



A U R E U S
TRANSFORMER C'EST CRÉER

Demande d'Autorisation Environnementale

Traitement thermique de déchets
contenant des métaux précieux
Modification d'arrêté préfectoral

Pièce n° 5

Evaluation des Risques Sanitaires

Site de Saint-Quentin-Fallavier (38)

	EODD Ingénieurs Conseils
	Le Parc Gratte Ciel / 13-19 rue Jean Bourgey
	69 100 VILLEURBANNE
	Tél : 04 72 76 06 90
	Fax : 04 72 76 06 99
	Mail : c.pestre@eodd.fr

Ind	Etabli par	Approuvé par	Date	Objet de la révision
A	LBR / CPE	FCO	02/03/2018	Etablissement

SOMMAIRE

1.	GLOSSAIRE	8
2.	PRESENTATION DE L'ETUDE.....	10
2.1	CONTENU TECHNIQUE DE L'ETUDE.....	10
2.2	CADRE GENERAL.....	11
2.3	DOCUMENTS DE REFERENCE	12
3.	APPROCHE SOURCES-VECTEURS-CIBLES	13
3.1	CARACTERISATION DES SOURCES D'EMISSION	14
3.1.1	<i>Produits et déchets</i>	14
3.1.2	<i>Rejets aqueux</i>	14
3.1.3	<i>Rejets atmosphériques.....</i>	14
3.1.4	<i>Les odeurs</i>	15
3.2	CARACTERISATION DES TRANSFERTS POTENTIELS	15
3.2.1	<i>Transferts potentiels vers les eaux.....</i>	15
3.2.2	<i>Transferts potentiels vers les sols</i>	15
3.2.3	<i>Transferts potentiels vers l'air</i>	15
3.3	CARACTERISATION DES CIBLES	16
4.	SCENARIOS D'EXPOSITION.....	17
4.1	VOIES D'EXPOSITION CONSIDEREES.....	17
4.2	CHOIX DES POLLUANTS TRACEURS DU RISQUE	18
4.3	CHOIX DES RECEPTEURS	19
4.4	SCENARIOS D'EXPOSITION RETENUS ET SCHEMA CONCEPTUEL	19
5.	CONCENTRATIONS A L'EMISSION RETENUES	21
5.1	CHEMINEE PRINCIPALE	21
5.1.1	<i>Essais réalisés par AUREUS</i>	21
5.1.2	<i>Arrêté du 20 septembre 2002 relatif à l'incinération de déchets non dangereux</i>	22
5.2	CHEMINEE DEDIEE AU FOUR 5C.....	23
5.3	REJETS DU LABORATOIRE	24
5.4	SYNTHESE DES VALEURS A L'EMISSION RETENUES	25
6.	EVALUATION DE LA RELATION DOSE-REPONSE.....	26
6.1	PRINCIPE	26
6.2	ORGANISMES CONSULTES ET BASES DE DONNEES.....	27
6.3	CRITERES DE CHOIX ET SELECTION DES VTR.....	28
6.4	PRESENTATION DES VTR ET DES VALEURS GUIDES.....	28
6.4.1.1	Via l'inhalation	30
6.4.1.2	Via l'ingestion	31
7.	EVALUATION DE L'EXPOSITION.....	33
7.1	ESTIMATION DES NIVEAUX D'EXPOSITION A PARTIR DE LA MODELISATION ATMOSPHERIQUE	33
7.1.1	<i>Cibles retenues pour la modélisation</i>	33
7.1.2	<i>Le modèle utilisé</i>	34
7.1.3	<i>Résultats de la modélisation</i>	34

7.2	QUANTIFICATION DE L'EXPOSITION	35
7.2.1	Règles de calcul des concentrations d'exposition par inhalation.....	35
7.2.2	Règles de calcul des concentrations d'exposition par ingestion.....	36
7.3	PARAMETRES D'EXPOSITION UTILISES POUR CALCULER CMI ET DJE.....	37
7.4	RESULTATS.....	38
8.	CARACTERISATION DU RISQUE SANITAIRE	39
8.1	METHODOLOGIE	39
8.1.1	Effets à seuil.....	39
8.1.2	Effets sans seuil.....	40
8.2	EVALUATION DES RISQUES.....	41
9.	DISCUSSIONS SUR LES INCERTITUDES	44
9.1	CHOIX DES SUBSTANCES ET CONCENTRATIONS A L'EMISSION.....	44
9.1.1	Cheminée principale, concernée par les activités de traitement thermique de déchets.....	44
9.1.2	Cheminée secondaire (5C) et rejets du laboratoire.....	45
9.2	VALEURS TOXICOLOGIQUES DE REFERENCE (VTR)	45
9.3	VOIES D'EXPOSITION ETUDIEES	45
9.4	TRANSFERT DES POLLUANTS VERS L'INTERIEUR DES BATIMENTS.....	46
9.5	MODELISATION DE LA DISPERSION ATMOSPHERIQUE.....	46
9.6	STRATEGIE ADOPTEE DANS L'EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES	46
9.7	PARAMETRES D'EXPOSITION	47
9.8	DUREE DE FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION.....	47
9.9	SYNTHESE	47
10.	CONCLUSIONS.....	48

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : SCHEMA GLOBAL D'EXPOSITION	13
FIGURE 2 : SCHEMA CONCEPTUEL DU SITE	20
FIGURE 3 : CHOIX DES VTR LORSQU'IL EXISTE PLUSIEURS VTR POUR UNE VOIE ET UNE DUREE D'EXPOSITION	29
FIGURE 4 : LOCALISATION DES RECEPTEURS RETENUS POUR LA MODELISATION.....	33
FIGURE 5 : CONTRIBUTEURS DU RISQUE – EFFETS SANS SEUIL – SCENARIO « RESIDENTIEL » – ADULTE.....	42
FIGURE 6 : CONTRIBUTEURS DU RISQUE – EFFETS A SEUIL – SCENARIO « RESIDENTIEL » – ADULTE.....	43
FIGURE 7 : CONTRIBUTEURS DU RISQUE – EFFETS A SEUIL – SCENARIO « RESIDENTIEL » – ENFANT.....	43
FIGURE 8 : POSITIONNEMENT DE LA STATION METEO PAR RAPPORT AU SITE.....	57
FIGURE 9 : ROSE DES VENTS DE LA STATION DE LYON-BRON (69) POUR L'ANNEE 2000.....	58
FIGURE 10 : DISTRIBUTION DES PRECIPITATIONS.....	60
FIGURE 11 : DISTRIBUTION DES VITESSES DE VENT (EN NŒUDS)	60
FIGURE 12 : DECOUPAGE TOPOGRAPHIQUE UTILISE	61
FIGURE 13 : LOCALISATION SUR LE SITE DE LA SOURCE DES REJETS ATMOSPHERIQUES	62
FIGURE 14 : DISTRIBUTION DE LA TAILLE DES PARTICULES RENCONTREES DANS L'ATMOSPHERE (US EPA)..	64

FIGURE 15 : LOCALISATION DES RECEPTEURS RETENUS POUR LA MODELISATION	66
--	----

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : CLASSES CANCEROGENES	8
TABLEAU 2 : POLLUANTS PRIS EN COMPTE DANS L'ETUDE	19
TABLEAU 3 : SYNTHESE DES SCENARIOS D'EXPOSITION RETENUS DANS L'ERS	19
TABLEAU 4 : RESULTATS ET CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT LORS DE L'ESSAI – CHEMINEE PRINCIPALE ..	21
TABLEAU 5 : CONCENTRATIONS A L'EMISSION ET FLUX RETENUS POUR L'ERS	22
TABLEAU 6 : CONCENTRATIONS A L'EMISSION RETENUES POUR LES METAUX.....	22
TABLEAU 7 : RESULTATS ET CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT LORS DES MESURES – CHEMINEE DEDIEE AU FOUR 5C	23
TABLEAU 8 : RESULTATS DES MESURAGES ET CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT LORS DES MESURES – LABORATOIRE.....	24
TABLEAU 9 : FLUX A L'EMISSION RETENUS.....	25
TABLEAU 10 : VTR POUR LES EFFETS A SEUIL VIA L'INHALATION.....	30
TABLEAU 11 : VTR POUR LES EFFETS SANS SEUIL VIA L'INHALATION.....	31
TABLEAU 12 : VALEURS GUIDES POUR NO ₂ , SO ₂ ET PM VIA L'INHALATION	31
TABLEAU 13 : VTR POUR LES EFFETS A SEUIL VIA L'INGESTION	32
TABLEAU 14 : VTR POUR LES EFFETS SANS SEUIL VIA L'INGESTION	32
TABLEAU 15 : CARACTERISATION DES PARAMETRES D'EXPOSITION	37
TABLEAU 16 : SYNTHESE DES NIVEAUX DE RISQUE – SCENARIO « RESIDENTIEL »	41
TABLEAU 17 : SYNTHESE DES NIVEAUX DE RISQUE – SCENARIO « ERP SENSIBLE ».....	41
TABLEAU 18 : SYNTHESE DES NIVEAUX DE RISQUE – SCENARIO « PROFESSIONNEL »	41
TABLEAU 19 : COMPARAISON DES CONCENTRATIONS EN NO ₂ , SO ₂ ET PM MODELISEES AVEC LES VALEURS GUIDES.....	42
TABLEAU 20 : BILAN DES PRINCIPALES INCERTITUDES.....	47
TABLEAU 21 : STATION METEO ET DONNEES RECOLTEES	56
TABLEAU 22 : CARACTERISTIQUES DES SOURCES D'EMISSION.....	62
TABLEAU 23 : FLUX MASSIQUES DES POLLUANTS A L'EMISSION.....	63
TABLEAU 24 : CARACTERISTIQUES DE L'ENVIRONNEMENT INTEGREES DANS LA MODELISATION	65
TABLEAU 25 : LES OPTIONS DU MODELE.....	68
TABLEAU 26 : RESULTATS DES MODELISATIONS – CONCENTRATION DANS L'AIR AMBIANT	69
TABLEAU 27 : RESULTATS DES MODELISATIONS – DEPOTS TOTAUX AU SOL	70

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : RAPPORT DE MODELISATION.....	50
ANNEXE 2 : FEUILLES DE CALCUL DE RISQUE.....	72
ANNEXE 3 : QUELQUES CARTES DE DISPERSION DANS L'AIR	88

LISTE DES ACRONYMES

AFNOR	Association Française de NORmalisation
ANSES	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
CA	Concentration Admissible
CIRC	Centre international de Recherche sur le Cancer
CMI	Concentration Moyenne Inhalée
DAE	Demande d'Autorisation Environnementale
DE	Durée d'Exposition
DGS	Direction Générale de la Santé
DJE	Dose Journalière d'Exposition
DJT	Dose Journalière Tolérable
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
ERG	Excès de Risque Global
ERI	Excès de Risque Individuel
ERP	Etablissement Recevant du Public
ERS	Evaluation des Risques Sanitaires
ERU	Excès de Risque Unitaire
F	Fréquence d'exposition
FI	Facteur d'Incertitude
fr	Facteur de rétention dans les poumons
frse	Fraction de sol dans les particules à l'extérieur
FURETOX	Faciliter l'Usage des Ressources TOXicologiques
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
IGN	Institut Géographique National
INERIS	Institut National de l'Environnement industriel et des RISques
INRS	Institut National de Recherche et de Sécurité
INVS	Institut de Veille Sanitaire
IRIS	Integrated Risk Information System
OEHHA	Office of Environmental Health Hazard Assessment
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
P	Poids
QD	Quotient de Danger

Qsol	Quantité de sol ingérée
SQD	Somme des Quotients de Danger
TE	Fraction de temps d'Exposition
TERA	Toxicology Excellence for Risk Assessment
TP	Période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée
TSPe	Particules en suspension dans l'air extérieur
US-EPA	US Environmental Protection Agency
VLE	Valeur Limite à l'Emission
VTR	Valeur Toxicologique de Référence

1. GLOSSAIRE

Classe cancérigène : L'agent ou le mélange est décrit au moyen des termes désignant l'une des catégories ci-après, et l'appartenance à un des groupes est établie. Le classement d'un polluant est une affaire de jugement scientifique, et s'appuie sur le caractère plus ou moins probant des éléments d'appréciation tirés d'études chez l'homme, l'animal de laboratoire et d'autres informations pertinentes. Il existe plusieurs systèmes de classification. Les systèmes de classification du Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) et de l'US EPA, les plus couramment utilisés, sont présentés ci-dessous.

	CIRC	US-EPA
Cancérigène pour l'homme	1	A
	preuves suffisantes chez l'homme	
Cancérigène probable pour l'homme	2A	B1 et B2
	preuves limitées chez l'homme et preuves suffisantes chez l'animal	
Cancérigène possible pour l'homme	2B	C
	preuves limitées chez l'homme et absences de preuves suffisantes chez l'animal	
Inclassable	3	D
	preuves insuffisantes chez l'homme et insuffisantes ou limitées chez l'animal	
Probablement non cancérigène pour l'homme	4	E
	Preuves suggérant une absence de cancérigénicité chez l'homme et l'animal	

Tableau 1 : Classes cancérigènes

Concentration moyenne inhalée (CMI) : Estimation de la concentration moyenne en agent toxique inhalée dans l'air ambiant, en tenant compte des modalités de l'exposition. Elle s'exprime généralement en mg/m³ ou µg/m³ d'air ambiant.

Concentration ubiquitaire : Concentration représentative d'une concentration naturellement présente dans le compartiment étudié.

