXICOLOGIQUES DE RÉFÉRENCE RETENUES POUR LES EFFETS CHRONIQUES SANS SEUIL 40
TABLEAU 17 : CLASSEMENT DES TRACEURS DE RISQUE SUIVANT LE RATIO FLUX/VTR 41
TABLEAU 18 : CONCENTRATION EN MOYENNE ANNUELLE DANS LA ZONE LA PLUS EXPOSÉE ET VALEURS GUIDES OMS 44
TABLEAU 20 : DOSES D'EXPOSITION PAR INHALATION DANS LA ZONE D'IMPACT LA PLUS EXPOSÉE 46
TABLEAU 21 : CONCENTRATIONS DANS LES SOLS 49
TABLEAU 22 : FACTEURS RELATIFS AUX VÉGÉTAUX 51
TABLEAU 23 : CONCENTRATIONS DANS LES PLANTES DUES AU DÉPÔT DE PARTICULES (TRANSFERT DÉPÔT/PLANTE) 51
TABLEAU 24 : FACTEURS DE BIOCONCENTRATION AIR/PLANTE (B_V EXPRIMÉS PAR RAPPORT À LA PLANTE FRAÎCHE) 52
TABLEAU 25 : PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES 52
TABLEAU 26 : CONCENTRATIONS DANS LES PLANTES LIÉES À L'ABSORPTION FOLIAIRE (TRANSFERT AIR/PLANTE) 53
TABLEAU 27 : FACTEURS DE BIOCONCENTRATION SOL/PLANTE (B_R EXPRIMÉS PAR RAPPORT À LA PLANTE FRAÎCHE) 54
TABLEAU 28 : CONCENTRATIONS DANS LES VÉGÉTAUX (TRANSFERT SOL/PLANTE) 54
TABLEAU 29 : CONTAMINATION TOTALE DES PLANTES (VIA LE SOL, L'AIR ET LES DÉPÔTS DE PARTICULES) 55
TABLEAU 30 : COEFFICIENT DE BIO-TRANSFERT DANS LES PRODUITS ANIMAUX (BA EXPRIMÉS PAR RAPPORT À LA MASSE FRAÎCHE DE PRODUIT) 56
TABLEAU 31 : CONTAMINATION DES PRODUITS D'ORIGINE ANIMALE LIÉE À L'INSTALLATION 60
TABLEAU 32 : PARAMÈTRES RELATIFS AUX DIFFÉRENTES CATÉGORIES D'ÂGE DANS LA ZEAT BASSIN PARISIEN EST (DONNÉES CIBLEX) 61
TABLEAU 33 : FRACTION D'ALIMENTS AUTO-PRODUITS DANS LA ZEAT BASSIN PARISIEN EST (DONNÉES CIBLEX) 61
TABLEAU 34 : DOSE JOURNALIÈRE D'EXPOSITION TOTALE POUR CHAQUE TRANCHE D'ÂGE 62
TABLEAU 35 : QUOTIENTS DE DANGER POUR LES TRACEURS DU RISQUE À SEUIL PAR INHALATION 66
TABLEAU 36 : QUOTIENTS DE DANGER POUR LES TRACEURS DU RISQUE À SEUIL PAR INGESTION 67
TABLEAU 37 : QUOTIENTS DE DANGER POUR LES TRACEURS DU RISQUE À SEUIL PAR ORGANE CIBLE 69
TABLEAU 38 : EXCÈS DE RISQUE INDIVIDUEL POUR LES TRACEURS DU RISQUE SANS SEUIL 70
TABLEAU 39 : DOSES JOURNALIÈRES D'EXPOSITION POUR LA VOIE DIGESTIVE 140

Liste des figures

FIGURE 1 : LES 4 ÉTAPES DE LA DÉMARCHE INTÉGRÉE 2
FIGURE 2 : POSITION DES DIFFÉRENTS POINTS DE REJET DANS L'AIR 5
FIGURE 3 : COMMUNES PRÉSENTES DANS UN RAYON DE 3 KM 7
FIGURE 4 : LOCALISATION DES HABITATIONS LES PLUS PROCHES ET DU DOMAINE D'ÉTUDE 9
FIGURE 5 : LOCALISATION DES ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP) 13
FIGURE 6 : OCCUPATION DU SOL (DONNÉES CORINE LAND COVER) 14
FIGURE 7 : LOCALISATION DES POINTS D'EAU 16
FIGURE 8 : LIEUX DE PÊCHE ET DE BAIGNADE 17
FIGURE 9 : SCHÉMA CONCEPTUEL D'EXPOSITION AUTOUR DE LA FONDERIE DE LAIGNEVILLE 20
FIGURE 10 : LOCALISATION DES STATIONS DE MESURES ATMO PICARDIE SUR LA RÉGION DE CREIL 23
TABLEAU 7 : RÉSULTATS DES MESURES ATMO PICARDIE - NO2 24
TABLEAU 8 : RÉSULTATS DES MESURES ATMO PICARDIE – PM10 24
TABLEAU 9 : RÉSULTATS DES MESURES ATMO PICARDIE – MÉTAUX 25
TABLEAU 10 : INTERPRÉTATION DE L'ÉTAT DU MILIEU « AIR » 25
FIGURE 11 : LOGIGRAMME POUR LE CHOIX DES VTR (DGS) 32
FIGURE 12 : CONTAMINATION DES VÉGÉTAUX (EPA, 1998) 50

Liste des annexes

ANNEXE A : FICHES TOXICOLOGIQUES

ANNEXE B : RÉSULTATS PAR TRANCHE D'ÂGE DE LA CARACTÉRISATION DES RISQUES SANITAIRES POUR L'EXPOSITION PAR VOIE DIGESTIVE

GLOSSAIRE

AFSSA	Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments
ANSES	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
INSEE	Institut national de la statistique et des études économiques
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
µg	Microgrammes = 10^{-6} g
CI	Concentration Inhalée
CIRC	Centre International de Recherche sur le Cancer
DGS	Direction Générale de la Santé
ERI	Excès de Risque Individuel
ERU	Excès de Risque Unitaire
fg	Femtogrammes = 10^{-15} g
pg	Picogramme = 10^{-12} g
INERIS	Institut National de l'Environnement et des RISques
InVS	Institut de Veille Sanitaire
ng	Nanogrammes = 10^{-9} g
NO_2	Dioxyde d'azote
OEHHA	Office of Environmental Health Hazard Assessment
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
QD	Quotient de Danger
RIVM	Rijksinstituut Voor Volksgezondheid (Institut National de Santé Publique et de l'Environnement des Pays-Bas)
US-EPA	United State Environment Protection Agency
VTR	Valeur Toxicologique de Référence

CADRE DE L'ETUDE - METHODOLOGIE

L'évaluation est menée en application de la circulaire DGPR & DGS du 9 août 2013 et conformément au guide « Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions des substances chimiques par les installations classées » publié par l'INERIS en août 2013. La démarche intégrée se déroule en quatre étapes :

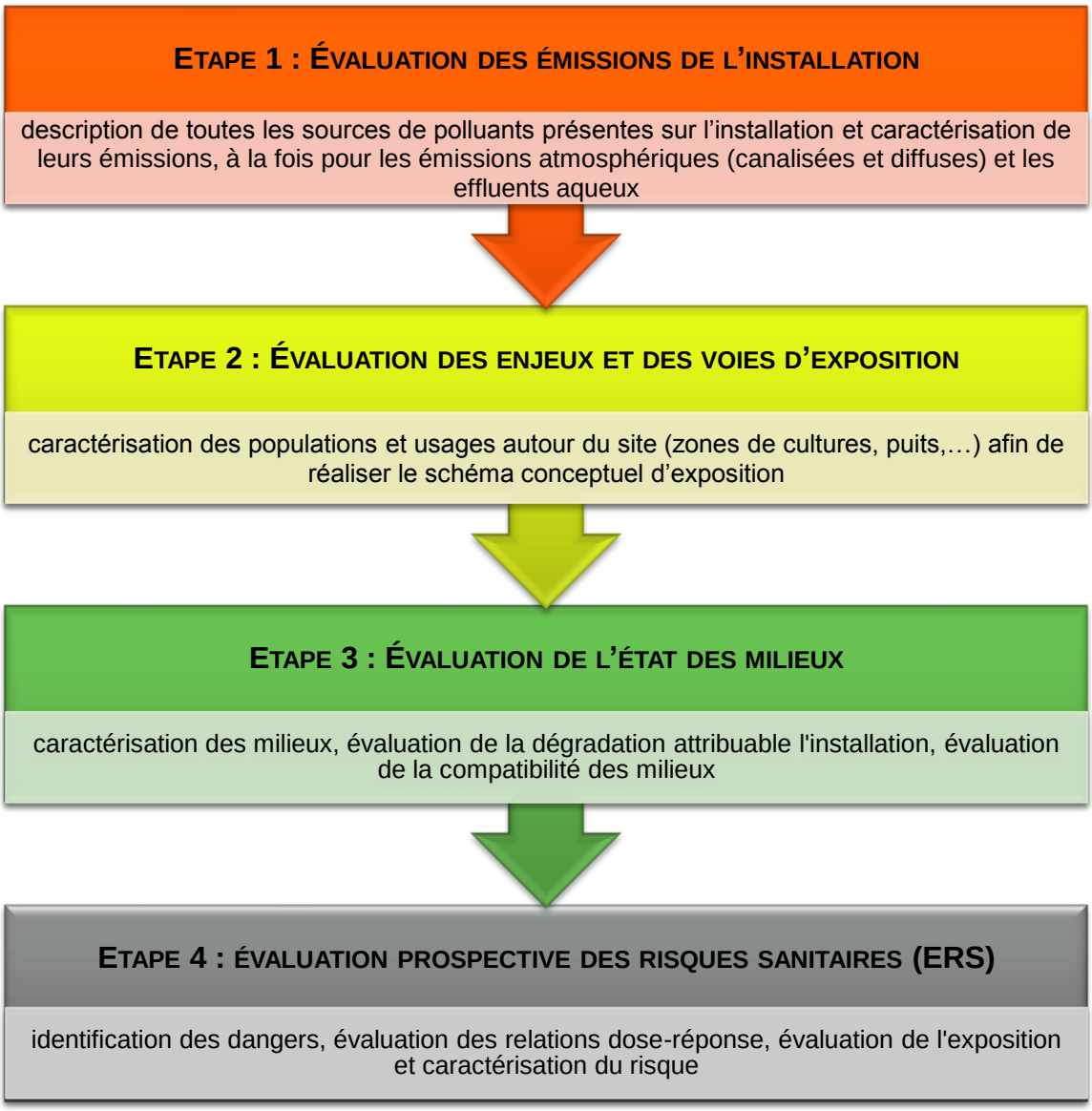


Figure 1 : Les 4 étapes de la démarche intégrée

Le présent rapport a été établi sur la base des informations transmises à SGS MULTILAB, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives de la règlementation, en vigueur au moment de la réalisation du dossier (version 1).

La responsabilité d'SGS MULTILAB ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été fournies sont incomplètes ou erronées.

CHAPITRE I.
INVENTAIRE QUALITATIF ET QUANTITATIF DES ÉMISSIONS

1 COMPOSES INVENTORIES

Les composés ou familles de composés émis par la fonderie de Laigneville sont présentés dans le Tableau 1.

Nom	N°CAS	Formule
Poussières	-	-
Monoxyde de carbone	630-08-0	CO
Dioxyde d'azote	10102-44-0	NO_2
Ammoniac	7664-41-7	NH_3
Phénol	108-95-2	-
Dioxines	-	-
Formaldéhyde	50-00-0	-
Diméthylaminoéthanol (DMEA)	108-01-0	-
Antimoine	7440-36-0	Sb
Arsenic	7440-38-2	As
Cadmium	7440-43-9	Cd
Chrome	7440-47-3	Cr
Cobalt	7440-84-4	Co
Cuivre	7440-50-8	Cu
Etain	7440-31-5	Sn
Mercure	7439-97-6	Hg
Manganèse	7439-96-5	Mn
Nickel	7440-02-0	Ni
Plomb	7439-92-1	Pb
Sélénium	7782-49-2	Se
Tellure	13494-80-9	Te
Thallium	7440-28-0	Tl
Vanadium	7440-62-2	V
Zinc	7440-66-6	Zn

Tableau 1 : Composés inventoriés émis à l'atmosphère

2 INVENTAIRE DES EMISSIONS ATMOSPHERIQUES

L'inventaire des émissions atmosphériques du site a été réalisé en concertation avec Montupet S.A.

La Figure 2 présente la position des différents points de rejet dans l'air.

Figure 2 : Position des différents points de rejet dans l'air

Les caractéristiques des sources sont détaillées dans l'annexe 1 de l'étude d'impact :

Annexe 1 – Étude d'impact Volet AIR

CHAPITRE II.
ÉVALUATION DES ENJEUX ET DES VOIES D'EXPOSITION

Le site se situe sur la commune de Laigneville (60). L'environnement du site est rural à l'ouest avec la présence de cultures tout autour du site et plus urbain au sud-est (centres urbains de Nogent-sur-Oise, Villers-Saint-Paul).

1 POPULATIONS

Onze communes se trouvent dans le rayon de 3 km autour du site : Angicourt, Cauffry, Laigneville, Liancourt, Mogneville, Monchy-Saint-Eloi, Montataire, Nogent-sur-Oise, Rousseloy, Saint-Vaast-lès-Mello et Villers-Saint-Paul.

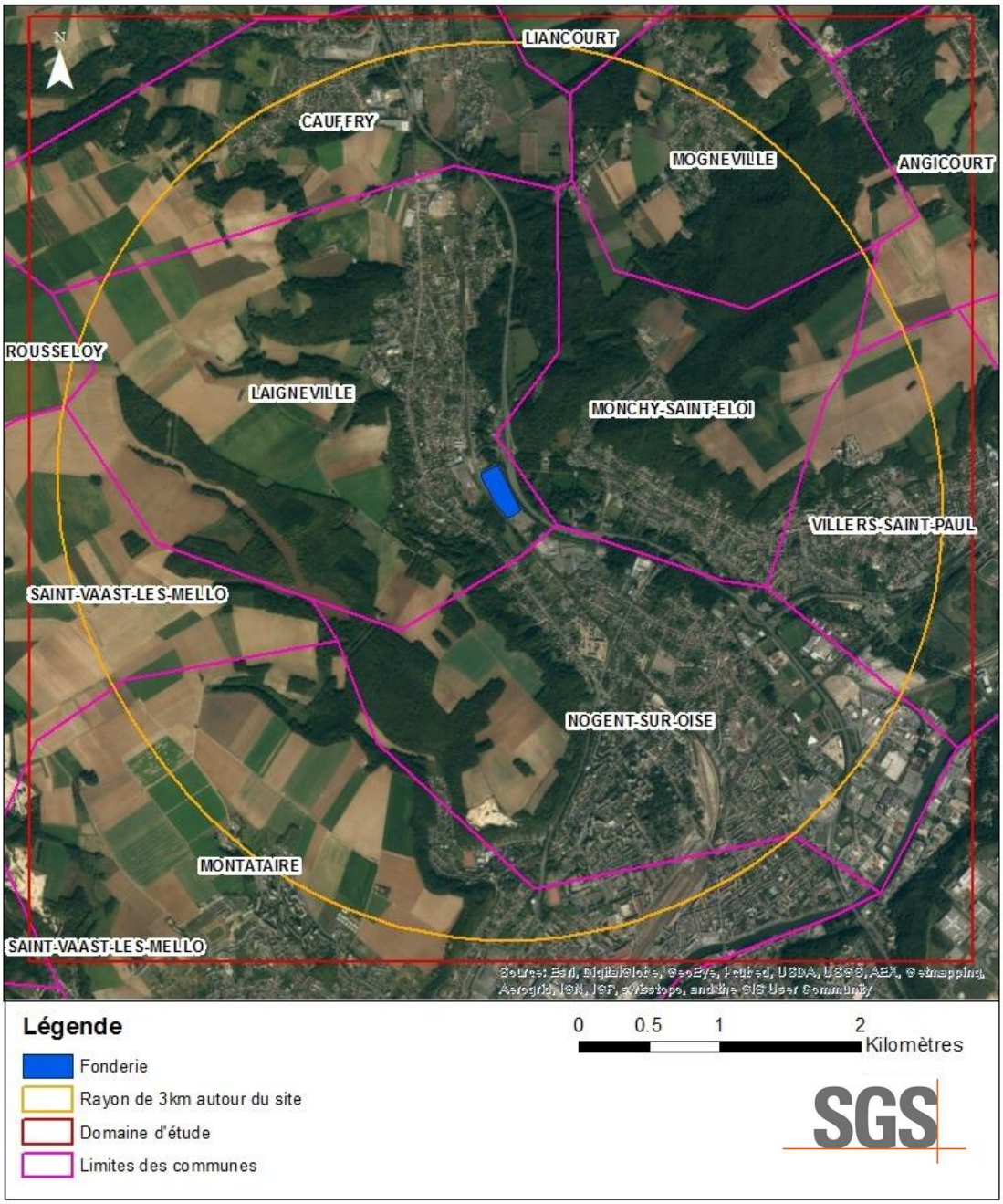


Figure 3 : Communes présentes dans un rayon de 3 km

Le Tableau 2 indique les données de population pour les onze communes précédemment citées.

Communes	Population principale 2006	Population principale 2011	Population principale 2011 pour les 0-14 ans	Densité de population en 2011 (hab./km²)
Angicourt*	1 653	1 574	277	342
Cauffry	2 273	2 449	472	483
Laigneville	3 815	4 168	854	1 083
Liancourt*	7 110	7 207	1 257	1 423
Mogneville	1 425	1 522	380	183
Monchy-Saint-Éloi	2 021	2 108	409	507
Montataire*	12 209	12 626	2 960	3 457
Nogent-sur-Oise	19 257	18 996	4 266	4 012
Rousseloy*	309	303	61	38
Saint-Vaast-lès-Mello*	882	1 007	262	139
Villers-Saint-Paul	5 873	6 274	1 491	497

** pour ces communes, le centre-ville n'est pas inclus dans le domaine d'étude*

Tableau 2 : données de population

(Source : Insee, Recensements de la population, mis en ligne le 26/06/2014)

Les habitations les plus proches de l'installation se trouvent à environ 150 mètres au nord-ouest des limites du site (point 4 sur la Figure 4) et à environ 200 mètres à l'ouest des limites du site (points 1 et 3 sur la Figure 4).

Numéro	Nom
1	Premières habitations au sud du site
2	Premières habitations au sud-ouest du site
3	Premières habitations à l'ouest du site
4	Premières habitations au nord-ouest du site
5	Premières habitations au nord du site
6	Première habitation au nord-est du site
7	Première habitation à l'est du site
8	Premières habitations au sud-est du site
9	Ecoles de Laigneville

Tableau 3 : Localisation des habitations les plus proches

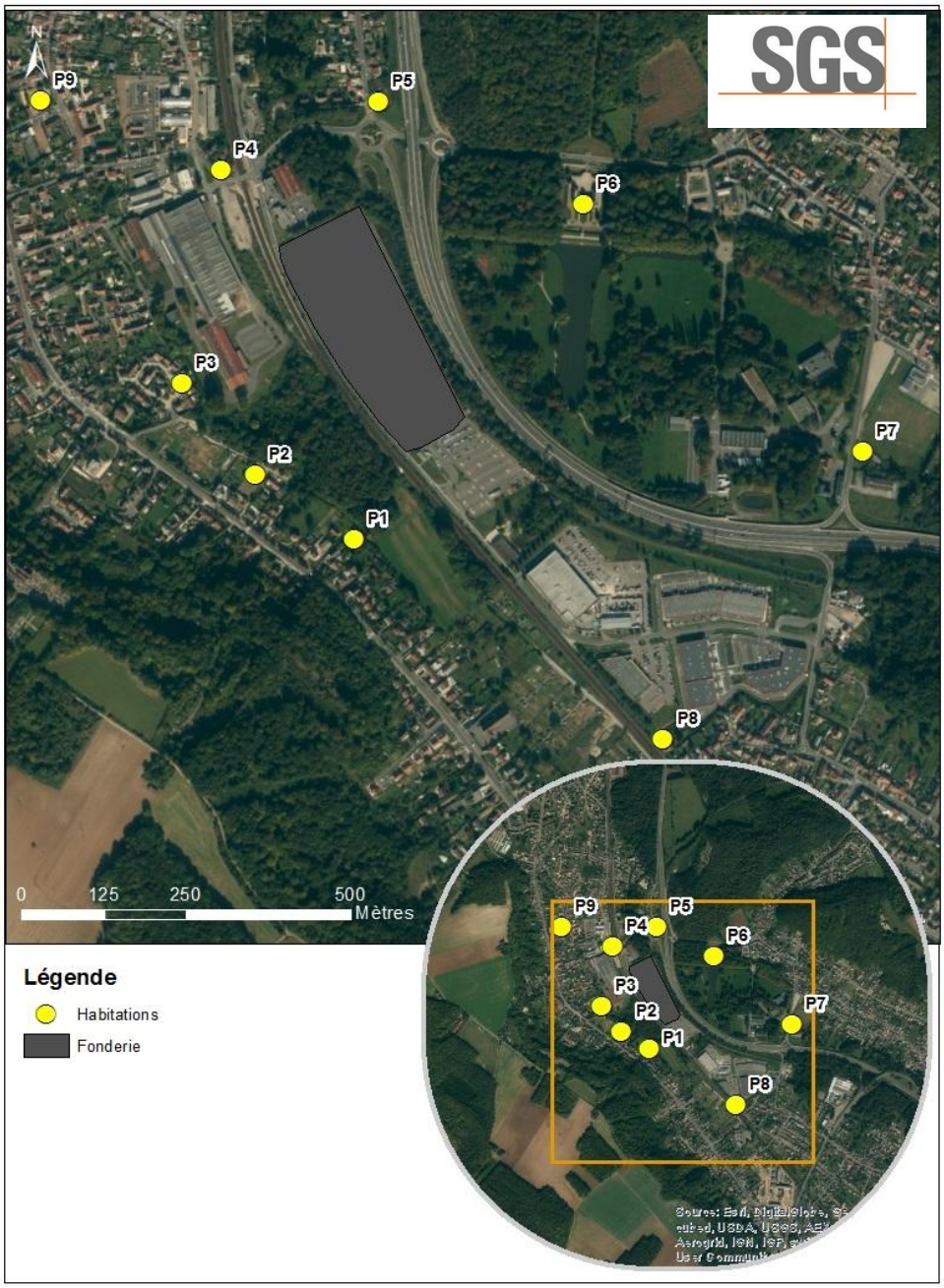


Figure 4 : Localisation des habitations les plus proches et du domaine d'étude

2 ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

Les Etablissements Recevant du Public (ERP) représentent « tous bâtiments ou locaux dans lesquels des personnes sont admises, soit librement, soit moyennant une rétribution ou une participation quelconque, ou dans lesquels sont tenues des réunions ouvertes à tout venant ou sur invitation, payantes ou non. Sont considérées comme faisant partie du public toutes les personnes admises dans l'établissement à quelque titre que ce soit en plus du personnel ».

Les établissements recevant du public dits « sensibles » accueillent des enfants et des personnes âgées ou présentant des difficultés d'évacuation. Par conséquent, ils sont principalement constitués d'écoles et d'établissements de santé.

Parmi les ERP « sensibles », cinq crèches et haltes-garderies ont été recensées sur les communes du domaine d'étude. Trois établissements se trouvent dans un rayon de 3 km autour du site, ils accueillent environ 95 enfants.

Quarante-sept écoles maternelles et primaires sont recensées sur les communes du domaine d'étude (source : inspections académiques). Parmi ces écoles, 23 se situent dans un rayon de 3 km autour du site. Dix collèges et lycées ont été recensés sur le domaine d'étude. Parmi eux, six se trouvent dans le rayon de 3 km autour du site.

Trente-deux établissements sanitaires et sociaux ont été recensés sur les communes du domaine d'étude (source : FINESS[1]). Parmi ces établissements, 17 font partis de la zone d'étude de 3 km.

Les activités de sport et de loisirs de plein air ont été recensées sur la zone d'étude à partir des fichiers statistiques du Ministère de la jeunesse et des sports. Vingt-neuf équipements sportifs sont recensés dans la zone d'étude.

Le Tableau 4 indique les ERP situés dans un rayon de 3 km autour du site et la Figure 5 les localise.

Commune	Établissements	Dénomination	Adresse	Effectif
Cauffry	Ecoles	Collège du Marais	Route de Sailleville	480
	Etab. santé et social	IEM APF	Route de Sailleville	13
	Equipements sportifs	Complexe Henri Besse	-	-
Laigneville	Ecoles	Ecole élémentaire et maternelle Sailleville	131 rue Henri Thébault	163
		Ecole élémentaire Georges Brassens	Rue de la Commanderie	123
		Ecole maternelle	86 rue Maubertier	83
		Ecole élémentaire et maternelle l'Aunois	355 rue des Cerisiers	139
	Equipements sportifs	Gymnase	-	-
		Plateau d'évolution	-	-
		HLM de Sailleville	-	-
		Plateau EPS de Sailleville	-	-
		Terrain de football ASL	-	-
Mogneville	Equipements sportifs	Parc de Chedeville	-	-
Monchy-Saint-Eloi	Ecoles	Ecole maternelle Clos Saint-Paul	1 rue du Clos Saint-Paul	101
		Ecole élémentaire Eugène Cauchois	35 rue Eugène Cauchois	151

[1] Fichier National des Etablissements Sanitaires et Sociaux

Commune	Établissements	Dénomination	Adresse	Effectif
Montataire	Etab. santé et social	Service Action Educative en milieu ouvert	Boulevard Pierre de Coubertin	-
		Foyer de travailleurs migrants	129 rue Jean Jaurès	292
	Equipements sportifs	Complexe sportif Armand Bellard	-	-
		Parcours CRAPA	-	-
Nogent-sur-Oise	Crèches	Halte-garderie Commanderie	Quartier de la commanderie	10
		Multi-accueil Docteur Schweitzer	8 rue du Docteur Schweitzer	65
	Ecoles	Ecole élémentaire Carnot	148 rue Carnot	240
		Ecole élémentaire Georges Charpak	13 allée Phileas Lebesgue	294
		Ecole élémentaire Jean Moulin	28 bis rue de la Liberté	160
		Ecole élémentaire l'Obier	10 rue du Professeur Calmette	284
		Ecole élémentaire Paul Bert	9 rue Paul Bert	337
		Ecole maternelle Carnot	144 rue Carnot	151
		Ecole maternelle Françoise Dolto	9 allée Phileas Lebesgue	103
		Ecole maternelle Jean Moulin	28 bis rue de la Liberté	120
		Ecole maternelle l'Obier	4 rue du Professeur Calmette	204
		Ecole maternelle Madelaine Brès	15 allée Phileas Lebesgue	128
		Ecole maternelle Paul Bert	5 rue Paul Bert	227
		Ecole primaire application Perrault Verne Kergomard	84 rue Jean Jaurès	288
		Collège Marcelin Berthelot	13 rue du Moustier	-
		Collège Edouard Herriot	43-45 rue Edouard Herriot	-
		Lycée Marie Curie	47 boulevard Pierre de Coubertin	-
	Etab. santé et social	Centre d'accueil d'urgence	Rue du Général de Gaulle	42
		Centre d'accueil d'urgence Adohj	50 rue du Général de Gaulle	5
		Centre d'action éducative	44 rue du Général de Gaulle	162
		Centre Médico-Psycho-Pédagogique SNCF	2 rue Bogaert	-
		Centre d'accueil d'urgence Tandem immobilier	La Commanderie	-
		EHPAD AMV – Résidence Saint-Vincent-de-Paul	2 rue de la Vallée	130
		Foyers jeunes travailleurs La Fuitaie	50 rue du Général de Gaulle	141
		Foyer de travailleurs migrants	42 avenue Saint-Exupéry	148

Commune	Établissements	Dénomination	Adresse	Effectif
		Logement-foyer – Résidence Saint-Exupéry	3 avenue Saint-Exupéry	63
		Foyer jeunes travailleurs Les Trois Rois	3 rue Diderot	33
		Accueil ou accompagnement sans hébergement d'enfants handicapés – L'aquarel	9 rue Ronsard	15
		Service de Soins Infirmiers à Domicile	106 rue Faidherbe	261
	Equipements sportifs	Centre de loisirs : CER SNCF	-	-
		Gymnase de l'Obier	-	-
		Stade du Moustier	-	-
		Gymnase des Granges	-	-
		Complexe sportif Georges Lenne	-	-
		Gymnase Carnot	-	-
		Gymnase Paul Bert	-	-
		Stade Marie Curie / Salle Georges Petit	-	-
		Gymnase Jean Moulin	-	-
		Plateau EPS	-	-
		Gymnase Marcelin Berthelot	-	-
		City stade quartier des rochers	-	-
Villiers-Saint-Paul	Crèches	Maison des Lutins	23 rue Belle Visée	20
	Ecoles	Ecole élémentaire Jean Moulin	27 rue Belle Visée	194
		Ecole élémentaire Jean Rostand / Saint-Exupéry	Allée Bellevue	218
		Ecole maternelle Jean Moulin	27 rue Belle Visée	117
		Ecole maternelle Jean Rostand	Allée Bellevue	128
		Collège Emile Lambert	Rue Charles Notaire	-
	Equipements sportifs	Plateau EPS	-	-
		Plateau Belle Visée	-	-
		Gymnase Emile Lambert	-	-
		City stade	-	-

Tableau 4 : Liste des Etablissements Recevant du Public dans un rayon de 3 km autour du site

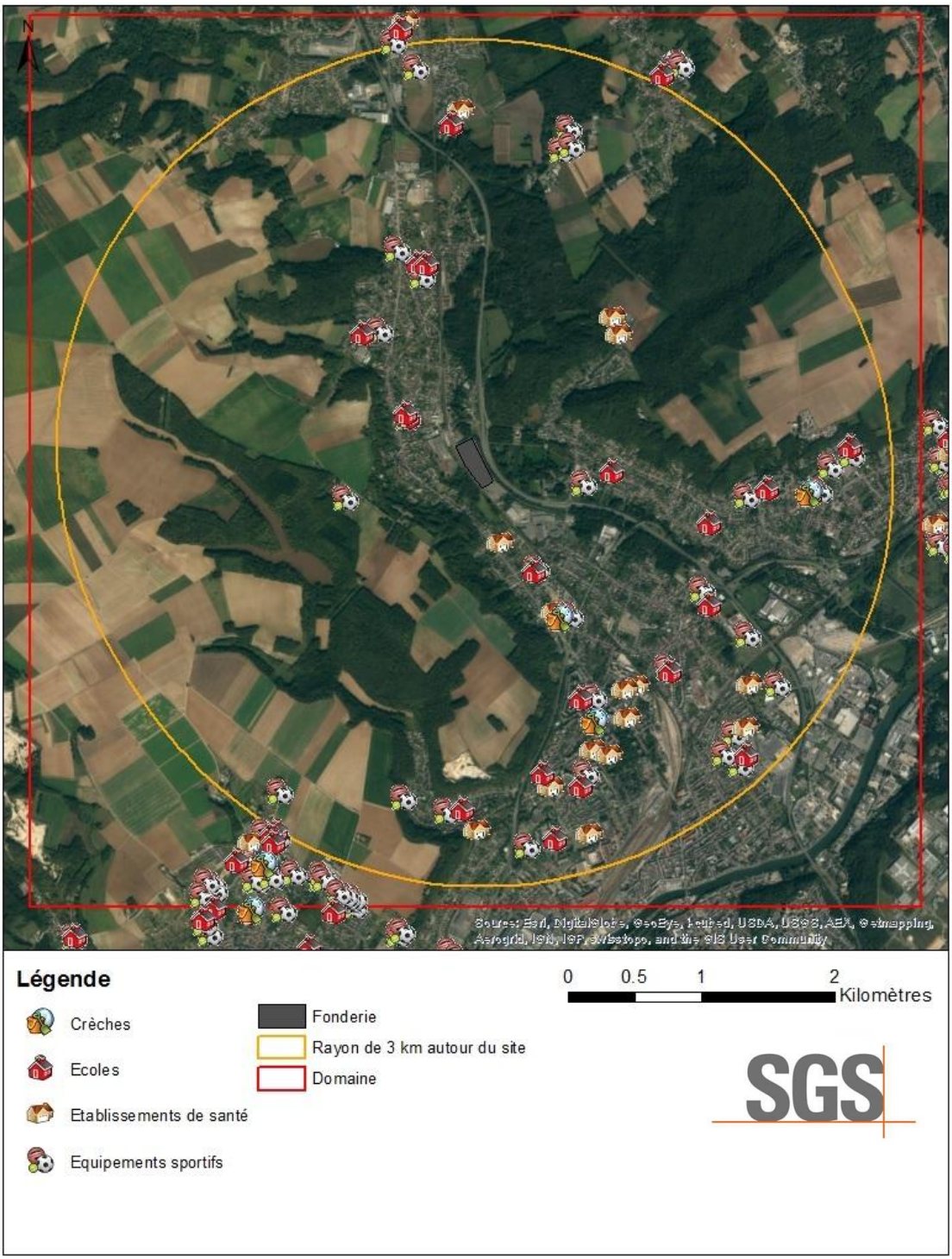


Figure 5 : Localisation des Etablissements Recevant du Public (ERP)

3 USAGES AUTOUR DU SITE

3.1 OCCUPATION DES SOLS

La fonderie se situe dans une zone urbaine ; cependant le site est également entouré de zone plus rurale (zones agricoles, de prairies). Ces principales zones sont localisées sur la Figure 6 (données issues de la base CORINE Land Cover 2006[2]).

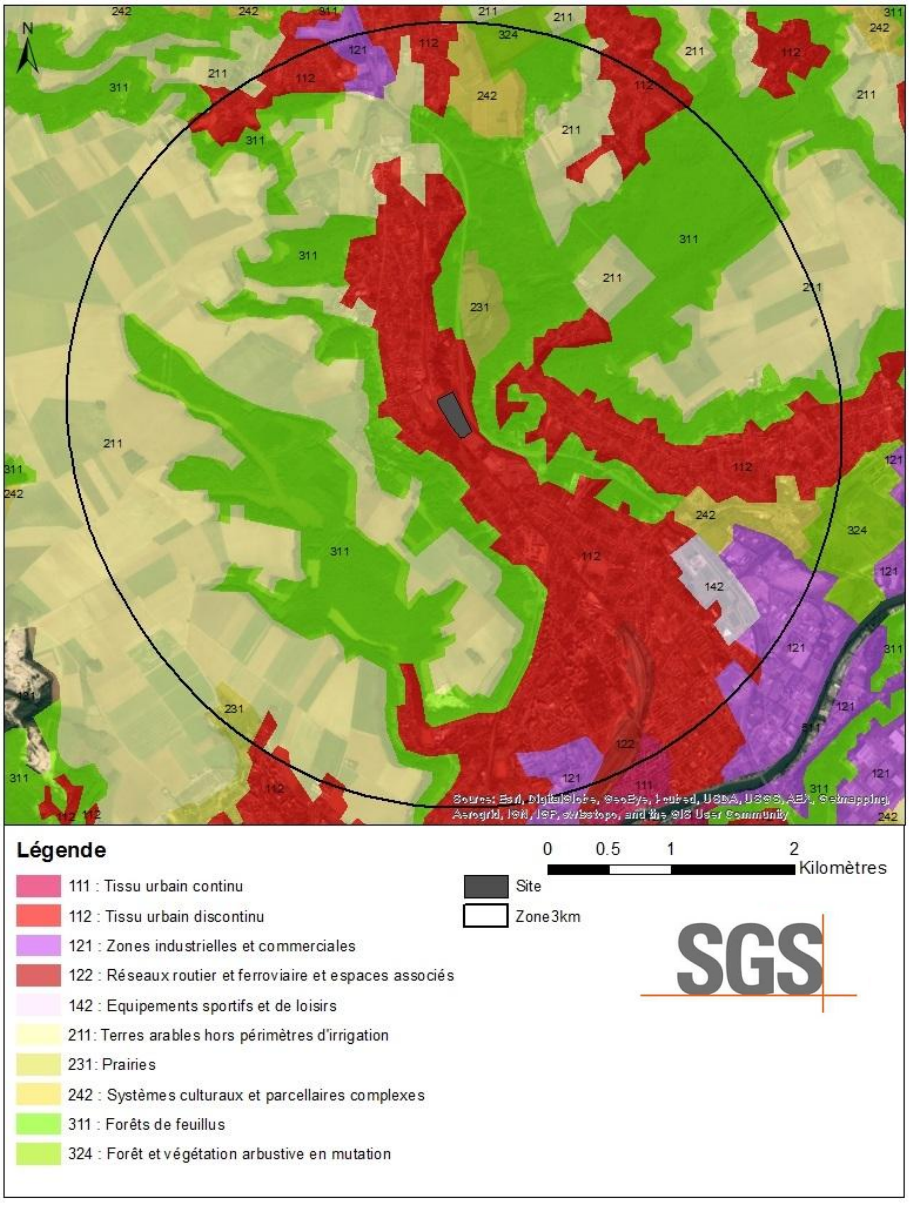


Figure 6 : occupation du sol (données CORINE Land Cover)

[2] base de données géographique d'occupation des sols CORINE Land Cover, dite CLC, produite dans le cadre du programme européen de coordination de l'information sur l'environnement CORINE, http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/

3.2 USAGES AGRICOLES

Comme le montre la Figure 6, bien qu'en zone urbaine, la fonderie de Laigneville est également entourée de cultures et de prairies.

Le Tableau 5 présente les résultats du recensement général agricole 2010. Le recensement agricole offre un portrait instantané, complet et détaillé, du secteur de l'agriculture (population agricole, surfaces végétales, y compris viticoles, effectifs animaux, moyens de production, activités annexes, etc.).

Communes	Orientation technico-économique de la commune	Exploitations agricoles ayant leur siège dans la commune	Cheptel en unité de gros bétail, tous aliments	Superficie agricole utilisée en hectare	Superficie en terres labourables en hectare	Superficie en cultures permanentes en hectare	Superficie toujours en herbe en hectare
Angicourt	-	0	0	0	0	0	0
Cauffry	Polyculture et polyélevage	4	98	252	235	s	5
Laigneville	Cultures générales	3	30	284	s	0	13
Liancourt	Polyculture et polyélevage	2	57	82	s	0	s
Mogneville	Cultures générales	3	100	208	180	0	s
Monchy-Saint-Eloi	-	0	0	0	0	0	0
Montataire	Cultures générales	6	35	351	334	0	s
Nogent-sur-Oise	-	0	0	0	0	0	0
Rousseloy	Céréales et oléoprotéagineux	2	0	410	s	0	s
Saint-Vaast-lès-Mello	Cultures générales	4	21	790	787	0	s
Villers-Saint-Paul	Polyculture et polyélevage	3	5	159	s	0	s

s : donnée soumise au secret statistique

** : données du recensement agricole de 2000 faute d'information pour 2010*

Tableau 5 : Recensement agricole 2010 (recensement le plus récent disponible)

3.3 RECENSEMENT DES POINTS D'EAU

La Figure 7 localise les puits, forages, sources et captages d'Alimentation en Eau Potable (AEP) situés dans un rayon de 3 km autour du site. Ces données sont issues de la banque de données BSS Eaux, disponible sur le site http://infoterre.brgm.fr/.

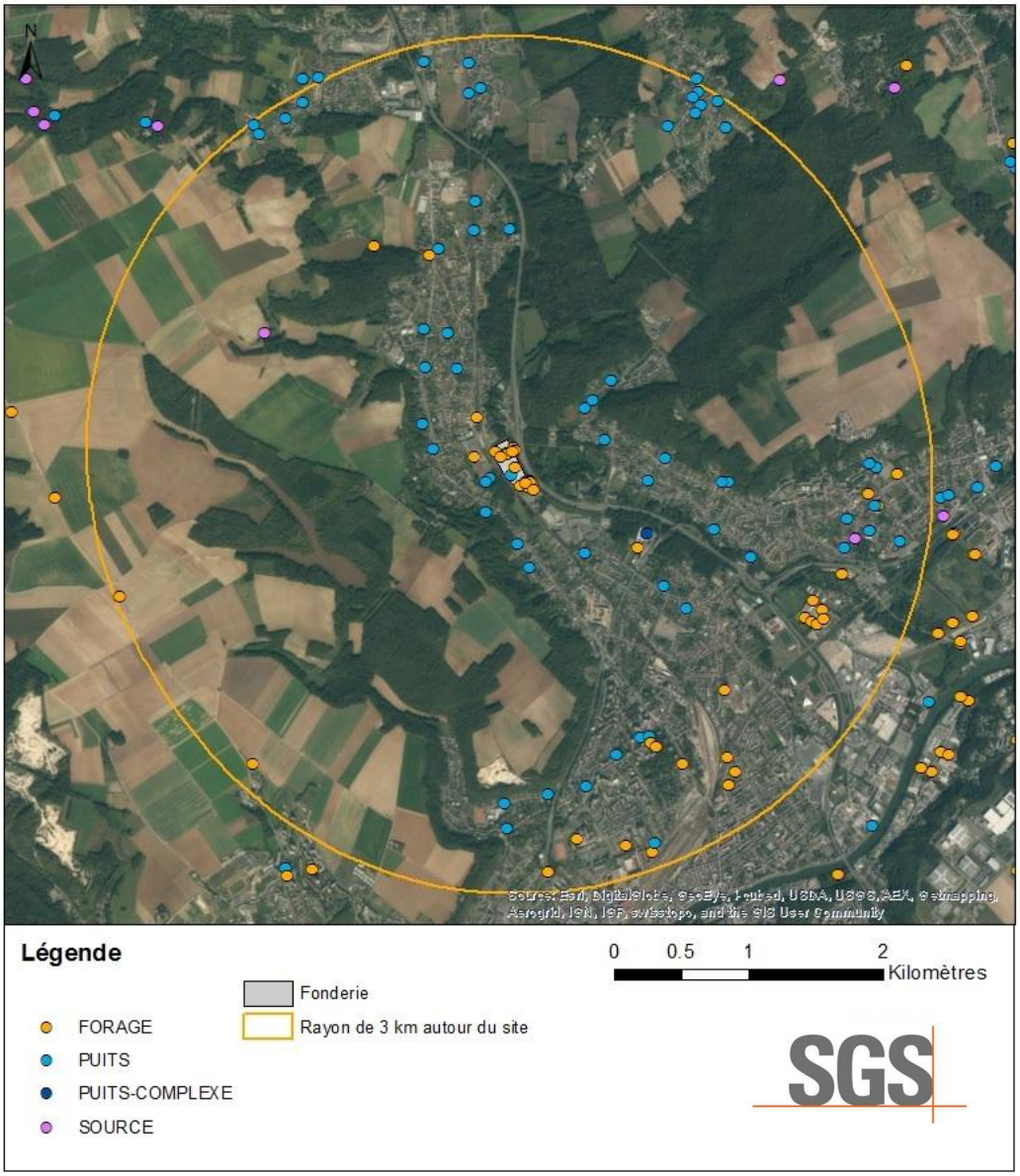


Figure 7 : localisation des points d'eau

3.4 ACTIVITÉ DE LOISIRS

La fédération départementale de pêche (http://www.federationpeche.fr/60/) fournit la liste des rivières et plans d'eau où il est possible de pêcher. Ils sont présentés sur la Figure 8. La pêche est possible sur la rivière de la Brêche sur les communes de Laigneville et de Monchy-Saint-Eloi, ainsi que sur l'Etang du Marais à Villers-Saint-Paul.

Aucune zone de baignade n'a été recensée sur la zone d'étude (source : Ministère de la Santé/Baignades).

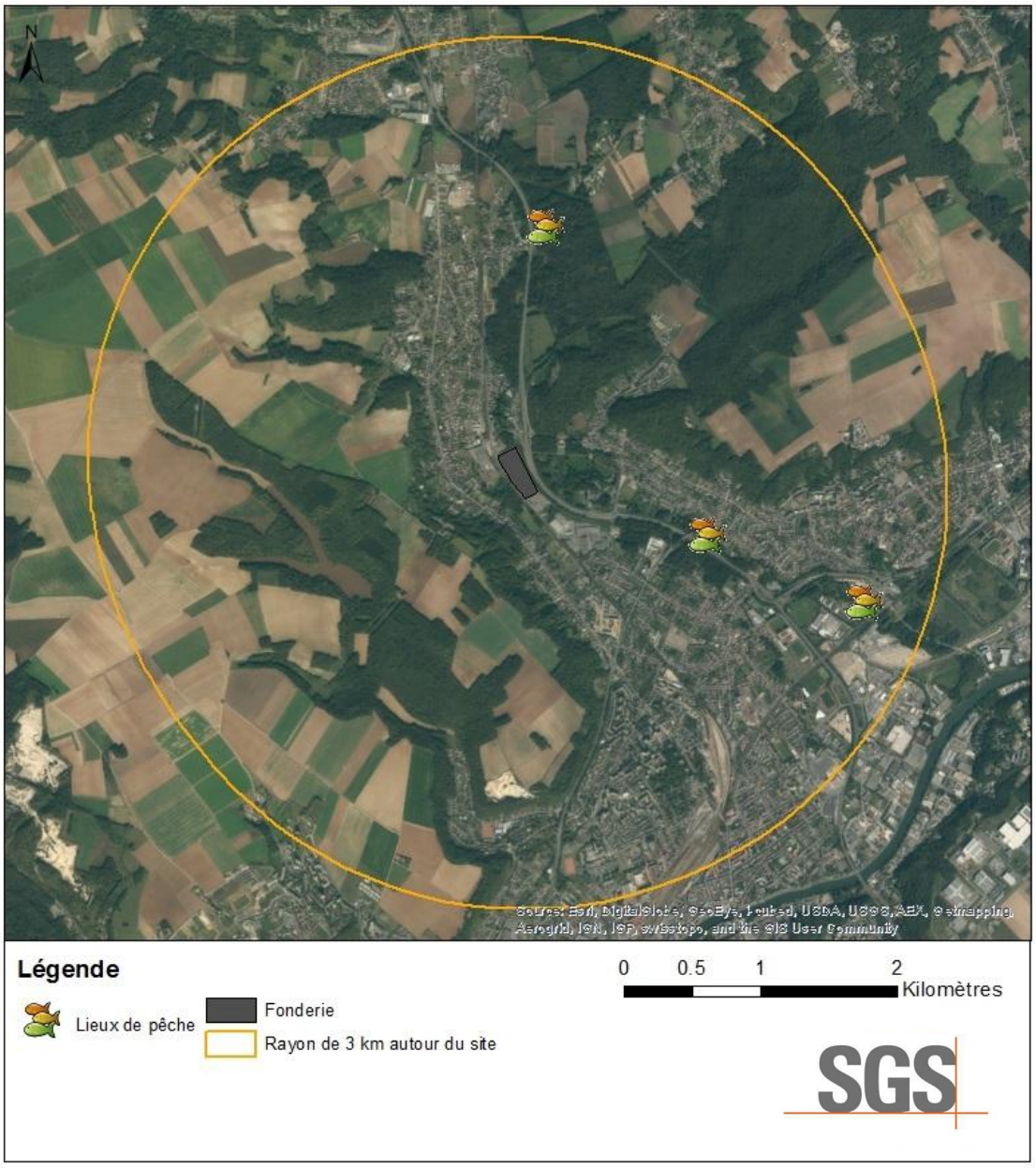


Figure 8 : Lieux de pêche et de baignade

CHAPITRE III.
SCHÉMA CONCEPTUEL D'EXPOSITION

Compte tenu des rejets du site, la voie d'exposition à considérer en premier lieu est l'inhalation des substances émises à l'atmosphère.

L'exposition des personnes vivant au voisinage d'une installation industrielle émettrice d'effluents dans l'atmosphère peut se produire :

- soit directement par inhalation pour toutes les substances émises à l'atmosphère ;
- soit de façon indirecte par ingestion par le biais de retombées de particules responsables de la contamination de la chaîne alimentaire ;
- soit par contact cutané.

Les personnes habitant ou travaillant à proximité du site inhalent l'air ambiant. Elles sont donc susceptibles d'être exposées de manière directe par inhalation aux effets des rejets atmosphériques du site. Cette voie d'exposition est donc conservée.

En ce qui concerne la voie cutanée, elle ne sera pas conservée. Elle peut être en effet considérée comme négligeable par rapport à l'inhalation et l'ingestion. De plus, il n'existe pas de valeur toxicologique de référence (VTR) pour cette voie d'exposition[3].

L'exposition par ingestion peut être :

- soit **directe par le biais d'ingestion de poussières** (mains, objets ou aliments souillés par de la terre et portés à la bouche). Des études expérimentales ont en effet permis d'estimer la part de poussières et de sols ingérés par les personnes exposées pour différentes tranches de la vie. Il est montré que les enfants, de par leurs jeux et comportements, ingèrent de plus grandes quantités de terre que les adultes ;
- soit **indirecte par le transfert de contaminants au travers de la chaîne alimentaire**. Cette voie concerne les composés susceptibles de se redéposer et qui ont de plus un caractère bio-cumulatif, c'est-à-dire qui ont la possibilité de s'accumuler sans être dégradés dans les végétaux et animaux. C'est le cas du naphtalène et du nickel.

L'exposition par ingestion de sol sera étudiée.

Compte tenu de la présence de prairies à proximité du site, l'élevage est possible dans la zone d'étude. De plus, des cultures sont recensées tout autour de la fonderie C'est pourquoi la voie digestive sera conservée pour les substances pouvant s'accumuler dans la chaîne alimentaire, à savoir les dioxines et les métaux.

Ainsi, au regard des données locales relatives à la caractérisation des milieux (cf. CHAPITRE II) :

- l'existence de cultures ou de jardins potagers privés ne peut être exclue autour du site :
  - ⇨ l'exposition par ingestion de fruits et légumes est possible et sera donc prise en compte dans cette étude.
- quelques élevages (professionnels) sont susceptibles de se trouver sur la zone d'étude. De plus, l'élevage de volailles en plein air par des particuliers ne peut être écarté :
  - ⇨ l'exposition par ingestion de la viande et du lait de bovins potentiellement élevés dans la zone d'étude est conservée ;
  - ⇨ l'exposition par ingestion de viande de volailles et d'œufs est possible et sera donc prise en compte dans cette étude.

[3] La circulaire de la DGS du 31 octobre 2014 précise en effet qu'«en l'absence de procédures établies pour la construction de VTR pour la voie cutanée, envisager aucune transposition à cette voie de VTR disponibles pour les voies orale ou respiratoire »

Comme exposé précédemment (cf. paragraphe CHAPITRE II paragraphe 3.3), les eaux usées sont rejetées dans le réseau public d'assainissement. Il n'y a donc aucun rejet direct dans le milieu naturel, et par conséquent dans les eaux des lieux de pêche recensés. De plus, aucun lieu de baignade n'a été recensé dans un rayon de 3 km autour du site. **La voie d'exposition des populations par ingestion de poissons ou par ingestion d'eau lors de la baignade ou par contact cutané est donc écartée.**

L'exposition *via* l'ingestion d'eau du robinet n'est pas retenue dans la présente étude. En effet, l'eau consommée à partir du robinet subit un traitement en usine d'eau potable qui lui confère une composition différente de celle de la ressource utilisée.

Les voies suivantes ne sont pas à étudier, car très minoritaires :

- l'inhalation de particules de sol remises en suspension dans l'air ;
- l'absorption cutanée des gaz et particules en suspension dans l'air ;
- l'ingestion d'animaux terrestres chassés dans la zone d'influence des rejets atmosphériques de l'installation ;
- l'ingestion de poissons pêchés (peu influencé par les rejets atmosphériques).

Compte tenu des rejets du site, des usages et des populations avoisinantes, les voies d'exposition retenues sont donc :

- **l'inhalation,**
- **l'ingestion de sol,**
- **l'ingestion de viande, volailles, lait, produits laitiers,**
- **l'ingestion de fruits et légumes.**

Le Schéma Conceptuel d'Exposition autour du site est présenté sur la Figure 9.

Figure 9 : schéma conceptuel d'exposition autour de la fonderie de Laigneville

CHAPITRE IV.
EVALUATION DE L'ETAT DES MILIEUX

La réalisation du schéma conceptuel d'exposition (cf. paragraphe CHAPITRE III) a permis de retenir les milieux d'exposition suivants :

- Milieu Air
- Milieu Sol
- Milieu Végétaux

L'évaluation de l'état des milieux sera donc réalisée pour ces milieux d'exposition.

1 METHODOLOGIE

L'évaluation de l'état des milieux se base sur les mesures dans l'environnement qui doivent être représentatives de la zone d'intérêt, définie ici comme la zone comprise dans un rayon de 3 km autour du site.

L'interprétation de l'état des milieux est une évaluation de la situation actuelle de l'environnement impacté par l'ensemble des activités de la zone sur la base des mesures réalisées dans les milieux et de leurs usages fixés. Il permet d'évaluer la vulnérabilité des milieux en fonction de leurs utilisations.

Pour les substances et milieux disposant de valeurs de référence, une comparaison directe à ces valeurs est réalisée. L'interprétation de l'état des milieux s'effectue alors selon la grille ci-dessous.

Si	Interprétation de l'état des milieux
C < Créf	Compatible avec les usages
C < Créf et C augmente dans le futur	Milieu vulnérable. Zone d'incertitude nécessitant une réflexion plus approfondie
C > Créf	Non compatible avec les usages

Pour les substances et milieux ne disposant pas de valeur de référence, la compatibilité des milieux à leurs usages est évaluée à la suite d'une quantification partielle des risques. Un calcul d'indicateur de risque (QD et ERI) est réalisé substance par substance. L'interprétation de l'état des milieux s'effectue alors selon la grille ci-dessous.

Si	Interprétation de l'état des milieux
QD<0,2 ERI < 1.10^{-6}	Compatible avec les usages
0,2<QD<5 1.10^{-6}< ERI<1.10^{-4}	Milieu vulnérable. Zone d'incertitude nécessitant une réflexion plus approfondie
QD>5 ERI >1.10^{-4}	Non compatible avec les usages

2 MILIEU AIR

2.1 CONCENTRATIONS DANS L'AIR

Le réseau de surveillance de la qualité de l'air ATMO Picardie (http://www.atmo-picardie.com/) dispose de trois stations permanentes dans le département de l'Oise :

- 1 station fixe de type industriel, implantée à Rieux ;
- 1 station fixe péri-urbaine, implantée à Nogent-sur-Oise ;
- 1 station fixe urbaine de fond, implantée à Creil.

La Figure 10 présente la position des trois stations du réseau ATMO Picardie sur la région de Creil. Ces stations sont des stations automatiques.

Aucune campagne de mesure ponctuelle n'a été réalisée dans la zone d'étude, ni par le réseau de surveillance de la qualité de l'air, ni par l'exploitant de la fonderie.

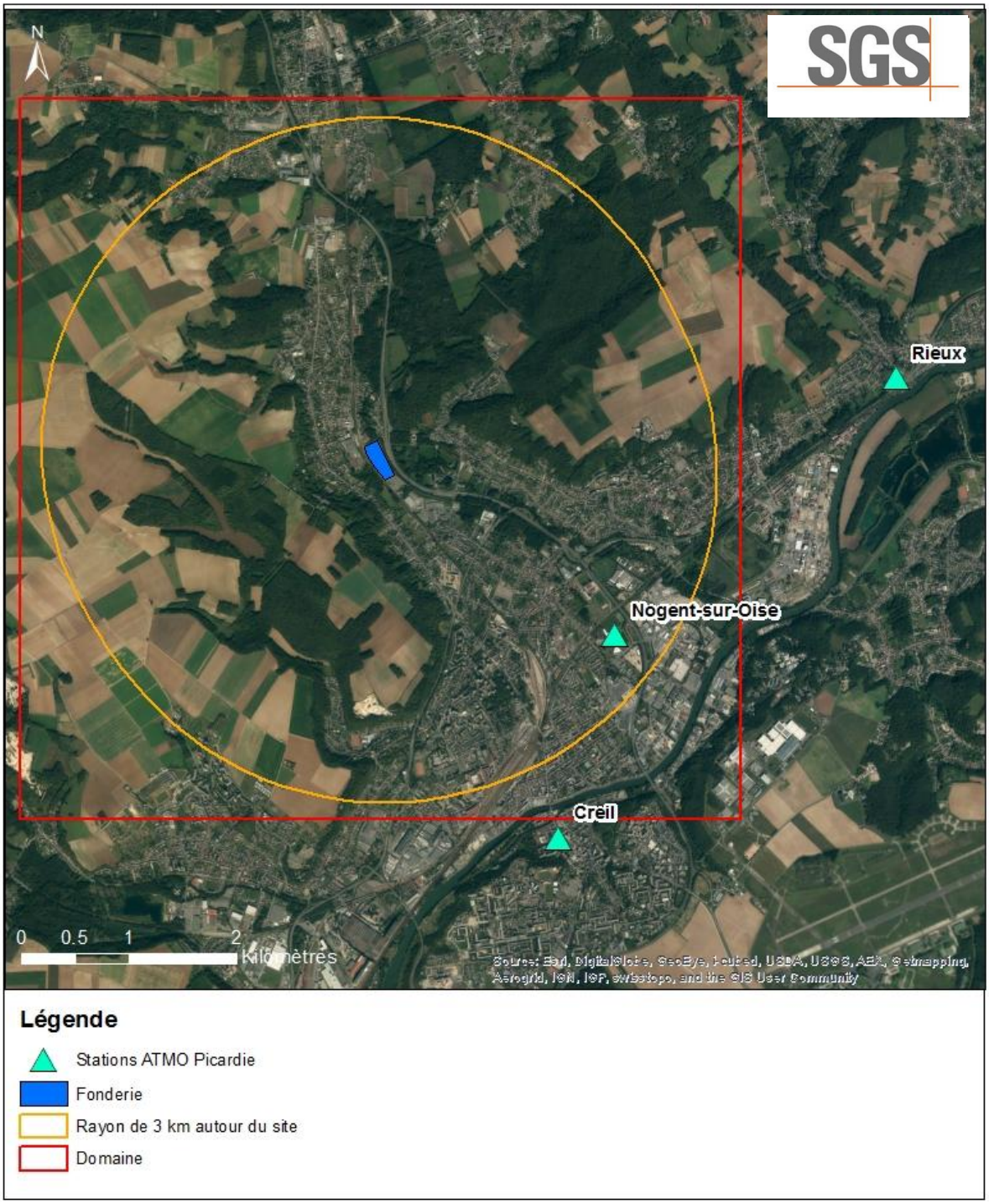


Figure 10 : localisation des stations de mesures ATMO Picardie sur la région de Creil

(source : http://www.atmo-picardie.com/)

Une station est située sur notre zone d'étude : il s'agit de la station péri-urbaine Nogent-sur-Oise. Ses caractéristiques sont présentées dans le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**.

Stations	Type de mesure	Type de station	Polluants mesurés
Nogent-sur-Oise	Automatique	Péri-urbaine	Ozone : O_3, Dioxyde d'azote: NO_2, Particules PM10, Plomb, Nickel, Cadmium, Arsenic, Benzo(a)Pyrène

Tableau 6 : Caractéristiques de la station de mesure située dans la zone d'étude)

(source : http://www.atmo-picardie.com/)

Les tableaux suivants présentent les mesures des substances émises par le site, à savoir :

- Dioxyde d'azote,
- Particules PM10,
- Plomb,
- Nickel,
- Cadmium,
- Arsenic.

	Moyenne annuelle (µg/m^3)	Nombre d'heures NO_2 > 200 µg/m^3
	Station ATMO de Nogent-sur-Oise	
2012	23	0
2013	24	n.d.
2014	24	n.d.
Valeur réglementaire	*O.Q. et V.L. = 40 µg/m^3* -	*200 µg/m^3* *en moyenne horaire à* *ne pas dépasser plus de 18 h/an*

O.Q. : Objectif de Qualité *V.L. : Valeur Limite* *n. d. : non déterminé*

Tableau 7 : Résultats des mesures ATMO Picardie - NO2

(source : http://www.atmo-picardie.com/)

Les stations de mesures respectent l'objectif de qualité annuel de 40 µg/m^3 pour le dioxyde d'azote.

Aucun dépassement de la valeur limite n'est observé sur les 3 dernières années au niveau de la station Nogent-sur-Oise.

	Moyenne annuelle (µg/m^3)	Nombre de jours PM10 > 50 µg/m^3
	Station ATMO de Nogent-sur-Oise	
2012	28	37
2013	28	42
2014	24	n.d.
Valeur réglementaire	*O.Q. = 30 µg/m^3* *V.L. = 40 µg/m^3* -	*50 µg/m^3 en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 35 jours par année civile de 365 jours*

O.Q. : Objectif de Qualité *V.L. : Valeur Limite* *n. d. : non déterminé*

Tableau 8 : Résultats des mesures ATMO Picardie – PM10

(source : http://www.atmo-picardie.com/)

Les concentrations mesurées à la station Nogent-sur-Oise respectent les objectifs de qualité annuels européens de 30 µg/m^3. Ces niveaux sont relativement stables d'une année sur l'autre, même si une baisse est constatée en 2014.

A noter que la concentration de 50 µg/m^3 en moyenne journalière est dépassée plus de 35 jours par an en 2012 et en 2013 (donnée non disponible pour l'année 2014).

Nogent-sur-Oise	Plomb (ng/m^3)	Cadmium (ng/m^3)	Arsenic (ng/m^3)	Nickel (ng/m^3)
2012	8,5	0,2	0,3	0,5
2013	8,9	0,2	0,4	1,1
2014	9,0	0,2	0,6	1,1
Valeur réglementaire (moyenne annuelle)	*O.Q. = 250 ng/m^3 V.L. = 500 ng/m^3*	*V.C. = 5 ng/m^3*	*V.C. = 6 ng/m^3*	*V.C. = 20 ng/m^3*

O.Q. : Objectif de Qualité *V.L. : Valeur Limite* *V.C. : Valeur Cible*

Tableau 9 : Résultats des mesures ATMO Picardie – métaux

(source : http://www.atmo-picardie.com/)

Les concentrations mesurées en métaux à la station Nogent-sur-Oise respectent l'objectif de qualité annuel du plomb et les valeurs cibles pour l'arsenic, le cadmium et le nickel.

2.2 EVALUATION DE L'ÉTAT DU MILIEU AIR

Le Tableau 10 résume les concentrations mesurées dans l'air ambiant des substances émises par la fonderie, et l'interprétation du milieu « Air » pour ces substances.

Substance	Concentration maximale mesurée autour du site		Valeurs réglementaires Air extérieur		Interprétation de l'état des milieux
NO_2	24 µg/m^3	Station Nogent-sur-Oise 2014	40 µg/m^3	Objectif de qualité Air extérieur	C<$C_{réf}$ => compatible avec les usages
PM10	28 µg/m^3	Station Nogent-sur-Oise 2013	30 µg/m^3	Objectif de qualité Air extérieur	C<$C_{réf}$ => compatible avec les usages
Arsenic	0,6 ng/m^3	Station Nogent-sur-Oise 2014	6 ng/m^3	Valeur cible Air extérieur	C<$C_{réf}$ => compatible avec les usages
Cadmium	0,2 ng/m^3	Station Nogent-sur-Oise 2014	5 ng/m^3	Valeur cible Air extérieur	C<$C_{réf}$ => compatible avec les usages
Nickel	1,1 ng/m^3	Station Nogent-sur-Oise 2014	20 ng/m^3	Valeur cible Air extérieur	C<$C_{réf}$ => compatible avec les usages
Plomb	9,0 ng/m^3	Station Nogent-sur-Oise 2014	250 ng/m^3	Objectif de qualité Air extérieur	C<$C_{réf}$ => compatible avec les usages

Tableau 10 : interprétation de l'état du milieu « Air »

En l'état actuel et pour les substances mesurées, le milieu « Air » est compatible avec les usages pour toutes les substances.

2.3 MILIEU SOL

2.3.1 CONCENTRATIONS DANS LES SOLS

A notre connaissance, aucune mesure de concentrations récente dans les sols n'est disponible autour du site au niveau des zones habitées et/ou cultivées.

2.3.2 EVALUATION DE L'ÉTAT DU MILIEU SOLS

Aucune mesure de concentration dans les sols pour le milieu récepteur où se trouvent les habitations et les zones cultivées n'est disponible. L'évaluation de l'état du milieu Sol n'est donc pas possible.

2.4 MILIEU VÉGÉTAUX

2.4.1 CONCENTRATIONS DANS LES VÉGÉTAUX

A notre connaissance, aucune mesure de concentrations dans les végétaux n'est disponible autour du site au niveau des zones habitées et/ou cultivées.

2.4.2 EVALUATION DE L'ÉTAT DU MILIEU VÉGÉTAUX

L'évaluation de l'état des milieux n'est pas possible en l'absence de mesures autour du site.

2.5 CONCLUSION

En l'état actuel, le milieu « Air » est compatible avec les usages pour toutes les substances mesurées par le réseau ATMO Picardie.

En l'absence de mesures, il n'est pas possible d'évaluer l'état des autres milieux.

En l'absence de mesures dans les autres milieux étudiés, conformément au guide méthodologique de l'INERIS[4], **une évaluation prospective des risques sanitaires est nécessaire**.

[4] « Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions des substances chimiques par les installations classées », INERIS, août 2013

CHAPITRE V.
EVALUATION PROSPECTIVE DES RISQUES SANITAIRES

1 CHOIX DES TRACEURS DE RISQUE

1.1 SUBSTANCES ÉMISES PAR LE SITE

L'analyse des rejets atmosphériques (cf. paragraphe CHAPITRE I) a montré que les substances susceptibles d'être émises par le site sont les suivantes :

- **le dioxyde d'azote (NO_2),**
- **les poussières,**
- **le monoxyde de carbone (CO),**
- **l'ammoniac (NH_3),**
- **le phénol,**
- **les dioxines,**
- **le formaldéhyde,**
- **le diméthylaminoéthanol (DMEA),**
- **l'antimoine,**
- **l'arsenic,**
- **le cadmium,**
- **le chrome,**
- **le cobalt,**
- **le cuivre,**
- **l'étain,**
- **le manganèse,**
- **le mercure,**
- **le nickel,**
- **le plomb,**
- **le sélénium,**
- **le tellure,**
- **le thallium,**
- **le vanadium,**
- **le zinc.**

1.2 IDENTIFICATION DES DANGERS

L'étape d'identification des dangers présente la toxicité des composés émis par les installations. Il est rapporté les effets sur la santé et en particulier le risque cancérigène et les différentes voies d'exposition.