Danger : Effet sanitaire indésirable comme le changement d'une fonction ou d'une valeur biologique, de l'aspect ou de la morphologie d'un organe, une malformation fœtale, une maladie transitoire ou définitive, une invalidité ou une incapacité, un décès.

Effet cancérigène : Toxicité qui se manifeste par l'apparition de cancers. Ce type d'effet apparaît sans seuil de dose (effet probabiliste). Sa fréquence – et non sa gravité – est proportionnelle à la dose.

Effet critique : Effet résultant de l'action du toxique après absorption et distribution dans différentes parties de l'organisme humain. C'est celui qui survient au plus faible niveau de dose dans l'espèce animale la plus sensible.

Effet avec seuil : Effet attendu au-dessus d'un certain niveau d'exposition. En deçà de cette dose, le risque est considéré comme nul. Ce sont principalement les effets non cancérigènes qui sont classés dans cette famille. Au-delà du seuil, l'intensité de l'effet croît avec l'augmentation de la dose administrée.

Effet sans seuil : Effet susceptible d'apparaître à n'importe quel niveau d'exposition, sa probabilité d'apparition augmentant avec le niveau d'exposition. Ce sont principalement les effets cancérigènes.

Effet systémique : Toxicité d'un agent polluant se manifestant par une atteinte non cancéreuse d'un tissu ou d'une fonction. Ce type d'effet survient au-delà d'un seuil de dose. Sa gravité est proportionnelle à la dose.

Emissions : Quantités de polluants mesurées à la sortie d'une source.

Excès de Risque Individuel (ERI) : Probabilité que la cible a de développer l'effet associé à une substance cancérigène pendant sa vie du fait de l'exposition considérée (sans unité).

Excès de Risque Unitaire (ERU) : L'effet cancérigène d'une substance sans seuil est exprimé par cette notion d'excès de risque unitaire. Par ingestion, on parle d'ERU o ou d'ERU i par inhalation Elle exprime la relation entre le niveau d'exposition chez l'homme et la probabilité de développer l'effet. En d'autres termes, l'ERU est la probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu a de développer l'effet s'il est exposé à une unité de dose ou concentration de toxique vie entière. Il représente en général la pente de la borne supérieure de l'intervalle de confiance de la courbe dose-réponse et s'exprime, pour une exposition par inhalation en $(\text{mg}/\text{m}^3)^{-1}$ ou $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ et pour une exposition par ingestion en $(\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$.

Facteur d'incertitude : Facteurs multiplicatifs appliqués à des données toxicologiques expérimentales ou à des résultats d'études épidémiologiques pour construire une valeur toxicologique de référence.

Organe cible : Organe ou système présentant une sensibilité particulière à une substance donnée.

Polluants traceurs du risque : Polluants qui au niveau de la zone d'étude sont caractérisés par une source d'émission significative, un caractère dangereux pour l'homme, et une probabilité d'intégrer les médias d'exposition de la population (produits destinés à l'alimentation dans le cas de l'exposition indirecte, air dans le cas de l'exposition directe).

Quotient de Danger (QD) : Utilisé pour caractériser le risque lié aux toxiques systémiques. Il correspond à la dose (ou concentration) journalière d'exposition, divisée par la dose (ou concentration de référence).

Risque : Probabilité d'apparition d'effets défavorables ou indésirables (danger) résultant d'une exposition donnée à une ou plusieurs substances prises isolément ou conjointement.

Risque sanitaire chronique : Probabilité d'apparition d'un effet néfaste sur la santé publique lors d'une exposition de longue durée (de quelques années à vie entière) à un agent toxique en concentration faible.

Valeur Toxicologique de Référence (VTR) : Appellation générique regroupant tous les types d'indices toxicologiques qui permettent d'établir une relation entre une dose et un effet (toxiques à seuils d'effet) ou entre une dose et une probabilité d'effet (toxiques sans seuils d'effets). Ce sont des indices toxicologiques établis par des instances internationales ou des structures nationales et regroupées dans des bases de données. Elles sont spécifiques d'un effet donné, d'une voie et d'une durée d'exposition.

2. PRESENTATION DE L'ETUDE

2.1 CONTENU TECHNIQUE DE L'ETUDE

La présente étude a pour objet l'**Évaluation des Risques Sanitaires** (ERS) du site de traitement de déchets contenant des métaux précieux, exploité par AUREUS sur la commune de Saint-Quentin-Fallavier (38). Elle concerne l'ensemble des installations.

La prise en compte des effets sur la santé peut être réalisée au travers des étapes classiques composant la démarche d'évaluation du risque telle que le prévoit la méthodologie développée par l'Académie des Sciences américaine et reprise par l'INERIS (guide 2003¹ et guide 2013²) et l'InvS (guide 2000³).

La démarche d'évaluation des risques comporte ainsi les étapes successives suivantes :

- **étape 1** : description du projet et de son environnement (caractérisation de l'état initial) au regard des risques sanitaires ;
- **étape 2** : description et définition de l'ensemble des dangers mis en jeu et du choix des polluants traceurs du risque au regard des différentes voies d'exposition étudiées ;
- **étape 3** : modélisation de la dispersion des polluants dans l'environnement et évaluation de l'exposition de la population ;
- **étape 4** : caractérisation des risques et évaluation des incertitudes de l'étude.

Conformément à la démarche d'évaluation des risques, la présente étude s'intéressera aux effets sur la santé des populations riveraines (et non celle des employés exposés sur leur lieu de travail) des rejets du site.

Cette étude ne traite que des étapes 2, 3 et 4, l'étape 1 étant largement détaillée dans l'étude d'incidence (pièce n°4 de la DAE).

¹ INERIS, Institut National de l'Environnement industriel et des risques. *Évaluation des risques sanitaires liés aux substances chimiques dans l'étude d'impact des installations classées pour l'environnement*. Version éditée 2003, <http://www.ineris.fr>, rubrique Etudes et recherche/rapports d'études Risques chroniques

² INERIS, Institut National de l'Environnement industriel et des risques. *Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires. Démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées*. Version éditée 2013.

³ INVS, Institut de Veille Sanitaire. *Analyse du volet sanitaire des études d'impact, février 2000 (guide de lecture)*.

2.2 CADRE GENERAL

Cette ERS est menée suivant cinq grands principes essentiels :

- **principe de prudence scientifique** : il consiste à adopter, en cas d'absence de données reconnues, des hypothèses raisonnablement majorantes définies pour chaque cas à prendre en compte ;
- **principe de proportionnalité**, présent dans la circulaire du 3 décembre 1993 relative aux sites pollués, et adoptable dans le champ présent de l'évaluation des risques sanitaires (ERS) liés aux ICPE, il veille à ce qu'il y ait cohérence entre le degré d'approfondissement de l'étude et l'importance des incidences prévisibles de la pollution. Ce principe peut conduire à définir une démarche par approches successives dans l'évaluation des risques pour la santé ;
- **principe de spécificité**, présent également dans la circulaire précédemment citée, il assure la pertinence de l'étude par rapport à l'usage et aux caractéristiques du site et de son environnement. Il doit prendre en compte le mieux possible les caractéristiques propres au site (mesures in situ), de la source de pollution et des populations potentiellement exposées ;
- **principe de transparence**, étant donné qu'il n'existe pas une connaissance absolue, le choix des hypothèses, des outils à utiliser, du degré d'approfondissement nécessaire relève du jugement et du savoir-faire de l'évaluateur face à chaque cas d'étude particulier. La règle de l'évaluation des risques est que ces choix soient cohérents et expliqués par l'évaluateur, afin que la logique du raisonnement puisse être suivie et discutée par les différentes parties intéressées ;
- **principe de précaution** : principe juridique de haut niveau selon lequel « *l'absence de certitudes, compte-tenu des connaissances scientifiques et techniques du moment, ne doit pas retarder l'adoption de mesures effectives et proportionnées visant à prévenir un risque de dommages graves et irréversibles à l'environnement à un coût économiquement acceptable* ». intégré dans la Loi Barnier 1995.

2.3 DOCUMENTS DE REFERENCE

La méthodologie de travail adoptée pour cette évaluation des risques sanitaires sera conforme :

- à la circulaire MATE n° 98-36 du 17 février 1998, relative à l'application de l'article 19 de la Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie, complétant les études d'impact des projets d'aménagement ;
- à la circulaire DGS / VS 3 n° 2000/60 du 3 février 2000, relative au guide de lecture et d'analyse du volet sanitaire des études d'impact ;
- à la circulaire DPPR / SEI du 19 juin 2000, relative aux demandes d'autorisation et aux études d'impacts sur la santé publique ;
- à la circulaire DGS n° 2001-185 du 11 avril 2001, relative à l'analyse des effets sur la santé dans les études d'impact ;
- à la circulaire DGS n° 2004 – 42 du 4 février 2004 relative à l'organisation des services du ministère chargé de la santé pour améliorer les pratiques d'évaluation des risques sanitaires dans les études d'impact ;
- à la note DPPR du 18/11/2004, relative aux choix des valeurs toxicologiques de référence (VTR) ;
- à la note d'information DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués.

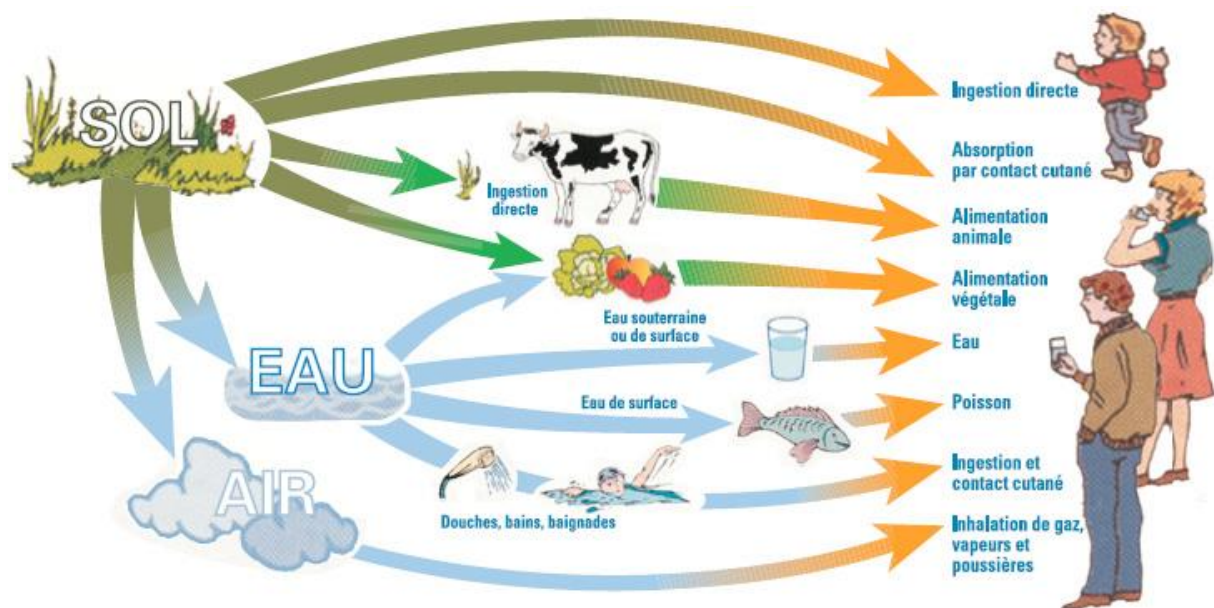
3. APPROCHE SOURCES-VECTEURS-CIBLES

Le risque associé à un site est fonction de trois facteurs :

- la (ou les) source(s) de pollution ;
- l'existence de cibles (population dans les environs, cibles environnementales) ;
- les possibilités de transferts de la source vers les cibles.

Après avoir été dispersés dans l'environnement, les polluants générés par l'installation se retrouvent et se partagent dans les différents compartiments selon leurs propriétés physico-chimiques et les conditions environnementales. L'étendue de cette dispersion et la persistance du polluant dans l'air sont très variables. Elles dépendent notamment de la forme sous laquelle se trouve le polluant (gazeuse ou particulaire), des caractéristiques spécifiques conditionnant l'éjection des fumées et des conditions météorologiques. A plus ou moins brève échéance, les polluants les moins volatils rencontrent un support solide (eau, sol, organisme). A partir de cet instant, le devenir de ces polluants va être conditionné par ses propriétés intrinsèques de diffusion (dans l'eau ou dans les graisses essentiellement) ou par des phénomènes physiques simples comme l'érosion éolienne ou le ruissellement.

Ainsi, avant d'atteindre l'homme, le contaminant se déplacera à travers le milieu (eau, air, sol ou aliments) jusqu'aux points où une exposition humaine peut avoir lieu. On parle alors de concept source-vecteur-cible.



Source : INERIS et AFSSET

Figure 1 : Schéma global d'exposition

3.1 CARACTERISATION DES SOURCES D'EMISSION

Les matières utilisées, les produits, les déchets et les rejets de toute nature générés (effluents, poussières, fumées) peuvent représenter des sources de pollution de par leur composition (toxicité intrinsèque des substances), de par leurs modalités de stockage ou de transport).

3.1.1 PRODUITS ET DECHETS

Les déchets réceptionnés sur le site ne présentent pas de risques particuliers pour l'environnement car il s'agit :

- soit de produits intrinsèquement peu toxiques et peu polluants ;
- soit de métaux à l'état métalliques peu divisés, donc peu mobilisables ;
- soit de produits chimiques ne présentant pas un risque important pour le sol (conditionnement adéquat, quantités faibles, rétentions).