Les substances chimiques sont susceptibles de provoquer des effets aigus liés à des expositions courtes à des doses généralement élevées, et des effets subchroniques et chroniques susceptibles d'apparaître suite à une exposition prolongée à des doses plus faibles. **Dans le cadre de la présente évaluation de risque sanitaire, seule l'exposition chronique sera étudiée.**

A partir de données trouvées dans la littérature, le Tableau 12 présente, pour l'ensemble des composés inventoriés, les voies d'exposition principales, les dangers possibles, ainsi que la classification du caractère cancérigène pour l'OMS/CIRC, l'EPA et l'Union Européenne. Le Tableau 11 rappelle la définition des différentes classifications.

<table>
<tr><th>CIRC - OMS</th><th>US EPA</th><th>Union Européenne</th></tr>
<tr><td>1 : cancérogènes pour l'homme</td><td>A : cancérogènes pour l'homme (preuves suffisantes chez l'homme)</td><td>1A (ex-1) Substances dont le potentiel cancérigène pour l'être humain est avéré.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2A : cancérogènes probables pour l'homme (preuves limitées chez l'homme, suffisantes chez l'animal)</td><td>B1 : cancérogènes probable pour l'homme (preuves limitées chez l'homme)</td><td rowspan="3">1B (ex-2) : Substances dont le potentiel cancérogène pour l'être humain est supposé (données animales).</td></tr>
<tr><td>B2 : cancérogènes probable pour l'homme (preuves non adéquates chez l'homme, suffisantes chez l'animal)</td></tr>
<tr><td>2B : cancérogènes possibles pour l'homme (preuves insuffisantes chez l'homme, suffisantes ou limitées chez l'animal)</td><td>C : cancérogènes possibles pour l'homme (preuves non adéquates chez l'homme et limitées chez l'animal)</td></tr>
<tr><td>3 : non classable pour sa cancérogénicité pour l'homme</td><td>D : non classable pour sa cancérogénicité pour l'homme (preuves insuffisantes chez l'homme et chez l'animal)</td><td rowspan="2">2 (ex-3) : Substances suspectées d'être cancérogènes pour l'homme</td></tr>
<tr><td>4 : absence connue d'effets cancérogènes chez l'homme et chez l'animal</td><td>E : absence connue d'effets cancérogènes chez l'homme et chez l'animal</td></tr>
</table>

Tableau 11 : classifications CIRC, US-EPA et Union Européenne pour les effets cancérigènes

Nom	N°CAS	Effets néfastes pour la santé humaine en exposition chronique	Effets/Organes cibles	Voies d'exposition principales	Cancérogénicité		
					CIRC (OMS)	US-EPA	UE
NO_2	10102-44-0	OUI	Système respiratoire	Inhalation	-	-	-
Poussières	nd	OUI	Système respiratoire	Inhalation	-	-	-
CO	630-08-0	OUI	Système respiratoire	Inhalation	-	-	-
NH_3	7664-41-7	OUI	Système respiratoire	Inhalation	-	-	-
Phénol	108-95-2	OUI	Reins	Inhalation	3	D	-
Dioxines	-	OUI	Développement	Inhalation, Ingestion	1 (2,3,7,8 TCDD) 3	-	-
Formaldéhyde	50-00-0	OUI	Système respiratoire	Inhalation	1	B1	3
Diméthylaminoéthanol	108-01-0	-	-	Inhalation	-	-	-
Antimoine	7440-36-0	OUI	Système respiratoire, Développement	Inhalation, Ingestion	-	-	-
Arsenic	7440-38-2	OUI	Système nerveux, Poumons, Peau	Inhalation, Ingestion	1	A	-
Cadmium	7440-43-9	OUI	Rein, Poumons	Inhalation, Ingestion	1	B1	1B
Chrome III	7440-47-3	OUI	Reins	Inhalation, Ingestion	3	D	1
Chrome VI	7440-47-3	OUI	Système respiratoire, Estomac	Inhalation, Ingestion	1	A (inh.) D (ing.)	1
Cobalt	7440-84-4	OUI	Système respiratoire Système cardiaque	Inhalation, Ingestion	2B	-	2
Cuivre	7440-50-8	OUI	Poumons, Développement, Système gastrique	Inhalation, Ingestion	3	D	-
Etain	7440-31-5	OUI	Système sanguin	Inhalation, Ingestion	-	-	-
Manganèse	7439-96-5	OUI	Système nerveux	Inhalation, Ingestion	3	D	-
Mercure	7439-97-6	OUI	Système nerveux, Reins, Développement	Inhalation, Ingestion	3	D	-
Nickel	7440-02-0	OUI	Système respiratoire, Développement	Inhalation, Ingestion	2B	Ni_3S_2 : A	2
Plomb	7439-92-1	OUI	Système hématologique, système nerveux	Inhalation, Ingestion	2B	B2	-
Sélénium	7782-49-2	OUI	Système nerveux, Peau	Inhalation, Ingestion	3	D	-
Tellure	13494-80-9	-	-	Inhalation, Ingestion	-	-	-
Thallium	7440-28-0	-	-	Inhalation, Ingestion	-	-	-
Vanadium	7440-62-2	OUI	Système respiratoire, Développement, Système sanguin	Inhalation, Ingestion	V_2O_5 : 2B	-	-
Zinc	7440-66-6	OUI	Système sanguin	Inhalation, Ingestion	-	D	-

Tableau 12 : identification des dangers par substances

1.3 ETUDE DES RELATIONS DOSE-RÉPONSE

1.3.1 DÉFINITIONS

La définition des relations dose-réponse consiste à recueillir dans la littérature l'ensemble des valeurs établissant une relation entre une dose d'exposition et les effets (ou probabilités d'effets) observés.

Ces relations dose-réponse regroupées sous le terme de **valeur toxicologique de référence (VTR)** permettent de caractériser deux mécanismes d'action des toxiques :

- **les toxiques à effets à seuil** pour lesquels il existe des valeurs toxicologiques de référence en dessous desquelles l'exposition est réputée sans risque et dont la gravité des effets est proportionnelle à la dose.

- **les toxiques à effets sans seuil** tels que les cancérigènes génotoxiques pour lesquels il n'est pas possible de définir un niveau d'exposition sans risque pour la population. Pour ces produits, des excès unitaires de risque (ERU) ont été définis. Ils correspondent à la probabilité supplémentaire de survenue de cancer dans une population exposée à 1 µg/m^3 (durant toute sa vie[5] et 24h/24) par rapport à la probabilité de cancer dans une population non exposée. Un ERU à 10^{-5} signifie qu'une personne exposée durant toute sa vie à 1 µg/m^3 aurait une probabilité supplémentaire par rapport au risque de base de 0,00001 de contracter un cancer ou bien, en d'autres termes, que si 100 000 personnes sont exposées, 1 cas de cancer supplémentaire est susceptible d'apparaître. Il n'existe pas de valeur seuil sans risque pour les composés à effets sans seuil.

1.3.2 CRITÈRES DE CHOIX DES VALEURS TOXICOLOGIQUES DE RÉFÉRENCE

Pour chaque substance sélectionnée précédemment, des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) ont été recherchées auprès des différentes instances internationales suivantes :

- Agence Nationale de SEcurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES)
- Environmental Protection Agency (US-EPA)
- Organisation Mondiale de la Santé (OMS/IPCS)
- Agency for Toxic Substances and Diseases Registry (ATSDR)
- Office of Environmental Health Hazard Assessment (OEHHA)
- Santé Canada (Health Canada)
- National Institute of Public Health and the Environment (RIVM)
- European Food Safety Authority (EFSA)

Dans l'objectif de simplifier les modalités de **sélection des VTR** et par la même la vérification des dossiers par les services de l'Etat, la **Direction Générale de la Santé** a demandé, par une note d'information (DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014), de sélectionner la VTR en suivant le logigramme de la Figure 11 lorsqu'il existe plusieurs VTR pour une voie et une durée d'exposition.

Nous appliquerons ces modalités dans le choix des VTR dans le présent rapport.

[5] Conventionnellement prise égale à 70 ans

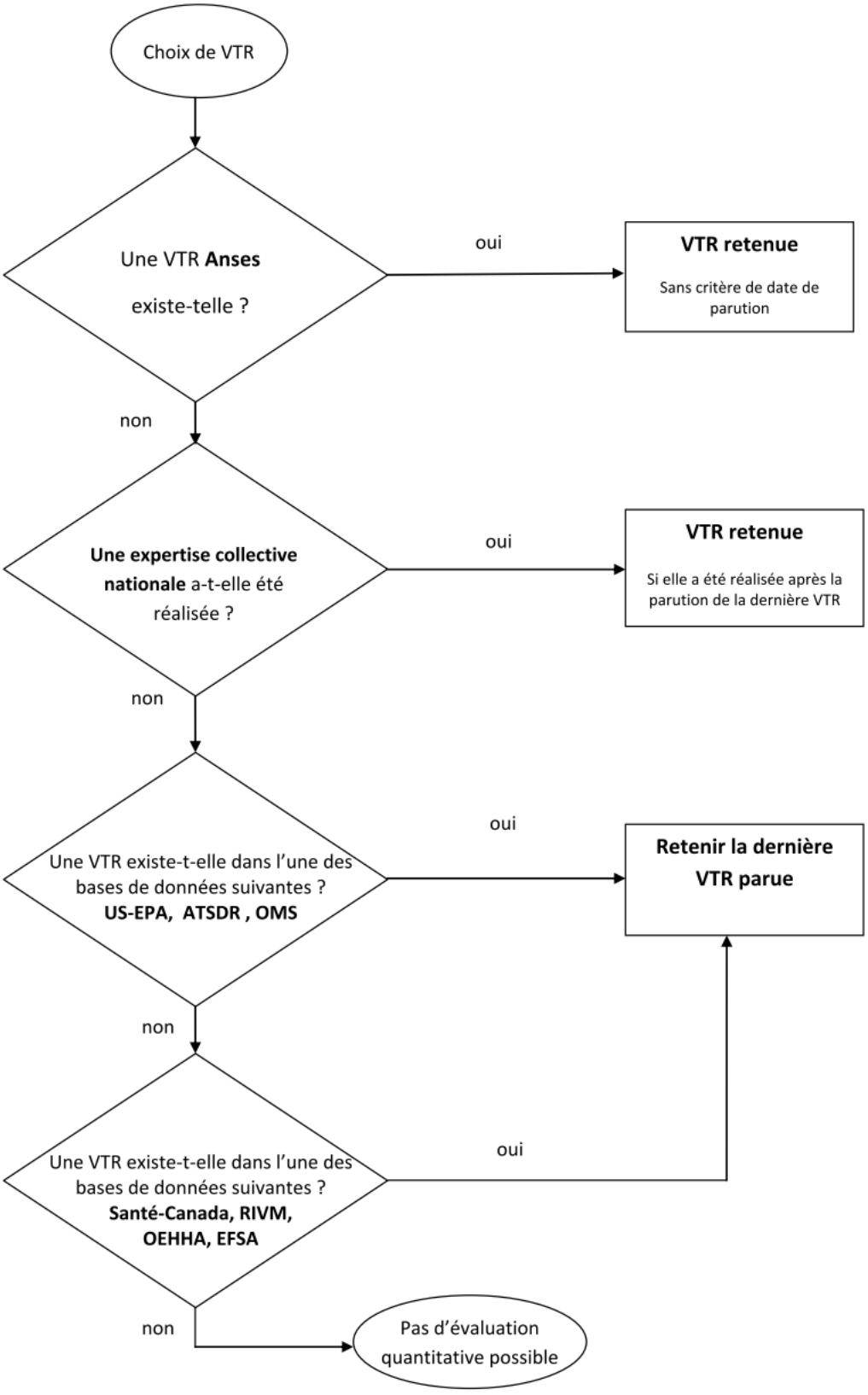


Figure 11 : logigramme pour le choix des VTR (DGS)

1.3.3 CHOIX DES VALEURS TOXICOLOGIQUES DE RÉFÉRENCE

Le Tableau 13 présente pour chaque substance émise la disponibilité des Valeurs Toxicologiques de Référence dans la littérature consultée.

Nom	N°CAS	VTR à seuil		VTR sans seuil	
		Voie respiratoire	Voie digestive	Voie respiratoire	Voie digestive
NO_2	10102-44-0				
Poussières	-				
CO	630-08-0				
NH_3	7664-41-7	x			
Phénol	108-95-2	x	x		
Dioxines	-	x	x	x	x
Formaldéhyde	50-00-0	x	x	x	
Diméthylaminoéthanol	108-01-0				
Antimoine	7440-36-0	x	x		
Arsenic	7440-38-2	x	x	x	x
Cadmium	7440-43-9	x	x	x	
Chrome III	7440-47-3	x	x		
Chrome VI	7440-47-3	x	x	x	x
Cobalt	7440-84-4	x	x		
Cuivre	7440-50-8	x	x		
Etain	7440-31-5				
Manganèse	7439-96-5	x	x		
Mercure	7439-97-6	x	x		
Nickel	7440-02-0	x	x	x	
Plomb	7439-92-1	x	x	x	x
Sélénium	7782-49-2	x	x		
Tellure	13494-80-9				
Thallium	7440-28-0				
Vanadium	7440-62-2	x	x		
Zinc	7440-66-6		x		

Tableau 13 : disponibilité des Valeurs Toxicologiques de Référence (exposition chronique)

Les fiches toxicologiques pour chaque substance sont présentées en ANNEXE A.

Il n'existe pas de Valeur Toxicologique de Référence pour les NO_2, les poussières et le CO en exposition chronique.

NO_2, poussières (PM10) : la littérature ne fournit pas de VTR pour ces substances, il n'existe que des valeurs guides de l'OMS. Comme le rappelle la note d'information de la DGS (octobre 2014), l'évaluateur doit s'abstenir d'utiliser des valeurs guides de qualité des milieux. Ces substances ne sont donc pas retenues comme traceur de risque. Seules les concentrations dans l'air attendues au niveau des riverains sont comparées aux valeurs réglementaires Qualité de l'Air. Le Tableau 14 présente les valeurs guides retenues pour les poussières et le NO_2 en l'absence de VTR.

Arsenic : les Valeurs Toxicologiques de Référence sont données pour l'arsenic inorganique, forme la plus toxique de l'arsenic. Faute d'information sur la spéciation de l'arsenic à l'émission, l'arsenic total a été assimilé à de l'arsenic inorganique, hypothèse majorante.

Cadmium : l'ANSES a élaboré deux VTR à seuil par inhalation, l'une pour des effets cancérigènes, et l'autre pour des effets non cancérogènes. Conformément aux choix de l'INERIS, nous retiendrons ces deux VTR pour les deux effets mentionnés.

Chrome VI / Chrome :

- pour l'exposition par inhalation : faute d'information sur la spéciation du chrome à l'émission, le chrome total a été assimilé à du chrome VI, forme la plus toxique.
- pour l'exposition par ingestion : dans les sols, le chrome se trouve essentiellement sous la forme +III et peu sous la forme +VI (INERIS, 2005). C'est pourquoi seul le chrome III est étudié pour la voie digestive.

Nickel : la VTR retenue pour les risques sans seuil correspond à la valeur proposée par l'OMS. Il existe néanmoins des VTR données par l'EPA mais ces VTR sont proposées pour des spéciations particulières contrairement à la valeur de l'OMS.

Plomb : Les seules VTR disponibles pour les effets cancérogènes du plomb par voie respiratoire et par voie orale sont fournies par l'OEHHA. Or, il s'avère que le plomb est un cancérogène à seuil. Ainsi, une VTR à seuil, et non sans seuil, devrait être proposée. Les VTR de l'OEHHA étant sans seuil, l'INERIS conseille de ne pas les retenir (« Point sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) », INERIS, mars 2009). Cette position est également partagée par l'US-EPA.

Sélénium : l'OEHHA propose une VTR (REL) pour l'exposition par inhalation, cette VTR a été établie à partir d'une étude épidémiologique pour une exposition par voie orale. Le calcul du REL pour la voie d'exposition par inhalation correspond à une dérivation du REL pour une exposition par voie orale. L'INERIS ne préconise pas de retenir cette valeur, il n'y a donc pas de VTR disponible pour la voie d'exposition par inhalation.

Phénol et Formaldéhyde : il existe une VTR par ingestion pour ces deux substances. Cependant, ces deux COVs sont gazeux et il n'existe pas de coefficient de transfert dans la chaine alimentaire. Seuls les VTRs pour la voie d'exposition par inhalation sont retenus.

Monoxyde de carbone, Diméthylaminoéthanol, Etain, Tellure, Thallium : la littérature ne fournit pas de VTR chronique pour ces substances. Elles ne seront donc pas retenues dans le cadre de l'ERS.

A partir des VTR disponibles dans la littérature consultée, les Tableau 15 et Tableau 16 résument les VTR retenues pour cette étude.

Composé	Voie d'exposition	Valeurs guides	Source et Date	Organe cible / Effets critiques	Type d'étude
NO_2	Inhalation	40 µg/m^3 (valeur guide moyenne annuelle)	OMS 2005	Système respiratoire	Homme
PM10	Inhalation	20 µg/m^3 (valeur guide moyenne annuelle)	OMS 2005	Système respiratoire	Homme

Tableau 14 : valeurs guides

Substance	Voie d'exposition	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	Espèce	VTR	Facteur d'incertitude	Référence	Année de révision	Justification du choix
Ammoniac	Inhalation	Système respiratoire	Poumons	Homme	200 µg/m^3	10	OEHHA	2005	Expertise collective : choix INERIS (fiche de données toxicologiques mai 2012)
Phénol	Inhalation	Système hépatique, Système cardiovasculaire, Reins, Système nerveux	Tremblements musculaires, Troubles neurologiques	Rat	200 µg/m^3	3	OEHHA	2000	VTR la plus récente dans les bases Santé-Canada, RIVM, OEHHA, EFSA
Dioxines	Inhalation	Système respiratoire, Système hépatique	-	Rat	4.10^{-5} TEQ µg/m^3 (Dibenzodioxines polychlorées et dibenzofuranes polychlorés)	100	OEHHA	2003	VTR la plus récente dans les bases Santé-Canada, RIVM, OEHHA, EFSA
	Ingestion	Système nerveux, Développement	-	Rat et singe	1 à 4 pg/kg/j	10	OMS	2001	Expertise collective : choix ANSES (2009)
Formaldéhyde	Inhalation	Yeux, Système respiratoire	Irritation oculaire et nasale, lésions histopathologiques et l'épithélium nasal	Rat	3 µg/m^3	10	OEHHA	1999	Expertise collective : choix ANSES (2008)

Substance	Voie d'exposition	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	Espèce	VTR	Facteur d'incertitude	Référence	Année de révision	Justification du choix
Antimoine	Inhalation	Poumons	-	Rat	0,2 µg/m^3 (TiO3)	300	EPA	1995	Seule VTR disponible
	Ingestion	Développement	Diminution du poids	Rat	6.10^{-3} mg/kg/j	1 000	OMS RIVM	2006 2008	Expertise collective : choix INERIS (mars 2009)
Arsenic	Inhalation	Développement, Système nerveux, Peau	Diminution des fonctions intellectuelles	Homme	0,015 µg/m^3	30	OEHHA	2008	Expertise collective : choix INERIS (fiche de données toxicologiques avril 2010)
	Ingestion	Peau	Lésions cutanées	Homme	4,5.10^{-4} mg/kg/j	5	FoBIG[6]	2009	Expertise collective : choix INERIS (fiche de données toxicologiques avril 2010)
Cadmium	Inhalation Effets non cancérigènes	Rein	Augmentation de 5% atteinte tubulaire dans la population générale	Homme	0,45 µg/m^3	1	ANSES	2012	VTR ANSES prioritaire
	Inhalation Effets cancérigènes	Système respiratoire	Incidence combinée des tumeurs pulmonaires	Rat	0,3 µg/m^3	25	ANSES	2012	VTR ANSES prioritaire
	Ingestion	Rein	-	Homme	3,6.10^{-4} mg/kg/j	1	EFSA	2011	Expertise collective : choix INERIS (fiche de données toxicologiques avril 2014)

[6] FoBIG : Institut de recherche et de conseil pour les substances dangereuses, Allemagne

Substance	Voie d'exposition	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	Espèce	VTR	Facteur d'incertitude	Référence	Année de révision	Justification du choix
Chrome	Inhalation (Cr VI	Système respiratoire	-	Homme	Aérosols CrVI : 5.10^{-3} µg/m^3	100	ATSDR	2012	VTR la plus récente dans les bases ATSDR, EPA, OMS
	Ingestion (Cr III)	-	Pas d'effets observés	Rat	CrIII : 1,5 mg/kg/j	1 000	EPA	1998	VTR la plus récente dans les bases ATSDR, EPA, OMS
Cobalt	Inhalation	Système respiratoire	Diminution de la capacité respiratoire	Homme	0,1 µg/m^3	10	ATSDR	2004	VTR la plus récente dans les bases ATSDR, EPA, OMS
	Ingestion	Système cardiaque	Coeur	Homme	$1,4.10^{-3}$ mg/kg/j	30	RIVM	2001	Seule VTR disponible en durée chronique
Cuivre	Inhalation	Poumons	-	Lapin	1 µg/m^3	600	RIVM	2001	Seule VTR disponible
	Ingestion	Développement	Baisse du poids corporel	Souris	0,14 mg/kg/j	30	RIVM	2001	Expertise collective : choix INERIS (mars 2009)
Manganèse	Inhalation	Système nerveux	Coordination œil-main anormale	Homme	0,3 µg/m^3	100	ATSDR	2012	VTR la plus récente dans les bases ATSDR, EPA, OMS
	Ingestion	Système nerveux	-	Homme	0,14 mg/kg/j	1	EPA	1996	Expertise collective : choix INERIS (fiche de données toxicologiques juillet 2012)

Substance	Voie d'exposition	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	Espèce	VTR	Facteur d'incertitude	Référence	Année de révision	Justification du choix
Mercure	Inhalation	Système nerveux	Troubles de la mémoire, tremblement	Homme	0,03 µg/m^3	300	OEHHA	2008	Expertise collective : choix INERIS (fiche de données toxicologiques sept. 2010)
	Ingestion	Rein	-	Rat	Mercure inorganique : 2.10^{-3} mg/kg/j	100	ATSDR	1999	Expertise collective : choix INERIS (fiche de données toxicologiques sept. 2010)
	Ingestion	Développement	-	Homme	Méthylmercure : 1.10^{-4} mg/kg/j	10	EPA	2001	Expertise collective : choix INERIS (fiche de données toxicologiques sept. 2010)
Nickel	Inhalation	Appareil respiratoire	Atteinte des épithéliums	Rat	0,09 µg/m^3	30	ATSDR	2005	Expertise collective : choix INERIS (mars 2009)
	Ingestion	Développement	Perte de poids	Rat	0,02 mg/kg/j	300	EPA	1996	Expertise collective : choix INERIS (mars 2009)
Plomb	Inhalation	Système hématologique, système nerveux	Plombémie	Homme	0,5 µg/m^3	-	OMS	2000	Expertise collective : choix INERIS (mars 2009)
	Ingestion	Système hématologique, système nerveux	Plombémie	Homme	0,0035 mg/kg/j	ND	OMS	2004	Expertise collective : choix INERIS (mars 2009)

Substance	Voie d'exposition	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	Espèce	VTR	Facteur d'incertitude	Référence	Année de révision	Justification du choix
Sélénium	Ingestion	Développement, Système nerveux	Chute de cheveux et ongles, anomalies du système nerveux	Homme	5.10^{-3} mg/kg/j	3	EPA	1991	Expertise collective : choix INERIS (fiche de données toxicologiques sept. 2011)
Vanadium	Inhalation	Tractus respiratoire	Dégénérescence de l'épithélium respiratoire	Rat	0,1 µg/m^3	30	ATSDR	2012	VTR la plus récente dans les bases ATSDR, EPA, OMS
	Ingestion	Développement	Diminution de la cystine totale dans les poils	Rat	Pentoxide de vanadium : 9.10^{-3} mg/kg/j	100	EPA	1996	VTR la plus récente dans les bases ATSDR, EPA, OMS
Zinc	Ingestion	Système sanguin	-	Homme	3.10^{-1} mg/kg/j	3	ATSDR EPA	1994 1992	Expertise collective : choix INERIS (fiche de données toxicologiques avril 2010)

Tableau 15 : valeurs toxicologiques de référence retenues pour les effets chroniques à seuil

Substance	Voie d'exposition	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	Espèce	VTR	Référence	Année de révision	
Dioxines	Inhalation	Système hépatique	Tumeurs	Souris	38 $(\mu g/m^3)^{-1}$ (2,3,7,8 TCDD)	OEHHA	2003	Seule VTR disponible
	Ingestion	Système hépatique	Tumeurs	Souris	$1,3.10^5$ $(mg/kg/j)^{-1}$ (2,3,7,8 TCDD)	OEHHA	2003	Seule VTR disponible
Formaldéhyde	Inhalation	Système respiratoire	Tumeurs nasales	Rat	$1,3.10^{-5}$ $(\mu g/m^3)^{-1}$	EPA	1991	VTR la plus récente dans les bases ATSDR, EPA, OMS
Arsenic	Inhalation	Poumons	Cancer	Homme	$4,3.10^{-3}$ $(\mu g/m^3)^{-1}$	EPA	1998	Expertise collective : choix INERIS (fiche de données toxicologiques avril 2010)
	Ingestion	Peau	Cancer	Homme	1,5 $(mg/kg/j)^{-1}$	EPA	1998	Expertise collective : choix INERIS (fiche de données toxicologiques avril 2010)
Chrome	Inhalation (CrVI)	Poumons	Cancer	Homme	CrVI : 4.10^{-2} $(\mu g/m^3)^{-1}$	OMS	2000	Expertise collective : choix INERIS (mars 2009)
Nickel	Inhalation	Poumons	Cancer	Homme	$3,8.10^{-4}$ $(\mu g/m3)^{-1}$	OMS	2000	Expertise collective : choix INERIS (mars 2009)

Tableau 16 : Valeurs toxicologiques de référence retenues pour les effets chroniques sans seuil

1.4 CHOIX DES TRACEURS DE RISQUE

Conformément à la démarche décrite dans le guide INERIS 2013 et aux pratiques courantes, les traceurs de risque sont choisis en fonction des émissions, des toxicités des substances émises, des concentrations dans l'environnement, des classements des ratios des émissions divisées par les VTR pour les effets à seuil.

Les critères de choix suivants sont définis :

- toutes les substances présentant des risques cancérigènes sont retenues à savoir : les dioxines, le formaldéhyde, l'arsenic, le chrome et le nickel ;
- application de la méthode des scores (démarche classiquement utilisé notamment par l'INERIS) aux émissions du site. Le ratio « flux à l'émission divisé par la VTR » est calculé :
  - toutes les substances pour lesquelles le ratio est supérieur à 10% du ratio le plus élevé sont retenues ;
  - les substances pour lesquelles les ratios sont inférieurs à 1% du ratio le plus élevé sont écartées ;
  - les substances pour lesquelles le ratio est compris entre 1 et 10% sont retenues selon les résultats de l'étude de l'état des milieux.

Le classement des traceurs de risque suivant le ratio flux/VTR est présenté dans le Tableau 17 ainsi que le choix (retenu/non retenu) effectué. Pour chaque voie (ingestion ou inhalation) apparaissent :

- en gras : le score le plus élevé ;
- sur fond rouge : les scores supérieurs à 10% du score maximal ;
- sur fond vert : les scores inférieures à 1% du score maximal ;
- sur fond rose : les scores compris entre 1% et 10% du score maximal.

Substances	Emissions en tonnes/an	VTR à seuil		Score Emissions/VTR à seuil		Retenu	
		Inhalation	Ingestion	Inhalation	Ingestion		
NH3	1.23E-02	200	-	1,16E-04	-	Non =>	score < 1% du score max inhalation
Phénol	7.77E-01	200		3,97E-03	-	**Oui =>**	**score > 10% du score max inhalation**
Dioxines	3.67E-10	4.00E-05	4	9,17E-06	9,17E-11	**Oui =>**	**cancérigène**
Formaldéhyde	4.60E-02	3		1,33E-02	-	**Oui =>**	**cancérigène et score max par inhalation**
Antimoine	7.80E-05	0.2	6.00E-03	3,90E-04	1,30E-02	**Oui =>**	**score > 10% du score max ingestion**
Arsenic	1.60E-05	0.015	4.50E-04	1,07E-03	3,56E-02	**Oui =>**	**cancérigène**
Cadmium	6.00E-06	0.45	3.60E-04	1,33E-05	1,67E-02	**Oui =>**	**score > 10% du score max ingestion**
Cadmium	6.00E-06	0.3	-	2,00E-05	-	Non =>	score < 1% du score max inhalation
Chrome	2.40E-05	5.00E-03	1.5	4,80E-03	1,60E-05	**Oui =>**	**cancérigène**
Cobalt	4.00E-06	1.00E-01	0.0014	4,00E-05	2,86E-03	**Oui =>**	**score compris entre 1% et 10% pour ingestion**
Cuivre	1.04E-04	1	0.14	1,04E-04	7,43E-04	**Oui =>**	**score compris entre 1% et 10% pour ingestion**
Manganèse	1.60E-05	0.3	0.14	5,33E-05	1,14E-04	Non =>	score < 1% du score max inhalation et ingestion
Mercure (ing : Hg inorg)	4.00E-06	0.03	2.00E-03	1,33E-04	2,00E-03	**Oui =>**	**score compris entre 1% et 10% pour ingestion**
Mercure (ing : Méthyl Hg)	4.00E-06	-	1.00E-04	-	4,00E-02	**Oui =>**	**score max par ingestion**
Nickel	2.00E-05	0.09	0.02	2,22E-04	1,00E-03	**Oui =>**	**cancérigène**
Plomb	7.80E-05	0.5	0.0035	1,56E-04	2,23E-02	**Oui =>**	**score > 10% du score max ingestion**
Sélénium	1.60E-05	-	5.00E-03	-	3,20E-03	**Oui =>**	**score compris entre 1% et 10% pour ingestion**
Vanadium	8.00E-06	0.1	9.00E-03	8,00E-05	8,89E-04	**Oui =>**	**score compris entre 1% et 10% pour ingestion**
Zinc	5.14E-04	-	3.00E-01	-	1,71E-03	**Oui =>**	**score compris entre 1% et 10% pour ingestion**

Pas de VTR disponible pour cette voie	score< 1% du score max	1%<score<10 % du score max	score > 10% du score max

Tableau 17 : Classement des traceurs de risque suivant le ratio flux/VTR

Pour les substances dont le score est compris entre 1 et 10% (fond rose) :

- le cobalt, le cuivre, le sélénium, le vanadium et le zinc (ingestion) : étant donné l'absence de mesures dans l'air, il n'a pas été possible de déterminer si ces substances étaient compatibles avec les usages pour le milieu « Air », elles sont donc retenues comme traceurs de risques ;

Les substances retenues comme traceurs de risques sont donc les suivantes :

- **les dioxines ;**
- **le phénol ;**
- **le formaldéhyde ;**
- **l'antimoine ;**
- **l'arsenic ;**
- **le cadmium ;**
- **le chrome ;**
- **le cobalt ;**
- **le cuivre ;**
- **le mercure ;**
- **le nickel ;**
- **le plomb ;**
- **le sélénium ;**
- **le vanadium ;**
- **le zinc.**

Le NO_2 et les poussières (assimilées aux PM10) sont également retenus car ce sont des traceurs traditionnels pour les installations de combustion. Cependant, ils ne feront pas l'objet de calculs des risques car les valeurs guides (OMS) utilisées pour évaluer l'impact sur la santé sont des valeurs de gestion et non des valeurs toxicologiques. Les concentrations modélisées seront simplement comparées à ces valeurs guides.

Le diméthylaminoéthanol (DMEA) n'est pas retenu dans les traceurs de risque, puisqu'à l'état actuel des connaissances, il n'existe pas de VTR pour cette substance. Cependant, le DMEA étant une espèce caractéristique de l'activité de la fonderie de Laigneville, il sera pris en compte dans la modélisation atmosphérique.

CHAPITRE VI.
EVALUATION DE L'EXPOSITION HUMAINE

L'étude de dispersion (cf.ANNEXE 1 de l'étude d'impact) a permis d'estimer les concentrations dans l'air et les dépôts au sol imputables au site. Ces résultats serviront dans le cadre de cette étude pour estimer les expositions des populations vivant autour du site.

1 VOIES D'EXPOSITION

Le schéma conceptuel d'exposition nous a conduits à retenir les voies d'exposition suivantes :

- l'inhalation,
- l'ingestion :
  - de sol,
  - de viande, volailles, œufs, lait, produits laitiers,
  - de fruits et légumes.