Les déchets d'activités (DIB, déchets d'entretien, bains usagés, déchets du séparateur d'hydrocarbures, ...) sont repris par des sociétés spécialisées et évacués en filière agréée.

3.1.2 REJETS AQUEUX

Les seuls rejets aqueux du site sont :

- les eaux sanitaires, rejetées au réseau communal (STEP de Trafayère) ;
- les eaux pluviales (toiture, bâtiment, voies de circulation extérieures), rejetées au réseau communal.

Les activités se déroulant en intérieur, les eaux pluviales ne sont pas susceptibles de rentrer en contact avec les déchets stockés sur le site. De plus, les eaux avant rejet transitent par un séparateur à hydrocarbures. Aucun déchet d'activité ou eaux de process n'est rejeté dans le milieu naturel ou les réseaux communaux.

3.1.3 REJETS ATMOSPHERIQUES

Il existe deux rejets canalisés sur le site :

- un point de rejet principal via une cheminée d'environ 8 m de hauteur, de 65 cm de diamètre, d'environ 15 m/s de vitesse d'éjection et de débit estimé à 13 000 m³/h. Cette cheminée est actuellement reliée aux fours sécheurs 4C, 6C, 7C, au four à platine 8C et aux fours de la ligne « fusion ». Dans le cadre du développement des activités, les deux fours sécheurs 6C et 7C seront débridés en calcinateurs et le four 4C transformé en four à pyrolyse ;
- un point de rejet secondaire via une cheminée d'environ 8 m de hauteur, de 56 cm de diamètre et uniquement dédiée au four à creuset 5C, non modifiée avec les nouvelles activités.

A noter que la hauteur de ces cheminées va être ramenée à 10 mètres pour se conformer à la réglementation (arrêté du 20 septembre 2002). Les modélisations ont retenu cette hauteur de 10 mètres.

Des points d'émission canalisés sont également localisés au niveau du laboratoire.

Les rejets diffus du site sont les gaz d'échappement produits par les véhicules et engins.

3.1.4 LES ODEURS

Les activités du site ne sont pas à l'origine de nuisances olfactives.

3.2 CARACTERISATION DES TRANSFERTS POTENTIELS

3.2.1 TRANSFERTS POTENTIELS VERS LES EAUX

L'exposition des populations via l'eau dépend des possibilités de transfert des eaux potentiellement polluées (eaux de process, usées et pluviales) vers les eaux souterraines ou de surface et des usages effectifs, programmés ou potentiels de ces eaux.

Le site étant complètement étanchéifié, aucun transfert d'effluent par infiltration vers les eaux souterraines n'est possible. De même, aucun rejet d'eau du site n'a lieu vers le milieu naturel (rejet au réseau communal pour les eaux sanitaires et les eaux pluviales extérieures, pas de rejet d'eaux de process).

L'impact du projet sur le compartiment « eau » est maîtrisé sur le site. Au vu de l'ensemble de ces données, la voie eau n'a pas été prise en compte dans l'ERS.

→ Les émissions vers les eaux ne sont pas prises en compte dans l'ERS.

3.2.2 TRANSFERTS POTENTIELS VERS LES SOLS

Le site étant complètement étanchéifié, aucun transfert de polluants vers le sol sous le site n'est possible. A noter que les retombées de poussières dues aux rejets de la cheminée ont été prises en compte dans la présente étude.

→ Les dépôts au sol dus aux rejets de la cheminée principale sont pris en compte dans l'ERS (ingestion de sols).

3.2.3 TRANSFERTS POTENTIELS VERS L'AIR

La cheminée principale est le collecteur de la quasi-totalité des effluents de combustion. Des analyses ont été réalisées par AUREUS (**situation actuelle et situation projetée en prenant en compte les deux calcinateurs**). Les rejets atmosphériques de cette cheminée sont pris en compte dans l'ERS.

La cheminée secondaire est uniquement raccordée à un dépoussiéreur. Elle ne sera pas impactée par le projet. Des analyses en sortie de cheminée ont été effectuées en janvier 2018 par AUREUS. Les rejets atmosphériques de cette cheminée sont pris en compte dans l'ERS.

La qualité des rejets au niveau du laboratoire a été analysée en mars 2017 par AUREUS. Les rejets atmosphériques de ces rejets sont pris en compte dans l'ERS.

Considérant le peu de véhicules circulant sur le site et la difficulté de quantifier leurs émissions, les rejets diffus (gaz d'échappement) ne sont pas pris en compte dans l'ERS.

→ Les concentrations dans l'air ainsi que les dépôts au sol (retombées atmosphériques) dus aux rejets canalisés du site sont pris en compte dans l'ERS (inhalation de particules dans l'air et de particules de sol (ré-envoi)).

3.3 CARACTERISATION DES CIBLES

Via l'air, les cibles potentielles sont l'ensemble de la population à proximité du site (habitations, ERP, industries, etc.) par inhalation de particules dans l'air.

Via les sols aux alentours du site, les cibles potentielles sont l'ensemble de la population à proximité du site (habitations, ERP, industries, etc.) par ingestion de sol et inhalation de particules de sol (ré-envoi).

Pour rappel, les parcelles voisines du site sont vouées aux activités économiques. Les premières habitations sont localisées à environ 250 m à l'Est du site. L'ERP le plus proche est l'entreprise SAMSE (matériaux de construction et outillage), localisée en bordure Nord du site. L'école maternelle et élémentaire Jean Jaurès est localisée à environ 750 m au Sud-Est du site sur la commune de la Verpillière.

4. SCENARIOS D'EXPOSITION

4.1 VOIES D'EXPOSITION CONSIDEREES

Les voies d'exposition probables associées au contexte du site sont détaillées ci-après. En considérant les impacts des activités du site sur l'environnement, les sources de pollution possibles, les voies de transfert ainsi que les cibles potentielles, ces voies d'exposition ont été sélectionnées ou écartées de l'évaluation des risques sanitaires.

- **Inhalation de polluants sous forme particulaire ou gazeuse dans l'air (susceptible d'atteindre le système respiratoire)**

Des composés polluants peuvent être présents dans les émissions canalisées du site (poussières, gaz) et dans les poussières issues du ré-envol de particules de sol hors site. Ils sont présents sous forme adsorbée sur les poussières ou sous forme gazeuse et peuvent être inhalés par la population présente hors site

→ Voie d'exposition retenue pour l'ERS

- **Ingestion directe de sol**

Les travailleurs (extérieurs au site) et résidents à proximité sont susceptibles d'ingérer des sols et des poussières ; notamment lors des travaux de jardinage ou au travers d'un comportement pica des enfants (mains → bouche).

→ Voie d'exposition retenue pour l'ERS

- **Ingestion de végétaux**

Les voies d'exposition ingestion de végétaux contaminés et ingestion d'aliments d'origine animale contaminés n'ont pas été étudiées car les niveaux de risque liés à l'ingestion directe de sol montrent que le phénomène de déposition au sol n'entraîne pas de risque notable.

→ Voie d'exposition non prise en compte dans l'ERS

- **Ingestion d'eau superficielle ou de nappe**

Aucun rejet d'eau du site n'a lieu vers le milieu naturel et aucun transfert d'effluent vers les eaux superficielles ou souterraines n'est possible.

→ Voie d'exposition non prise en compte dans l'ERS

- **Absorption cutanée de sol et de poussières, de polluant sous forme gazeuse**

L'absorption cutanée de gaz et particules atmosphériques provenant des rejets atmosphériques de l'installation a été considérée comme négligeable devant l'absorption de ces mêmes gaz par inhalation. La surface cutanée exposée directement à l'air (mains et visage) représente environ 18 % de la surface corporelle. Elle est environ deux cent fois plus petite que la superficie interne des poumons. Pour les mêmes raisons, l'exposition par contact cutané avec les sols contaminés par déposition particulaire n'a pas été étudiée. En effet, cette voie d'exposition est négligeable devant l'ingestion directe de sol.

→ Voie d'exposition non prise en compte dans l'ERS

4.2 CHOIX DES POLLUANTS TRACEURS DU RISQUE

La sélection des polluants considérés dans cette étude s'est basée sur :

- l'arrêté du 20 septembre 2002 relatif aux installations d'incinération de déchets non dangereux et son annexe I (valeurs limites de rejets atmosphériques pour les installations d'incinération) ;
- la MTD n°35 du BREF Traitement des déchets et son tableau 5.2 (plages de niveau d'émission dans l'air associés à la mise en œuvre des MTD) ;
- l'arrêté préfectoral d'autorisation du 04 juillet 2011 en vigueur sur le site, qui régit les rejets canalisés existants.

	Cheminée principale	Cheminée dédiée 5C	Rejets laboratoire
Monoxyde de carbone (CO)	X		
Poussières (PM)	X	X	X
Acide chlorhydrique (HCl)	X		
Acide cyanhydrique (HCN)	X		X
Acide fluorhydrique (HF)	X		
Dioxyde de soufre (SO ₂)	X	X	
Oxydes d'azote (Nox)	X		
Cadmium (Cd)	X		
Mercuré (Hg)	X		
Plomb (Pb)	X	X	
Arsenic (As)	X	X	
Nickel (Ni)	X	X	
Manganèse (Mn)	X	X	
Chrome VI (Cr6)	X	X	
Cobalt (Co)	X		
Cuivre (Cu)		X	
Vanadium (V)		X	
Antimoine (Sb)		X	
Dioxines furanes (PCDD/F)	X		
Etain (Sn)		X	
Zinc (Zn)		X	
Acide chloroacétique		X	
Acétaldéhyde		X	
Furfural		X	
Argent (Ag)		X	
Sulfure d'hydrogène (H ₂ S)		X	
Formaldéhyde		X	

	Cheminée principale	Cheminée dédiée 5C	Rejets laboratoire
Butanal		X	
Benzaldéhyde		X	
Isovaléraldéhyde		X	
Pentanal		X	
m-tolualdéhyde + p-tolualdéhyde		X	
Hexanal		X	
Méthanethiol		X	
Ethanethiol		X	

Tableau 2 : Polluants pris en compte dans l'étude

4.3 CHOIX DES RECEPTEURS

L'étude d'incidence a identifié trois types d'usages autour du site. Plusieurs types de population sont exposés aux polluants présents dans les milieux et pouvant être émis par les activités du site :

- Habitations : Les habitations les plus proches sont localisées à environ 250 m à l'Est du site.
- Etablissements Recevant du Public (ERP) : L'ERP le plus proche est l'entreprise SAMSE (matériaux de construction et outillage), localisée en bordure Nord du site. L'école maternelle et élémentaire Jean Jaurès est localisée à environ 750 m au Sud-Est du site.
- Industries / Professionnels : Les parcelles voisines du site sont vouées aux activités économiques (KLIEMANN, EXAPAQ, IARP, AIR PRODUCTS, T-MIX, ...).

4.4 SCENARIOS D'EXPOSITION RETENUS ET SCHEMA CONCEPTUEL

La synthèse des voies d'exposition pour les différentes catégories de populations exposées, et retenues pour l'ERS, est présentée sous la forme d'un tableau, ainsi que sous forme graphique ci-après.

	Scénario « résidentiel »	Scénario « ERP sensible »	Scénario « professionnel »
Ingestion de sols	X	X	X
Inhalation de particules de sols (ré-envol)	X	X	X
Inhalation de particules dans l'air	X	X	X