2 EXPOSITION PAR INHALATION

2.1 COMPARAISON DES CONCENTRATIONS AUX VALEURS GUIDES OMS

Le NO_2 et les poussières (assimilées aux PM10) ne disposent pas de valeur de référence applicable mais des valeurs guides ont été fixées par l'OMS (2005) pour évaluer l'impact des émissions sur la qualité de l'air et la santé des populations exposées. Pour ces substances, les concentrations modélisées seront simplement comparées aux valeurs guides conformément à la circulaire de la DGS d'octobre 2014.

Le Tableau 18 indique les concentrations estimées par la modélisation au point le plus impacté en dehors des limites du site ainsi que les valeurs guides de l'OMS.

Substances	Unité	Concentration moyenne annuelle Zone la plus exposée	Valeur guide OMS (moyenne annuelle)
NO_2	µg/m^3	3,36	40
Poussières assimilées aux PM10	µg/m^3	0,86	20

Tableau 18 : Concentration en moyenne annuelle dans la zone la plus exposée et valeurs guides OMS

Les concentrations attribuables aux émissions du site sont inférieures aux valeurs guides de l'OMS en moyenne annuelle au niveau de la zone la plus exposée du domaine d'étude.

2.2 SCÉNARIO D'EXPOSITION

Un scénario général sera considéré ici pour l'exposition par inhalation des populations. Afin de garder un caractère majorant, un **scénario maximaliste** est retenu en première approche, à savoir :

- l'étude porte sur des expositions chroniques, c'est-à-dire des expositions récurrentes ou continues pendant plusieurs années. Par conséquent, la durée de résidence choisie est de **30 ans** ce qui correspond au 90ème percentile des durées de résidence en France (Nedellec[7] 1998), sans changer d'adresse. Cette durée de résidence est préconisée par l'INERIS et par l'Observatoire des pratiques de l'évaluation des risques sanitaires dans les études d'impact. Il peut exister des variations locales à ce chiffre. Par ailleurs, ce chiffre ne rend pas compte des personnes qui déménagent dans la même commune et qui restent donc exposées.

- en l'absence de données sur le temps passé par les populations sur le domaine d'étude et en dehors du domaine d'étude, et en l'absence aussi de données sur les concentrations d'exposition des personnes pendant le temps passé en dehors du domaine d'étude, il est posé l'hypothèse majorante que les populations séjournent **24 heures sur 24, 7 jours sur 7 et 365 jours par an** sur le domaine d'étude.

Ces hypothèses ne tiennent pas compte des diverses causes d'absence du domicile, notamment pour des raisons personnelles (vacances, loisirs, etc.) ou professionnelles.

Les doses d'exposition par voie respiratoire sont calculées à partir des concentrations estimées dans le cadre de l'étude de dispersion (cf. Tome 2_Etude d Impacts - Annexe 1 Etude Impact Air) au niveau de la zone d'impact présentant les concentrations les plus élevées en dehors du site. A noter qu'il s'agit d'une hypothèse majorante, cette zone correspondant actuellement à une zone agricole et non habitée. Le scénario étudié envisage donc la possibilité que de nouvelles habitations se construisent dans les années à venir dans cette zone.

Tableau 19 : récapitulatif du scénario inhalation retenu

Scénario retenu	Description du scénario
maximaliste	**100% du temps passé au niveau de la zone d'impact** où les concentrations sont les plus importantes en dehors du site (exposition 24h/24, 7J/7, 365 jours/an pendant 30 ans)

2.3 MÉTHODE DE CALCUL DES DOSES D'EXPOSITION PAR VOIE RESPIRATOIRE

Pour une exposition par inhalation, la dose d'exposition par voie respiratoire correspond à la concentration inhalée (CI) et est calculée de la manière suivante :

$$CI = Ci \times \frac{T \times F}{T_m}$$

Avec :

CI : concentration moyenne inhalée (µg/m^3)
Ci : concentration de polluant dans l'air (µg/m^3)
F : fréquence d'exposition. Dans cette étude : F = 1 (24 heures sur 24, 7 jours sur 7 et 365 jours par an)
T : durée d'exposition (années)
Tm : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (années).

[7] Nedellec V., D. Courgeau et P. Empereur-Bissonnet, La durée de résidence des français et l'évaluation des risques liés aux sols pollués, *Energie Santé*, 9, 503-515, 1998.

Conformément à la méthodologie donnée par le référentiel de l'INERIS[8], pour les polluants avec effets à seuil, l'exposition moyenne est calculée sur la durée effective d'exposition soit Tm=T.

Pour les polluants avec effets sans seuil (cancérogènes génotoxiques), Tm est assimilée à la durée de la vie entière (prise conventionnellement égale à 70 ans). **Le ratio T/T_m n'apparaît donc que dans les calculs pour les toxiques à effet sans seuil.** Dans cette étude, T est assimilée à une durée d'exposition de 30 ans.

La formule de calcul de la concentration inhalée CI se simplifie donc de la façon suivante :

- pour les polluants avec **effets à seuil** : CI = Ci
- pour les polluants avec **effets sans seuil** : CI = Ci × 30/70

avec Ci, la concentration dans l'air ambiant calculée par modélisation (µg/m^3).

Notons que le calcul de la concentration moyenne inhalée CI ne fait pas intervenir de paramètres physiologiques, les résultats ainsi obtenus s'appliquent aussi bien à l'exposition par inhalation d'un adulte qu'à celle d'un enfant.

2.4 DOSES D'EXPOSITION PAR VOIE RESPIRATOIRE

L'estimation de l'exposition par inhalation liée aux émissions de l'installation est basée sur les concentrations en moyenne annuelle estimées par l'étude de dispersion sur la zone d'impact la plus exposée en dehors des limites du site (cf. ANNEXE 1 de l'étude d'impact).

Substances	Unité	Concentration (moyenne annuelle) dans la zone habitée la plus exposée hors site	Doses d'exposition par inhalation dans la zone habitée la plus exposée hors site
Substances à seuil			
Dioxines	µg/m^3	9,6E-10	9,6E-10
Phénol	µg/m^3	2,03	2,03
Formaldéhyde	µg/m^3	0,11	0,11
Antimoine	µg/m^3	1,5E-04	1,5E-04
Arsenic	µg/m^3	3,0E-05	3,0E-05
Cadmium	µg/m^3	1,1E-05	1,1E-05
Chrome (CRVI)	µg/m^3	4,5E-05	4,5E-05
Cobalt	µg/m^3	7,5E-06	7,5E-06
Cuivre	µg/m^3	1,9E-04	1,9E-04
Mercure	µg/m^3	7,4E-06	7,4E-06
Nickel	µg/m^3	3,7E-05	3,7E-05
Plomb	µg/m^3	1,5E-04	1,5E-04
Vanadium	µg/m^3	1,5E-05	1,5E-05
Substances sans seuil			
Dioxines	µg/m^3	9,6E-10	4,1E-10
Formaldéhyde	µg/m^3	0,1	0,05
Arsenic	µg/m^3	3,0E-05	1,3E-05
Chrome (CRVI)	µg/m^3	4,5E-05	1,9E-05
Nickel	µg/m^3	3,7E-05	1,6E-05

Tableau 20 : doses d'exposition par inhalation dans la zone d'impact la plus exposée

[8] Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions des substances chimiques par les installations classées, INERIS Août 2013

3 EXPOSITION PAR INGESTION

Il existe pour certains éléments dont les éléments traces une possibilité d'exposition par ingestion liée aux retombées atmosphériques : les dioxines, l'antimoine, l'arsenic, le cadmium, le chrome, le cuivre, le mercure, le nickel, le plomb, le sélénium, le vanadium et le zinc.

Il convient de distinguer deux voies d'exposition potentielles par ingestion :

- **l'une directe par le biais d'ingestion de poussières** (mains, objets ou aliments souillés par de la terre et portés à la bouche). Des études expérimentales ont en effet permis d'estimer la part de poussières et de sols ingérés par les personnes exposées pour différentes tranches de la vie. Il est montré que les enfants, de par leurs jeux et comportements, ingèrent de plus grandes quantités de terre que les adultes.
- **l'autre indirecte par le transfert de contaminants au travers de la chaîne alimentaire**. Cette voie concerne les composés susceptibles de se redéposer et qui ont de plus un caractère bio-cumulatif, c'est-à-dire qui ont la possibilité de s'accumuler sans être dégradés dans les végétaux et animaux.

3.1 SCÉNARIO D'EXPOSITION

Dans cette étude, l'exposition des populations est prise égale à **30 ans** (cf. paragraphe 0). Les individus sont supposés présents 365 jours par an sur le lieu d'étude.

Trois valeurs de dépôts sont retenues pour effectuer les calculs de remontée dans la chaîne alimentaire :

- **D_{cult}**, dépôt au niveau des zones de culture agricole, pris en compte pour les transferts suivants :
  - sol→végétaux→homme,
  - sol→céréales→volaille→(œuf→)homme,
- **$D_{pât}$**, dépôt au niveau des premières zones de pâturage, pris en compte pour les transferts : sol→herbe→bovin→homme.
- **D_{pop}**, dépôt au niveau des premières zones d'habitation les plus exposées, pris en compte pour tous les autres transferts : sol→homme.

Dans cette étude, nous considérerons que :

- **Dpât = Dcult = Dmax sur la zone d'impact la plus exposée en dehors des limites du site, la fonderie étant entourée en partie de champs (prairies ou cultures).**
- **Dpop = Dmax sur la zone d'impact la plus exposée en dehors des limites du site.** Il s'agit d'une approche majorante car cette zone correspond actuellement à une zone agricole et non à une zone habitée. Cette hypothèse correspond au scénario où de nouvelles habitations se construiraient dans les années à venir à proximité de la fonderie.

Cibles retenues

En fonction des données disponibles sur les consommations alimentaires des individus, la population a été divisée en plusieurs classes d'âge :

- les nourrissons âgés de 0 à 1 an,
- les enfants âgés de 1 an à 2 ans,
- les enfants âgés de 2 ans à 7 ans,
- les enfants âgés de 8 ans à 12 ans,
- les enfants âgés de 13 ans à 17 ans,
- et les plus de 17 ans.

Les risques non cancérigènes sont estimés au moment de la contamination maximale des milieux, c'est-à-dire au terme des 30 années de fonctionnement de l'installation.

Voies d'exposition par ingestion retenues dans l'étude

Les différentes voies possibles d'exposition par ingestion de produits d'origine locale sont les suivantes :

- ingestion de sol,
- ingestion de légumes-racines,
- ingestion de légumes-feuilles,
- ingestion de légumes-fruits,
- ingestion de fruits,
- ingestion de viande bovine,
- ingestion de viande de volaille,
- ingestion de lait et produits laitiers,
- ingestion d'œufs.

Ainsi, l'exposition par ingestion et en particulier par ingestion indirecte a été estimée en effectuant un calcul à partir d'équations simples qui permet une estimation sommaire de l'apport lié à l'ingestion de légumes, fruits, œufs, viande et produits laitiers d'origine locale (EPA, HHRAP)[9].

3.2 DÉTERMINATION DES CONCENTRATIONS DANS LES MILIEUX D'EXPOSITION

Ce paragraphe présente les modes de calculs des concentrations en composés dans les milieux auxquels les personnes sont exposées, à partir des données de la modélisation selon la méthode de l'EPA (HHRAP).

Dans cette approche de l'EPA, les dépôts modélisés sont supposés s'accumuler sur le sol au cours du temps sans aucun phénomène d'atténuation (lixiviation, érosion, dégradation,...) et la concentration de polluants dans le sol est obtenue par calcul de la dilution dans le sol de la quantité de composés déposés dans la couche de sol considérée. Il s'agit donc d'une **approche majorante simplifiée**.

3.2.1 DÉTERMINATION DES CONCENTRATIONS DANS LES SOLS

Il s'agit de déterminer la concentration dans les sols à partir des dépôts calculés par modélisation de la manière suivante :

$$C_{sol} = \frac{D \times T}{\rho \times h}$$

Avec :

C_{sol} :	concentration dans le sol (mg/kg)
D :	quantité de dépôt sur le sol (mg/m^2/an)
T :	durée d'exposition (année)
ρ :	densité du sol (kg/m^3)
h :	hauteur du sol (m)

Les concentrations en métaux dans les sols sont calculées en prenant les hypothèses et paramétrages suivants :

- Densité de sol sec : ρ=1 300 kg/m^3
- Durée d'exposition : T= 30 ans

Les concentrations dans le sol ont été calculées :

- dans la couche superficielle de **1 cm** d'épaisseur, dans les zones d'habitation et de pâturages, pour l'ingestion directe de poussières (homme et animaux),
- dans la couche superficielle de **20 cm** d'épaisseur, dans les zones d'habitations ou de culture, où sont cultivés les végétaux,
- dans la couche superficielle de **10 cm** d'épaisseur au niveau des zones de pâturage et dans laquelle se trouvent les racines de l'herbe (valeur proposée dans la mise à jour de décembre 2004 du rapport GT-GIC[10]).Les concentrations dans les sols ainsi calculées sont présentées dans le Tableau 21.

[9] EPA. Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion facilities. July 1998. EPA530-D-98-001A.

[10] « Mise à jour de l'étude de l'évaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion », INERIS, Décembre 2004

Substance	ZONE DE POPULATION		ZONE DE CULTURE		ZONE DE PATURAGE		
	Dpop (mg/m²/an)	concentration dans la zone d'habitation la plus exposée dans 30 ans	Dcult (mg/m²/an)	concentration dans la zone de culture la plus exposée dans 30 ans	Dpât (mg/m²/an)	concentration dans la zone de pâturage la plus exposée dans 30 ans	
		dans le 1er cm (mg/kgsol)		dans les 20 premiers cm (mg/kgsol)		dans le 1er cm (mg/kgsol)	dans les 10 premiers cm (mg/kgsol)
Antimoine	1,92E-02	4,44E-02	1,92E-02	2,22E-03	1,92E-02	4,44E-02	4,44E-03
Arsenic	2,61E-03	6,01E-03	2,61E-03	3,01E-04	2,61E-03	6,01E-03	6,01E-04
Cadmium	1,63E-03	3,76E-03	1,63E-03	1,88E-04	1,63E-03	3,76E-03	3,76E-04
Chrome	7,17E-03	1,65E-02	7,17E-03	8,27E-04	7,17E-03	1,65E-02	1,65E-03
Cobalt	9,86E-04	2,28E-03	9,86E-04	1,14E-04	9,86E-04	2,28E-03	2,28E-04
Cuivre	2,56E-02	5,92E-02	2,56E-02	2,96E-03	2,56E-02	5,92E-02	5,92E-03
Méthylmercure	8,85E-06	2,04E-05	8,85E-06	1,02E-06	8,85E-06	2,04E-05	2,04E-06
Mercure inorganique	4,34E-04	1,00E-03	4,34E-04	5,00E-05	4,34E-04	1,00E-03	1,00E-04
Nickel	5,40E-03	1,25E-02	5,40E-03	6,23E-04	5,40E-03	1,25E-02	1,25E-03
Plomb	1,41E-02	3,25E-02	1,41E-02	1,63E-03	1,41E-02	3,25E-02	3,25E-03
Sélénium	3,94E-03	9,10E-03	3,94E-03	4,55E-04	3,94E-03	9,10E-03	9,10E-04
Vanadium	1,97E-03	4,55E-03	1,97E-03	2,28E-04	1,97E-03	4,55E-03	4,55E-04
Zinc	1,27E-01	2,92E-01	1,27E-01	1,46E-02	1,27E-01	2,92E-01	2,92E-02
2,3,7,8 dioxines	1,74E-08	4,02E-08	1,74E-08	2,01E-09	1,74E-08	4,02E-08	4,02E-09

*concentration dans les sols au bout de 30 ans

Tableau 21 : Concentrations dans les sols

3.2.2 DÉTERMINATION DES CONCENTRATIONS DANS LES VÉGÉTAUX

La contamination des végétaux a trois origines (cf.

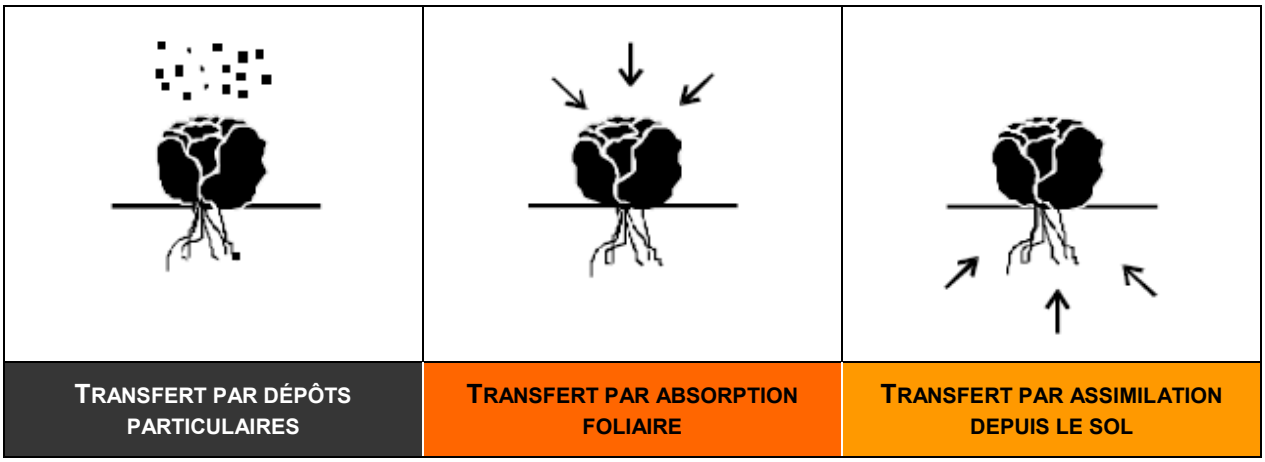


Figure 12) :

- les dépôts de polluants sur les parties aériennes provenant des retombées atmosphériques et de ré-envol de poussières,
- l'absorption foliaire de certains polluants gazeux par les feuilles de la plante,
- l'assimilation des polluants par la plante depuis le sol, par les racines, puis la diffusion dans tout le végétal.

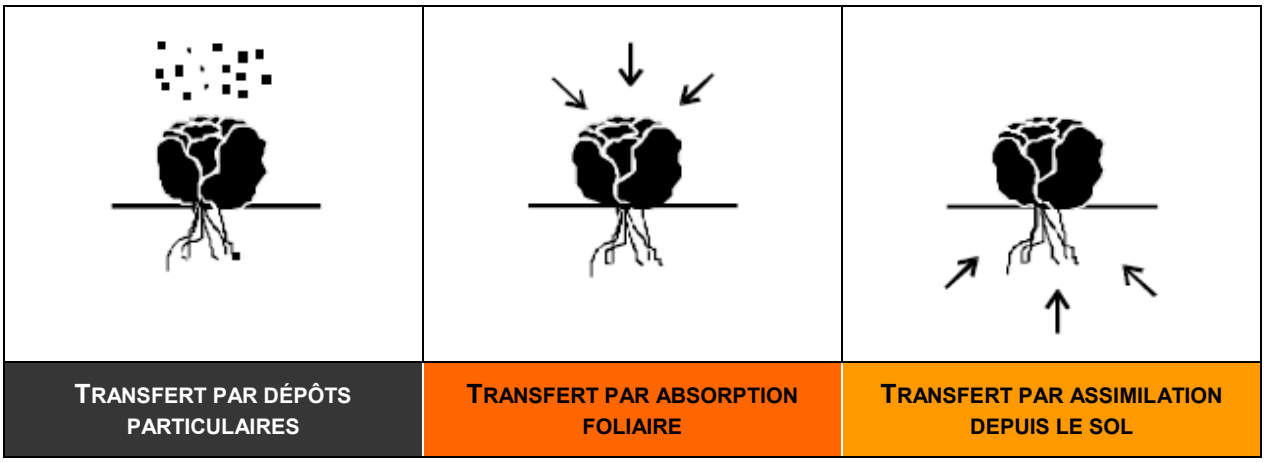


Figure 12 : contamination des végétaux (EPA, 1998)

Transfert lié aux dépôts particulaires sur les plantes

Selon les équations de l'US-EPA (HHRAP), la concentration dans la plante liée au dépôt particulaire est calculée par la formule suivante :

$$C_{dp} = D \times R_p \times \frac{1 - e^{(-k_p \times T_p)}}{Y_p \times k_p} \times t_{ms}$$

Avec :

C_{dp} : concentration dans les plantes due au phénomène de déposition (mg/kg frais)

D : quantité de dépôt sur le sol (mg/m^2/an)

R_p : fraction interceptée par les cultures (-)

k_p : coefficient de perte sur la surface de la plante (année^{-1}) - effet « weathering »
T_p : durée de culture (année)
Y_p : rendement de production (kg sec/m^2)
t_{ms} : teneur en matière sèche de la plante (-)

Les facteurs relatifs aux végétaux utilisés sont issus des rapports de l'INERIS[11/12] et sont présentées dans le Tableau 22.

Type de plante	t_{ms}	Yp (kg sec /m²)	Rp	Kp (an^{-1})	Tp (an)
Légumes-racines	0,2	-	-	-	-
Légumes-feuilles	0,086	0,246	0,215	18	0,164
Légumes-fruits	0,063	10,52	0,996	18	0,164
Fruit	0,15	0,252	0,053	18	0,164
Herbe	0,2	0,24	0,5	18	0,12
Grains	0,882	-	-	-	-

Tableau 22 : Facteurs relatifs aux végétaux

Les concentrations dans la plante liées au dépôt particulaire sont calculées à partir des concentrations en polluant dans le sol au niveau des premières zones de culture. Les concentrations en polluant dans la plante ainsi calculées, liées au dépôt particulaire, sont présentées dans le Tableau 23.

Substance	Plantes à feuilles Conc (mg/kgfrais)	Plantes à fruits Conc (mg/kgfrais)	Fruits Conc (mg/kgfrais)	Herbe Conc (mg/kgfrais)
Antimoine	7,61E-05	6,04E-06	3,19E-05	3,94E-04
Arsenic	1,03E-05	8,18E-07	4,33E-06	5,34E-05
Cadmium	6,45E-06	5,12E-07	2,71E-06	3,34E-05
Chrome	2,84E-05	2,25E-06	1,19E-05	1,47E-04
Cobalt	3,90E-06	3,10E-07	1,64E-06	2,02E-05
Cuivre	1,01E-04	8,05E-06	4,26E-05	5,25E-04
Méthylmercure	3,50E-08	2,78E-09	1,47E-08	1,81E-07
Mercure inorganique	1,72E-06	1,36E-07	7,20E-07	8,88E-06
Nickel	2,14E-05	1,69E-06	8,96E-06	1,10E-04
Plomb	5,57E-05	4,42E-06	2,34E-05	2,88E-04
Sélénium	1,56E-05	1,24E-06	6,55E-06	8,08E-05
Vanadium	7,80E-06	6,19E-07	3,28E-06	4,04E-05
Zinc	5,01E-04	3,98E-05	2,10E-04	2,59E-03
2,3,7,8 dioxines	6,90E-11	5,47E-12	2,89E-11	3,57E-10

Tableau 23 : Concentrations dans les plantes dues au dépôt de particules (transfert dépôt/plante)

[11] INERIS. Evaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion, INERIS (mai 2003).

[12] « Mise à jour de l'étude de l'évaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion », INERIS, Décembre 2004

Transfert lié à l'absorption foliaire

Selon les équations de l'US-EPA (HHRAP), la concentration dans la plante liée à l'absorption foliaire est calculée par la formule suivante :

$$C_{gp} = C_a \times B_v \times F_v \times VG$$

Avec :

- C_{gp} : concentration dans les plantes due à l'absorption foliaire (mg/kg frais)
- C_a : concentration de polluant dans l'air (µg/m^3)
- B_v : coefficient de bio-transfert air-plante (m^3/kg frais)
- F_v : Fraction de polluant sous forme gazeuse (-)
- VG : facteur correctif empirique (pour tenir compte du transfert réduit des polluants vers l'intérieur de la plante à vocation alimentaire et de la réduction de la contamination due aux techniques de préparation).
  VG = 0,01 pour les polluants ayant un coefficient de partage octanol-eau (Kow) supérieur à 10 000 et VG = 1 pour les polluants ayant un coefficient de partage octanol-eau inférieur à 10 000.

Les concentrations dans l'air sont celles calculées par le modèle de dispersion.

Les facteurs de bio-transfert B_v air/plante sont présentés dans le Tableau 24 (source : INERIS[13]). Ce facteur est nul pour les métaux. Parmi les substances étudiées, seules les dioxines sont concernées.

	Bv air/feuille	Bv air/leg-fruit	Bv air/fruit	Bv air/herbe	Source
unité	**m^3/kg frais**	**m^3/kg frais**	**m^3/kg frais**	**m^3/kg frais**	
2,3,7,8 dioxines	10 300	10 300	10 300	10 300	GIC rev 2004

Tableau 24 : facteurs de bioconcentration air/plante (B_v exprimés par rapport à la plante fraîche)

Les paramètres physico-chimiques relatif aux dioxines, seuls polluants concernés par l'absorption foliaire, sont issus des rapports de l'INERIS[13/14] et sont présentées dans le Tableau 25.

	Fv	Coefficient de partage octanol-eau	VG
unité	**-**	**log Kow**	**-**
Mercure inorganique	1,00	0,62	1,00
2,3,7,8 dioxines	0,66	6,80	0,01

Tableau 25 : paramètres physico-chimiques

[13] INERIS. Evaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion, INERIS (mai 2003).

[14] « Mise à jour de l'étude de l'évaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion », INERIS, Décembre 2004

Les concentrations dans la plante liées à l'absorption foliaire sont calculées à partir des concentrations en polluant dans l'air au niveau de la zone la plus exposée du domaine d'étude. Les concentrations en polluant dans la plante liées à l'absorption foliaire ainsi calculées sont présentées dans le Tableau 26.

Substances	Concentration dans les végétaux (mg/kg plante)			Concentration dans l'herbe fraîche (mg/kg)
	Légumes feuilles	Légumes fruits	Fruits	
2,3,7,8 dioxines	6,59E-11	6,59E-11	6,59E-11	6,59E-11

Tableau 26 : concentrations dans les plantes liées à l'absorption foliaire (transfert air/plante)

Transfert lié à l'assimilation des polluants par la plante

Selon les équations de l'US-EPA (HHRAP), la concentration dans la plante est calculée par la formule suivante :

$$C_{rp} = B_r \times C_s$$

Avec :

- C_{rp} : concentration dans la plante due au transfert sol/plante (mg/kg frais)
- C_s : concentration dans le sol (mg/kg sol sec), dans les 20 premiers cm pour les racines, les feuilles, les fruits, les grains, et dans les 10 premiers cm pour l'herbe.
- B_r : facteur de bio concentration sol/plante spécifique, dans les racines, les feuilles, les fruits, les grains du végétal, l'herbe (mg/kg frais ou sec de plante / mg/kg de sol sec).

Les facteurs de bioconcentration sol/plante (B_r) utilisés sont présentés dans le Tableau 27 et sont issus de préférence de la base de données HHRAP (EPA, 2005) et, à défaut de l'étude réalisée par le Groupe Radioécologie Nord-Cotentin (1999)[15]. Les données HHRAP ont été privilégiées pour la transparence des sources d'informations et sa mise à jour récente.

Les concentrations dans les végétaux sont calculées à partir des concentrations en polluant dans le sol au niveau de la zone de dépôts la plus exposée. Les concentrations en polluant dans les végétaux ainsi calculées sont présentées dans le Tableau 28.

[15] GNRC, Rapport détaillé du GT3 (source : IPSN/DPHD/SAER) – 1999 et son annexe VIII-2

GNRC, Karine Beaugelin-Seiller, Adaptation du modèle de transfert GT3-GRNC dans un écosystème agricole aux polluants inorganiques non radioactifs – Paramètres [1] de transfert, Rapport IPSN DPRE/SERLAB/01-39

	Br sol/racine	Br sol/feuille	Br sol/leg-fruit	Br sol/fruit	Br sol/grain	Br sol/herbe	Source biblio
unité	kg sol sec/kg frais de plante	kg sol sec/kg frais de plante	kg sol sec/kg frais de plante	kg sol sec/kg frais de plante	kg sol sec/kg frais de plante	kg sol sec/kg frais de plante	
Antimoine	6,00E-03	2,74E-03	2,01E-03	4,79E-03	2,65E-02	4,00E-02	*HHRAP 2005*
Arsenic	1,60E-03	5,44E-04	3,99E-04	9,50E-04	3,53E-03	7,20E-03	*HHRAP 2005*
Cadmium	1,28E-02	1,08E-02	7,88E-03	1,88E-02	5,47E-02	7,28E-02	*HHRAP 2005*
Chrome	9,00E-04	4,20E-04	3,07E-04	7,32E-04	3,97E-03	1,50E-03	*HHRAP 2005*
Cobalt	1,30E-02	1,70E-02	7,50E-03	7,50E-03	3,20E-03	2,20E-02	*GRNC - GR3*
Cuivre	5,00E-02	8,00E-02	5,00E-02	5,00E-02	5,00E-02	5,00E-02	*GRNC - SERLAB/01-39*
Méthylmercure	1,98E-02	2,53E-03	1,85E-03	4,41E-03	1,68E-02	0,00E+00	*HHRAP 2005*
Mercure inorganique	3,00E-01	3,00E-01	3,00E-01	3,00E-01	3,00E-01	1,20E+00	*GRNC - GR3*
Nickel	1,60E-03	8,01E-04	5,87E-04	1,40E-03	5,29E-03	6,40E-03	*HHRAP 2005*
Plomb	1,80E-03	1,17E-03	8,57E-04	2,04E-03	7,94E-03	9,00E-03	*HHRAP 2005*
Sélénium	4,40E-03	1,68E-03	1,23E-03	2,93E-03	1,76E-03	3,20E-03	*HHRAP 2005*
Vanadium	2,00E-03	2,00E-03	2,00E-03	2,00E-03	2,00E-03	2,00E-03	*GRNC - SERLAB/01-39*
Zinc	1,80E-01	8,34E-03	6,11E-03	1,46E-02	4,76E-02	5,00E-02	*HHRAP 2005*
2,3,7,8 dioxines	5,00E-03	3,91E-04	2,87E-04	6,83E-04	4,01E-03	9,10E-04	*INERIS 2004 & HHRAP 2005*

Tableau 27 : facteurs de bioconcentration sol/plante (B_r exprimés par rapport à la plante fraîche)

	Concentration dans les végétaux (mg/kg plante)					Concentration dans l'herbe fraîche (mg/kg)
Substances	Légumes racines	Légumes feuilles	Légumes fruits	Fruits	Grains	
Antimoine	1,33E-05	6,09E-06	4,46E-06	1,06E-05	5,87E-05	1,77E-04
Arsenic	4,81E-07	1,64E-07	1,20E-07	2,85E-07	1,06E-06	4,33E-06
Cadmium	2,41E-06	2,02E-06	1,48E-06	3,53E-06	1,03E-05	2,74E-05
Chrome	7,45E-07	3,47E-07	2,54E-07	6,06E-07	3,28E-06	2,48E-06
Cobalt	1,48E-06	1,93E-06	8,53E-07	8,53E-07	3,64E-07	5,01E-06
Cuivre	1,48E-04	2,37E-04	1,48E-04	1,48E-04	1,48E-04	2,96E-04
Méthylmercure	2,02E-08	2,58E-09	1,89E-09	4,50E-09	1,71E-08	0,00E+00
Mercure inorganique	1,50E-05	1,50E-05	1,50E-05	1,50E-05	1,50E-05	1,20E-04
Nickel	9,96E-07	4,98E-07	3,65E-07	8,69E-07	3,29E-06	7,97E-06
Plomb	2,93E-06	1,90E-06	1,39E-06	3,32E-06	1,29E-05	2,93E-05
Sélénium	2,00E-06	7,63E-07	5,59E-07	1,33E-06	8,03E-07	2,91E-06
Vanadium	4,55E-07	4,55E-07	4,55E-07	4,55E-07	4,55E-07	9,10E-07
Zinc	2,63E-03	1,22E-04	8,93E-05	2,13E-04	6,96E-04	1,46E-03
2,3,7,8 dioxines	1,01E-11	7,87E-13	5,76E-13	1,37E-12	8,07E-12	3,66E-12

Tableau 28 : concentrations dans les végétaux (transfert sol/plante)

CONTAMINATION TOTALE DES PLANTES

La contamination totale des plantes correspond à la somme des concentrations dans les plantes calculées par le transfert sol/plante, par le transfert air/plante et liées au dépôt de particules :

$$C_p = C_{dp} + C_{gp} + C_{rp}$$

Avec :

- C_p : concentration totale dans les plantes (mg/kg frais)
- C_{dp} : concentration dans les plantes due au phénomène de déposition (mg/kg frais)
- C_{gp} : concentration dans les plantes due à l'absorption foliaire (mg/kg frais)
- C_{rp} : concentration dans la plante due au transfert sol/plante (mg/kg frais)

Les concentrations totales dans les plantes ainsi calculées sont présentées dans le Tableau 29.