Tableau 3 : Synthèse des scénarios d'exposition retenus dans l'ERS

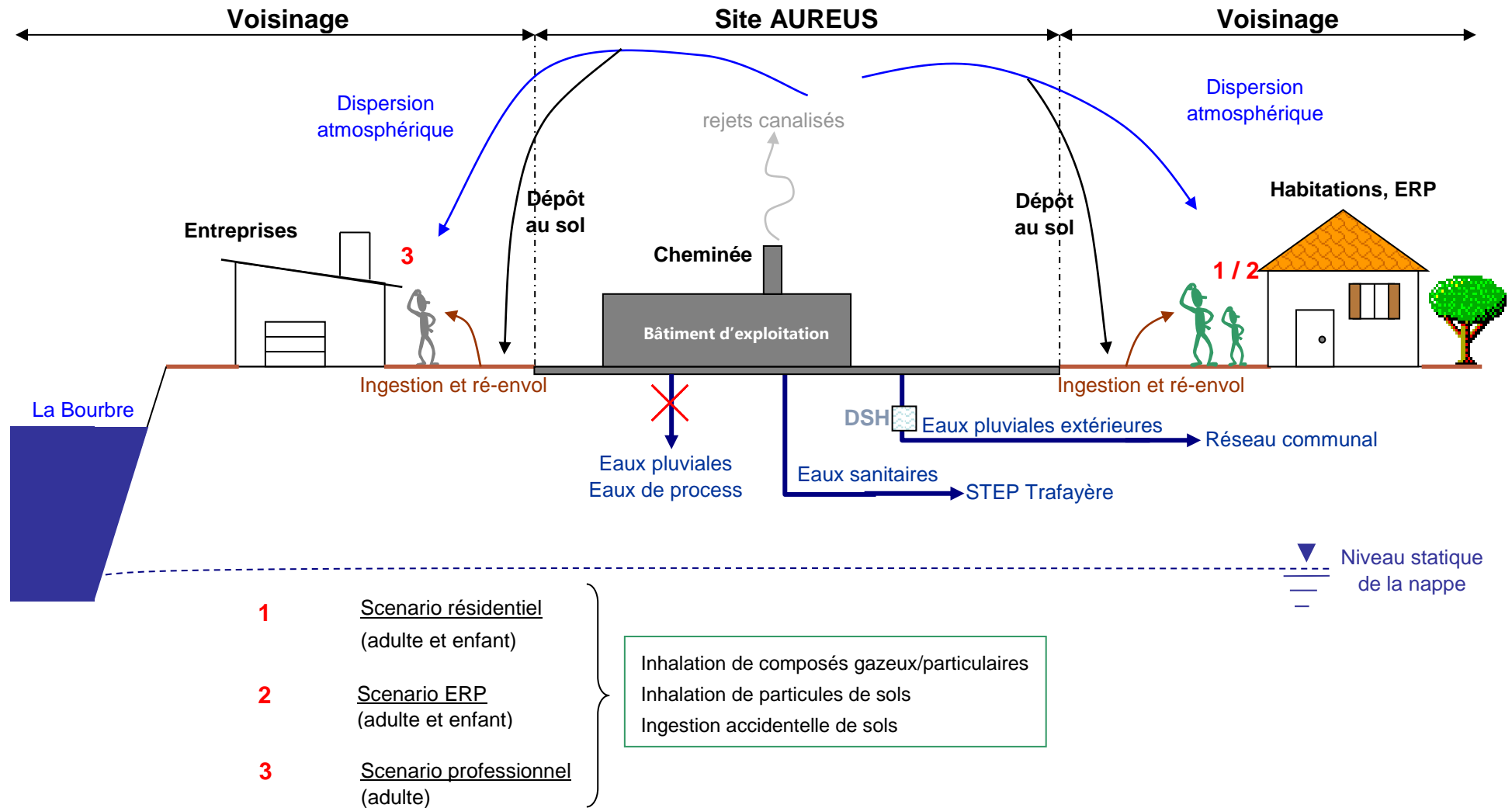


Figure 2 : Schéma conceptuel du site

5. CONCENTRATIONS A L'EMISSION RETENUES

5.1 CHEMINEE PRINCIPALE

5.1.1 ESSAIS REALISES PAR AUREUS

AUREUS a d'ores et déjà procédé à des tests de calcination en situation réelle sur son site afin de contrôler l'efficacité de son système de traitement (avril 2015).

Lors de ces tests, les deux fours sécheurs 6C et 7C ont été débridés afin d'être utilisés en mode « calcination ». Ils ont fonctionné à plein régime pour différents essais de calcination, choisi pour être *a priori* les plus polluants. Les autres installations reliées au système de traitement représentaient un mode de fonctionnement « normal » du site.

Les résultats de ces tests sont détaillés en Annexe 18 de la pièce n°8 de la DAE. A noter que ces résultats étaient conformes aux valeurs de l'arrêté du 20 septembre 2002 et du BREF (mesures ponctuelles). Les analyses ont notamment porté sur :

- le monoxyde de carbone CO ;
- les oxydes d'azote NOx ;
- l'acide chlorhydrique HCl ;
- l'acide cyanhydrique HCN ;
- l'acide fluorhydrique HF ;
- le dioxyde de soufre SO₂ ;
- les poussières.

	Concentration		Flux		Milieu récepteur
	mg/Nm ³	mg/m ³	g/h	g/s	
CO	24,5	26,4	329	9,1.10 ⁻²	Air
Poussières	2,7	2,9	36,5	1,0.10 ⁻²	Air et sol
HCl	0,22	0,24	3,0	8,3.10 ⁻⁴	Air
HCN	0	0	0	0	Air
HF	0,24	0,26	3,1	8,6.10 ⁻⁴	Air
SO ₂	0,16	0,17	2,1	5,8.10 ⁻⁴	Air
NOx	7,5	8,1	101	2,8.10 ⁻²	Air

Température moyenne des gaz	21,5 °C
Débit des gaz secs	13 400 Nm ³ /h – 14 455 m ³ /h
Vitesse des gaz	14,6 m/s
Durée de l'essai	140 min

Tableau 4 : Résultats et conditions de fonctionnement lors de l'essai – Cheminée principale

→ Les concentrations à l'émission retenues pour l'ERS sont les concentrations mesurées lors de ces tests. L'acide cyanhydrique n'ayant pas été détecté, il est écarté de la suite de l'ERS pour cette source.

5.1.2 ARRETE DU 20 SEPTEMBRE 2002 RELATIF A L'INCINERATION DE DECHETS NON DANGEREUX

Concernant les polluants non mesurés pendant les tests (Cd + Tl, Hg, autres métaux, dioxines furanes), les concentrations considérées à l'émission pour la modélisation de dispersion sont les limites maximales de rejet tolérées dans l'annexe I de l'arrêté du 20 septembre 2002 relatif à l'incinération de déchets non dangereux (cas majorant) :

	Concentration		Flux		Milieu récepteur
	mg/Nm ³	mg/m ³	g/h	g/s	
Cd + Tl	0,05	0,054	-	2.10 ⁻⁴	Air et sol
Hg	0,05	0,054	-	2.10 ⁻⁴	Air et sol
Autres métaux (Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V)	0,5	0,54	-	2.10 ⁻³	Air et sol
Dioxines furanes	1.10 ⁻¹⁰	1,08.10 ⁻¹⁰	-	4.10 ⁻¹⁰	Air et sol

Tableau 5 : Concentrations à l'émission et flux retenus pour l'ERS

Pour la réalisation de l'ERS, les catégories « Cd + Tl » et « autres métaux » sont précisées ci-après, car les valeurs toxicologiques de référence (VTR) nécessaires à l'évaluation des indicateurs de risques sont spécifiques généralement d'une substance donnée et non d'un groupe de substances.

Cd + Tl

Les concentrations en cadmium et en thallium sont exprimées sous forme de somme. Le guide ASTEE (Guide pour l'évaluation du risque sanitaire dans le cadre de l'étude d'impact d'une UIOM, novembre 2003) indique une large prédominance du cadmium par rapport au thallium. De plus, le thallium ne possède pas de VTR. La somme des concentrations en cadmium et thallium est donc affectée en totalité au cadmium.

Autres métaux (Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V)

La répartition se base sur des retours d'expérience d'installations d'incinération, et notamment sur le guide ASTEE de 2003 :

- pour les métaux documentés dans le guide ASTEE (à savoir As, Cr total, Mn, Ni, Pb), des répartitions sont calculées sur la base de la somme réglementaire de 0,5 mg/Nm³. La somme permet d'arriver à un flux de 0,36 mg/Nm³ ;
- pour les autres métaux non cités dans ce guide (Co, Cu, V et Sb), il a été choisi d'assimiler les 0,14 mg/Nm³ restants au métal avec la VTR la plus pénalisante (le cobalt).

Métaux	Concentration (mg/Nm ³)
Plomb	0,25
Arsenic	0,01
Nickel	0,05
Manganèse	0,02
Chrome total	0,03 (0,003 pour le chrome VI)
Cobalt	0,14
Somme	0,5

Tableau 6 : Concentrations à l'émission retenues pour les métaux

5.2 CHEMINÉE DEDIEE AU FOUR 5C

Les paramètres mesurés par le laboratoire CERECO pour le compte d'AUREUS en janvier 2018, pour la cheminée dédiée au four 5C (non concernée directement par le projet mais incluse dans l'évaluation sanitaire globale), sont ceux réglementés dans l'arrêté préfectoral d'autorisation du site.

	Flux	Milieu récepteur		Flux	Milieu récepteur
	g/s			g/s	
Poussières	2,15E-02	Air et sol	Acétaldéhyde	1,10E-05	Air
SO₂	0	Air	Furfural	9,18E-06	Air
Pb	1,60E-05	Air et sol	Ag	3,17E-05	Air et sol
As	6,22E-08	Air et sol	H₂S	0	Air
Ni	5,00E-06	Air et sol	Formaldéhyde	1,29E-04	Air
Mn	1,96E-06	Air et sol	Butanal	0,00E+00	Air
Cr VI	1,26E-05	Air et sol	Benzaldéhyde	4,59E-06	Air
Cu	5,04E-06	Air et sol	Isovaléraldéhyde	0	Air
V	2,67E-08	Air et sol	Pentanal	2,30E-06	Air
Sb	2,67E-08	Air et sol	Hexanal	4,59E-06	Air
Sn	4,59E-07	Air et sol	Methanethiol	0	Air
Zn	6,11E-05	Air et sol	Ethanethiol	0	Air
Acide chloroacétique	1,48E-04	Air	m-tolualdéhyde + p-tolualdéhyde	0	Air

Température moyenne des gaz	89,9 °C
Débit des gaz secs	8 786 Nm ³ /h
Vitesse des gaz	17,01 m/s

Tableau 7 : Résultats et conditions de fonctionnement lors des mesures – Cheminée dédiée au four 5C

→ Les concentrations à l'émission retenues pour l'ERS sont les concentrations mesurées lors de ces tests. Le SO₂, l'H₂S, le butanal, l'isovaléraldéhyde, le tolualdéhyde, le méthanethiol et l'éthanethiol n'ayant pas été détectés, ils sont écartés de la suite de l'ERS pour cette source.

5.3 REJETS DU LABORATOIRE

Les paramètres mesurés par le laboratoire CERECO pour le compte d'AUREUS en mars 2017, pour les rejets de la ventilation du laboratoire, sont ceux réglementés dans l'arrêté préfectoral d'autorisation du site.

	Flux (g/s)			Milieu récepteur
	Conduit n°1	Conduit n°2	Conduit n°3	
Poussières	5,88E-05	0	0	Air et sol
HCN	2,08E-05	1,11E-04	7,37E-05	Air

Conduit	1	2	3
Température moyenne des gaz	23,7 °C	26,2 °C	28,4 °C
Débit des gaz secs	995 Nm ³ /h	2 284 Nm ³ /h	1 028 Nm ³ /h
Vitesse des gaz	9,69 m/s	22,3 m/s	10,2 m/s

Tableau 8 : Résultats des mesurages et conditions de fonctionnement lors des mesures – Laboratoire

5.4 SYNTHÈSE DES VALEURS À L'ÉMISSION RETENUES

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des flux à l'émission qui sont retenus dans les modélisations permettant ensuite d'aboutir aux calculs de risque.

	Cheminée principale	Cheminée 5C	Labo 1	Labo 2	Labo 3	Air	Sol
CO	9,10E-02					x	
Poussières	1,00E-02	2,15E-02	5,88E-05	0	0	x	x
HCl	8,30E-04					x	
HCN	0		2,08E-05	1,11E-04	7,37E-05	x	
HF	8,60E-04					x	
SO ₂	5,80E-04	0				x	
NOx	2,80E-02					x	
Cd	2,00E-04					x	x
Hg	2,00E-04					x	x
Pb	9,10E-04	1,60E-05				x	x
As	3,70E-05	6,22E-08				x	x
Ni	1,80E-04	5,00E-06				x	x
Mn	7,50E-05	1,96E-06				x	x
Cr total (Cr6)	1,10E-05	1,26E-05				x	x
Co	5,80E-04					x	x
Cu		5,04E-06				x	x
V		2,67E-08				x	x
Sb		2,67E-08				x	x
Dioxines furanes	4,00E-10					x	x
Sn		4,59E-07				x	x
Zn		6,11E-05				x	x
Acide chloroacétique		1,48E-04				x	
Acétaldéhyde		1,10E-05				x	
Furfural		9,18E-06				x	
Ag		3,17E-05				x	x
Formaldéhyde		1,29E-04				x	
Benzaldéhyde		4,59E-06				x	
Pentanal		2,30E-06				x	
Hexanal		4,59E-06				x	

Tableau 9 : Flux à l'émission retenus

6. EVALUATION DE LA RELATION DOSE-REPONSE

L'identification du potentiel dangereux ou identification des dangers consiste à identifier les effets indésirables que les substances sont intrinsèquement capables de provoquer chez l'homme.

En termes sanitaires, un danger désigne tout effet toxique, c'est-à-dire un dysfonctionnement cellulaire ou organique lié à l'interaction entre un organisme vivant et un agent chimique, physique ou biologique. La toxicité dépend de la fréquence d'exposition, de la durée, de la voie d'exposition de l'organisme humain et surtout de la concentration de ce composé au contact de l'organisme.

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 des risques sanitaires, seule **l'exposition chronique** sera étudiée (supérieure à 7 ans pour l'US-EPA et supérieure à 1 an pour l'ATSDR).

Pour chaque substance, différents effets toxiques peuvent être considérés. On distinguera les effets cancérigènes (apparition de tumeurs) des autres effets toxiques.

Les données sont issues de la compilation des informations disponibles dans la littérature (ANSES, INERIS, ATSDR, IRIS, etc.) et concernent les informations nous apparaissant comme les plus pertinentes concernant :

- le comportement dans l'environnement et dans l'organisme ;
- les effets décrits ou prévisibles sur l'organisme ;
- les valeurs toxicologiques de référence à retenir.

6.1 PRINCIPE

Pour les polluants traceurs, une **valeur toxicologique de référence (VTR)** doit être fixée. Cette donnée constitue l'indice toxique qui permet d'établir une relation entre une dose et un effet (toxique avec effet de seuil) ou une relation entre une dose et une probabilité d'effet (toxique sans effet de seuil). Cette valeur est établie par diverses instances internationales ou nationales sur l'analyse des connaissances toxicologiques animales et épidémiologiques.

Selon les mécanismes toxicologiques en jeu et pour les expositions chroniques, deux grands types d'effets sanitaires peuvent être distingués : les effets à seuil de dose (effets non cancérigènes et cancérigènes non génotoxiques) et les effets sans seuil de dose (effets cancérigènes génotoxiques). Une même substance peut produire ces deux types d'effets.

Pour les effets à seuil de dose, on dispose de seuils (NOEL, NOAEL, LOEL, LOAEL) issus d'expérimentations animales, d'études épidémiologiques ou d'essais de toxicologie qui permettent de définir des DJT (dose journalière tolérable) ou des CA (concentration admissible) applicables à l'homme en divisant les seuils précédents par des facteurs de sécurité. Les DJT sont qualifiées de « valeur toxicologique de référence » (VTR). Elles sont exprimées en mg/kg/j pour l'ingestion et en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour l'inhalation. En dessous de cette VTR, l'exposition est réputée sans risque.

Pour les effets sans seuil de dose, les VTR sont exprimées au travers d'un indice représentant un excès de risque unitaire (ERU) qui traduit la relation entre le niveau d'exposition chez l'homme et la probabilité de développer l'effet. Il correspond à la probabilité supplémentaire de survenue de cancer dans une population exposée à $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (durant toute sa vie et 24h/24h) par rapport à la probabilité de cancer dans une population non exposée. Par exemple, un ERU à 10^{-5} signifie qu'un cas de cancer supplémentaire est susceptible d'apparaître si 100 000 personnes sont exposées à $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durant toute la vie. L'ERU lié à la voie d'exposition orale est exprimé en $(\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$ et celui lié à la voie d'exposition par inhalation en $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$.

6.2 ORGANISMES CONSULTES ET BASES DE DONNEES

Pour chaque substance, les Valeurs Toxicologiques de Référence ont été recherchées auprès des instances ayant la plus grande notoriété, à savoir :

- **Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) ;**
- United States Environmental Protection Agency (**US-EPA**) dont dépend la base de données IRIS (Integrated Risk Information System) ;
- Organisation mondiale de la santé (**OMS**) ;
- Agency for Toxic Substances and Diseases Registry (**ATSDR**) ;
- Office of Environmental Health Hazard Assessment of Californie (**OEHHA**) ;
- Institut National de Santé Publique et de l'Environnement des Pays-Bas (**RIVM**) ;
- **Santé Canada.**

Des **recueils de données** sont également consultés car ils regroupent les VTR des différents organismes cités ci-dessus :

- **INERIS** (Institut National de l'Environnement Industriel et des risques) qui propose des fiches de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques ;
- **FURÊTOX** (base de données lancée par l'InVS) qui est un outil qui permet d'accéder aux VTR pour des expositions chroniques ainsi qu'aux classifications des substances vis-à-vis de leur cancérogénicité, ainsi qu'aux VTR dédiées aux produits phytosanitaires ;
- **ITER** (International Toxicity Estimates for Risk) ;
- **TERA** (Toxicology Excellence for Risk Assessment) qui établit une synthèse des données toxicologiques issues des autres bases de données.

6.3 CRITERES DE CHOIX ET SELECTION DES VTR

Les valeurs de référence retenues pour l'étude sont choisies suivant les préconisations de la note d'information de la DGS du 31 octobre 2014⁴ (cf. Figure 3 en page suivante) et celles du guide relatif au choix des VTR de l'INERIS⁵. Pour chaque substance, les différentes VTR disponibles ont été recherchées de façon à évaluer :

- l'origine des études ayant permis l'établissement des VTR ;
- la notoriété de l'organisme (données de l'ANSES quand elles sont disponibles) ;
- la date d'actualisation de la VTR ;
- la transparence d'explication de la VTR ;
- la durée d'exposition en lien avec la durée à évaluer dans l'étude (chronique dans cette étude) ;
- la préférence des données humaines sur des données animales ;
- la valeur la plus sévère, si les critères précédents sont égaux.

Conformément à la Circulaire de la DGS (2014), les VTR élaborées et présentées de manière provisoire par les instances internationales ou proposées au travers de documents provisoires ont été écartées.

6.4 PRESENTATION DES VTR ET DES VALEURS GUIDES

L'analyse des VTR a été effectuée le 02/03/2018.

Les VTR sont présentées dans les tableaux suivants où figurent :

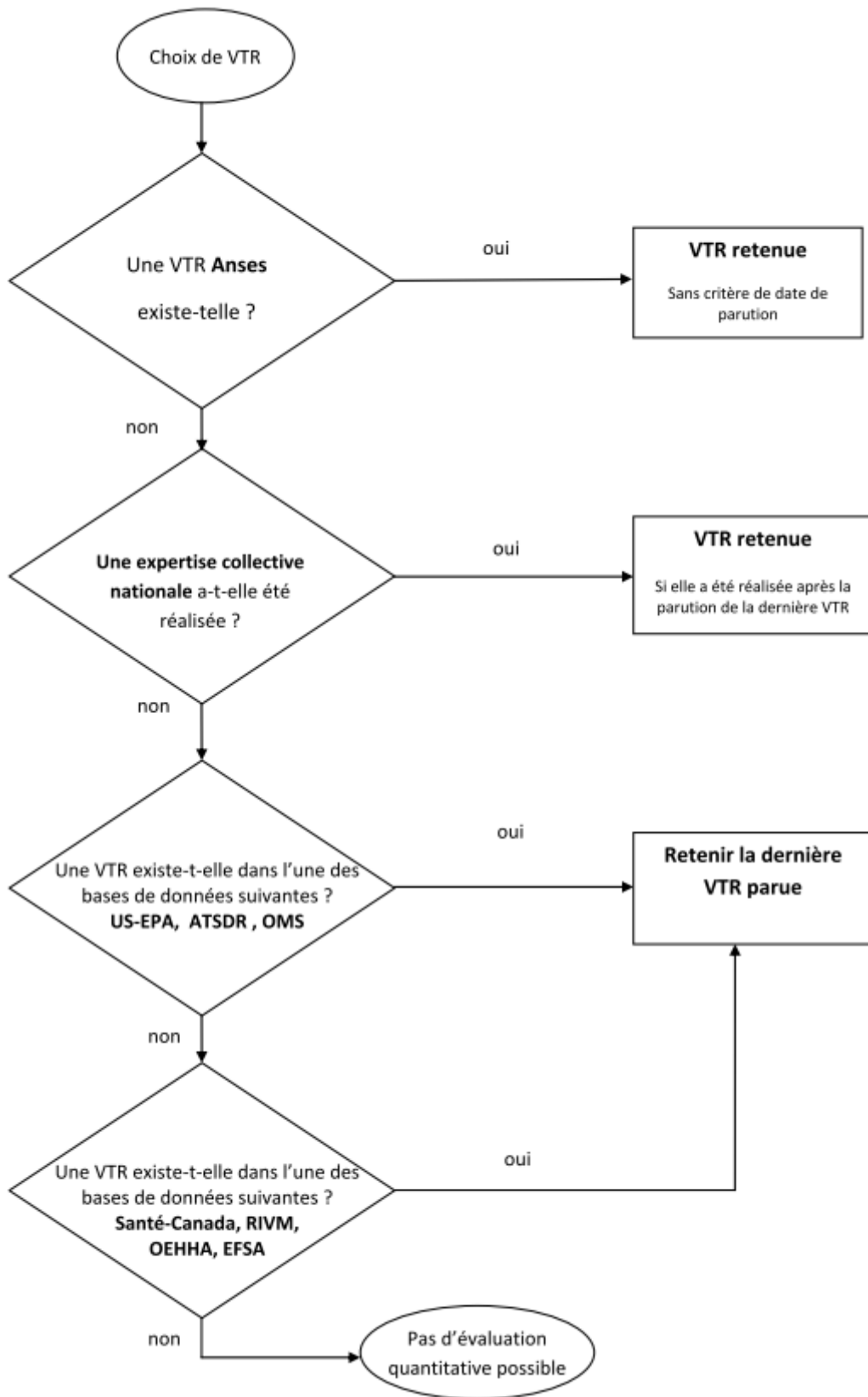
- le nom de la substance et son n° de CAS ;
- la valeur de la VTR des effets à seuil de dose, la classification en termes de cancérogénicité proposée par le CIRC et l'US-EPA et la valeur numérique de la VTR des effets sans seuil (ERU exprimé en $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$) ;
- l'effet critique observé (pour les substances non cancérogènes) ou la localisation du site tumoral (pour les substances cancérogènes) ;
- la source d'information (ANSES, OMS, ATSDR, US-EPA, etc.) et l'année de l'évaluation ou de la dernière révision.

NB1 : Pour les polluants suivants, CO, NO₂, SO₂ et PM, il ne s'agit pas de VTR mais de **valeurs guides** pour l'inhalation, selon les recommandations de l'OMS (cf. Tableau 12). Ainsi pour ces composés, il ne sera pas réalisé de calcul de risque mais seulement une comparaison entre les concentrations modélisées et ces valeurs guides.

NB2 : Pour certains polluants, aucune VTR ni valeur guide utilisable n'est disponible.

⁴ Note d'information DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués

⁵ INERIS, 2009, Point sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) – mars 2009, N°DRC-08-94380-11776C



Source : Note d'information du 31 octobre 2014

Figure 3 : Choix des VTR lorsqu'il existe plusieurs VTR pour une voie et une durée d'exposition

6.4.1.1 Via l'inhalation

Composé	N° CAS	VTR chronique à seuil (µg/m ³)	Source et date de dernière révision	Effet critique / organe cible
Acide chlorhydrique	7647-01-0	2,00E+01	US-EPA – 1995	Hyperplasie des muqueuses nasales, du larynx et trachée
Acide cyanhydrique	74-90-8	8,00E-01	US EPA – 2010	Thyroïde
Acide fluorhydrique	7664-39-3	1,40E+01	OEHHA – 2003	Os, dents, système respiratoire
Dioxines / furanes	1746-01-6	4,00E-05	OEHHA – 2008	Foie, système reproductif, hématologique, endocrinien et respiratoire
Cadmium	7440-43-9	3,00E-01	ANSES – 2012	Incidence combinée des tumeurs pulmonaires
Mercure	7439-97-6	3,00E-02	OEHHA – 2008	Neurotoxicité (tremblement de la main, perte de mémoire, ...)
Plomb	7439-92-1	9,00E-01	ANSES – 2013	Plombémie (système nerveux)
Arsenic	7440-38-2	1,50E-02	OEHHA – 2008	Neurologique, développement foetal
Nickel	7440-02-0	9,00E-02	ATSDR – 2005	Respiratoire
Manganèse	7439-96-5	3,00E-01	ATSDR – 2012	Système nerveux
Cobalt	7440-48-4	1,00E-01	ATSDR – 2004	Système respiratoire
Chrome VI	18540-29-9	5,00E-03	ATSDR – 2012	Respiratoire (poumons)
Cuivre	7440-50-8	1,00E+00	RIVM – 2001	Poumon, système immunitaire
Vanadium	7440-62-2	1,00E-01	ATSDR – 2012	Respiratoire
Acétaldéhyde	75-07-0	1,40E+02	OEHHA – 2008	Respiratoire
Formaldéhyde	50-00-0	1,00E+01	INERIS – Choix 2016	N.D.

Tableau 10 : VTR pour les effets à seuil via l'inhalation

Composé	N° CAS	VTR chronique sans seuil (($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹)	Source et date de dernière révision	Effet critique / organe cible	Classe EPA / CIRC
Plomb	7439-92-1	1,20E-05	OEHHA – 2011	Cancer rénal	B2 / 2B
Arsenic	7440-38-2	4,30E-03	US EPA – 1998	Cancer du poumon	A / 1
Nickel	7440-02-0	3,80E-04	OMS – 2000	Respiratoire (poumons)	2B
Chrome VI	18540-29-9	4,00E-02	OMS – 2000	Respiratoire (poumons)	3
Cadmium	7440-43-9	4,20E-03	OEHHA – 2002	Appareil respiratoire	1
Acétaldéhyde	75-07-0	2,20E-06	US EPA – 1999	N.D.	2B
Formaldéhyde	50-00-0	1,00E-05	INERIS – Choix 2016	N.D.	1

Tableau 11 : VTR pour les effets sans seuil via l'inhalation

Composé	N° CAS	Valeur guide ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Source et date de dernière révision	Effet critique / organe cible
NO ₂	10102-44-0	4,00E+01	OMS – 2005	Troubles respiratoires chez sujets sensibles (asthmatiques)
SO ₂	7446-09-5	5,00E+01	OMS – 2005	Troubles respiratoires chez sujets sensibles (asthmatiques)
PM10	-	2,00E+01	OMS – 2005	Mortalité par cancer du poumon
PM2,5	-	1,00E+01	OMS – 2005	Mortalité par cancer du poumon
CO	630-08-0	1,00E+04 (sur 8h)	OMS – 1987	Infarctus du myocarde

Tableau 12 : Valeurs guides pour NO₂, SO₂ et PM via l'inhalation6.4.1.2 Via l'ingestion

Composé	N° CAS	VTR chronique à seuil (mg/kg/j)	Source et date de dernière révision	Effet critique / organe cible
Dioxines / furanes	1746-01-6	7,00E-10	US EPA – 2012	Reproduction
Cadmium	7440-43-9	3,60E-04	EFSA – 2011	Rénal