Substance	Contamination totale végétaux frais (mg/kg)					
	Légume racine	Légume feuille	Légume fruit	Fruit	Herbe	Grains
Antimoine	1,33E-05	8,22E-05	1,05E-05	4,26E-05	5,71E-04	5,87E-05
Arsenic	4,81E-07	1,05E-05	9,38E-07	4,61E-06	5,77E-05	1,06E-06
Cadmium	2,41E-06	8,47E-06	1,99E-06	6,23E-06	6,08E-05	1,03E-05
Chrome	7,45E-07	2,87E-05	2,51E-06	1,25E-05	1,49E-04	3,28E-06
Cobalt	1,48E-06	5,84E-06	1,16E-06	2,49E-06	2,52E-05	3,64E-07
Cuivre	1,48E-04	3,38E-04	1,56E-04	1,90E-04	8,21E-04	1,48E-04
Méthylmercure	2,02E-08	3,76E-08	4,67E-09	1,92E-08	1,81E-07	1,71E-08
Mercure inorganique	1,50E-05	1,67E-05	1,51E-05	1,57E-05	1,29E-04	1,50E-05
Nickel	9,96E-07	2,19E-05	2,06E-06	9,83E-06	1,18E-04	3,29E-06
Plomb	2,93E-06	5,76E-05	5,82E-06	2,67E-05	3,18E-04	1,29E-05
Sélénium	2,00E-06	1,64E-05	1,80E-06	7,88E-06	8,37E-05	8,03E-07
Vanadium	4,55E-07	8,26E-06	1,07E-06	3,73E-06	4,13E-05	4,55E-07
Zinc	2,63E-03	6,23E-04	1,29E-04	4,23E-04	4,06E-03	6,96E-04
2,3,7,8 dioxines	1,01E-11	1,36E-10	7,19E-11	9,62E-11	4,26E-10	8,07E-12

Tableau 29 : contamination totale des plantes (via le sol, l'air et les dépôts de particules)

3.2.3 DÉTERMINATION DES CONCENTRATIONS DANS LES PRODUITS D'ORIGINE ANIMALE

On suppose de manière majorante que toute la nourriture ingérée par l'animal provient de la zone la plus exposée aux dépôts particulaires.

Les facteurs de bioconcentration dans les produits animaux (Ba) utilisés sont présentés dans le Tableau 30 et sont issus de préférence de la base de données HHRAP (EPA, 2005) et, à défaut de l'étude réalisée par le Groupe Radioécologie Nord-Cotentin (1999)[16]. Les données HHRAP ont été privilégiées pour la transparence des sources d'informations et sa mise à jour récente.

Substance	Ba_{boeuf}	Ba_{lait}	$Ba_{volaille}$	Ba_{oeuf}	$B_{lait\ maternel}$	Source
unité	j/kg frais	j/l frais	j/kg frais	j/kg frais	j/kg frais	
Antimoine	1,00E-03	1,00E-04	9,20E-04	9,20E-04		HHRAP 2005 & GRNC - GR3
Arsenic	2,00E-03	6,00E-05	2,00E-02	2,00E-02		HHRAP 2005 & GRNC - SERLAB/01-39
Cadmium	1,20E-04	6,50E-06	1,06E-01	2,50E-03		HHRAP 2005
Chrome	5,50E-03	1,50E-03	3,00E-02	3,00E-02		HHRAP 2005 & GRNC - SERLAB/01-39
Cobalt	1,00E-03	2,00E-03	1,00E-03	1,00E-03		GRNC - GR3
Cuivre	1,00E-02	2,00E-03	5,00E-01	5,00E-01		GRNC - SERLAB/01-39
Méthylmercure	7,80E-04	3,38E-04	3,58E-03	3,58E-03		HHRAP 2005
Mercure inorganique	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00		HHRAP 2005
Nickel	6,00E-03	1,00E-03	5,00E-03	4,00E-01		HHRAP 2005 & GRNC - GR3
Plomb	3,00E-04	2,50E-04	1,2	1,2		HHRAP 2005 & GRNC - SERLAB/01-39
Sélénium	2,27E-03	5,86E-03	1,13E+00	1,13E+00		HHRAP 2005
Vanadium	1,00E-02	5,00E-04	1,00E-02	1,00E-02		GRNC - SERLAB/01-39
Zinc	9,00E-05	3,25E-05	8,75E-03	8,75E-03		HHRAP 2005
2,3,7,8 dioxines	3,42E-02	6,30E-03	3,42E-02	2,46E+01	6,70E+00	INERIS 2004

Tableau 30 : Coefficient de bio-transfert dans les produits animaux (Ba exprimés par rapport à la masse fraîche de produit)

[16] GNRC, Rapport détaillé du GT3 (source : IPSN/DPHD/SAER) – 1999 et son annexe VIII-2

GNRC, Karine Beaugelin-Seiller, Adaptation du modèle de transfert GT3-GRNC dans unécosystème agricole aux polluants inorganiques non radioactifs – Paramètres [1] de transfert, Rapport IPSN DPRE/SERLAB/01-39

Transfert vers la viande de bœuf

$$\ldots_s . B_s) \times Ba_{boeuf}$$

Selon les équations de l'US-EPA (HHRAP), la concentration dans la viande de bœuf est calculée par l'équation suivante :

Avec :

- C_{boeuf} : concentration dans la viande (mg/kg de viande fraîche)
- Q_{herbe} : quantité totale d'herbe ingérée quotidiennement par l'animal (kg frais/j)
- C_{herbe} : concentration en polluant dans l'herbe ingérée par l'animal (mg/kg)
- Q_s : quantité de sol ingérée quotidiennement par l'animal (kg sol sec/j)
- C_s : concentration en polluant dans le sol (mg/kg sol sec) dans le premier cm
- B_s : facteur de biodisponibilité (B_s = 1)
- Ba_{boeuf} : facteur de biotransfert pour la viande de bœuf (j/kg frais)

Avec :

Les paramètres relatifs au bœuf sont les suivants (INERIS[17]) :

- Q_{herbe} = 60 kg frais/j
- Q_s = 0,5 kg sec/j

[17] INERIS. Evaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion, INERIS (mai 2003).

Transfert vers le lait

$$C_{lait} = (Q_{herbe}.C_{herbe} + Q_s.C_s.B_s) \times Ba_{lait}$$

Selon les équations de l'US-EPA (HHRAP), la concentration dans le lait est calculée par l'équation suivante :

Avec :

- C_{lait} : concentration dans le lait (mg/kg de lait)
- Q_{herbe} : quantité totale d'herbe ingérée quotidiennement par l'animal (kg frais/j)
- C_{herbe} : concentration en polluant dans l'herbe ingérée par l'animal (mg/kg)
- Q_s : quantité de sol ingérée quotidiennement par l'animal (kg sol sec/j)
- C_s : concentration en polluant dans le sol (mg/kg sol sec) dans le premier cm
- B_s : facteur de biodisponibilité (Bs = 1)
- Ba_{lait} : facteur de biotransfert pour le lait (j/kg frais)

Avec :

Les paramètres relatifs à la vache laitière sont les suivants (INERIS**Erreur ! Signet non défini.**):

- Q_{herbe} = 80 kg frais/j
- Q_s = 0,64 kg sec/j

Transfert vers la viande de volaille

$$C_{volaille} = (Q_{grain}.C_{grain} + Q_s.C_s.B_s) \times Ba_{volaille}$$

Selon les équations de l'US-EPA (HHRAP), la concentration dans la viande de volaille est calculée par l'équation suivante :

Avec :

- $C_{volaille}$: concentration dans la viande de volaille (mg/kg de viande fraîche)
- Q_{grain} : quantité totale de grain ingérée quotidiennement par l'animal (kg frais/j)
- C_{grain} : concentration en polluant dans les grains ingérée par l'animal (mg/kg)
- Q_s : quantité de sol ingérée quotidiennement par l'animal (kg sol sec/j)
- C_s : concentration en polluant dans le sol (mg/kg sol sec) dans le premier cm
- B_s : facteur de biodisponibilité (Bs = 1)
- $Ba_{volaille}$: facteur de biotransfert pour la viande de volaille (j/kg frais)

Avec :

Les paramètres relatifs aux volailles sont les suivants sont les suivants (INERIS**Erreur ! Signet non défini.**):

- Q_{grain} = 0,2 kg frais/j
- Q_s = 0,02 kg sec/j

Transfert vers les œufs

Selon les équations de l'US-EPA (HHRAP), la concentration dans les œufs est calculée par l'équation suivante :

$$C_{oeuf} = (Q_{grain}.C_{grain} + Q_s.C_s.B_s) \times Ba_{oeuf}$$

Avec :

- C_{oeuf} : concentration dans les œufs (mg/kg frais)
- Q_{grain} : quantité totale de grain ingérée quotidiennement par l'animal (kg frais/j)
- C_{grain} : concentration en polluant dans les grains ingérée par l'animal (mg/kg)
- Q_s : quantité de sol ingérée quotidiennement par l'animal (kg sol sec/j)
- C_s : concentration en polluant dans le sol (mg/kg sol sec) dans le premier cm
- B_s : facteur de biodisponibilité (Bs = 1)
- Ba_{oeuf} : facteur de biotransfert pour les œufs (j/kg frais)

Avec :

Les paramètres relatifs aux volailles sont les suivants (INERIS**Erreur ! Signet non défini.**):

- Q_{grain} = 0,2 kg frais/j
- Q_s = 0,02 kg sec/j

Transfert dans le lait maternel

Selon les équations de l'US-EPA (HHRAP), la concentration dans le lait maternel est calculée par l'équation suivante :

$$C_{lait\ maternel} = Tl \times Pds \times DJEtotal\ Adulte \times B_{lait}$$

Avec :

- $C_{lait\ maternel}$: concentration dans le lait maternel (mg/kg frais)
- Tl : Taux de lipides dans le lait maternel
- B_{lait} : facteur de biotransfert dans le lait maternel (j/kg frais)
- Pds : Poids de la femme allaitante (kg)
- DJE total Adulte : dose journalière d'exposition Adulte (mg/kg/j)

Avec :

Les valeurs suivantes ont été retenues (INERIS**Erreur ! Signet non défini.**):

- Pds = 60 kg
- Tl = 0.03

Les concentrations en polluant dans les produits d'origine animale ainsi calculées sont présentées dans le Tableau 31.

Substance	Contamination des produits d'origine animale (mg/kg)				
	Viande de bœuf	Lait	Viande de volaille	Oeufs	Lait maternel
Antimoine	5,65E-05	7,41E-06	8,27E-07	8,27E-07	-
Arsenic	1,29E-05	5,08E-07	2,41E-06	2,41E-06	-
Cadmium	6,63E-07	4,72E-08	8,21E-06	1,93E-07	-
Chrome	9,48E-05	3,38E-05	9,95E-06	9,95E-06	-
Cobalt	2,65E-06	6,94E-06	4,56E-08	4,56E-08	-
Cuivre	7,88E-04	2,07E-04	6,06E-04	6,06E-04	-
Méthylmercure	1,64E-08	9,32E-09	1,47E-09	1,47E-09	-
Mercure inorganique	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-
Nickel	8,00E-05	1,74E-05	1,25E-06	9,99E-05	-
Plomb	1,06E-05	1,16E-05	7,83E-04	7,83E-04	-
Sélénium	2,17E-05	7,33E-05	2,05E-04	2,05E-04	-
Vanadium	4,75E-05	3,11E-06	9,11E-07	9,11E-07	-
Zinc	3,51E-05	1,66E-05	5,24E-05	5,24E-05	-
2,3,7,8 dioxines	1,56E-09	3,77E-10	2,76E-11	1,98E-08	2,39E-11

Tableau 31 : contamination des produits d'origine animale liée à l'installation

3.3 CALCUL DES DOSES D'EXPOSITION PAR VOIE DIGESTIVE

La Dose Journalière d'Exposition (DJE) par ingestion est calculée suivant l'équation :

$$DJE = \sum_i \frac{C_i \times Q_i \times f_i \times F}{P}$$

Avec :

- DJE : Dose Journalière d'Exposition totale (mg/kg poids corporel/jour)
- C_i : concentration en polluant dans l'aliment i (mg/kg)
- i : correspondant au sol (terre ingérée), aux légumes-feuilles, aux légumes-fruits, aux légumes-racines, aux fruits, à la viande de volaille, aux œufs, aux autres viandes et aux produits laitiers.
- Q_i : quantité de l'aliment i ingérée (kg/jour)
- f_i : fraction d'aliment i provenant de la zone d'exposition (-)
- F : fréquence d'exposition (nombre annuel d'heures ou de jours d'exposition ramené au nombre total annuel d'heures ou de jours), fixée à 1 dans une hypothèse majorante.
- P : masse corporelle de la cible (kg)

Les concentrations C_i dans l'aliment i sont calculées suivant les méthodologies présentées dans les paragraphes ci-dessus. Les Doses Journalières d'Exposition sont calculées en prenant comme hypothèses les poids corporels donnés par la base de données CIBLEX[18] pour chaque catégorie d'âge (cf. Tableau 32).

[18] CIBLEX, Banque de données des paramètres descriptifs de la population française au voisinage d'un site pollué, IRSN, ADEME, Juin 2003

Les consommations journalières utilisées sont également issues de la base de données CIBLEX. Elles proviennent de l'étude Individuelle et Nationale sur les Consommations Alimentaires (enquête INCA 1999, Volatier, 2000) réalisée par l'AFSSA et des taux d'autoconsommation déduit de l'étude de consommation et lieu d'achat des produits alimentaires de l'INSEE de 1991 (Bertrand, 1993). Elles correspondent aux consommations de la population moyenne de la ZEAT[19] Bassin parisien Est à laquelle est rattachée l'Oise.

E : Enfants A : Adulte	E 0 à 1 an	E 1 à 2 ans	E 2 à 7 ans	E 7 à 12 ans	E 12 à 17 ans	A 17 à 60 ans
Poids (kg)	6	10,8	17,15	30,6	51,7	62,55
Consommation de terre						
Quantité de terre ingérée (mg/j)	0	150	150	50	50	50
Consommation de légumes et fruits						
Quantité de légume racine ingérée (g/j)	36,3	104,22	73,27	95,71	92,41	93,39
Quantité de légume feuille ingérée (g/j)	93,8	53,25	14,38	23,01	18,61	41,91
Quantité de légume fruit ingérée (g/j)	72,9	114,49	104,24	119,04	105,18	148,27
Consommation de produits d'origine animale						
Quantité de viande (sauf volaille) ingérée (g/j)	2,4	27,02	66,94	92,21	85,04	114,45
Quantité de viande de volaille ingérée (g/j)	0	11,55	25,16	28,04	25,29	36,42
Quantité de produits laitiers ingérée (g/j)	654,2	464,68	382,10	296,19	249,04	253,60
Quantité d'œufs ingérée (g/j)	2,4	8,44	11,67	15,25	15,95	24,53
Consommation de lait maternel						
Quantité de lait maternel (l/j)	0,7	0	0	0	-	-

Tableau 32 : paramètres relatifs aux différentes catégories d'âge dans la ZEAT Bassin Parisien Est (données CIBLEX)

Catégories d'aliments	Fraction d'aliments auto-produits pour la population moyenne
Sol	1
Légume racine	0,35
Légume feuille	0,35
Légume fruit	0,18
Viande de bœuf, de porc, charcuterie	0,03
Viande de volaille	0,21
Œufs	0,22
Lait et produits laitiers	0,03

Tableau 33 : fraction d'aliments auto-produits dans la ZEAT Bassin Parisien Est (données CIBLEX)

Les Doses Journalières d'Exposition liées à l'installation ainsi calculées sont présentées dans le Tableau 34.

[19] La ZEAT ou Zone d'Etude et d'Aménagement du Territoire est une division du territoire à vocation statistique. Elle correspond à un regroupement d'une ou de plusieurs région(s).

Classe d'âge	Enfant (0 - 1 an)	Enfant (1 - 2 ans)	Enfant (2 - 7 ans)	Enfant (7 - 12 ans)	Enfant (12 - 17 ans)	Adulte (> 17 ans)	DJE pondérée sur 30 ans
Unités	**mg/kg/j**	**mg/kg/j**	**mg/kg/j**	**mg/kg/j**	**mg/kg/j**	**mg/kg/j**	**mg/kg/j**
Antimoine	6,08E-07	9,13E-07	5,00E-07	1,52E-07	8,44E-08	8,77E-08	9,06E-08
Arsenic	7,14E-08	1,16E-07	6,52E-08	1,89E-08	1,05E-08	1,11E-08	1,15E-08
Cadmium	6,87E-08	9,21E-08	5,04E-08	1,83E-08	1,00E-08	1,07E-08	9,90E-09
Chrome	2,85E-07	3,58E-07	2,06E-07	6,59E-08	3,61E-08	3,75E-08	3,81E-08
Cobalt	6,18E-08	6,12E-08	3,20E-08	1,13E-08	6,15E-09	6,34E-09	6,47E-09
Cuivre	3,52E-06	3,07E-06	1,70E-06	8,91E-07	4,85E-07	5,40E-07	4,14E-07
Méthylmercure	3,24E-10	4,73E-10	2,53E-10	8,59E-11	4,79E-11	4,78E-11	4,79E-11
Mercure inorganique	1,88E-07	1,51E-07	6,90E-08	4,35E-08	2,35E-08	2,54E-08	1,93E-08
Nickel	2,04E-07	2,79E-07	1,64E-07	5,83E-08	3,28E-08	3,57E-08	3,18E-08
Plomb	4,89E-07	9,44E-07	7,05E-07	3,33E-07	1,87E-07	2,19E-07	1,49E-07
Sélénium	3,36E-07	3,42E-07	2,36E-07	1,10E-07	6,06E-08	6,76E-08	5,12E-08
Vanadium	6,52E-08	9,53E-08	5,60E-08	1,89E-08	1,04E-08	1,10E-08	1,04E-08
Zinc	1,02E-05	1,51E-05	7,30E-06	3,92E-06	2,22E-06	2,00E-06	1,69E-06
2,3,7,8 dioxines	6,72E-12	5,09E-12	3,97E-12	2,65E-12	1,60E-12	1,98E-12	1,08E-12

Tableau 34 : Dose Journalière d'Exposition totale pour chaque tranche d'âge

CHAPITRE VII.
CARACTERISATION DES RISQUES

OBJECTIF

A PARTIR DES INFORMATIONS ISSUES DE L'ÉVALUATION DES EXPOSITIONS DES POPULATIONS ET DE L'ÉVALUATION DES PROPRIÉTÉS TOXIQUES DES SUBSTANCES, **L'ÉVALUATION DES RISQUES PRÉSENTE L'ESTIMATION DE L'INCIDENCE ET DE LA GRAVITÉ DES EFFETS SUR LES POPULATIONS.**

La caractérisation des risques est la dernière étape de la démarche d'évaluation des risques sanitaires. Elle consiste à confronter les concentrations ou doses auxquelles les populations sont exposées et les valeurs toxicologiques de référence retenues. Les risques sont évalués pour un individu. Les risques collectifs ne sont pas calculés.

1 METHODOLOGIE

La caractérisation des risques étant établie à partir des valeurs toxicologiques de référence, elle se distingue, de la même façon que les VTR pour les composés à effet à seuil et pour les composés à effet sans seuil.

1.1 SUBSTANCES À EFFETS À SEUIL

Pour les polluants à seuil (atteinte d'un organe ou d'un système d'organes), il s'agit de calculer les quotients de danger (QD) qui sont le rapport entre les concentrations (CI, Concentration moyenne Inhalée) attendues dans l'environnement ou la Dose Journalière d'Exposition (DJE) et la Valeur Toxicologique de Référence (VTR) (Concentration ou Dose de Référence).

Le quotient de danger est donc le suivant :

INGESTION

$$QD_j = DJE_j / VTR_o$$

INHALATION

$$QD_j = CI / VTR_i$$

où :

- QD_j : Quotient de danger pour la classe d'âge j
- DJE_j : Dose journalière d'Exposition pour la classe d'âge j (en mg/kg de poids corporel/jour)
- VTR_o : Valeur Toxicologique de Référence pour la voie digestive (en mg/kg de poids corporel/jour)
- CI : Concentration inhalée (en µg/m^3)
- VTR_i : Valeur Toxicologique de Référence par inhalation (en µg/m^3)

En termes d'interprétation, lorsque ce quotient est inférieur à 1, la survenue d'effet toxique apparaît peu probable même pour les populations sensibles. Au-delà de 1, la possibilité d'apparition d'effets ne peut être exclue.

Pour l'exposition par ingestion, la DJE étant fonction des quantités ingérées, variables avec l'âge, il est calculé un QD pour chacune des 5 tranches d'âge entre 0 et 17 ans et pour les adultes (plus de 17 ans). Dans les tableaux de résultats, les résultats de ces cinq tranches d'âge d'enfants sont présentés dans le corps du rapport sous le terme « enfants » qui est une moyenne des cinq tranches d'âge de 0 à 17 ans inclus.

1.2 SUBSTANCES À EFFETS SANS SEUIL

Pour les polluants cancérigènes génotoxiques et donc considérés sans seuil d'effet, le risque représente la probabilité de survenue d'effets nocifs chez un individu.

L'excès de risque individuel (ERI) est calculé en multipliant l'excès de risque unitaire (ERU) vie entière (conventionnellement 70 ans) par la dose journalière d'exposition (DJE) pour la voie digestive ou par la concentration atmosphérique inhalée (CI) pour l'inhalation.

L'Excès de Risque Individuel est donc le suivant :

INGESTION

$$ERI = VTR_o \times \sum_j \frac{DJE_j \times T_j}{70}$$

INHALATION

$$ERI = VTR_i \times CI$$

où :

ERI : Excès de Risque Individuel

VTR=ERU : Excès de Risque Unitaire par ingestion (ERU_o en $(mg/kg/j)^{-1}$) ou par inhalation (ERU_i en $(\mu g/m^3)^{-1}$). L'ERU correspond à la probabilité supplémentaire de survenue de cancer dans une population exposée à 1 $\mu g/m^3$ par rapport à la probabilité de cancer dans une population non exposée.

CI : Concentration inhalée (en $\mu g/m^3$)

DJE_j : Dose journalière d'Exposition pour la classe d'âge j (en mg/kg de poids corporel/jour)

T_i : durée d'exposition associée à la classe d'âge j (années)

En termes d'interprétation, l'ERI représente la probabilité supplémentaire de survenue d'un effet néfaste chez un individu exposé pendant toute sa vie aux concentrations/doses du composé cancérogène, par rapport à un sujet non exposé.

Le niveau de risque cancérigène peut être comparé au risque de 1 pour 100 000 (ou 10^{-5}), niveau repère, qualifié « d'acceptable », par différentes instances internationales.

L'acceptabilité des risques évalués s'apprécie ensuite par comparaison à des niveaux de risque jugés socialement acceptables. Il n'existe pas, bien entendu, de seuil absolu d'acceptabilité, mais il existe plusieurs valeurs de seuils pouvant servir de référence :

- Aux USA, la valeur de 10^{-6} est considérée comme le seuil de risque acceptable en population générale, alors que la valeur de 10^{-4} est considérée comme limite acceptable en milieu professionnel. La valeur de 10^{-5} est souvent admise comme seuil d'intervention.
- En France, le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire reprend dans la circulaire du 8 février 2007 ce seuil de 10^{-5} comme critère d'acceptabilité des niveaux de risque dans la gestion des sols pollués.
- Ce seuil de 10^{-5} est également utilisé par l'OMS pour définir les valeurs guides de qualité de l'eau de boisson et de qualité de l'air ;
- C'est également le seuil indiqué dans le guide INERIS de 2013.

1.3 RISQUE GLOBAL

Pour tenir compte de l'exposition conjointe à plusieurs composés, l'InVS (2000), repris par l'INERIS (2013), recommande d'estimer le risque sanitaire global en sommant les risques de la façon suivante :

- pour les composés à effet à seuil : la somme doit être réalisée pour ceux dont la toxicité est identique en termes de mécanisme d'action et d'organe cible. Pratiquement, tous les composés ayant la même cible organique ont été regroupés car les données sur les mécanismes d'action des composés ne sont pas toujours connues ;
- pour les composés à effet sans seuil : la somme de tous les ERI doit être réalisée, quel que soit le type de cancer et l'organe touché, de façon à apprécier le risque cancérigène global.

2 EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES POUR LES SUBSTANCES A SEUIL

Le Tableau 35 présente les Quotients de Danger (QD) calculés pour les traceurs du risque à partir des Concentrations inhalées (CI) **dans la zone d'impact la plus exposée en dehors des limites du site,** et des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) (cf. paragraphe 1.3.3) retenues pour l'exposition par voie respiratoire. Les QD sont classés par ordre décroissant.

VOIE RESPIRATOIRE			
Atteintes systémiques	**Substances**	**VTR (µg/m^3)**	**QD**
Yeux Système respiratoire	Formaldéhyde	3	**0,04**
Système hépatique Système cardiovasculaire Reins Système nerveux	Phénol	200	**0,01**
Système respiratoire	Chrome (CrVI)	5,00E-03	**0,009**
Développement Système nerveux Peau	Arsenic	0,015	**0,002**
Système respiratoire	Antimoine	0,2	**0,0007**
Système respiratoire	Nickel	9,00E-02	**0,0004**
Système hématologique Système nerveux	Plomb	5,00E-01	**0,0003**
Système respiratoire	Cuivre	1,00E+00	**0,0002**
Système nerveux	Mercure	3,00E-02	**0,0002**
Système respiratoire	Vanadium	1,00E-01	**0,0001**
Système respiratoire	Cobalt	0,1	**0,00007**
Système respiratoire	Cadmium	3,00E-01	**0,00004**
Système respiratoire Système hépatique	Dioxines	4,00E-05	**0,00002**
Reins	Cadmium	4,50E-01	**0,00002**

Tableau 35 : Quotients de danger pour les traceurs du risque à seuil par inhalation

Le QD est inférieur à la valeur repère égale à 1 pour tous les traceurs de risque à seuil. Le QD le plus élevé est obtenu pour le formaldéhyde.

Le Tableau 36 présente les Quotients de Danger (QD) calculés à partir des Doses Journalières d'Exposition Journalière (DJE) estimées **dans la zone d'impact la plus exposée en dehors des limites du site,** et des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) retenues pour l'exposition par voie digestive. Les QD sont classés par ordre décroissant.

VOIE DIGESTIVE

Atteintes systémiques	Substances	VTR (mg/kg/j)	QD	
			Enfant	Adulte
Système nerveux Développement	Dioxines	1,00E-09	0,004	0,002
Système hématologique Système nerveux	Plomb	3,50E-03	0,0002	0,00006
Peau	Arsenic	4,50E-04	0,0001	0,00002
Reins	Cadmium	3,60E-04	0,0001	0,00003
Développement	Antimoine	6,00E-03	0,00008	0,00001
Reins	Mercure (Hg inorganique)	2,00E-03	0,00005	0,00001
Développement Système nerveux	Sélénium	5,00E-03	0,00004	0,00001
Système sanguin	Zinc	3,00E-01	0,00003	0,000007
Système cardiovasculaire	Cobalt	1,40E-03	0,00002	0,00004
Développement	Cuivre	1,40E-01	0,00001	0,000004
Développement	Nickel	2,00E-02	0,000007	0,000002
Développement	Vanadium	9,00E-03	0,000005	0,000001
Développement	Mercure (Méthylmercure)	1,00E-04	0,000002	0,0000005
Système immunitaire	Chrome (CrIII)	1,50E+00	0,0000001	0,00000003

Tableau 36 : quotients de danger pour les traceurs du risque à seuil par ingestion

Le QD est très inférieur à la valeur repère égale à 1.

Le Tableau 37 synthétise les Quotients de Danger (QD) calculés pour les traceurs du risque et par organe cible.

Atteintes systémiques	Substances	Voies d'exposition	VTR (µg/m3 ou mg/kg/j)	QD	
				Enfant	Adulte
Système respiratoire	Formaldéhyde	Inhalation	3	0,04	
	Chrome (CrVI)	Inhalation	5,00E-03	0,009	
	Antimoine	Inhalation	0,2	0,0007	
	Nickel	Inhalation	9,00E-02	0,0004	
	Cuivre	Inhalation	1	0,0002	
	Vanadium	Inhalation	1,00E-01	0,0001	
	Cobalt	Inhalation	1,00E-01	0,00007	
	Cadmium	Inhalation Effets cancérigènes	3,00E-01	0,00004	
	Dioxines	Inhalation	4,00E-05	0,00002	
	QD Global			**0,05**	
Système immunitaire	Chrome (CrIII)	Ingestion	1,50E+00	0,0000001	0,00000003
	QD Global			**0,0000001**	**0,00000003**
Système hépatique	Phénol	Inhalation	200	0,01	
	Dioxines	Inhalation	4,00E-05	0,00002	
	QD Global			**0,01**	
Système nerveux	Phénol	Inhalation	200	0,01	
	Dioxines	Ingestion	1,00E-09	0,004	0,002
	Arsenic	Inhalation	1,50E-02	0,002	
	Plomb	Inhalation	5,00E-01	0,0003	
	Mercure	Inhalation	3,00E-02	0,0002	
	Plomb	Ingestion	3,50E-03	0,0002	0,00006
	Sélénium	Ingestion	5,00E-03	0,00004	0,00001
	QD Global			**0,02**	**0,02**
Peau	Arsenic	Inhalation	0,015	0,002	
	Arsenic	Ingestion	4,50E-04	0,0001	0,00002
	QD Global			**0,002**	**0,002**
Développement	Dioxines	Ingestion	1,00E-09	0,004	0,002
	Arsenic	Inhalation	1,50E-02	0,002	
	Antimoine	Ingestion	6,00E-03	0,00008	0,00001
	Sélénium	Ingestion	5,00E-03	0,00004	0,00001
	Cuivre	Ingestion	1,40E-01	0,00001	0,000004
	Nickel	Ingestion	2,00E-02	0,000007	0,000002
	Vanadium	Ingestion	9,00E-03	0,000005	0,000001
	Mercure (Méthylmercure)	Ingestion	1,00E-04	0,000002	0,0000005
	QD Global			**0,006**	**0,004**
Yeux	Formaldéhyde	Inhalation	3	0,01	
	QD Global			**0,01**	
Système rénal	Phénol	Inhalation	200	0,04	
	Cadmium	Ingestion	3,60E-04	0,0001	0,00003
	Mercure (Hg inorganique)	Ingestion	2,00E-03	0,00005	0,00001
	Cadmium	Inhalation	4,50E-01	0,00002	

Atteintes systémiques	Substances	Voies d'exposition	VTR (µg/m3 ou mg/kg/j)	QD	
				Enfant	Adulte
		Effets non cancérigènes			
	QD Global			**0,04**	**0,04**
Système cardiovasculaire	Phénol	Inhalation	200	0,01	
	Cobalt	Ingestion	1,40E-03	0,00002	0,000005
	QD Global			**0,01**	
Système sanguin	Plomb	Inhalation	5,00E-01	0,0003	
	Plomb	Ingestion	3,50E-03	0,0002	0,00006
	Zinc	Ingestion	3,00E-01	0,00003	0,000007
	QD Global			**0,0005**	**0,0004**
VALEUR REPERE				**1**	

Tableau 37 : quotients de danger pour les traceurs du risque à seuil par organe cible

Les Quotients de Danger calculés pour chaque organe cible dans la zone la plus exposée sont inférieurs à la valeur repère égale à 1.

La survenue d'effets toxiques liés à l'installation apparaît donc peu probable.

Rappelons qu'il n'a pas été trouvé dans les bases de données de Valeurs Toxicologiques de Référence pour le dioxyde d'azote (NO_2) et les poussières. Cependant, les concentrations dans l'air ont été comparées aux valeurs guide de l'OMS pour la qualité de l'air et la santé des populations.

3 EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES POUR LES SUBSTANCES SANS SEUIL

Le Tableau 38 présente les Excès de Risque Individuel calculés pour les traceurs du risque :

- pour **l'inhalation**, à partir des Concentrations inhalées (CI) et des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) (cf. paragraphe 1.3.3) retenues pour l'exposition par voie respiratoire ;
- pour **l'ingestion**, à partir des Doses journalières d'Exposition (DJE) et des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) (cf. paragraphe 1.3.3) retenues pour l'exposition par voie digestive.

Les ERI sont classés par ordre décroissant. Afin d'apprécier le risque cancérigène global, le tableau présente également l'excès de risque individuel global (obtenu en additionnant les excès de risque individuel de chaque substance).

Substances	Voies d'exposition	VTR	ERI
Chrome	Inhalation	4,00E-02	7,7E-07
Formaldéhyde	Inhalation	1,30E-05	6,5E-07
Arsenic	Inhalation	4,30E-03	5,5E-08
Arsenic	Ingestion	1,50E+00	2,6E-08
Dioxines	Inhalation	3,80E+01	1,6E-08
Nickel	Inhalation	3,80E-04	6,1E-09
Dioxines	Ingestion	1,30E-05	1,4E-17
ERI Global			**1,5E-06**
VALEUR REPERE			**1E-5**

Tableau 38 : Excès de Risque Individuel pour les traceurs du risque sans seuil

L'ERI le plus élevé est calculé pour le chrome et il est inférieur à la valeur repère égale à 1.10^{-5}.

Les Excès de Risque Individuel calculés pour chaque traceur du risque dans la zone la plus exposée sont tous inférieurs à la valeur repère égale à 1.10^{-5} (valeur retenue dans la circulaire du 8 février 2007 du MEEDDAT). De même en sommant les ERI, l'Excès de Risque Individuel Global qui permet d'apprécier le risque cancérigène global est environ six fois plus faible que cette valeur repère.

Les risques sans seuil liés aux rejets de l'Installation peuvent donc être considérés comme acceptables.

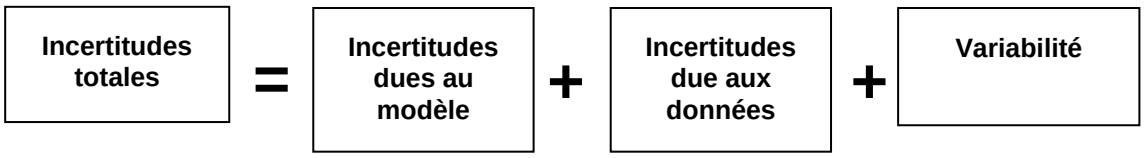
CHAPITRE VIII.
INCERTITUDES

Ce chapitre a pour objectif d'inventorier les incertitudes liées à la démarche d'évaluation des risques sanitaires ou aux hypothèses retenues dans les différentes étapes. Ces incertitudes s'ajoutent à celles liées à la modélisation de la dispersion atmosphérique, qui ne sont pas traitées dans ce chapitre.

Les incertitudes sont classées en fonction de l'influence qu'elles peuvent avoir sur les résultats d'évaluation des risques sanitaires, chaque fois que cette précision peut être apportée.

1 INCERTITUDES RELATIVES A LA MODELISATION ATMOSPHERIQUE

Les incertitudes liées à la modélisation de pollution de l'air ont été définies (Morgan M.G, 1990) comme étant le cumul, au prorata de leurs contributions, des incertitudes des différentes données nécessaires au fonctionnement du modèle et au modèle lui-même. Ces incertitudes peuvent être résumées par l'équation ci-dessous :



Pour d'autres auteurs, elles ont pour origine trois sources majeures (Hanna, 2004) en ce qui concerne la modélisation de la qualité de l'air :

- La variabilité des résultats due aux fluctuations naturelles de la concentration dans l'atmosphère (turbulence aléatoire). Ce type d'incertitude sera présent dans n'importe quel modèle prenant en compte des phénomènes météorologiques ;
- Les erreurs sur les données d'entrées : émissions, données sur les instruments de mesures ou manque de représentativité des instruments de mesures par exemple ;
- Les erreurs dues à la représentation de la physique dans les modèles soit dues à des erreurs de formulation soit dues à des incertitudes dans les paramètres utilisés dans les formulations.

1.1 INCERTITUDES LIÉES AU MODÈLE : VALIDATION DU MODÈLE ARIA IMPACT

Afin de déterminer les incertitudes sur le modèle ARIA Impact, diverses comparaisons avec des campagnes de mesures ont été effectuées :

- Etude RECORD (Perkins, 2005) concernant l'application de plusieurs modèles gaussiens sur deux campagnes de mesures internationales : la campagne « Prairy Grass », représentative d'un rejet au sol en milieu rural et la campagne « Indianapolis » relative à un rejet de cheminée en milieu urbain. Les résultats de cette étude sont disponibles à l'adresse web suivante *http://www.record-net.org/record/synthPDF/Synth_record03-0805_2A.pdf*. Les résultats de cette étude montrent qu'en milieu rural et pour un rejet au sol, ARIA Impact a tendance à sous-estimer légèrement (17%) les mesures avec un coefficient de corrélation aux mesures tout à fait acceptable. En milieu urbain, ARIA Impact a tendance à surestimer les concentrations (1%) mesurées avec un coefficient de corrélation moins performant (0.37) mais correspondant à la meilleure corrélation obtenue parmi des modèles testés ;
- Etude ARIA Technologies pour le SPPPI Dunkerque concernant l'application du modèle ARIA Impact à l'ensemble de la zone industrielle de Dunkerque pour les rejets de SO_2. Les comparaisons aux capteurs du réseau OPAL'AIR ont montré un ratio modèle/mesures pour la concentration de 0.95 en moyenne ;
- Etude AFSSA des retombées en dioxines et PCB à proximité de plusieurs incinérateurs français basée sur une comparaison des dépôts calculés par ARIA Impact avec une campagne de mesures terrain. Les résultats ont été estimés satisfaisants ;

- Comparaison des résultats de déposition obtenus par le modèle ARIA Impact autour d'une installation industrielle émettant du fluor en prenant en compte des rejets canalisés et surfaciques. Le ratio modèle/mesures obtenu est de 84%.

ARIA Impact a obtenu de bonnes performances dans le cadre de plusieurs campagnes de mesures in situ, ce qui est un gage de qualité.

1.2 INCERTITUDES LIÉES AUX DONNÉES D'ENTRÉE

Les données d'entrées du modèle sont de trois natures :

- Les émissions ;
- La météorologie ;
- Les paramètres du modèle choisis.

1.2.1 INCERTITUDES LIÉES AUX ÉMISSIONS

La concentration calculée par le modèle à une échéance donnée est directement proportionnelle aux flux émis par l'installation pour chaque polluant. Les approximations faites au niveau des émissions ont donc un impact direct sur les concentrations et dépôts calculés.

Les émissions ont été estimées dans la mesure du possible à partir de mesures sur site et en prenant en compte certaines hypothèses. Celles-ci ont été retenues afin de d'obtenir une approche majorante.

1.2.2 INCERTITUDES LIÉES AUX MESURES MÉTÉOROLOGIQUES

Les données météorologiques sont issues des mesures de Météo-France. La station choisie a été qualifiée comme étant la plus représentative du site par Météo-France.

L'incertitude la plus grande dans la fourniture des données de Météo-France est l'incertitude sur la direction du vent qui est de +/- 5°. Ce manque de précision sur la direction de vent peut avoir pour incidence la surestimation des concentrations dans les 36 directions « mesurées » et une sous-estimation dans les zones entre deux données de direction « mesurées ». Cette incertitude est compensée dans le modèle ARIA Impact par l'ajout à chaque échéance météorologique d'une direction additionnelle aléatoire comprise entre -5° et +5° afin de mieux simuler les directions réelles.

Les précisions des mesures de vent d'un dixième m/s et celle de la température d'un dixième de degré Celsius sont largement suffisantes compte tenu de leur intervention dans les équations.

Les données de nébulosité sont exprimées en octas. Elles sont issues d'une observation « manuelle » de l'opérateur Météo-France. En l'absence de données, le modèle ARIA Impact compense ces données invalides en basculant sur une méthode simplifiée dite « vent/jour/nuit » où la classe de stabilité est répartie entre les classes légèrement instable à stable en fonction de la vitesse du vent et du jour ou de la nuit.

1.2.3 INCERTITUDES LIÉES AUX PARAMÈTRES DU MODÈLE

Dans les modèles complexes prenant en compte de façon fine les géométries et ayant des paramétrisations fines des phénomènes physiques, l'incertitude liée au choix par l'utilisateur des paramètres du modèle, c'est-à-dire des options de calcul mais également de la génération du maillage de calcul peut être grande. Des études ont montré qu'à données identiques, le même modèle mis en œuvre par deux équipes différentes pouvait conduire à des résultats présentant des écarts importants.

Dans le cadre de cette étude, le modèle ARIA Impact retenu est un modèle très simple dont l'essentiel des paramètres a été présenté dans le paragraphe **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**. Les options du modèle retenues pour cette étude sont ceux qui ont été utilisés pour les études de validation du modèle définies ci-dessus. Les limites d'utilisation du modèle ont été respectées.

Concernant les paramètres liés aux polluants (vitesse de dépôt, coefficient de lessivage, type particulaire ou non), ces paramètres sont issus de l'état de l'art actuel des connaissances.

1.3 INCERTITUDES LIÉES À LA VARIABILITÉ

Les phénomènes de turbulence de micro-échelle peuvent induire des fluctuations importantes des concentrations et des paramètres météorologiques. Le modèle ARIA Impact ne permet pas aujourd'hui de quantifier les fluctuations de concentrations autour de la concentration moyenne calculée. Ce type de calcul est possible avec des modèles plus sophistiqués.

2 INCERTITUDES RELATIVES A L'EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES

2.1 FACTEURS DE SOUS-ESTIMATION DES RISQUES

Facteurs pris en compte dans l'ERS

L'évaluation des risques sanitaires ne porte que sur les substances rejetées dans l'atmosphère par les installations retenues et considérées comme traceurs de risque dans cette étude.

Exposition par voie cutanée non considérée

Il n'existe pas de VTR spécifique à cette voie d'exposition. De plus, la transposition à partir des VTR pour les voies respiratoire et orale n'est pas recommandée (note d'information DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014). Cette sous-estimation n'a pas forcément d'impact sur les résultats d'évaluation des risques sanitaires, étant donné que l'absorption des polluants par voie cutanée est négligeable devant l'absorption par voies respiratoire et/ou digestive (surface d'échange plus importante et transferts facilités).

Exposition *via* l'ingestion d'eau

L'exposition *via* l'ingestion d'eau du robinet ou d'eau de baignade n'a pas été prise en compte dans l'étude. En effet, les transferts des composés dans les ressources en eau n'étant pas connus, le calcul des concentrations en composés dans le milieu hydrique n'a pu être établi. De plus, l'eau consommée à partir du robinet subit un traitement en usine d'eau potable qui lui confère une composition différente de celle de la ressource utilisée.

2.2 FACTEURS DE SURESTIMATION DES RISQUES

La méthodologie pour estimer les risques sanitaires potentiels emploient par nature les principes de précaution et sont par défaut conservatrices.

Durée d'exposition

En absence de données sur le temps d'exposition des personnes, il est pris l'hypothèse qu'elles séjournent sur leur lieu d'habitation en permanence (365 j/an, 24h/24) pendant toute la durée de l'étude (30 ans).

Zone d'exposition

En première approche, la zone d'exposition étudiée est la maille la plus exposée aux émissions du site en dehors des limites du site pour les risques par inhalation. De plus, il a été fait l'hypothèse que des personnes séjournent sur cette maille en permanence et mangent, comme produits locaux, des produits cultivés/élevés sur la maille où les dépôts sont les plus importants. **Cette hypothèse est très majorante (somme des cas les plus pénalisants) et n'est pas représentative d'une situation réelle**.

Pénétration des polluants dans les habitats

Il est posé l'hypothèse que les polluants ont un taux de pénétration dans les habitats de 100 %, ce qui est une hypothèse majorante pour les éléments traces.

2.3 FACTEURS DONT LE SENS D'INFLUENCE SUR LES RÉSULTATS N'EST PAS CONNU OU EST VARIABLE

Constance des paramètres

Toutes les données utilisées (émissions, dispersion, transferts, exposition) sont supposées rester constantes pendant les 30 années d'exposition futures étudiées.

Interactions des polluants

En absence de connaissances scientifiques suffisantes sur les interactions des polluants les uns par rapport aux autres et des conditions d'interactions en eux, il a été considéré que les polluants qui avaient la même cible organique et le même mécanisme d'action cumulaient leurs risques. En réalité, les polluants peuvent également avoir des effets antagonistes (dans ce cas nous aurions majoré les risques) ou synergiques (dans ce cas nous aurions minimisé les risques).

CHAPITRE IX.
CONCLUSION

L'évaluation est menée en application à la circulaire GGPR & DGS du 9 août 2013 et conformément au guide « Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions des substances chimiques par les installations classées » publié par l'INERIS en août 2013.

Compte tenu des rejets du site, des usages et des populations avoisinantes, les voies d'exposition retenues pour la population dans cette étude sont :

- l'inhalation,
- l'ingestion de sol,
- l'ingestion de viande, volailles, œufs, lait, produits laitiers, et de fruits et légumes.

Excepté pour le milieu « Air » en l'absence de mesures dans les autres milieux retenus pour l'étude (sols, végétaux), il n'a pas été possible d'évaluer la vulnérabilité des milieux. Conformément au guide méthodologique de l'INERIS[20], une évaluation prospective des risques sanitaires est donc nécessaire.

Pour l'inhalation, on considère une personne passant 100% de son temps au point d'impact le plus impacté en dehors du site. Il s'agit d'une hypothèse majorante car cette zone correspond actuellement à une zone agricole (boisée) et non habitée. Le scénario étudié envisage donc la possibilité que de nouvelles habitations se construisent dans les années à venir dans cette zone.

Pour l'ingestion (présence de cultures et de prairies avec élevages possibles autour de la fonderie), un scénario de consommation locale moyenne a été retenu (scénario dit « Résidentiel »). De plus, les produits consommés sont considérés comme étant cultivés/élevés sur la zone d'impact la plus exposée (zone où le dépôt au sol est le plus important), ce qui est une hypothèse majorante.

La durée d'exposition des populations a été prise égale à 30 ans.

Une étude de dispersion (ANNEXE 1 de l'étude d'impact)a été réalisée afin d'estimer les concentrations dans l'air et les dépôts au sol imputables aux installations du projet.

Le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** résume les risques pour les effets à seuil par organe cible liés à la fonderie de Laigneville.

[20] « Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions des substances chimiques par les installations classées », INERIS, août 2013

Organe cible	Polluants concernés	QD Global	
		Enfant	Adulte
Système respiratoire	Dioxines, Formaldéhyde, Antimoine, Cadmium, Chrome (CrVI), Cobalt, Cuivre, Nickel, Vanadium	**0,05**	
Système rénal	Phénol, Cadmium, Mercure	**0,04**	**0,04**
Système nerveux	Phénol, Dioxines, Arsenic, Mercure, Plomb, Sélénium	**0,02**	**0,02**
Système hépatique	Phénol, Dioxines	**0,01**	
Yeux	Formaldéhyde	**0,01**	
Système cardiovasculaire	Phénol, Cobalt	**0,01**	**0,01**
Développement	Dioxines, Antimoine, Arsenic, Cuivre, Mercure, Nickel, Sélénium, Vanadium	**0,006**	**0,004**
Peau	Arsenic	**0,002**	**0,002**
Système sanguin	Plomb, Zinc	**0,0005**	**0,0004**
Système immunitaire	Chrome (CrIII)	**0,0000001**	**0,00000003**
VALEUR REPERE		**1**	

Les Quotients de Danger calculés pour chaque organe cible dans la zone la plus exposée sont inférieurs à la valeur repère égale à 1. La survenue d'effets toxiques liés à la fonderie de Laigneville apparaît donc peu probable.

Le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** résume les risques pour les effets sans seuil, par organe cible liés à l'installation.

Organe cible	Polluants concernés	Excès de risque Individuel maximal (DGS)
Excès de Risque Individuel global	Dioxines	**1,5E-06**
	Formaldéhyde	
	Arsenic	
	Chrome	
	Nickel	
Valeur repère		**1,0E-05**

Les risques sans seuil liés au site peuvent être considérés comme acceptables car inférieurs aux valeurs de références (ERI < 10^{-5}).

Les oxydes d'azote (NO_x) et les poussières ne disposent pas de valeur toxicologique de référence applicable mais des valeurs guides ont été fixées par l'OMS (2005) pour évaluer l'impact des émissions sur la qualité de l'air et la santé des populations exposées. Les concentrations attribuables aux émissions du site sont inférieures aux valeurs guides de l'OMS en moyenne annuelle au niveau de la zone la plus exposée du domaine d'étude.

L'analyse des incertitudes a montré que les hypothèses prises en considération peuvent être considérées comme conservatives (majorantes).

La caractérisation des risques et l'analyse des incertitudes permettent de conclure que les risques sanitaires liés aux émissions atmosphériques de la fonderie de Laigneville, évalués en premier niveau d'approche, sont jugés non préoccupants en l'état actuel des connaissances.

ANNEXE A : FICHES TOXICOLOGIQUES

Références bibliographiques :

- *INERIS, Fiche toxicologique pour les oxydes d'azote, novembre 2011*
- *WHO : Air quality guidelines for Europe. Global update 2005, Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide*

Date de mise à jour : 06/03/2012

Identification des dangers

Effets systémiques :

Les études de cohorte suggèrent une association entre l'exposition au dioxyde d'azote (concentrations au domicile) et l'incidence de l'asthme chez l'enfant. Des symptômes de toux et de bronchite se trouvent également augmentés. Il est également rapporté des atteintes de la fonction pulmonaire chez les enfants (5 fois plus de valeurs inférieures aux 80 % prédit) qui persistent dans la vie adulte. Il est difficile de dissocier les effets du dioxyde d'azote de ceux d'autres polluants présents dans les mêmes lieux d'exposition (particules ultra-fines, oxyde nitreux, particules, benzène).

Effets cancérigènes :

La pollution associée au trafic automobile est associée avec des cancers chez l'enfant et des cancers pulmonaires chez l'adulte mais sans qu'il soit montré une association spécifiquement avec le dioxyde d'azote.

Effets sur la reproduction et le développement :

La pollution de l'air est associée à la naissance de bébés à petits poids, à des retards de croissance intra-utérine, à des naissances avant-terme et à une mortalité périnatale. Ces effets sont liés à la pollution d'origine automobile sans que le dioxyde d'azote ait été incriminée individuellement (OMS, 2006).

Classification cancérogène du cadmium et de ses composés :

• **CIRC** : non classé ;

• **Union européenne** : non classé ;

• **US-EPA** : non classé.

Valeurs Toxicologiques de Références pour les risques chroniques

Seule l'inhalation est concernée.

Voie d'exposition	Type d'effet	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	Espèce	VTR	Facteur d'incertitude	Référence	Année de révision
Inhalation	Non cancérigène	Poumon	Affections respiratoires chez l'enfant	Homme	Valeur guide : 40 µg/m^3	2	OMS	2005
	Cancérigène	*non concerné*						
Ingestion	Non cancérigène	*non concerné*						
	Cancérigène	*non concerné*						

Les VTR retenues dans le présent rapport (en gras dans le tableau) ont été choisies en appliquant la note d'information (DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014) de la Direction Générale de la Santé.

Références bibliographiques :

- *Health Canada, Liste des substances d'intérêt prioritaire : rapport d'évaluation – particules inhalables de 10 µm ou moins, mai 2000*
- *Organisation Mondiale de la Santé, Air quality Guidelines – Global Update 2005 – Particule matter, ozone, nitrogene dioxide and sulfure dioxide, 2005*
- *Observatoire des pratiques de l'évaluation des risques sanitaires dans les études d'impact, Q54 : Quelles VTR appliquer dans les problématiques « poussières », Décembre 2007*

Date de mise à jour : 23/01/2014

Identification des dangers

Effets systémiques :

Augmentation de la mortalité, des symptômes de maladies respiratoires, diminution de la fonction et de la capacité pulmonaire chez les enfants et augmentation des cas de bronchite chronique et d'asthme chez certains adultes.

Dans l'Union Européenne, l'exposition aux PM2,5 produites par les activités humaines réduit en moyenne l'espérance de vie de 8,6 mois.

Effets cancérigènes :

Il n'existe pas de concentration en poussières en dessous de laquelle il n'ait pas été constaté une augmentation de la mortalité. Il a été constaté une augmentation des cancers pulmonaires dans des études transversales en association avec une exposition aux PM10 et aux PM2,5.

Effets sur la reproduction et le développement :

L'exposition de femmes aux poussières a été rapprochée d'effets sur la reproduction et le développement, mais ces effets doivent encore être confirmés par d'autres études.

Classification cancérogène

CIRC : 1 pour les particules diesel (2012) ;

Union européenne : non classées ;

US-EPA : non classées.

Valeurs Toxicologiques de Références

Seule l'inhalation est concernée.

Il n'existe pas de VTR à seuil pour les particules, étant admis par la communauté scientifique que les particules ont des effets sanitaires sans seuil à court et long terme. Pour autant, aucune VTR sans seuil n'existe dans les bases de données de référence

En l'état actuel des pratiques d'évaluation de risque sanitaire pour les installations classées, la quantification des risques liés aux effets sans seuil des particules est rarement réalisée. Elle n'est donc pas retenue.

Néanmoins, il existe des VTR pour les particules issues des gaz d'échappement des moteurs diesel. Ces VTR sont retenues pour les études liées au trafic automobile.

Le tableau ci-dessous présente donc les valeurs guides ou réglementaires disponibles.

Substance	Voie d'exposition	Type d'effet	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	Espèce	VTR	Facteur d'incertitude	Référence	Année de révision
PM10	Inhalation	Non cancérigène	Système respiratoire			50 µg/m^3 (valeur limite qualité de l'air)		EPA	-
						20 µg/m^3 (valeur guide moyenne annuelle)		**OMS**	**2005**
						30 µg/m^3 (moyenne annuelle qualité de l'air)		France	
		Cancérigène	*Non concerné*						
	Ingestion	*Non concerné*							
PM2,5	Inhalation	Non cancérigène	Système respiratoire			15 µg/m^3 (valeur limite qualité de l'air)		EPA	-
						10 µg/m^3 (valeur guide moyenne annuelle)		**OMS**	**2005**
						25 µg/m^3 (valeur cible moyenne annuelle au 01/01/2010)		UE	2007
		Cancérigène	*Non concerné*						
	Ingestion	*Non concerné*							
Particules diesel	Inhalation	Non cancérigène	Système respiratoire	inflammation pulmonaire	Rat	**5 µg/m^3**	**30**	**EPA**	**2003**

		Non cancérigène	Système respiratoire	-	animal	5,6 µg/m^3	25	OMS	1996
		Cancérigène	Poumon	-	animal	**$3{,}4.10^{-5}$ (µg/m^3)$^{-1}$**		**OMS**	**1996**

Pour les sites industriels, compte tenu de la sensibilité de la problématique des particules pouvoir apprécier le risque sanitaire, **on propose d'avoir recours aux valeurs guides de qualité de l'air** proposées par l'OMS lors de la mise à jour des *Air Quality Guidelines* [OMS, 2005] **tout en gardant à l'esprit que ces valeurs constituent des valeurs de gestion non exclusivement basées sur des critères sanitaires**. Cette approche est préconisée par l'INERIS et par l'Observatoire des pratiques de l'évaluation des risques sanitaires dans les études d'impact (décembre 2007).

Références bibliographiques :

- *INRS. Fiche toxicologique n°47 Oxyde de carbone, 1996*
- *WHO Air Quality Guidelines - Second Edition, 2000*

Date de mise à jour : 21/11/2014

Identification des dangers

Effets systémiques :

Le monoxyde de carbone aurait, à faible dose (à partir de 5 % chez des adultes en bonne santé), des effets neurologiques, en particulier sur la psychomotricité (baisse de la coordination, de la vigilance et visuelle). Il aurait également des effets sur le système cardiovasculaire.

Effets cancérigènes :

Il n'a pas été recueilli de données indiquant que le monoxyde de carbone aurait des effets cancérigènes.

Effets sur la reproduction et le développement :

Le monoxyde de carbone a également des effets néfastes sur les femmes enceintes, sur le fœtus et sur le nouveau-né (OMS, 2000 ; IPCS, 1999).

Classification cancérogène :

Sans objet

Valeurs Toxicologiques de Références

Aucune VTR n’est disponible pour cette substance.

Références bibliographiques :

- *INERIS. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. Ammoniac. 10/05/2012*

Date de mise à jour : 11/12/2014

Identification des dangers

Effets systémiques :

En cas d'exposition chronique, l'ammoniac est responsable d'une irritation oculaire et respiratoire, même à de faibles concentrations dans l'air. A concentration constante, lorsque l'exposition est poursuivie, une certaine tolérance à l'ammoniac peut se développer chez certains sujets après des expositions répétées. A concentration plus importante, l'exposition à l'ammoniac peut provoquer une diminution de la capacité respiratoire.

Effets cancérigènes :

Aucune étude ne montre l'effet mutagène de l'ammoniac chez les mammifères. Il en est de même pour les effets cancérogènes (l'exposition à l'ammoniac n'a pas causé des tumeurs ou n'a pas augmenté l'incidence spontanée des tumeurs dans des études de vie sur des souris).

Effets sur la reproduction et le développement :

Aucune étude n'est disponible.

Classification cancérogène :

- **Union européenne** : non classé
- **CIRC – IARC :** non classé
- **US EPA (IRIS) :** non classé

Valeurs Toxicologiques de Références

Voie d'exposition	Type d'effet	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	Espèce	VTR	Facteur d'incertitude	Référence	Année de révision
Inhalation	Non cancérigène	Système respiratoire	poumon	homme	100 µg/m^3	30	EPA	1991
		Système respiratoire	poumon	homme	70 µg/m^3	30	ATSDR	2004
		Système respiratoire	poumon	homme	**200 µg/m^3**	**10**	**OEHHA**	**2005**
	Cancérigène	*Non concerné*						
Ingestion	*Non concerné*							

Les VTR retenues dans le présent rapport (en gras dans le tableau) ont été choisies en appliquant la note d'information (DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014) de la Direction Générale de la Santé.

L'INERIS a retenu en 2011 la valeur toxicologique de référence proposée par l'OEHHA (cf. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques de l'ammoniac dans sa version N°2.3.-mai 2012).

Références bibliographiques :

- *US-EPA, fiche IRIS (Integrated Risk Information System), phenol*
- *Health Canada, Liste des substances d'intérêt prioritaire, rapport d'évaluation, 2000*
- *The TPHCWG methodology (RIVM report 711701 025)*

Date de mise à jour : 11/12/2015

Identification des dangers

Effets systémiques :

L'ingestion de phénol provoque essentiellement des effets néfastes au niveau du développement. En effet, de faibles doses peuvent provoquer l'altération des tissus du fœtus. Exposé à des doses élevées, le sujet présente une salivation excessive et une tachypnée (respiration rapide), une diminution du poids corporel de la mère et du fœtus peut être observée. La diminution du nombre de fœtus lors de fortes expositions a également été observée.
L'exposition par voie orale peut entrainer des effets néfastes au niveau des reins et du foie.
L'inhalation de phénol peut entrainer des convulsions, des tremblements et également des troubles neurologiques.

Effets cancérigènes :

Aucun effet cancérigène n'a été mis en évidence jusqu'à aujourd'hui.

Effets sur la reproduction et le développement :

Aucun effet sur la reproduction n'a été mis en évidence jusqu'à aujourd'hui.

Classification cancérogène :

- **Union européenne** : non classé
- **CIRC – IARC :** Groupe 3
- **US EPA (IRIS) :** Groupe D

Valeurs Toxicologiques de Références

L'inhalation et l'ingestion sont concernées.

Voie d'exposition	Type d'effet	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	Espèce	VTR	Facteur d'incertitude	Référence	Année de révision
Inhalation	Non cancérigène	Systèmes hépatique, pulmonaire, rénal et cardiovasculaire	Effets hépatiques, pulmonaires, rénaux et cardiovasculaires	**singes, rats, souris**	**200 µg/m^3**	**100**	**OEHHA**	**2003**
		Systèmes hépatique, pulmonaire, rénal et cardiovasculaire	Effets hépatiques, pulmonaires, rénaux et cardiovasculaires	singes, rats, souris	20 µg/m^3 (provisoire)	1000	RIVM	2001
	Cancérigène	*Non concerné*						
Ingestion	Non cancérigène	Reins	Effets histopathologiques sur les reins	rat	0,12 mg/kg/j	100	Health Canada	2000
		Développement	Diminution du nombre de fœtus	rat	0,04 mg/kg/j	1000	RIVM	2001
		Développement	Diminution du poids corporel	rat	0,3 mg/kg/j	300	US EPA	2002
	Cancérigène	*Non concerné*						

Les VTR retenues dans le présent rapport (en gras dans le tableau) ont été choisies en appliquant la note d'information (DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014) de la Direction Générale de la Santé.

Références bibliographiques :

- *INERIS. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. Dioxines. 24/04/2006*

Date de mise à jour : 11/12/2015

Sont regroupés sous ce terme les polychlorodibenzo-dioxines (PCDD) et les polychlorodibenzo-furanes (PCDF) parmi lesquels 17 composés sont connus pour leur toxicité. Les dioxines peuvent se retrouver dans l'air, le sol, l'eau et contaminer les végétaux et les animaux. Du fait de leur forte affinité pour les graisses, on les retrouve surtout dans les aliments riches en graisse, tels que les poissons, les crustacés, le lait, les œufs et les abats.

Identification des dangers

Effets systémiques

De nombreuses études épidémiologiques ont été réalisées chez l'homme dans le cadre d'une exposition chronique. Les effets répertoriés sont :

- des effets dermatologiques (chloracné),
- des effets hépatiques (augmentation du volume du foie),
- des effets neuropsychiques (maux de tête, insomnie, nervosité, irritabilité, dépression, anxiété, perte de libido, encéphalopathie),
- des effets thyroïdiennes,
- des effets immunologiques,
- des effets cardiovasculaires (maladie coronarienne)

En conclusion, la toxicité de la 2,3,7,8-TCDD chez l'homme n'est actuellement avérée que pour les effets dermatologiques et l'augmentation transitoire des enzymes hépatiques mais on a de plus en plus d'indications en faveur d'une association entre l'exposition aux dioxines et les maladies cardiovasculaires (INSERM, 2000).

Effets cancérigènes

Des excès de risques faibles pour tous les cancers combinés ont été trouvés dans toutes les études de cohortes industrielles. L'excès de risque était de l'ordre de 40 % vingt ans après la première exposition. Dans toutes les cohortes industrielles étudiées, le risque augmentait en fonction de l'exposition. Cependant, ce risque semble concerner tous les cancers, les études ne mettant pas en évidence un clair excès de risque pour un cancer particulier (INSERM, 2000).

Effets sur la reproduction et le développement

Les différentes études épidémiologiques dont on dispose tendent à conclure à une diminution de la fertilité. D'autres études ont montré une diminution du poids de naissance dans les populations exposées.

Classification cancérogène

CIRC – IARC :

- 2,3,7,8-TCDD (dioxine de Seveso) : **groupe 1** (cancérogène certain chez l'homme) (IARC, 1997)

- PCDF et PCDD autres que la 2,3,7,8-TCDD : groupe 3, non classable comme cancérogène pour l'homme (1997).

Union Européenne : Les substances n'ont pas fait l'objet d'un examen par l'Union Européenne.

US EPA (IRIS) :

La 2,3,7,8-TCDD était en classe A (substance cancérigène pour l'homme) mais elle n'est plus répertoriée dans IRIS (mars 2004). Elle est en cours de réévaluation par l'US EPA. Les avis divergent quant à la classification de la 2,3,7,8-TCDD.

Valeurs Toxicologiques de Références

L'inhalation et l'ingestion sont concernées.

Voie d'exposition	Type d'effet	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	Espèce	VTR	Facteur d'incertitude	Référence	Année de révision
Inhalation	Non cancérigène	système respiratoire, système hépatique	-	rat	**4.10^{-5} TEQ µg/m^3 (Dibenzodioxines polychlorées et dibenzofuranes polychlorés)**	**100**	**OEHHA**	**2003**
	Cancérigène	Tumeurs hépatiques	-	Souris	**38 (µg/m^3)$^{-1}$ (2,3,7,8 TCDD)**	**-**	**OEHHA**	**2003**
Ingestion	Non cancérigène	Développement	-	Singe	1 pg/kg/j (2,3,7,8 TCDD)	90	ATSDR	1998
		Système nerveux, Développement	-	Rat et singe	**1 à 4 pg/kg/j (Dioxines et composés dioxine like)**	**10**	**OMS**	**2000**
		Développement	-	Rongeur	10 pg/kg/j (Dibenzodioxines polychlorées et dibenzofuranes polychlorés)	100	Santé Canada	1989
		Système nerveux, Développement	-	Rat et singe	1 à 4 pg/kg/j (Dibenzodioxines polychlorées, dibenzofuranes polychlorés et PCBs coplanaires)	10	RIVM	2001
		système respiratoire, système hépatique	-	rat	10 pg/kg/j (Dibenzodioxines polychlorées et dibenzofuranes polychlorés)	100	OEHHA	2003
	Cancérigène	Tumeurs hépatiques	-	Souris	**$1,3.10^5$ (mg/kg/j)$^{-1}$ (2,3,7,8 TCDD)**	**-**	**OEHHA**	**2003**

Les VTR retenues dans le présent rapport (en gras dans le tableau) ont été choisies en appliquant la note d'information (DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014) de la Direction Générale de la Santé.

Références bibliographiques :

- *INERIS, Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, Formaldéhyde, mai 2005*

Date de mise à jour : 11/12/2015

Identification des dangers

Effets systémiques :

De nombreuses études réalisées sur la population générale exposée au formaldéhyde dans l'air intérieur des logements ont pu confirmer le pouvoir irritant du formaldéhyde au niveau des voies aériennes supérieures, initialement observé en milieu professionnel.

Effets cancérigènes :

Les principaux cancers étudiés chez les sujets exposés au formaldéhyde par inhalation concernent les voies respiratoires supérieures et la cavité buccale, et plus marginalement le cerveau, les leucémies et les maladies de Hodgkin. Le formaldéhyde par voie digestive ne conduit pas au développement de tumeur cancéreuse (OMS, 1996).

Effets sur la reproduction et le développement :

Deux études décrivent l'absence de différence sur la qualité du sperme d'hommes exposés par inhalation professionnellement au formaldéhyde par comparaison à des témoins, de même que chez la femme (275 sujets) un taux d'avortements spontanés observé jugé compatible avec le taux basal d'avortements.