Composé	N° CAS	VTR chronique à seuil (mg/kg/j)	Source et date de dernière révision	Effet critique / organe cible
Mercure	7439-97-6	6,60E-04	INERIS – 2013	N.D.
Plomb	7439-92-1	6,30E-04	ANSES – 2013	Système nerveux central / plombémie
Arsenic	7440-38-2	4,50E-04	FoBIG – 2009	Peau
Nickel	7440-02-0	1,10E-02	OEHHA – 2012	Développement
Manganèse	7439-96-5	1,40E-01	US EPA – 1996	Système neurologique
Cobalt	7440-48-4	1,40E-03	RIVM – 2001	Sang
Chrome VI	18540-29-9	9,00E-04	ATSDR – 2012	Tractus gastro intestinal
Cuivre	7440-50-8	1,40E-01	RIVM – 2000	N.D.
Vanadium	7440-62-2	2,00E-03	RIVM – 2008	Développement
Antimoine	7440-36-0	4,00E-04	US EPA – 1991	Longévité, glucose sanguin, cholestérol
Etain	7440-31-5	3,00E-01	ATSDR – 2005	Respiratoire, gastrointestinal, neurologique, système immunitaire, hématologique
Zinc	7440-66-6	3,00E-01	US EPA – 2005	Diminution érythrocyte
Argent	7440-22-4	5,00E-03	US EPA – 1991	Argyrisme

Tableau 13 : VTR pour les effets à seuil via l'ingestion

Composé	N° CAS	VTR chronique sans seuil ((mg/kg/j) ⁻¹)	Source et date de dernière révision	Effet critique / organe cible	Classe EPA / CIRC
Plomb	7439-92-1	8,50E-03	OEHHA – 2011	Tumeurs reins	B2 / 2B
Arsenic	7440-38-2	1,50E+00	US EPA – 1998	Cancer peau	A / 1
Chrome VI	18540-29-9	5,00E-01	OEHHA – 2011	Tumeurs intestinales	3

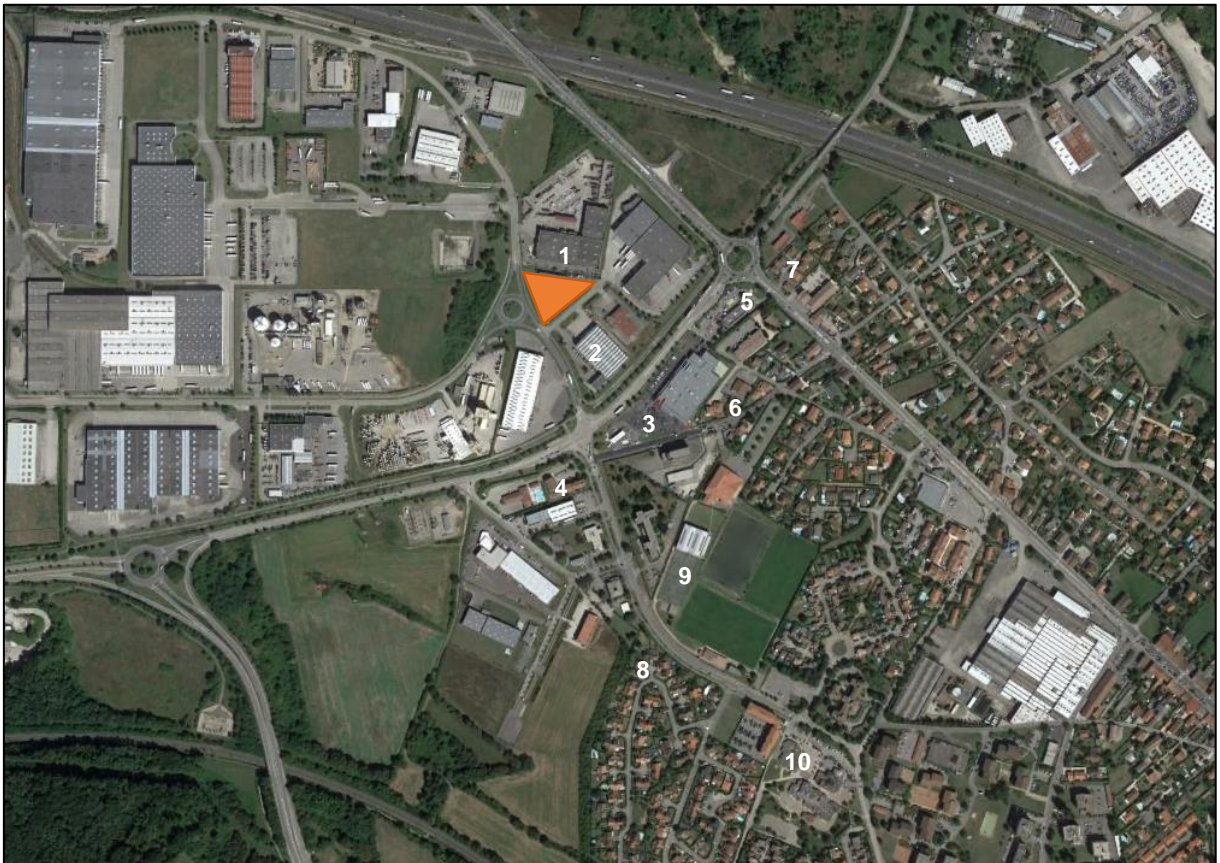
Tableau 14 : VTR pour les effets sans seuil via l'ingestion

7. EVALUATION DE L'EXPOSITION

7.1 ESTIMATION DES NIVEAUX D'EXPOSITION A PARTIR DE LA MODELISATION ATMOSPHERIQUE

7.1.1 CIBLES RETENUES POUR LA MODELISATION

Les cibles / récepteurs retenus sont les habitations, les zones fréquentées par les populations les plus proches du site (employés des entreprises notamment) et les établissements sensibles les plus proches. Au total, 10 récepteurs ont été choisis à proximité du site. Ils permettront de déterminer les concentrations locales et les dépôts au sol aux points voulus et pour les substances retenues.



- | | |
|--|-----------------------|
| 1 : SAMSE (ERP, magasin) | 6 : Habitations |
| 2 : Industrie (IARP) | 7 : Habitations |
| 3 : Super U + station-service (ERP, magasin) | 8 : Habitations |
| 4 : Hôtel | 9 : Terrains de sport |
| 5 : Restaurant (ERP) | 10 : Ecole |

Source : Google Earth

Figure 4 : Localisation des récepteurs retenus pour la modélisation

7.1.2 LE MODELE UTILISE

Une modélisation de la dispersion atmosphérique de la source d'émission retenue pour le site a été réalisée afin d'estimer l'exposition des riverains. Pour simuler le transport et la diffusion de ces polluants, le logiciel « ISC-AERMOD View » a été utilisé. Celui-ci comprend :

- le modèle de calcul des champs de vents et de stabilité de l'atmosphère (prétraitement des données météorologiques) : AERMET développé par l'US-EPA ;
- le modèle numérique de résolution : AERMOD développé par l'US-EPA.

Outre les concentrations de polluants dans l'air, les dépôts secs (liés à la chute des particules et des composés gazeux) et humides (liés au lessivage des particules et des composés gazeux par les précipitations) ont été pris en compte, permettant d'évaluer les concentrations en éléments présents à la surface du sol.

L'ensemble des détails (caractéristiques du modèle, hypothèses retenues, etc.) de cette modélisation est donné dans l'Annexe 1 de cette ERS.

7.1.3 RESULTATS DE LA MODELISATION

Concernant les émissions liées à l'activité du site, la dispersion du panache est concordante avec les données météorologiques présentées dans ce dossier, à savoir une dispersion dans un axe Nord-Sud.

Le Tableau 26 en page 69 présente les valeurs de concentrations en polluant dans l'air. Le Tableau 27 en page 70 présente les dépôts annuels au sol. Ces données seront retenues pour les calculs de risques des trois scénarios. Il apparaît que les récepteurs les plus impactés sont :

- **le récepteur n°6 pour le scénario « résidentiel »** (premières habitations) ;
- **le récepteur n°10 pour le scénario « ERP sensible »** (école Jean Jaurès à La Verpillière) ;
- **le récepteur n°1 pour le scénario « professionnel »** (salariés de l'entreprise SAMSE en bordure Nord du site).

Les substances émises par les cheminées sont plus ou moins susceptibles de se déposer au sol après dispersion atmosphérique dans l'environnement du site. A partir des dépôts au sol estimés par la modélisation, il est possible de déduire les concentrations en polluants dans le sol. Les hypothèses suivantes ont été retenues :

- le mélange entre les éléments émis par la cheminée et le sol en place se fait dans le 1^{er} centimètre⁶ ;
- les concentrations dans le sol sont constantes au cours du temps (pas d'atténuation, ni de lessivage) (cas majorant) ;
- la densité du sol est de 1 800 kg/m³.

Selon les hypothèses indiquées ci-dessus, on estime la concentration en polluant accumulée dans le sol au bout de 40 ans d'exploitation de la manière suivante :

$$C_{sol\ t} \text{ (mg/kg)} = [(\text{dépôt (g/m}^2\text{/an)} \times 1000) / (1800 \text{ kg/m}^3 \times 0,01 \text{ m})] \times 40 \text{ ans}$$

⁶ Evaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion- Partie 2 : Exposition par voies indirectes – INERIS juin 2003

7.2 QUANTIFICATION DE L'EXPOSITION

7.2.1 REGLES DE CALCUL DES CONCENTRATIONS D'EXPOSITION PAR INHALATION

Pour chacun des agents dangereux, l'exposition par voie respiratoire se traduit par une **concentration moyenne inhalée (CMI)**, qui est la **concentration du polluant dans l'air** respirée par l'individu, en tenant compte de la fréquence et la durée de son exposition.

La CMI est exprimée en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ou mg/m^3 et calculée selon la formule générale suivante :

$$CMI = \frac{C \times TE \times F \times DE}{TP}$$

Avec :

- CMI : concentration moyenne inhalée (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ou en mg/m^3) ;
- C : concentration du toxique « i » dans l'air en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ou en mg/m^3 (estimée par modélisation) ;
- TE : taux d'exposition à la concentration C pendant une journée (x h/24h) ;
- F : fréquence ou taux d'exposition annuel (x j/365j) ;
- DE : durée d'exposition (en année) / terme utilisé uniquement pour l'exposition aux substances sans seuil ;
- TP : temps de pondération (égal à la durée conventionnelle de la vie humaine, 70 ans) / terme utilisé uniquement pour l'exposition aux substances sans seuil.

La formule condensée pour estimer l'exposition par **inhalation de particules de sol** est la suivante :

$$CMI = (frs_e \times TSP_e \times t_e + frs_i \times TSP_i \times t_i) \times \frac{C_{sol} \times fr \times F \times DE}{TP}$$

Avec :

- CMI : concentration moyenne inhalée (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ou en mg/m^3) ;
- $t_{e,i}$: fraction de temps passé à l'extérieur/intérieur (sans unité) ;
- $TSP_{e,i}$: concentration de particules en suspension dans l'air extérieur/intérieur (kg/m^3) ;
- $frs_{e,i}$: fraction de sol dans les particules en suspension, dans l'air ambiant à l'extérieur/intérieur (sans unité) ;
- C_{sol} : concentration moyenne en polluant dans le sol de surface ($\mu\text{g}/\text{kg}$ ou mg/kg) ;
- fr : facteur de rétention des poussières dans les poumons (sans unité) ;
- F : fréquence ou taux d'exposition annuel (x j/365j) ;
- DE : durée d'exposition (en année) / terme utilisé uniquement pour l'exposition aux substances sans seuil ;
- TP : temps de pondération (égal à la durée conventionnelle de la vie humaine, 70 ans) / terme utilisé uniquement pour l'exposition aux substances sans seuil.

Hypothèse : les concentrations sont considérées comme égales à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments.

7.2.2 REGLES DE CALCUL DES CONCENTRATIONS D'EXPOSITION PAR INGESTION

L'évaluation de l'exposition par voie orale consiste à calculer la **Dose Journalière d'Exposition** (DJE) exprimée en mg/kg/j.

$$DJE = \frac{C \times Q \times F \times DE}{P \times TP}$$

Avec :

- DJE : dose journalière d'exposition exprimée en mg/kg/j ;
- Ci : concentration du toxique dans le sol, exprimé en mg/kg ;
- Q_{sol} : quantité de sol ingérée par jour, exprimée en kg/j ;
- P : poids corporel, exprimé en kg ;
- F : fréquence ou taux d'exposition annuel (x j/365j) ;
- DE : durée d'exposition (en année) / terme utilisé uniquement pour l'exposition aux substances sans seuil ;
- TP : temps de pondération (égal à la durée conventionnelle de la vie humaine, 70 ans) / terme utilisé uniquement pour l'exposition aux substances sans seuil.

7.3 PARAMETRES D'EXPOSITION UTILISES POUR CALCULER CMI ET DJE

Paramètre		Unité	Résidentiel		ERP sensible		Professionnel
			Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
F	fréquence d'exposition	j	339j/365	339j/365	250j/365	180j/365	250j/365
DE	durée d'exposition	an	30	6	42	6	42
TP	période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée	an	70	70	70	70	70
P	poids du récepteur	kg	70	15	70	15	70
Inhalation de polluants gazeux ou particulaires							
TE	fraction de temps à la concentration Ci pendant une journée	h	19,1h/24	18,7h/24	8h/24	8h/24	8h/24
Inhalation de particules de sol							
TSPe	particules en suspension dans l'air extérieur	kg/m ³	7,00E-08	7,00E-08	7,00E-08	7,00E-08	7,00E-08
frse	fraction de sol dans les particules à l'extérieur	-	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
fr	facteur de rétention dans les poumons	-	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Ingestion de sol							
Qsol	quantité de sol ingérée	kg/j	2,00E-05	5,00E-05	2,00E-05	5,00E-05	2,00E-05

Sources : Groupe de Travail Sites et Sols Pollués – Santé Publique, Méthode de calcul des VCI dans les sols pour le compte du MEDD, nov. 2001 / INSEE / INERIS – Paramètre d'exposition de l'homme du logiciel Modul'ERS, 21 février 2015

Tableau 15 : Caractérisation des paramètres d'exposition

Fréquence d'exposition F

Résidentiel : L'INSEE (enquêtes de conjoncture auprès des ménages, enquête permanente sur les conditions de vie 2004) indique qu'en moyenne, les français quittent 26 jours par an leur domicile (vacances, weekend).