Classification cancérogène :

Union européenne : catégorie 3, substance préoccupante pour l'homme en raison d'effets cancérogènes possibles

CIRC – IARC : groupe 1, cancérigène pour l'homme (2004)

US EPA (IRIS) : Classe B1 : probablement cancérigène pour l'homme. Des données limitées chez l'homme sont disponibles.

Valeurs Toxicologiques de Références pour les risques chroniques

L'inhalation et l'ingestion sont concernées.

Voie d'exposition	Type d'effet	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	Espèce	VTR	Facteur d'incertitude	Référence	Année de révision
Inhalation	Non cancérigène	système respiratoire	lésions nasales	Homme	10 µg/m^3	30	ATSDR	1999
		Yeux, Système respiratoire	**Irritation oculaire et nasale, lésions histopathologiques et l'épithélium nasal**	**Rat**	**3 µg/m^3**	**10**	**OEHHA**	**1999**
	Cancérigène	**Système respiratoire**	**tumeurs nasales**	**Rat**	**1,3.10^{-5} (µg/m^3)$^{-1}$**		**EPA**	**1991**
		Système respiratoire	tumeurs nasales	Rat	5,3.10^{-6} (µg/m^3)$^{-1}$		Health Canada	2000
		Système respiratoire	tumeurs nasales	Rat	6.10^{-6} (µg/m^3)$^{-1}$		OEHHA	2002
Ingestion	Non cancérigène	système digestif	irritation de l'estomac	Rat	0,2 mg/kg/j	100	EPA	1990
		système digestif	irritation de l'estomac	Rat	0,15 mg/kg/j	100	OMS	2004
		système digestif	irritation de l'estomac	Rat	0,2 mg/kg/j	100	ATSDR	1999
		système digestif	effets gastrointestinaux	Rat	2,6 mg/L	100	Health Canada	1999

	Cancérigène	*non concerné*

Les VTR retenues dans le présent rapport (en gras dans le tableau) ont été choisies en appliquant la note d'information (DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014) de la Direction Générale de la Santé.

Références bibliographiques : -

Date de mise à jour : 11/12/2015

Identification des dangers

Effets systémiques :

Aucune donnée n'est disponible concernant les effets systémiques du DMEA.

Effets cancérigènes :

Aucune donnée n'est disponible concernant les effets cancérigènes du DMEA.

Effets sur la reproduction et le développement :

Aucune donnée n'est disponible concernant les effets sur la reproduction et le développement du DMEA.

Classification cancérogène :

- **CIRC : Classe 2B** : non classifié.
- **Union européenne :** non classifié.
- **US-EPA :** non classifié.

Valeurs Toxicologiques de Références

Aucune VTR n’est disponible pour cette substance.

Références bibliographiques :

- *INERIS, fiche toxicologique de l'antimoine et ses dérivés, avril 2007*
- *Point sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR), mars 2009*

Date de mise à jour : 15/06/2015

Identification des dangers

Effets systémiques :

L'exposition au trioxyde ou au pentoxyde d'antimoine par inhalation entraîne des **effets respiratoires** (pneumoconiose stibiée), bronchite chronique, emphysème chronique, adhérence pleurale, effets pulmonaires obstructifs.

Le contact cutané à du trioxyde d'antimoine a été associé à des dermites.

L'exposition par voie orale n'a été étudiée que chez l'animal, montrant des effets sur la thyroïde, les hématies et la croissance pondérale (INERIS, 2007).

Effets cancérigènes :

Les études chez l'homme n'ont pas montré d'augmentation de l'incidence des cancers par exposition par voie respiratoire. Les études chez l'animal ont montré une augmentation de l'incidence des tumeurs pulmonaires pour une exposition par voie respiratoire à du trioxyde d'antimoine (INERIS, 2007).

Effets sur la reproduction et le développement :

Les effets sur la reproduction suspectés avec des composés de l'antimoine sont peu fiables. Il n'a pas été mis en évidence d'effet sur le développement (INERIS, 2007).

Classification cancérogène

Union Européenne

- trioxyde d'antimoine : classé dans la catégorie 3 -substance préoccupante pour l'homme en raison d'effets cancérigènes possibles (JOCE, 1994).
- trichlorure d'antimoine (JOCE, 1998), pentachlorure d'antimoine (JOCE, 2004) et composés de l'antimoine à l'exception du tétroxyde (Sb2O4), du pentoxyde (Sb2O5), du trisulfure (Sb2S3), du pentasulfure (Sb2S5) et de ceux nommément cités dans l'annexe (JOCE) : non classés par l'Union européenne.

CIRC – IARC (1989)

- trioxyde d'antimoine : classé dans le groupe 2B (l'agent pourrait être cancérigène pour l'homme).
- trisulfure d'antimoine est classé dans le groupe 3 (l'agent ne peut être classé pour sa cancérogénicité pour l'homme).

US EPA (IRIS)

- L'antimoine ne fait pas l'objet d'une classification par l'US EPA.

Valeurs Toxicologiques de Références

L'inhalation et l'ingestion sont concernées.

Voie d'exposition	Type d'effet	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	Espèce	VTR	Facteur d'incertitude	Référence	Année de révision
Inhalation	Non cancérigène	Poumon	-	rat	**0,2 µg/m^3 (TiO_3)**	**300**	**EPA**	**1995**
	Cancérigène	*non concerné*						
Ingestion	Non cancérigène	Développement	Diminution du poids	rat	4.10^{-4} mg/kg/j	1000	EPA	1991
		Développement	Diminution du poids	rat	**6.10^{-3} mg/kg/j**	**1000**	**OMS/RIVM**	**2006/2008**
	Cancérigène	*non concerné*						

Les VTR retenues dans le présent rapport (en gras dans le tableau) ont été choisies en appliquant la note d'information (DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014) de la Direction Générale de la Santé. Elles suivent notamment l'avis de l'INERIS sur le choix des VTR (mars 2009).

Références bibliographiques :

- *INERIS, fiche toxicologique de l'arsenic et ses dérivés inorganiques, 2010*
- *INERIS, Point sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) - mars 2009*

Date de mise à jour : 11/12/2015

Identification des dangers

Effets systémiques :

Des **effets cutanés** sont observés quelle que soit la voie d'exposition. Il s'agit d'hyperkératoses associées à une alternance de zones d'hyper et d'hypopigmentation sur la face, le cou et le dos.

Une atteinte du **système nerveux** (polynévrite sensitivo-motrice débutant aux membres inférieurs) est observée par exposition respiratoire ou digestive.

Une atteinte **hématologique** est observée avec anémie, neutropénie, thrombopénie uniquement pour une exposition par voie digestive.

Des effets cardiovasculaires et hépatiques sont également fréquemment décrits. Enfin, l'exposition à l'arsenic est récemment corrélée au diabète sucré (INERIS, 2006 ; INRS, 2006).

Effets cancérigènes :

Plusieurs études rapportées par l'INERIS (2006) montrent une association entre :

- le **cancer des voies respiratoires** et l'exposition à l'arsenic inorganique par voie respiratoire. Cette association aurait été retrouvée par ingestion de composés arsenicaux.
- le **cancer cutané** et l'exposition à l'arsenic inorganique par voie digestive (essentiellement par ingestion d'eau).

D'autres localisations de cancers sont suspectées mais non encore confirmées.

Effets sur la reproduction et le développement :

Des malformations à la naissance et des petits poids à la naissance sont suspectés, mais ces effets n'ont pas été confirmés.

Classification cancérogène

Union Européenne : compte tenu du nombre important de dérivés de l'arsenic, seuls sont pris en considération les dérivés les plus courants ayant fait l'objet d'une classification par l'Union Européenne.

*Pentoxyde d'arsenic (*JOCE, 1998*), trioxyde d'arsenic (*JOCE, 1998*), arséniate de plomb (*JOCE, 1998*), l'acide arsénique et ses sels (*JOCE, 1998) : **Catégorie 1A (anciennement 1)** : « substances que l'on sait être cancérogènes pour l'homme ».

Arsenic : non classé cancérigène (JOCE, 2004) .

CIRC – IARC

Arsenic et ses composés : Groupe 1 : l'agent (ou le mélange) est cancérigène pour l'homme (1987).
Cette classification s'applique à l'ensemble du groupe mais pas nécessairement à chacun des agents.

US EPA (IRIS)

Arsenic : Classe A : substance cancérigène pour l'homme (1998).

Valeurs Toxicologiques de Références

Les VTR sont données pour l'arsenic inorganique. L'inhalation et l'ingestion sont concernées.

Voie d'exposition	Type d'effet	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	Espèce	VTR	Facteur d'incertitude	Référence	Année de révision
Inhalation	Non cancérigène	Développement, système nerveux, peau	Diminution des fonctions intellectuelles	homme	**0,015 µg/m^3**	**30**	**OEHHA**	**2008**
		Système respiratoire	poumon	homme	1 µg/m^3	10	RIVM	2001
	Cancérigène	Poumon	Cancer	homme	**4,3.10^{-3} (µg/m^3)$^{-1}$**		**EPA**	**1998**
		Poumon	Cancer	homme	$CT_{0,05}$ = 7,8.10^{-3} mg/m^3		Health Canada	1992
		-	Cancer	homme	3,3.10^{-3} (µg/m^3)$^{-1}$		OEHHA	2005
		-	cancer	Homme	1,5.10^{-3} (µg/m^3)$^{-1}$		OMS	2000
Ingestion	Non cancérigène	Peau	-	homme	3.10^{-4} mg/kg/j	3	ATSDR	2007
		Peau	-	homme	3. 10^{-4} mg/kg/j	3	US EPA	1993
		-	-	homme	1. 10^{-3} mg/kg/j	2	RIVM	2001
		Développement, système nerveux, peau	Diminution des fonctions intellectuelles	homme	3,5. 10^{-6} mg/kg/j	30	OEHHA	2008
		-	-	homme	PTWI = 0,015 mg/kg	-	OMS	2007

		Peau	**Lésions cutanées**	**homme**	**$4{,}5.10^{-4}$ mg/kg/j**	**5**	**FoBIG**	**2009**
	Cancérigène	Peau	Cancer	homme	**1,5 $(mg/kg/j)^{-1}$**		**EPA**	**1998**
		Peau	Cancer	homme	$DT_{0,05} = 1{,}8.10^{-2}$ mg/kg/j		Health Canada	1992
		Peau	Cancer	homme	1,5 $(mg/kg/j)^{-1}$		OEHHA	2004

$CT_{0,05}$ et $DT_{0,05}$: la concentration tumorigène 0,05 ($CT_{0,05}$) ou dose tumorigène 0,05 ($DT_{0,05}$) est la concentration ou dose totale qui cause une augmentation de 5 % de l'incidence des tumeurs ou de la mortalité due à des tumeurs.

Les VTR retenues dans le présent rapport (en gras dans le tableau) ont été choisies en appliquant la note d'information (DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014) de la Direction Générale de la Santé. Elles suivent notamment l'avis de l'INERIS sur le choix des VTR (mars 2009).

Références bibliographiques :

- *INERIS, Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, cadmium et ses dérivés, avril 2014*
- *Point sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) - mars 2009*

Date de mise à jour : 11/12/2014

Identification des dangers

Effets systémiques :

Le principal organe cible est le rein, atteint sous forme de néphropathie irréversible pouvant conduire à une insuffisance rénale, quelle que soit la voie d'exposition. Une dégénérescence des cellules tubulaires rénales se manifeste précocement, suivie d'une réaction inflammatoire interstitielle puis d'une fibrose. Pour l'exposition par voie respiratoire, il faut ajouter des troubles respiratoires (bronchite obstructive, emphysème) liés au caractère irritant des particules de cadmium. L'organe cible secondaire est l'os, quelle que soit la voie d'exposition (INERIS, 2005).

Effets cancérigènes :

Différentes études de mortalité rapportées par le CIRC (1993) montrent une augmentation significative de cancers pulmonaires consécutifs à l'exposition au cadmium par voie respiratoire.
Plusieurs études rapportées par l'INERIS (2005) montrent une augmentation de la mortalité par cancer prostatique suite à l'exposition au cadmium par voie respiratoire ou digestive. Ces résultats sont controversés. Des cancers du foie et de l'estomac sont également mis en évidence dans quelques études de cohortes en milieu professionnel.

Effets sur la reproduction et le développement :

Les effets du cadmium sur la reproduction et le développement seraient faibles (pas de diminution de la fertilité ni de la fonction endocrine). Chez les animaux, une toxicité sur la reproduction et le développement a été rapportée par le CIRC après une exposition aux composés du cadmium par voie orale ou respiratoire. Pour l'OMS, les études animales par voie orale n'ont pas apporté de preuves satisfaisantes du pouvoir tératogène du cadmium à des doses inférieures aux doses toxiques pour la mère.

Classification cancérogène du cadmium et de ses composés :

• **CIRC** : classés dans le **groupe 1** en 1993, substances cancérogènes pour l'homme

• **Union européenne** : classés en **catégorie 1B (anciennement 2)** en 2004, substances devant être considérées comme cancérogènes pour l'homme

• **US-EPA** : classé B1 en 1987, cancérogène probable chez l'homme

Valeurs Toxicologiques de Références

L'inhalation et l'ingestion sont concernées.

Voie d'exposition	Type d'effet	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	Espèce	VTR	Facteur d'incertitude	Référence	Année de révision
Inhalation	Non cancérigène	Système respiratoire, rein	Troubles rénaux et respiratoires	Homme	0,02 µg/m^3	30	OEHHA	2005
		Rein	Augmentation de 5% atteinte tubulaire dans la population générale	Homme	**0,45 µg/m^3**	**1**	**ANSES**	**2012**
		Système respiratoire	Incidence combinée des tumeurs pulmonaires	Rat	**0,3 µg/m^3**	**25**	**ANSES**	**2012**
		Rein	Troubles rénaux	Homme	0,01 µg/m^3	9	ATSDR	2012
	Cancérigène	Poumon	-	Homme	$1,8.10^{-3}$ (µg/m^3)$^{-1}$	-	US EPA	1992
		Poumon	-	Homme	$CT_{0.05}$ = 5,1 µg/m^3 soit ERUi = $9,8.10^{-3}$ (µg/m^3)$^{-1}$	-	Health Canada	1993
		Poumon	-	Homme	$4,2.10^{-3}$ (µg/m^3)$^{-1}$	-	OEHHA	2005
Ingestion	Non cancérigène	Rein	Protéinurie	Homme	1.10^{-3} mg/kg/j (alimentation) 5.10^{-4} mg/kg/j (eau)	10	US-EPA	1994
		Rein	-	Homme	7.10^{-3} mg/kg/j	-	OMS	2006
		Rein	-	Homme	5.10^{-4} mg/kg/j	2	RIVM	2001
		Rein	-	Homme	5.10^{-4} mg/kg/j	10	OEHHA	2005
		Rein	-	Homme	1.10^{-4} mg/kg/j	3	ATSDR	2012
		Rein	-	Homme	**DHT = 2,5 µg.kg^{-1} soit $3,6.10^{-4}$ mg/kg/j**	**1**	**EFSA**	**2011**
	Cancérigène	*Non concerné*						

$CT_{0,05}$: la concentration tumorigène 0,05 ($CT_{0,05}$) est la concentration généralement dans l'air qui cause une augmentation de 5 % de l'incidence des tumeurs ou de la mortalité due à des tumeurs.

DHT : Dose Hebdomadaire Tolérable

Les VTR retenues dans le présent rapport (en gras dans le tableau) ont été choisies en appliquant la note d'information (DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014) de la Direction Générale de la Santé.

Références bibliographiques :

- *INERIS, fiche toxicologique du chrome et ses dérivés, février 2005*
- *Point sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR), mars 2009*

Date de mise à jour : 25/05/2015

Identification des dangers

Effets systémiques :

L'exposition par inhalation aux composés du chrome III ou du chrome VI a pour cible le **tractus respiratoire** (épistaxis, rhinorrhée, irritation et démangeaisons nasales, atrophie de la muqueuse nasale, ulcérations et perforation du septum nasal, bronchite, pneumoconiose, diminution des fonctions pulmonaires et pneumonie).

L'exposition par voie orale aux composés solubles du chrome peut avoir un effet sensibilisant se traduisant par de l'asthme et des dermatites.

L'exposition cutanée amène à des dermites eczématiformes (éruptions localisées aux avant-bras) (INERIS, 2005).

Effets cancérigènes :

De nombreuses études en milieu professionnel ont mis en évidence des excès de mortalité par cancer pulmonaire en lien avec une exposition au chrome VI (chromates, en particulier de calcium et de zinc) (INERIS, 2005).

Effets sur la reproduction et le développement :

Les études disponibles ne permettent pas de conclure quant aux effets du chrome sur la reproduction ou le développement (INERIS, 2005).

Classification cancérogène

Union Européenne

Composés du chrome VI :

- *Trioxyde de chrome* (JOCE, 2004), *Chromates de zinc* (JOCE, 1996): **catégorie 1A (anciennement 1)** (substances que l'on sait être cancérogènes pour l'homme)
- *Dichromate de sodium* (JOCE, 2004), *Dichromate d'ammonium* (JOCE, 2004), *Chromate de sodium* (JOCE, 2004), *Chromate de calcium* (JOCE, 1996), *Dichromate de potassium* (JOCE, 2004), *Dichloro-dioxyde de chrome* (JOCE, 1996), *Chromate de strontium* (JOCE, 1996), *Chromate de potassium* (JOCE, 1996): **catégorie 1B (anciennement 2)** (substances devant être assimilées à des substances cancérogènes pour l'homme)
- *Chromate de plomb* (JOCE, 1998), *Molybdène orange* (JOCE, 1998, 2000) : **catégorie 2 (anciennement 3)** (substances préoccupantes pour l'homme en raison d'effets cancérogènes possibles)

CIRC – IARC

- *Composés du chrome VI :* **groupe 1** (cancérigène pour l'homme) (1990)
- *Composés du chrome III :* **groupe 3** (ne peut être classé pour sa cancérogénicité pour l'homme » (1990)

US EPA (IRIS)

- *Composés du chrome VI :* ***groupe A*** pour l'exposition par inhalation (substance cancérigène pour l'homme » (1998)
- *Composés du chrome VI :* **groupe D** pour l'exposition par voie orale :(Substance non classifiable quant à sa cancérogénicité pour l'homme » (1998)
- *Composés du chrome III :* **groupe D** (substance non classifiable quant à sa cancérogénicité pour l'homme » (1998)

Valeurs Toxicologiques de Références

L'inhalation et l'ingestion sont concernées.

Substance	Voie d'exposition	Type d'effet	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	Espèce	VTR	Facteur d'incertitude	Référence	Année de révision
Cr VI	Inhalation	Non cancérigène	Système respiratoire	diminution capacité respiratoire	rat	(particules) 0,1 µg/m^3	300	EPA	1998
			Système respiratoire	atrophie nasale	homme	(aérosols) 8.10^{-3} µg/m^3	90	EPA	1998
			Système respiratoire	hyperplasie bronchoalvéolaire	rat	(solubles) 0,2 µg/m^3	100	OEHHA	2001
			Système respiratoire	atrophie nasale	homme	(CrO_3) 2.10^{-3} µg/m^3	300	OEHHA	2001
			Système respiratoire	-	homme	**(aérosols) 5.10^{-3} µg/m^3**	**100**	**ATSDR**	**2012**
		Cancérigène	Poumon	cancer	homme	1,2.10^{-2} (µg/m^3)$^{-1}$		US-EPA	1998
			Poumon	cancer	homme	**4.10^{-2} (µg/m^3)$^{-1}$**		**OMS**	**2000**
			Poumon	cancer	homme	4.10^{-2} (µg/m^3)$^{-1}$		RIVM	2001
			Poumon	cancer	homme	0,15 (µg/m^3)$^{-1}$		OEHHA	2001
			Poumon	cancer	homme	$CT_{0,05}$ = 6,6.10^{-4} mg/m^3		Health Canada	1993
	Ingestion	Non cancérigène	Non reporté	-	rat	3.10^{-3} mg/kg/j	900	EPA	1998
			Non reporté	-	rat	5.10^{-3} mg/kg/j (provisoire)	500	RIVM	1999

			Système gastrique	hyperplasie épithéliale du duodénum	souris	**9.10^{-4} mg/kg/j**	**100**	**ATSDR**	**2012**
			Système sanguin	-	rat	(soluble) 0,02 mg/kg/j	100	OEHHA	2001
		Cancérigène	Estomac	cancer	souris	**0,42 $(mg/kg/j)^{-1}$**		**OEHHA**	**2001**

$CT_{0,05}$: la concentration tumorigène 0,05 ($CT_{0,05}$) est la concentration généralement dans l'air qui cause une augmentation de 5 % de l'incidence des tumeurs ou de la mortalité due à des tumeurs.

Substance	Voie d'exposition	Type d'effet	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	Espèce	VTR	Facteur d'incertitude	Référence	Année de révision
Cr III	Inhalation	Non cancérigène	Reins	-	homme	**60 µg/m^3**	**10**	**RIVM**	**2000**
		Cancérigène	*Non concerné*						
	Ingestion	Non cancérigène	-	Pas d'effet observé	rat	**1,5 mg/kg/j**	**1000**	**EPA**	**1998**
			Non reporté	-	rat	(insoluble) 5 mg/kg/j	100	RIVM	2001
			Non reporté	-	rat	(soluble) 5.10^{-3} mg/kg/j	100	RIVM	2001
		Cancérigène	*Non concerné*						

Substance	Voie d'exposition	Type d'effet	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	Espèce	VTR	Facteur d'incertitude	Référence	Année de révision
Cr total	Inhalation	Non cancérigène	*Pas de VTR*						
		Cancérigène	Poumon	Cancer	homme	$CT_{0,05}$ = $4,6.10^{-3}$ mg/m^3		Health Canada	1993

	Ingestion	Non cancérigène	*Pas de VTR*
		Cancérigène	*Non concerné*

$CT_{0,05}$: la concentration tumorigène 0,05 ($CT_{0,05}$) est la concentration généralement dans l'air qui cause une augmentation de 5 % de l'incidence des tumeurs ou de la mortalité due à des tumeurs.

Les VTR retenues dans le présent rapport (en gras dans le tableau) ont été choisies en appliquant la note d'information (DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014) de la Direction Générale de la Santé. Ces valeurs ont été choisies en suivant les recommandations de l'INERIS.

Références bibliographiques :

- *INERIS, fiche toxicologique du cobalt et ses dérivés, avril 2006*
- *INRS, fiche toxicologiques n°128, cobalt et composés, 2000*
- *Point sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR), mars 2009*

Date de mise à jour : 15/06/2015

Identification des dangers

Effets systémiques :

Le **système respiratoire** est la principale cible de l'exposition par voie respiratoire se traduisant par rhinite, asthme, alvéolite (toux sèche, oppression thoracique, fièvre, anorexie) et fibrose.

Des cardiomyopathies ont été décrites, mais elles n'ont pas été appuyées par des études épidémiologiques. Elles seraient essentiellement associées à une exposition digestive plutôt que respiratoire. Des hypothyroïdies pourraient être associées à des doses trop importantes de cobalt.

L'exposition par voie orale a des effets respiratoires, **cardiovasculaires**, gastro-intestinaux, hématologiques, musculosquelettiques, hépatiques, rénaux, oculaires, thyroïdiens et sur l'état général.

L'exposition cutanée entraîne des allergies locales.

Effets cancérigènes :

Des augmentations de risques de cancers broncho-pulmonaires auraient été associées à l'exposition à plusieurs composés dont le cobalt. Il est donc difficile d'en déduire le caractère cancérigène du cobalt. Il n'aurait pas d'action cancérigène chez l'animal (INRS, 2000 ; INERIS, 2006).

Effets sur la reproduction et le développement :

Il n'a pas été mis en évidence d'effet du cobalt sur la reproduction ou le développement.

Classification cancérogène

Union Européenne

- **Sulfate de cobalt** : classé **catégorie 2** - Substance pouvant être assimilée à des substances cancérigènes pour l'homme, (JOCE, 2004).
- **Chlorure de cobalt** : classé **catégorie 2** - Substance pouvant être assimilée à des substances cancérigènes pour l'homme (JOCE, 2004).

CIRC – IARC

- **cobalt métal contenant de carbure de tungstène** : **Groupe 2A** « probablement cancérigènes pour l'homme » (2003).
- **cobalt métal en absence de carbure de tungstène** : **Groupe 2B** :(cancérigène possible pour l'homme) (2003)
- **sulfate de cobalt et autres sels de cobalt soluble** : **Groupe 2B** :(cancérigène possible pour l'homme) (2003)

US EPA (IRIS)

Non déterminé : n'a pas été étudié par l'US EPA.

Valeurs Toxicologiques de Références

L'inhalation et l'ingestion sont concernées.

Voie d'exposition	Type d'effet	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	Espèce	VTR	Facteur d'incertitude	Référence	Année de révision
Inhalation	Non cancérigène	Système respiratoire	diminution capacité respiratoire	homme	**0,1 µg/m^3**	**10**	**ATSDR**	**2004**
		Système respiratoire	maladies pulmonaires intertitielles	homme	0,5 µg/m^3	100	RIVM	2001
	Cancérigène	*Non concerné*						
Ingestion	Non cancérigène	Système sanguin	polycythémie	homme	0,01 mg/kg/j (subchronique)	100	ATSDR	2004
		Système cardiaque	cœur	homme	**1,4.10^{-3} mg/kg/j**	**30**	**RIVM**	**2001**
	Cancérigène	*Non concerné*						

Les VTR retenues dans le présent rapport (en gras dans le tableau) ont été choisies en appliquant la note d'information (DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014) de la Direction Générale de la Santé.

Références bibliographiques :

- *INERIS, fiche toxicologique du cuivre et ses dérivés, février 2005*
- *Point sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR), mars 2009*

Date de mise à jour : 11/12/2015

Identification des dangers

Effets systémiques :

Des travailleurs exposés à des poussières de cuivre ont montré des **irritations des voies aériennes supérieures** et des **troubles gastro-intestinaux** (anorexie, nausée, diarrhée). Chez d'autres salariés exposés à des poussières ou des fumées de cuivre, des syndromes de "fièvre des fumées de métaux" (fièvre, céphalée, sécheresse buccale, sueurs froides et douleurs musculaires) ont été observés.

De nombreux cas d'intoxications au cuivre par l'eau de boisson ont été décrits ainsi que leurs manifestations cliniques (**troubles gastro-intestinaux**), mais les données concernant les niveaux d'exposition n'ont pas été fixées.

Par voie cutanée, le cuivre et ses sels provoquent une **dermite** de contact allergique prurigineuse, mais aucune donnée concernant l'exposition n'a été déterminée.

Effets cancérigènes :

Quel que soit le type de données analysées, aucune certitude n'a pu être établie concernant le rôle potentiellement cancérigène du cuivre chez l'homme.

Effets sur la reproduction et le développement :

Une étude réalisée au cours des années 1976-1978 aux Etats-Unis, montre qu'il n'existe pas de corrélation entre le risque abortif et une exposition au cuivre présent dans l'eau de boisson à des concentrations supérieures à 1mg/L.

Classification cancérogène

Union Européenne

Le chlorure cuivreux (JOCE, 1998), l'oxyde cuivreux (JOCE, 2004), le sulfate de cuivre (JOCE, 1998) ont été examiné par l'Union Européeenne mais non pas été classés cancérigène.

CIRC – IARC

Classe 3 : le 8-hydroxyquinoléate de cuivre ne peut être classée pour sa cancérogenicité pour l'homme (1987).
Pour le cuivre et autres composés, il n'existe pas de classification.

US EPA (IRIS)

Classe D : substance non classifiable quant à sa cancérogenicité pour l'homme (1991).

Valeurs Toxicologiques de Références

L'inhalation et l'ingestion sont concernées.

Voie d'exposition	Type d'effet	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	Espèce	VTR	Facteur d'incertitude	Référence	Année de révision
Inhalation	Non cancérigène	Poumon	-	lapin	**1 µg/m^3**	**600**	**RIVM**	**2001**
	Cancérigène	*Non concerné*						
Ingestion	Non cancérigène	Non reporté	-	homme	0,5 mg/kg/j (provisoire)	ND	OMS	2006
		Système gastrique	-	homme	0,01 mg/kg/j (subchronique)	3	ATSDR	2004
		Développement	Baisse du poids corporel	souris	**0,14 mg/kg/j**	**30**	**RIVM**	**2001**
	Cancérigène	*Non concerné*						

Les VTR retenues dans le présent rapport (en gras dans le tableau) ont été choisies en appliquant la note d'information (DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014) de la Direction Générale de la Santé.

- Références bibliographiques :
- Furetox – Fiches Etain
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), Toxicological Profile for Tin
- Date de mise à jour : 11/12/2015

Identification des dangers

Effets systémiques :

Les données concernant la toxicité de l'étain proviennent en grande partie d'études sur des personnes exposées dans le cadre professionnel. Des études sur les animaux (rongeurs) ont également été menées, principalement pour l'exposition par ingestion.
Les résultats montrent que les personnes exposées de façon chronique à l'étain inorganique manifestent une forme bénigne de la pneumoconiose, impliquant le système respiratoire. Des nausées et vomissements peuvent également survenir à la suite de l'ingestion d'aliments contaminés à l'étain inorganique.
Les études chez l'animal n'ont pas démontré clairement d'organes cibles pour la toxicité de l'étain, cependant, certains effets peuvent présager des effets sur le système hématologique et gastrique.

Effets cancérigènes :

Il n'a pas été rapporté d'effet cancérigène.

Effets sur la reproduction et le développement :

Il n'a pas été rapporté d'effet sur la reproduction ou le développement.

Classification cancérogène

• **CIRC** : non classé ;

• **Union européenne** : non classé ;

• **US-EPA** : non classé.

Valeurs Toxicologiques de Références

Aucune VTR pour une exposition chronique n'est disponible pour cette substance.

Références bibliographiques :

- *INERIS, fiche toxicologique du manganèse et ses dérivés, avril 2007*
- *Point sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR), mars 2009*

Date de mise à jour : 11/12/2015

Identification des dangers

Effets systémiques :

Lors d'exposition chronique au manganèse, ce sont des atteintes du système nerveux central qui prédominent (**manganisme**). Les symptômes sont à la fois des troubles psychiatriques et des atteintes purement neurologiques. Les troubles psychiques précèdent habituellement les déficits moteurs (Calne *et al.,* 1994). Les effets du manganèse sont similaires à ceux observés dans la maladie de Parkinson.

Les effets de l'exposition par ingestion d'eau ou d'aliments ne sont pas mis en évidence chez l'homme aux concentrations environnementales, même lorsque les concentrations en manganèse sont élevées, probablement parce que l'organisme exerce un fort contrôle homéostatique sur la quantité de manganèse absorbée.

Le contact cutané est irritant et réversible à l'arrêt de l'exposition (ATSDR, 2000 ; IPCS, 1981 ; OMS, 2000).

Effets cancérigènes :

Il n'a pas été retrouvé d'étude humaine faisant état du potentiel cancérigène des poussières de manganèse. Les études par voie digestive chez l'animal montreraient une augmentation des risques de cancer.

Effets sur la reproduction et le développement :

Les effets sur la reproduction et le développement du manganèse sont peu fiables.

Classification cancérogène

Union européenne : Pas de classification
CIRC – IARC : groupe 3 (ne peut être classé pour sa cancérogénicité pour l'homme) (IARC, 1987)
US EPA (IRIS) : classe D (substance non classifiable quant à sa cancérogénicité pour l'homme) (US EPA, 1996c)

Valeurs Toxicologiques de Références

L'inhalation et l'ingestion sont concernées.

Voie d'exposition	Type d'effet	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	Espèce	VTR	Facteur d'incertitude	Référence	Année de révision
Inhalation	Non cancérigène	Système nerveux	coordination œil-main anormale	homme	**0,3 µg/m^3**	**100**	**ATSDR**	**2012**
		Système nerveux	-	homme	0,15 µg/m^3	50	OMS	2000
		Système nerveux	-	homme	0,05 µg/m^3	1000	EPA	1993
		Système nerveux	coordination œil-main anormale	Homme	0,09 µg/m^3	300	OEHHA	2008
	Cancérigène	*Non concerné*						
Ingestion	Non cancérigène	Système nerveux	-	homme	**0,14 mg/kg/jour**	**1**	**EPA**	**1996**
		Non reporté	-	homme	0,06 mg/kg/jour	3	OMS	2006
	Cancérigène	*Non concerné*						

Les VTR retenues dans le présent rapport (en gras dans le tableau) ont été choisies en appliquant la note d'information (DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014) de la Direction Générale de la Santé.

Références bibliographiques :

- *INERIS, fiche toxicologique du mercure et ses dérivés, novembre 2006*
- *Point sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) - mars 2009*

Date de mise à jour : 11/12/2015

Identification des dangers

Effets systémiques :

Mercure élémentaire : Les organes cibles sont le **système nerveux central** et les **reins**. Les effets observés sont les mêmes que pour une exposition aiguë : tremblements, troubles de la mémoire, irritabilité, baisse des performances intellectuelles et gingivite. Les atteintes rénales sont observées pour des concentrations supérieures à 50 $\mu g.g^{-1}$ de créatinine. Il s'agit de protéinurie accompagnée de lésions tubulaires rénales, puis glomérulaires pour des concentrations plus élevées.
Chez les enfants, l'exposition respiratoire au mercure peut entraîner l'apparition de la « maladie rose » (pink disease) qui est une tuméfaction froide et humide des extrémités.
Les effets de l'exposition au mercure des amalgames dentaires sont controversés.
L'exposition digestive au mercure élémentaire entraîne des troubles cardiaques, gastro-intestinaux, neurologiques et rénaux.
Certaines personnes développent des stomatites par contact cutané avec les amalgames dentaires.
Mercure inorganique : Il n'y a pas de données sur les effets du mercure inorganique par voie respiratoire, chez l'homme.
Par ingestion, le mercure inorganique a des **effets rénaux et neurotoxiques**. Des troubles cardiovasculaires ont été observés chez les enfants, accompagnés de douleurs abdominales, de diarrhée, de crampes et de troubles neurologiques.
L'exposition cutanée conduit à des troubles cardiovasculaires, gastro-intestinaux, rénaux, neurologiques et immunologiques.
Mercure organique : Par voie respiratoire, l'exposition au mercure organique entraîne des troubles respiratoires, gastro-intestinaux, musculaires, hépatiques et neurologiques.
Par voie digestive, le **cerveau** est le principal organe cible du mercure organique avec une atteinte particulière des organes, des sens et de la motricité. A long terme, l'exposition chronique par voie digestive au mercure organique est mortelle.
L'exposition cutanée est mal renseignée.

Effets cancérigènes :

Les effets cancérigènes du mercure métallique chez l'homme sont controversés ce qui justifie son classement en groupe 3 par le CIRC. Il n'y a pas d'étude sur la cancérogénicité du mercure inorganique chez l'homme. La cancérogénicité du mercure organique est encore incertaine.

Effets sur la reproduction et le développement

Concernant le mercure élémentaire : des études menées, sur des femmes enceintes, chez les dentistes et leur personnel, au Danemark, aux USA, en Pologne, en Suède, en Union Soviétique décrivent une augmentation des malformations congénitales et des avortements. De même, une diminution du poids des enfants à la naissance a été notée
Concernant le mercure organique, plusieurs études menées dans des endroits différents ont étudié l'effet du méthylmercure sur le développement des enfants dont les mères furent exposées pendant toute la grossesse à du méthylmercure par voie orale. Ces publications ont principalement étudié les paramètres neurospychologiques et les effets sur le neurocomportement des enfants.

Classification cancérogène

L'Union Européenne

- Mercure élémentaire : non classé (JOCE, 1998).
- Dichlorure de mercure ou chlorure mercurique: non classé (JOCE, 1998).

CIRC – IARC : groupe 3 (ne peut être classé pour sa cancérogénicité pour l'homme) (IARC, 1987)

US EPA (IRIS)

- Mercure élémentaire : classe D – ne peut être classé pour sa cancérogénicité pour l'homme (US EPA, 1995)
- Chlorure mercurique : classe C – cancérigène possible pour l'homme (US EPA, 1995).

Valeurs Toxicologiques de Références

L'inhalation et l'ingestion sont concernées.

Substance	Voie d'exposition	Type d'effet	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	Espèce	VTR	Facteur d'incertitude	Référence	Année de révision
Mercure élémentaire	Inhalation	Non cancérigène	Système nerveux	troubles de la mémoire, tremblement	homme	**0,3 µg/m^3**	**30**	**EPA**	**1995**
					homme	0,2 µg/m^3	30	ATSDR	1999
					homme	0,2 µg/m^3	30	RIVM	2001
					homme	0,03 µg/m^3	300	OEHHA	2008
		Cancérigène	*Non concerné*						
	Ingestion	Non cancérigène	*Pas de VTR*						
		Cancérigène	*Non concerné*						
Hg inorganique	Inhalation	Non cancérigène	Rein	-	Homme	1 µg/m^3	20	OMS	2000
			Système nerveux	tremblement	homme	0,03 µg/m^3	300	OEHHA	2008
		Cancérigène	*Non concerné*						
	Ingestion	Non cancérigène	Rein	-	rats	**2.10^{-3} mg/kg/j**	**100**	**RIVM**	**2001**
			Rein	-	rats	3.10^{-4} mg/kg/j ($HgCl_2$)	1000	EPA	1995
			Rein	-	-	2 µg/kg/j	100	OMS	2006
		Cancérigène	*Non concerné*						
Hg organique	Ingestion	Non cancérigène	Développement	-	homme	**1.10^{-4} mg/kg/j (méthylHg)**	**10**	**EPA**	**2001**
				-	homme	3.10^{-4} mg/kg/j (méthylHg)	4	ATSDR	1999
			Rein	-	homme	1,6.10^{-3} mg/kg/j (méthylHg)	-	OMS	2004

Substance	Voie d'exposition	Type d'effet	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	Espèce	VTR	Facteur d'incertitude	Référence	Année de révision
			Développement	-	homme	1.10^{-4} mg/kg/j	10	RIVM	2001
		Cancérigène	*Non concerné*						

Les VTR retenues dans le présent rapport (en gras dans le tableau) ont été choisies en appliquant la note d'information (DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014) de la Direction Générale de la Santé.

Références bibliographiques :

- *INERIS, fiche toxicologique du nickel et ses dérivés, juillet 2006*
- *Point sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR), mars 2009*

Date de mise à jour : 11/12/2014

Identification des dangers

Effets systémiques :

Des données en population humaine montrent que des expositions prolongées à très fortes doses par inhalation provoquent des pathologies respiratoires telles que la bronchite chronique, l'asthme, et une capacité respiratoire réduite, ces pathologies pouvant aller jusqu'au décès.
Par voie cutanée, les effets systémiques les plus courants sont les réactions allergiques consécutives à un contact avec des objets en nickel : il s'agit le plus souvent d'un eczéma au point de contact.
Pour les effets par ingestion, seules des données de toxicité aiguë sont disponibles. Chez l'homme, des effets sur le système nerveux ont été observés après exposition à forte dose aux sels hydrosolubles de nickel (chlorure et sulfate). Par ailleurs, suite à l'ingestion de boissons contaminées par des sels de nickel, des manifestations de types nausées, crampes, diarrhées et vomissements ont été observées. Enfin, des effets hépatiques (modification du poids du foie) ont été observés.

Effets cancérigènes :

Les différentes études épidémiologiques en milieu professionnel portant sur les effets cancérogènes du nickel ont mis en évidence une augmentation du risque de cancer du poumon et du nez pour une exposition par inhalation. Concernant la voie orale, il n'existe pas à l'heure actuelle d'étude disponible concernant les effets cancérogènes chez l'homme.

Effets sur la reproduction et le développement :

Il n'existe pas d'études chez l'homme quant aux effets sur la reproduction et le développement du nickel par voie orale ou cutanée (OMS IPCS, 1991 ; ATSDR, 1997). Cependant, des études sur les rats ont montré une augmentation des problèmes de gestation (augmentation des fausses-couches, des naissances prématurées et de la proportion de morts-nés dans les portées.

Classification cancérogène :

- **CIRC : composés du nickel** classés dans le **groupe 1,** cancérogènes chez l'homme, par inhalation en 1990 et **nickel métal classé dans le groupe 2B,** cancérogène probable chez l'homme, en 1990
- **Union européenne : monoxyde de nickel, dioxyde de nickel et trioxyde de dinickel classés en catégorie 1A,** cancérogènes pour l'homme en 2001. Le **nickel métal** est classé en **catégorie 2** depuis 1993, substance préoccupante pour ses effets cancérogènes possibles
- **US-EPA : poussières de raffinage et sous-sulfure de nickel (Ni3S2) classés A,** cancérogènes pour l'homme en 1991.

Valeurs Toxicologiques de Références

L'inhalation et l'ingestion sont concernées.

Voie d'exposition	Type d'effet	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	Espèce	VTR	Facteur d'incertitude	Référence	Année de révision
Inhalation	Non cancérigène	Appareil respiratoire	Atteinte des épithéliums	Rat	**0,09 µg/m^3**	**30**	**ATSDR**	**2005**
		Appareil respiratoire	Atteinte des épithéliums	Rat	0,05 µg/m^3	100	RIVM	2001
		Appareil respiratoire, système sanguin	-	Rat	0,014 µg/m^3	100	OEHHA	2008
		Appareil respiratoire	Atteinte des épithéliums	Lapin	0,018 µg/m^3 (provisoire)	1000	Health Canada	1993
	Cancérigène	Poumon	Cancer	Homme	**3,8.10^{-4} (µg/m^3)$^{-1}$**	**-**	**OMS**	**2000**
		Poumon	Cancer	Homme	(sous-sulfure de nickel) 4,8.10^{-4} (µg/m^3)$^{-1}$	-	EPA	1991
		Poumon	Cancer	Homme	(poussières de raffineries de Ni) 2,4.10^{-4} (µg/m^3)$^{-1}$	-	EPA	1991
		Poumon	Cancer	Homme	2,6.10^{-4} (µg/m^3)$^{-1}$	-	OEHHA	2005
		Poumon	Cancer	Homme	(soluble) $CT_{0,05}$ = 0,07 mg/m^3	-	Health Canada	1993
Ingestion	Non cancérigène	Développement	Perte de poids	Rat	**(sels solubles) 20 µg/kg/j**	**300**	**EPA**	**1996**
		Développement	Perte de poids	Rat	50 µg/kg/j	100	RIVM	2001
		Développement	Perte de poids	Rat	0,011 mg/kg/j	100	OEHHA	2008
		Développement	Perte de poids	Homme	12 µg/kg/j	ND	OMS	2006
	Cancérigène	*Non concerné*						

$CT_{0,05}$: la concentration tumorigène 0,05 ($CT_{0,05}$) est la concentration généralement dans l'air qui cause une augmentation de 5 % de l'incidence des tumeurs ou de la mortalité due à des tumeurs.

Les VTR retenues dans le présent rapport (en gras dans le tableau) ont été choisies en appliquant la note d'information (DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014) de la Direction Générale de la Santé.

Références bibliographiques :

- *INERIS, fiche toxicologique du plomb et ses dérivés, février 2003*
- *Point sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR), mars 2009*

Date de mise à jour : 21/11/2014

Identification des dangers

Effets systémiques :

Effets sur le système nerveux central : Chez l'adulte comme chez l'enfant il est observé des troubles neurologiques (troubles du sommeil, irritabilité, anxiété, perte de mémoire, confusion, sensation de fatigue. Certains auteurs suggèrent l'absence de seuil de plombémie pour ces effets. Les personnes âgées (effets sur la mémoire, l'orientation spatiale, la concentration et la dextérité) et les enfants (impact sur le développement des fonctions cognitives) sont particulièrement sensibles (INERIS, 2003).
Effets sur le système nerveux périphérique se traduisant essentiellement par une faiblesse musculaire (INERIS, 2003).
Effets hématologiques : Anémie liée à l'inhibition de la synthèse de l'hème et à la réduction de la vie des érythrocytes (INERIS, 2003).
D'autres effets, rénaux (altération de la filtration glomérulaire), cardiovasculaires (hypertension artérielle) et immunitaires sont évoqués par plusieurs études portant sur de fortes expositions, mais elles restent controversés (INERIS, 2003).

Effets cancérigènes :

Des études en milieu professionnel montrent une augmentation significative des cancers bronchiques et rénaux (INERIS, 2003).

Effets sur la reproduction et le développement :

Plusieurs études montrent des effets de l'exposition au plomb sur la reproduction (diminution hormonale, diminution du nombre de spermatozoïdes, avortements, petits poids à la naissance…), ou le développement, en particulier neurologique (INERIS, 2003).

Classification cancérogène :

- **CIRC : groupe 2B,** cancérigène possible pour l'homme
- **Union européenne :** non classé
- **US-EPA :** B2, potentiellement cancérigène pour l'homme (1989)

Valeurs Toxicologiques de Références

L'inhalation et l'ingestion sont concernées.

Voie d'exposition	Type d'effet	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	Espèce	VTR	Facteur d'incertitude	Référence	Année de révision
Inhalation	Non cancérigène	Système hématologique, système nerveux	**Plombémie**	**Homme**	**Valeur guide : 0,5 µg/m^3**	**-**	**OMS**	**2000**
	Cancérigène	Rein	Cancer	rat	1,2.10^{-5} (µg/m^3)$^{-1}$		OEHHA	2005
Ingestion	Non cancérigène	Système hématologique, système nerveux	**Plombémie**	**Homme**	**Pb inorganique : 3,5.10^{-3} mg/kg/j (DHTP=25 µg/kg)**	**-**	**OMS**	**2004**
		Système hématologique, système nerveux	Plombémie	Homme	3,6.10^{-3} mg/kg/j	-	RIVM	2001
	Cancérigène	Rein	Cancer	rat	8,5.10^{-3} (mg/kg/j)$^{-1}$		OEHHA	2005

DHTP : Dose Hebdomadaire Tolérable Admissible Provisoire

Les VTR retenues dans le présent rapport (en gras dans le tableau) ont été choisies en appliquant la note d'information (DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014) de la Direction Générale de la Santé.

Les seules VTR disponibles pour les effets cancérogènes du plomb par voie respiratoire et par voie orale sont fournies par l'OEHHA. Or, il s'avère que le plomb est un cancérogène à seuil. Ainsi, une VTR à seuil, et non sans seuil, devrait être proposée. Les VTR de l'OEHHA étant sans seuil, l'INERIS conseille de ne pas les retenir (« Point sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) », INERIS, mars 2009). Cette position est également partagée par l'US-EPA.

Références bibliographiques :

- *INERIS, fiche toxicologique du sélénium et ses composés, juillet 2008*
- *Point sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) - mars 2009*

Date de mise à jour : 11/12/2015

Identification des dangers

Effets systémiques :

Les études menées chez le travailleur montrent que le **système respiratoire** est la principale cible de l'inhalation de poussières de sélénium ou de ses composés. Toutefois, des atteintes gastro-intestinales sont envisageables, ainsi que des effets cardiovasculaires, une irritation de la peau ou des yeux.

Une exposition chronique au sélénium par voie orale entraîne une **sélénose** : perte des cheveux et des ongles, abaissement du taux d'hémoglobine, anomalies dentaires et troubles neurologiques sensitifs.

Effets cancérigènes :

La plupart des études menées chez l'homme par voie orale n'ont pas mis en évidence de relation entre la consommation de sélénium et l'incidence de cancer. Certaines études épidémiologiques suggèrent que l'exposition au sélénium, sous certaines conditions, pourrait contribuer à la diminution du risque cancérigène.

Effets sur la reproduction et le développement :

Chez l'homme, il n'existe que peu d'études cherchant à identifier les effets du sélénium et de ses dérivés sur la reproduction ou le développement lors d'une exposition par voie orale. Une concentration élevée de sélénium dans le plasma séminal n'induit pas d'altération du nombre de spermatozoïdes ni de leur motilité.

Les études menées chez l'animal suggèrent que l'exposition au sélénium induirait une modification des niveaux de testostérone, de la production de sperme et une augmentation du pourcentage de sperme présentant des anomalies.

Classification cancérogène

Union Européenne :

Le sélénium et les composés du sélénium à l'exception du sulfoséléniure de cadmium ont été étudiés par l'Union Européenne mais n'ont pas été classés (JOCE, 2001).

CIRC – IARC

Groupe 3 : le sélénium ne peut être classé pour sa cancérogénicité pour l'homme (IARC, 1975).

US EPA (IRIS)

Sulfure de sélénium : Classe B2 : le sulfure de sélénium est probablement cancérigène pour l'homme. Il existe des preuves suffisantes chez l'animal et des preuves non adéquates ou pas de preuve chez l'homme (US EPA, 1993a).

Sélénium et ses composés : Classe D : le sélénium et ses composés ne sont pas classifiables quant à leur cancérogénicité pour l'homme (US EPA, 1993b).

Valeurs Toxicologiques de Références

L'inhalation et l'ingestion sont concernées.

Voie d'exposition	Type d'effet	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	Espèce	VTR	Facteur d'incertitude	Référence	Année de révision
Inhalation	Non cancérigène	système nerveux	Sélénose	homme	20 µg/m^3	3	OEHHA	2001
	Cancérigène	*non concerné*						
Ingestion	Non cancérigène	système nerveux	Sélénose	homme	0,005 mg/kg/j	3	OEHHA	2001
		Peau	Sélénose	homme	**0,005 mg/kg/j**	**3**	**US-EPA**	**1991**
		Peau	Sélénose	homme	0,005 mg/kg/j	3	ATSDR	2003
		Peau	-	-	0,001 mg/kg/j	ND	OMS	2006
	Cancérigène	*non concerné*						

Les VTR retenues dans le présent rapport (en gras dans le tableau) ont été choisies en appliquant la note d'information (DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014) de la Direction Générale de la Santé.
L'OEHHA propose une VTR (REL) pour l'exposition par inhalation, cette VTR a été établie à partir d'une étude épidémiologique pour une exposition par voie orale. Le calcul du REL pour la voie d'exposition par inhalation correspond à une dérivation du REL pour une exposition par voie orale. L'INERIS ne préconise pas de retenir cette valeur, il n'y a donc pas de VTR disponible pour la voie d'exposition par inhalation.

- Références bibliographiques :
- Furetox – Fiches Tellure
- Date de mise à jour : 11/12/2015

Identification des dangers

Effets systémiques :

Aucune donnée disponible ne permet de caractériser les effets systémiques du tellure.

Effets cancérigènes :

Il n'a pas été rapporté d'effet cancérigène.

Effets sur la reproduction et le développement :

Il n'a pas été rapporté d'effet sur la reproduction ou le développement.

Classification cancérogène

• **CIRC** : non classé ;

• **Union européenne** : non classé ;

• **US-EPA** : non classé.

Valeurs Toxicologiques de Références

Aucune VTR n'est disponible pour cette substance.

- Références bibliographiques :
- Furetox – Fiches Thallium
- Date de mise à jour : 11/12/2015

Identification des dangers

Effets systémiques :

Aucune donnée disponible ne permet de caractériser les effets systémiques du thallium.

Effets cancérigènes :

Il n'a pas été rapporté d'effet cancérigène.

Effets sur la reproduction et le développement :

Il n'a pas été rapporté d'effet sur la reproduction ou le développement.

Classification cancérogène

• **CIRC** : non classé ;

• **Union européenne** : non classé ;

• **US-EPA** : non classé.

Valeurs Toxicologiques de Références

Aucune VTR n'est disponible pour cette substance.

Références bibliographiques :

- *INERIS, fiche toxicologique du vanadium et ses dérivés, mars 2012*
- *ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), Toxicological Profile for Vanadium*
- *IPCS INCHEM, Environmental Health Criteria Monographs (EHCs), Vanadium*
- *US-EPA, fiche IRIS (Integrated Risk Information System), Vanadium pentoxide*
- *Point sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR), mars 2009*

Date de mise à jour : 15/06/2015

Identification des dangers

Effets systémiques :

En exposition aigue : par inhalation, le pentoxyde de vanadium provoque des irritations de la peau et des muqueuses. Certains composés du vanadium réagissent avec l'eau et produisent des vapeurs toxiques et irritantes contenant de l'acide chlorhydrique. Une exposition du pentoxyde de vanadium peut endommager les poumons et les voies bronchiques. Cela peut aussi résulter en un oedème pulmonaire/pneumonie. Il peut être mortel.

Par ingestion, le pentoxyde de vanadium est un poison pour le sang, le foie et les reins. L'ingestion peut être mortelle. Les symptômes peuvent inclure des nausées, un mal de tête, et des vomissements. Une anémie peut avoir lieu.

Par contact cutané, le pentoxyde de vanadium provoque une irritation de la peau. Les symptômes incluent une rougeur, un prurit, et des douleurs.

En exposition chronique : par inhalation, le vanadium entraîne des effets irritants sur **l'appareil respiratoire** supérieur, bronchites chronique, pneumonies. L'exposition répétée ou prolongée peut entraîner des dommages pulmonaires, une sensibilisation des voies respiratoires ou de la peau.
Par ingestion, les effets sont mal connus.

Effets sur la reproduction et le développement :

Il a été démontré des effets tératogènes chez les animaux de laboratoire.

Classification cancérogène :

- **CIRC :** pentoxyde de vanadium en catégorie 2B (cancérogène possible pour l'homme).
- **Union européenne :** -
- **US-EPA :** pas de classement pour le pentoxyde de vanadium.

Valeurs Toxicologiques de Références

Les voies par inhalation et ingestion sont concernées.

Voie d'exposition	Type d'effet	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	Espèce	VTR	Facteur d'incertitude	Référence	Année de révision
Inhalation	Non cancérigène	tractus respiratoire	-	homme	1 µg/m^3	20	RIVM	2008
	Non cancérigène	tractus respiratoire	dégénérescence de l'épithélium respiratoire	rat	**0,1 µg/m^3**	**30**	**ATSDR**	**2012**
	Cancérigène	*non concerné*						
Ingestion	Non cancérigène	Développement	Baisse de la cystine dans les cheveux	rat	2.10^{-3} mg/kg/j	100	RIVM	2008
		Développement	diminution de la cystine totale dans les poils	rat	**pentoxide de vanadium : 9.10^{-3} mg/kg/j**	**100**	**EPA**	**1996**
		Système sanguin	-	Homme	0,01 mg/kg/j (subchronique)	10	ATSDR	2012
	Cancérigène	*non concerné*						

Les VTR retenues dans le présent rapport (en gras dans le tableau) ont été choisies en appliquant la note d'information (DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014) de la Direction Générale de la Santé.

Références bibliographiques :

- *INERIS, Fiche de données toxicologiques et environnementales, zinc et ses composés, mars 2005*
- *Point sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR), mars 2009*

Date de mise à jour : 25/05/2015

Identification des dangers

Effets systémiques :

On connaît peu de choses sur la toxicité à long terme du zinc par inhalation. Aucun effet hépatique ou rénal n'a été décelé chez des travailleurs exposés durant plusieurs années au zinc.
Par voie orale, l'ingestion de sulfate de zinc ou d'oxyde de zinc peut entraîner des crampes d'estomac, des nausées et des vomissements. De nombreux cas d'anémies ont été décrits chez des personnes supplémentées en zinc durant de longues périodes (1 à 8 ans). Le zinc joue un rôle dans le développement et le maintien de l'intégrité du système immunitaire. Cependant, des doses trop élevées en zinc altèrent les réponses immunes et inflammatoires.

Effets cancérigènes :

Deux études réalisées en milieu professionnel et correspondant à des expositions par inhalation, n'ont pas montré d'augmentation significative de l'incidence des cancers en relation avec l'exposition au zinc.

Effets sur la reproduction et le développement :

Il a été démontré des effets tératogènes chez les animaux de laboratoire.

Classification cancérogène :

- **CIRC :** Le zinc et ses dérivés n'ont pas fait l'objet d'une classification par l'IARC.
- **Union européenne :** le zinc en poudre, le chlorure de zinc, l'oxyde de zinc, le phosphate de zinc et le sulfate de zinc ne sont pas classés.
- **US-EPA :** zinc et ses dérivés : Classe D : "substances non classifiables quant à leur cancérogénicité pour l'homme" (1991).

Valeurs Toxicologiques de Références

Seule l'ingestion est concernée.

Voie d'exposition	Type d'effet	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	Espèce	VTR	Fact d'ince
Inhalation	Non cancérigène	*Non concerné*				
	Cancérigène	*Non concerné*				
Ingestion	Non cancérigène	Système sanguin	-	homme	**0,3 mg/kg/j**	3
		Système sanguin	-	homme	0,3 mg/kg/j	3
		Système sanguin	-	homme	0,5 mg/kg/j	2
	Cancérigène	*Non concerné*				

Les VTR retenues dans le présent rapport (en gras dans le tableau) ont été choisies en appliquant la note d'information (DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014) de la Direction Générale de la Santé.

ANNEXE B : RÉSULTATS PAR TRANCHE D'ÂGE DE LA CARACTÉRISATION DES RISQUES SANITAIRES POUR L'EXPOSITION PAR VOIE DIGESTIVE

Tableau 39 : doses journalières d'exposition pour la voie digestive

Classe d'âge	Apport par ingestion	Unités	Antimoine	Arsenic	Cadmium	Chrome	Cobalt	Cuivre	Méthylmercure
Enfant (0 - 1 an)	de sol	mg/kg/j	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
	de végétaux	mg/kg/j	5,86E-07	6,96E-08	6,85E-08	1,89E-07	4,25E-08	2,88E-06	2,97E-10
	de produits animaux	mg/kg/j	2,14E-08	1,79E-09	1,57E-10	9,60E-08	1,93E-08	6,38E-07	2,62E-11
	de lait maternel	mg/kg/j	-	-	-	-	-	-	-
	Apport total	**mg/kg/j**	6,08E-07	7,14E-08	6,87E-08	2,85E-07	6,18E-08	3,52E-06	3,24E-10
Enfant (1 - 2 ans)	de sol	mg/kg/j	6,2E-07	8,4E-08	5,2E-08	2,3E-07	3,2E-08	8,2E-07	2,8E-10
	de végétaux	mg/kg/j	2,84E-07	2,98E-08	3,79E-08	7,95E-08	2,18E-08	1,72E-06	1,77E-10
	de produits animaux	mg/kg/j	1,29E-08	2,52E-09	1,97E-09	4,84E-08	7,84E-09	5,29E-07	1,21E-11
	Apport total	**mg/kg/j**	9,13E-07	1,16E-07	9,21E-08	3,58E-07	6,12E-08	3,07E-06	4,73E-10
Enfant (2 - 7 ans)	de sol	mg/kg/j	3,9E-07	5,3E-08	3,3E-08	1,4E-07	2,0E-08	5,2E-07	1,8E-10
	de végétaux	mg/kg/j	1,00E-07	9,68E-09	1,48E-08	2,55E-08	7,80E-09	6,88E-07	6,66E-11
	de produits animaux	mg/kg/j	1,15E-08	2,97E-09	2,65E-09	3,53E-08	4,29E-09	4,91E-07	7,97E-12
	Apport total	**mg/kg/j**	5,00E-07	6,52E-08	5,04E-08	2,06E-07	3,20E-08	1,70E-06	2,53E-10
Enfant (7 - 12 ans)	de sol	mg/kg/j	7,2E-08	9,8E-09	6,1E-09	2,7E-08	3,7E-09	9,7E-08	3,3E-11
	de végétaux	mg/kg/j	7,22E-08	7,04E-09	1,05E-08	1,85E-08	5,63E-09	4,86E-07	4,82E-11
	de produits animaux	mg/kg/j	7,41E-09	2,07E-09	1,67E-09	2,03E-08	1,98E-09	3,08E-07	4,30E-12
	Apport total	**mg/kg/j**	1,52E-07	1,89E-08	1,83E-08	6,59E-08	1,13E-08	8,91E-07	8,59E-11
Enfant (12 - 17 ans)	de sol	mg/kg/j	4,3E-08	5,8E-09	3,6E-09	1,6E-08	2,2E-09	5,7E-08	2,0E-11
	de végétaux	mg/kg/j	3,75E-08	3,59E-09	5,50E-09	9,41E-09	2,96E-09	2,58E-07	2,59E-11
	de produits animaux	mg/kg/j	3,96E-09	1,14E-09	8,92E-10	1,07E-08	9,96E-10	1,69E-07	2,24E-12
	Apport total	**mg/kg/j**	8,44E-08	1,05E-08	1,00E-08	3,61E-08	6,15E-09	4,85E-07	4,79E-11
Adulte (> 17 ans)	de sol	mg/kg/j	3,5E-08	4,8E-09	3,0E-09	1,3E-08	1,8E-09	4,7E-08	1,6E-11
	de végétaux	mg/kg/j	4,81E-08	4,99E-09	6,64E-09	1,33E-08	3,65E-09	3,00E-07	2,92E-11
	de produits animaux	mg/kg/j	4,18E-09	1,30E-09	1,06E-09	1,10E-08	8,79E-10	1,93E-07	2,21E-12
	Apport total	**mg/kg/j**	8,77E-08	1,11E-08	1,07E-08	3,75E-08	6,34E-09	5,40E-07	4,78E-11
DJE pondérée sur 30 ans	de sol	mg/kg/j	5,1E-08	7,0E-09	4,4E-09	1,9E-08	2,6E-09	6,8E-08	2,4E-11
	de végétaux	mg/kg/j	3,6E-08	3,8E-09	5,0E-09	1,0E-08	2,8E-09	2,2E-07	2,2E-11
	de produits animaux	mg/kg/j	2,9E-09	7,4E-10	6,0E-10	8,8E-09	1,1E-09	1,2E-07	2,0E-12
	Apport total	**mg/kg/j**	9,06E-08	1,15E-08	9,90E-09	3,81E-08	6,47E-09	4,14E-07	4,79E-11

Classe d'âge	Apport par ingestion	Unités	Mercure inorganique	Nickel	Plomb	Sélénium	Vanadium	Zinc	2,3,7,8 dioxines
Enfant (0 - 1 an)	de sol	mg/kg/j	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
	de végétaux	mg/kg/j	1,88E-07	1,46E-07	3,88E-07	1,14E-07	5,59E-08	1,01E-05	1,11E-12
	de produits animaux	mg/kg/j	0,00E+00	5,83E-08	1,01E-07	2,22E-07	9,31E-09	5,12E-08	2,81E-12
	de lait maternel	mg/kg/j	-	-	-	-	-	-	2,79E-12
	Apport total	**mg/kg/j**	1,88E-07	2,04E-07	4,89E-07	3,36E-07	6,52E-08	1,02E-05	6,72E-12
Enfant (1 - 2 ans)	de sol	mg/kg/j	1,4E-08	1,7E-07	4,5E-07	1,3E-07	6,3E-08	4,1E-06	5,6E-13
	de végétaux	mg/kg/j	1,37E-07	6,28E-08	1,69E-07	5,27E-08	2,46E-08	1,10E-05	5,78E-13
	de produits animaux	mg/kg/j	0,00E+00	4,29E-08	3,23E-07	1,63E-07	7,50E-09	4,17E-08	3,96E-12
	Apport total	**mg/kg/j**	1,51E-07	2,79E-07	9,44E-07	3,42E-07	9,53E-08	1,51E-05	5,09E-12
Enfant (2 - 7 ans)	de sol	mg/kg/j	8,8E-09	1,1E-07	2,8E-07	8,0E-08	4,0E-08	2,6E-06	3,5E-13
	de végétaux	mg/kg/j	6,02E-08	2,05E-08	5,58E-08	1,81E-08	8,20E-09	4,70E-06	2,34E-13
	de produits animaux	mg/kg/j	0,00E+00	3,51E-08	3,65E-07	1,38E-07	8,00E-09	3,76E-08	3,39E-12
	Apport total	**mg/kg/j**	6,90E-08	1,64E-07	7,05E-07	2,36E-07	5,60E-08	7,30E-06	3,97E-12
Enfant (7 - 12 ans)	de sol	mg/kg/j	1,6E-09	2,0E-08	5,3E-08	1,5E-08	7,4E-09	4,8E-07	6,6E-14
	de végétaux	mg/kg/j	4,19E-08	1,49E-08	4,04E-08	1,31E-08	5,93E-09	3,42E-06	1,61E-13
	de produits animaux	mg/kg/j	0,00E+00	2,31E-08	2,40E-07	8,19E-08	5,53E-09	2,32E-08	2,42E-12
	Apport total	**mg/kg/j**	4,35E-08	5,83E-08	3,33E-07	1,10E-07	1,89E-08	3,92E-06	2,65E-12
Enfant (12 - 17 ans)	de sol	mg/kg/j	9,7E-10	1,2E-08	3,1E-08	8,8E-09	4,4E-09	2,8E-07	3,9E-14
	de végétaux	mg/kg/j	2,25E-08	7,59E-09	2,06E-08	6,75E-09	3,03E-09	1,92E-06	8,32E-14
	de produits animaux	mg/kg/j	0,00E+00	1,32E-08	1,35E-07	4,50E-08	2,99E-09	1,28E-08	1,48E-12
	Apport total	**mg/kg/j**	2,35E-08	3,28E-08	1,87E-07	6,06E-08	1,04E-08	2,22E-06	1,60E-12
Adulte (> 17 ans)	de sol	mg/kg/j	8,0E-10	1,0E-08	2,6E-08	7,3E-09	3,6E-09	2,3E-07	3,2E-14
	de végétaux	mg/kg/j	2,46E-08	1,05E-08	2,84E-08	8,87E-09	4,15E-09	1,75E-06	1,07E-13
	de produits animaux	mg/kg/j	0,00E+00	1,52E-08	1,65E-07	5,15E-08	3,24E-09	1,46E-08	1,84E-12
	Apport total	**mg/kg/j**	2,54E-08	3,57E-08	2,19E-07	6,76E-08	1,10E-08	2,00E-06	1,98E-12
DJE pondérée sur 30 ans	de sol	mg/kg/j	1,2E-09	1,4E-08	3,8E-08	1,1E-08	5,3E-09	3,4E-07	4,7E-14
	de végétaux	mg/kg/j	1,8E-08	8,0E-09	2,2E-08	6,7E-09	3,1E-09	1,3E-06	7,8E-14
	de produits animaux	mg/kg/j	0,0E+00	9,4E-09	9,0E-08	3,4E-08	2,0E-09	9,3E-09	9,6E-13
	Apport total	**mg/kg/j**	1,93E-08	3,18E-08	1,49E-07	5,12E-08	1,04E-08	1,69E-06	1,08E-12