ERP sensible : Depuis la réforme des rythmes scolaires, le nombre de jours de présence à l'école des enfants est de 180 jours par an.

Professionnel : Nous avons retenu le nombre de jour ouvrés maximum annuel : 250 jours.

Durée d'exposition DE

Résidentiel et ERP (enfants) : La durée d'exposition de l'enfant est égale à leur âge (6). Pour les adultes, la durée d'exposition est assimilée à la durée de résidence. Elle est prise égale à 30 ans, valeur recommandée par l'US-EPA et également issue de l'étude Nedellec et al., 1998⁷, représentant le percentile 90 de la distribution des durées de résidence des français dans un même lieu.

Professionnel et ERP (adulte) : La durée d'exposition du travailleur est prise égale à la durée légale du travail actuelle, de 42 ans.

Taux d'exposition TE

Les taux d'exposition indiqués dans le tableau ci-avant ont été évalués à partir de la base de données CIBLEX résultant d'une convention d'étude entre l'ADEME et l'IRSN (2003).

A noter toutefois que de façon sécuritaire, les calculs réalisés dans le cadre de cette étude considèrent les mêmes concentrations en intérieur qu'en extérieur.

Temps de pondération TP

Le temps de pondération est égal à la durée conventionnelle de la vie humaine, 70 ans.

Poids du récepteur P

L'enfant est assimilé à un individu d'âge inférieur à 6 ans, ayant un poids moyen de 15 kg. L'adulte est caractérisé par un poids de 70 kg.

Quantité de sol ingérée Qsol

De nombreuses études traitent du paramètre Qsol. Sur la base du guide de l'INERIS de 2015⁸, les valeurs retenues concernant l'ingestion de sol sont les suivantes :

- 50 mg/jour d'ingestion de sols pour l'enfant de moins de 6 ans ;
- 20 mg/jour pour l'adulte.

7.4 RESULTATS

Les concentrations inhalées et les doses journalières d'exposition calculées sont présentées dans les feuilles de calcul Excel en Annexe 2 de cette ERS. Elles sont comparées aux valeurs toxicologiques de référence pour en déduire un niveau de risque présenté au chapitre 8 ci-après.

⁷ Nedellec et al. (1998). La durée de résidence des Français et l'évaluation des risques liés aux sols pollués. *Energie Santé* 9 : 503-515.

⁸ INERIS (2015). *Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel Modul'ERS*. 21 février 2015. 56 pages.

8. CARACTERISATION DU RISQUE SANITAIRE

La quantification des risques consiste à appliquer les relations dose-effet aux valeurs d'exposition estimées dans les étapes précédentes. Elle a pour but de connaître la possibilité d'apparition d'un effet dans une population (pour les effets à seuil) ou d'obtenir l'excès de risque individuel (ERI) et éventuellement un nombre de cas en excès (NCE) attendus parmi la population exposée (pour les effets sans seuil).

8.1 METHODOLOGIE

8.1.1 EFFETS A SEUIL

Il est admis qu'il existe, pour les effets à seuil chroniques, un seuil de toxicité. Dans ce cas, un Quotient de Danger (QD) pour la voie d'exposition par inhalation ou ingestion est calculé selon les formules :

$$QD_{i,INH} = CMI / VTR_{i,INH} \quad \text{ou} \quad QD_{i,ING} = DJE / VTR_{i,ING}$$

Avec :

- $QD_{i,INH}$ = Quotient de Danger pour la substance i par inhalation (sans unité) ;
- $QD_{i,ING}$ = Quotient de Danger pour la substance i par ingestion (sans unité) ;
- CMI : Concentration Moyenne Inhalée (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ;
- $VTR_{i,INH}$ = Valeur Toxicologique de Référence de la substance i pour la voie respiratoire (inhalation) ;
- DJE : Dose Journalière d'Exposition (en $\text{mg}/\text{kg}/\text{j}$) ;
- $VTR_{i,ING}$: Valeur Toxicologique de Référence de la substance pour la voie orale (ingestion).

La valeur numérique du QD n'exprime pas un risque⁹. L'évaluation est de nature qualitative : un QD inférieur ou égal à 1 signifie que la population exposée est théoriquement hors de toute possibilité d'apparition des effets indésirables, liés à la substance concernée, pour la santé humaine, alors qu'un QD supérieur à 1 signifie que l'effet toxique peut se déclarer, sans qu'il soit possible d'estimer la probabilité d'occurrence de cet évènement.

Pour tenir compte de la co-exposition à plusieurs toxiques et à défaut d'informations spécifiques à cette association, les quotients de danger sont traditionnellement additionnés à condition que l'organe cible des composés présents soit similaire, sous l'hypothèse d'une addition simple des effets. On a :

$$SQD_{\text{effet } x} = \sum QD_{\text{effet } x}$$

Avec :

- $SQD_{\text{effet } x}$: somme des quotients de danger ;
- $QD_{\text{effet } x}$: quotient de danger.

⁹ Au sens bio statistique du terme, c'est à dire : la probabilité de survenue d'un effet délétère

8.1.2 EFFETS SANS SEUIL

Il est admis que les substances agissant sans seuil de dose sont des substances cancérigènes (de récentes études tendent à montrer qu'une substance cancérigène peut également agir avec seuil de dose). Cela signifie qu'à toute inhalation non nulle d'un toxique agissant avec seuil de dose correspond une probabilité non nulle (même si elle est infinitésimale) de développer un cancer. Cette probabilité est appelée l'Excès de Risque Individuel (ERI). Un ERI est calculé pour tous les points d'exposition recensés dans le domaine d'étude et pour chaque substance sans seuil de dose de la façon suivante :

$$ERI_{i,INH} = CMI \times ERU_{i,INH} \quad \text{ou} \quad ERI_{i,ING} = DJE \times ERU_{i,ING}$$

Avec :

- $ERI_{i,INH}$: Excès de Risque Individuel pour la substance i par inhalation ;
- $ERI_{i,ING}$: Excès de Risque Individuel pour la substance i par ingestion ;
- CMI : Concentration Moyenne Inhalée (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ;
- DJE : Dose Journalière d'Exposition (en $\text{mg}/\text{kg}/\text{j}$) ;
- $ERU_{i,INH}$: Excès de Risque Unitaire pour la substance i par inhalation ;
- $ERU_{i,ING}$: Excès de Risque Unitaire pour la substance i par ingestion ;

L'acceptabilité des risques évalués s'effectue ensuite par comparaison à des niveaux de risque jugés socialement acceptables. Il n'existe pas, bien entendu, de seuil absolu d'acceptabilité, mais la valeur de 10^{-6} (soit un cas de cancer supplémentaire sur un million de personnes exposées durant leur vie entière) est considérée aux USA 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. Elle est citée dans la circulaire du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE) du 14 février 2007 comme objectif à atteindre dans le cadre des modalités de gestion et de réaménagement des sites 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. Nous choisirons donc de comparer les résultats à la valeur 10^{-5} .

Les excès de risque en rapport avec une exposition simultanée à plusieurs substances sans seuil de dose peuvent être additionnés entre eux s'ils ont le même organe cible¹⁰. Selon l'US-EPA, il est possible d'additionner tous les ERI de cancer afin d'apprécier l'excès de risque global de cancer (ERG) qui pèse sur la population exposée (tout type de cancer, toutes localisations tumorales confondues).

$$ERG = \sum ERI_i$$

Avec :

- ERG : excès de risque global pour les cancers ;
- ERI : excès de risque individuel pour les cancers.

C'est la solution qui a été retenue ici. Les ERI des polluants retenus seront additionnés.

¹⁰ Et également lorsque plusieurs voies d'exposition sont possibles (respiratoire et digestive par exemple)

8.2 EVALUATION DES RISQUES

Le tableau ci-après présente les Quotients de Danger (QD) caractérisant les effets à seuil et les Excès de Risque Individuel (ERI) caractérisant les effets sans seuil pour le scénario étudié (scénario maximal). Les feuilles de calcul de niveau de risque sont présentées en Annexe 2 de cette ERS.

Scénario « résidentiel »

Scénario « résidentiel »	Effets à seuil			Effets sans seuil		
	QD inhalation	QD ingestion	QD total	ERI inhalation	ERI ingestion	ERI total
Adulte	3,98E-02	8,78E-03	4,86E-02	1,40E-06	5,42E-09	1,41E-06
Enfant	3,90E-02	1,02E-01	1,41E-01	2,80E-07	1,26E-08	2,93E-07
Valeur de référence	1,00E+00			1,00E-05		

Tableau 16 : Synthèse des niveaux de risque – Scénario « résidentiel »

Scénario « ERP sensible »

Scénario « ERP sensible »	Effets à seuil			Effets sans seuil		
	QD inhalation	QD ingestion	QD total	ERI inhalation	ERI ingestion	ERI total
Adulte	4,74E-03	6,26E-03	1,10E-02	2,39E-07	5,29E-09	2,44E-07
Enfant	3,48E-03	5,30E-02	5,64E-02	3,41E-08	6,40E-09	4,05E-08
Valeur de référence	1,00E+00			1,00E-05		

Tableau 17 : Synthèse des niveaux de risque – Scénario « ERP sensible »

Scénario « professionnel »

Scénario « professionnel »	Effets à seuil			Effets sans seuil		
	QD inhalation	QD ingestion	QD total	ERI inhalation	ERI ingestion	ERI total
Adulte	9,47E-02	8,52E-03	1,03E-01	4,64E-06	3,63E-08	4,67E-06
Valeur de référence	1,00E+00			1,00E-05		

Tableau 18 : Synthèse des niveaux de risque – Scénario « professionnel »

NO₂, SO₂ et PM

Pour ces polluants, il n'existe pas de VTR. Ainsi, aucun calcul de risque n'a été réalisé. Toutefois, l'OMS a émis des valeurs guides en 2005. Les concentrations modélisées dans l'air pour ces polluants sont comparées dans le tableau ci-dessous avec leurs valeurs guides respectives.

Polluants	Scénario « résidentiel »	Scénario « ERP sensible »	Scénario « professionnel »	Valeur guide
	en µg/m ³			
▪ NO ₂	6,21E-02	2,30E-02	4,77E-01	4,00E+01
▪ SO ₂	1,29E-03	4,80E-04	9,88E-03	5,00E+01
▪ PM10	6,34E-02	2,27E-02	4,83E-01	2,00E+01
▪ PM2,5	6,34E-02	2,27E-02	4,83E-01	1,00E+01

Tableau 19 : Comparaison des concentrations en NO₂, SO₂ et PM modélisées avec les valeurs guides

Commentaires

Quel que soit le scénario considéré, la survenue d'effets toxiques aboutit à une faible probabilité d'occurrence. En effet, les Quotients de Danger (QD) calculés sont inférieurs à la valeur repère 1. De même, les Excès de Risque Individuel (ERI) calculés, représentatifs des effets sans seuil, sont inférieurs à la valeur usuellement retenue pour caractériser le niveau de risque acceptable de 1,0E-05.

Les concentrations en NO₂, SO₂ et PM modélisées dans l'air sont très largement inférieures aux valeurs guides de l'OMS.

Sur la base des hypothèses considérées, pour l'ensemble des calculs, les niveaux de risques sont portés principalement le chrome VI et le cadmium pour les effets sans seuil. Pour les effets à seuil, les contributeurs sont plus nombreux pour les adultes (dioxines furanes, mercure, cobalt, chrome VI, arsenic et nickel) et principalement des dioxines furanes pour les enfants (cf. ci-après).

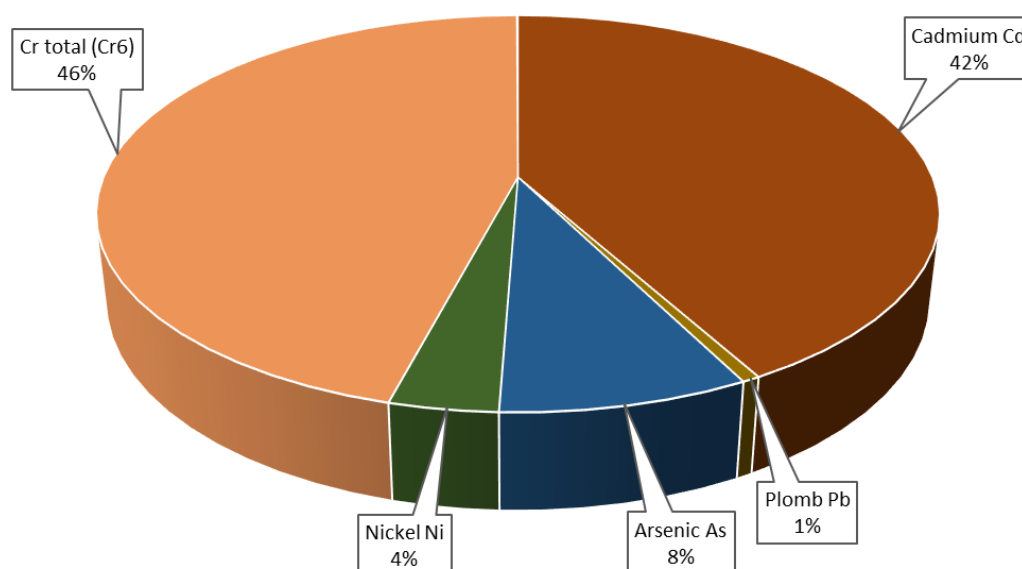


Figure 5 : Contributeurs du risque – Effets sans seuil – Scénario « résidentiel » – Adulte

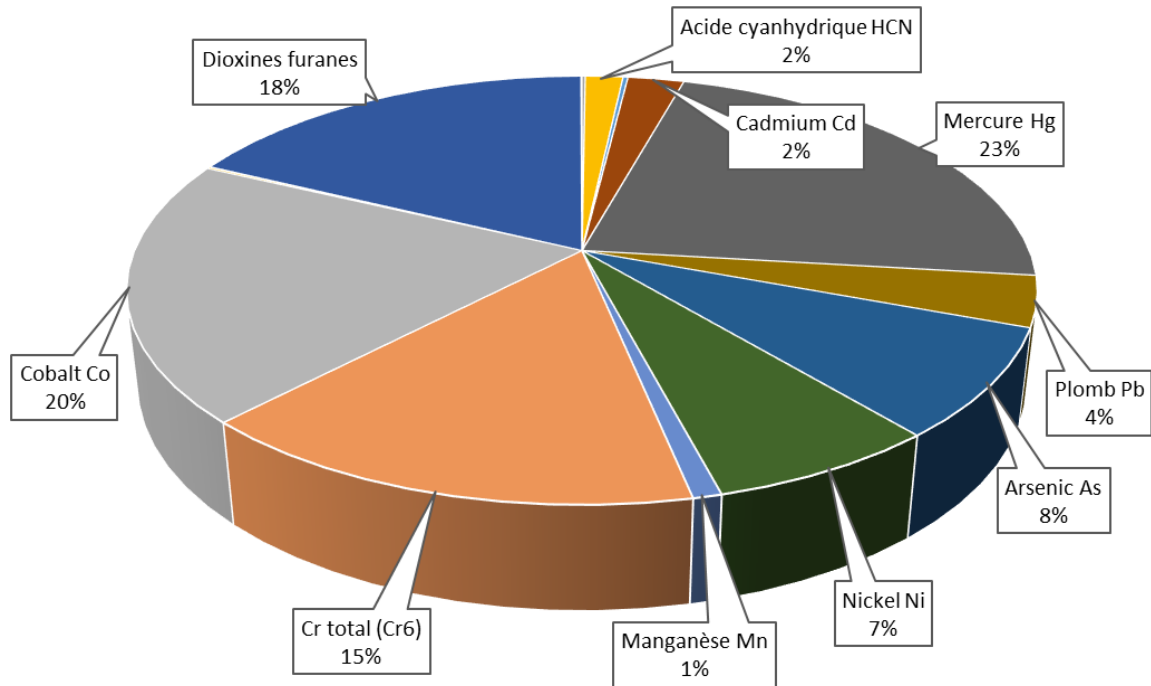


Figure 6 : Contributeurs du risque – Effets à seuil – Scénario « résidentiel » – Adulte

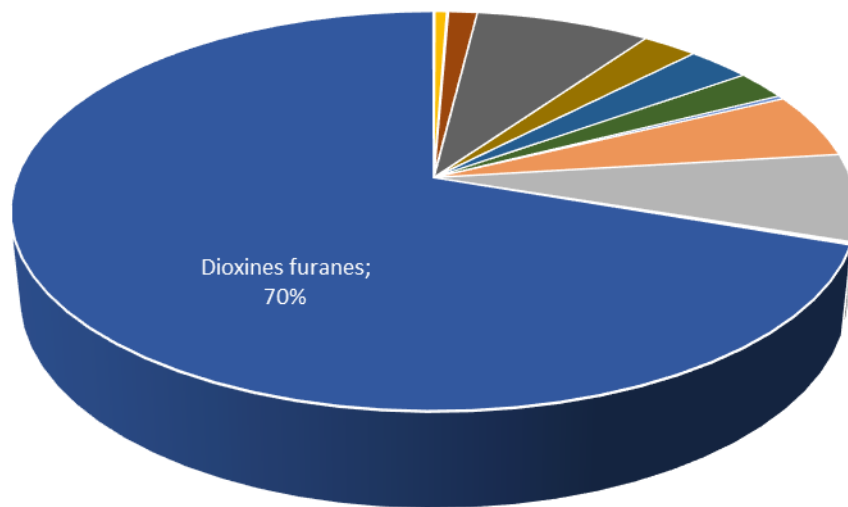


Figure 7 : Contributeurs du risque – Effets à seuil – Scénario « résidentiel » – Enfant

9. DISCUSSIONS SUR LES INCERTITUDES

Conformément à la méthodologie de l'Evaluation des Risques Sanitaires, la discussion des incertitudes est une étape nécessaire pour interpréter les résultats et permettre une gestion optimale des risques. Elle a pour objectif d'apprécier la confiance qui peut être accordée à l'évaluation et d'établir des recommandations.

Certains éléments d'incertitude étant difficilement quantifiables (incertitudes liées aux modèles de calculs, au calcul des émissions, au choix de la pollution de fond, à la modélisation de la dispersion, aux VTR, à l'exposition des populations), leur évaluation sera uniquement qualitative.

9.1 CHOIX DES SUBSTANCES ET CONCENTRATIONS A L'EMISSION

9.1.1 CHEMINEE PRINCIPALE, CONCERNEE PAR LES ACTIVITES DE TRAITEMENT THERMIQUE DE DECHETS

L'ensemble des substances devant faire l'objet d'un suivi en sortie de cheminée, d'après l'arrêté du 20 septembre 2002 et le BREF Traitement des déchets, a été retenu.

Les concentrations à l'émission retenues sont :

- lorsque disponibles, les concentrations mesurées par AUREUS lors de tests en situation réelle (niveau de risque réaliste) ;
- sinon, les valeurs limites imposées par l'arrêté ministériel du 20 septembre 2002 relatif aux installations d'incinération (niveau de risque majorant : dans tous les cas, les rejets du site seront en-dessous de ces valeurs limites).

Dans l'arrêté du 20 septembre 2002, les concentrations en cadmium et en thallium sont exprimées sous forme de somme. Dans l'ERS, la somme des concentrations en cadmium et thallium a été affectée en totalité au cadmium (niveau de risque majorant).

Dans l'arrêté du 20 septembre 2002, les concentrations en « autres métaux » sont exprimées sous forme de somme. Dans l'ERS, la répartition a été réalisée de manière réaliste pour certains métaux (As, Cr, Mn, Ni et Pb) et de manière majorante pour les autres (somme Sb+Co+Cu+V associée en totalité au cobalt, présentant les VTR les plus pénalisantes).

↳ Incidence sur le niveau de risque : réaliste (paramètres mesurés par AUREUS lors des tests, ainsi que As, Cr, Mn, Ni et Pb), surestimation (valeurs maximum limites de l'arrêté du 20/09/2002, cobalt).

9.1.2 CHEMINEE SECONDAIRE (5C) ET REJETS DU LABORATOIRE

L'ensemble des substances inscrites dans l'arrêté préfectoral d'autorisation du site a été retenu dans cette étude. Les concentrations à l'émission retenues étaient les concentrations mesurées par AUREUS lors des mesures périodiques sur ces installations.

↳ Incidence sur le niveau de risque : réaliste.

9.2 VALEURS TOXICOLOGIQUES DE REFERENCE (VTR)

Les VTR ont été sélectionnées conformément à la note d'information du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués.

Le choix d'une VTR pour une durée d'exposition chronique, à partir d'études épidémiologiques (principalement en milieu professionnel) ou animales, et présentant des conditions particulières d'exposition (doses administrées, durée et voie d'exposition, etc.) induit un grand nombre d'incertitudes difficilement quantifiables. Il est habituellement admis que les valeurs proposées par les organismes compétents sont, dans l'état actuel des connaissances, précautionneuses. Le cas échéant, nous avons privilégié les VTR issues d'études sur l'homme afin de limiter l'incertitude pesant sur l'extrapolation à l'homme d'effets toxicologiques expérimentés chez l'animal.

↳ Incidence sur le niveau de risque : réaliste.

9.3 VOIES D'EXPOSITION ETUDIEES

La population vivant et travaillant à proximité du site peut être exposée aux rejets atmosphériques gazeux et particulaires du site via l'inhalation de gaz et particules, ainsi qu'à l'ingestion de sols potentiellement contaminés.

L'absorption cutanée de gaz et particules atmosphériques provenant des rejets atmosphériques de l'installation a été considérée comme négligeable devant l'absorption de ces mêmes gaz par inhalation. La surface cutanée exposée directement à l'air (mains et visage) représente environ 18 % de la surface corporelle. Elle est environ deux cent fois plus petite que la superficie interne des poumons. Pour les mêmes raisons, l'exposition par contact cutané avec les sols contaminés par déposition particulaire n'a pas été étudiée. En effet, cette voie d'exposition est négligeable devant l'ingestion directe de sol.

Les voies d'exposition ingestion de végétaux contaminés et ingestion d'aliments d'origine animale contaminés n'ont pas été étudiées car les niveaux de risque liés à l'ingestion directe de sol montrent que le phénomène de déposition au sol n'entraîne pas de risque notable.

↳ Incidence sur le niveau de risque : sous-estimation négligeable.

9.4 TRANSFERT DES POLLUANTS VERS L'INTERIEUR DES BATIMENTS

Cette étude a considéré que la concentration de particules dans l'air était la même en intérieur qu'en extérieur.

↪ **Incidence sur le niveau de risque : inconnue.**

9.5 MODELISATION DE LA DISPERSION ATMOSPHERIQUE

Les concentrations des polluants dans l'air et les dépôts au sol, à la base de l'évaluation des risques sanitaires, sont issues d'une chaîne de modélisation. Les concentrations produites par le modèle de dispersion sont ensuite interpolées par triangulation pour fournir un maillage, avec des concentrations constantes à l'intérieur de chaque maille. Par définition, la modélisation simplifie les phénomènes et génère des incertitudes. Cependant, compte tenu de la qualité des données d'entrée et de la prise en compte par le modèle de phénomènes complexes (effets de la topographie, de vents, etc.), on peut raisonnablement penser que les incertitudes liées à la modélisation sont faibles.

De plus, les données météorologiques prises en compte dans le modèle sont issues d'une station de météo France, implantée à proximité du site et reflètent ainsi parfaitement la réalité du site. Le choix de la station météo a été mené en concertation avec un ingénieur de météo France de façon à trouver les conditions météorologiques les plus proches de celles du site. La modélisation prend en compte toutes les conditions de vent, y compris les périodes de vent faible.

Les limites du modèle utilisé et les incertitudes sont présentées dans le rapport de modélisation aérodyspersive joint en Annexe 1 de cette ERS.

↪ **Incidence sur le niveau de risque : réaliste (topographie, données météo) et surestimation (chimie des polluants).**

9.6 STRATEGIE ADOPTEE DANS L'EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES

Dans l'évaluation des risques sanitaires, les stratégies actuelles sont marquées par une vision « uni-polluant » au même titre que la démarche normative et l'approche métrologique. Or, si les polluants sont souvent des composés simples (benzène, etc.), d'autres sont des mélanges composites (PM par exemple) ou des indicateurs de mélanges complexes. De même, on ne peut effectivement exclure la possibilité d'interactions entre les effets toxiques lors d'expositions simultanées à plusieurs substances. Ces interactions peuvent être antagonistes ou synergiques.

Les connaissances sanitaires reposent, le plus souvent, sur l'approche épidémiologique. Par définition, les effets constatés par cette discipline d'observation correspondent à une exposition multi-polluants, qui dépasse d'ailleurs la seule exposition à la pollution atmosphérique. Par conséquent, les effets constatés aux échelles collectives ou individuelles relèvent, par essence même, d'une approche multi-polluant/multi-exposition, en décalage avec l'évaluation des risques sanitaires.

↪ **Incidence sur le niveau de risque : inconnu.**

9.7 PARAMETRES D'EXPOSITION

Pour tous les scénarios, les paramètres d'exposition ont été choisis d'après les différents guides et sont plutôt à tendance réalistes, voire sur-estimation.

↳ **Incidence sur le niveau de risque : réaliste.**

9.8 DUREE DE FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Il a été considéré que les installations émettrices du site fonctionnaient 365 jours par an et 24 heures par jour, ce qui n'est pas le cas en réalité (site ne fonctionnant pas en dehors des heures d'ouverture, installations ne fonctionnant pas tous les jours, fonctionnement à plein régime très ponctuel dans l'année).

↳ **Incidence sur le niveau de risque : surestimation.**

9.9 SYNTHESE

Au terme de la discussion sur les incertitudes, le tableau ci-dessous présente la synthèse des facteurs de sous-estimation et de surestimation de l'évaluation des risques.

Facteurs de sous-estimation	Facteurs de sens réaliste	Facteurs de surestimation
Exclusion de la voie cutanée Exclusion des voies ingestion d'aliments contaminés (végétaux, viandes)	Choix des substances retenues Paramètre de la modélisation aérodispersive : topographie, météorologie Caractéristiques des rejets (débit d'émission, vitesse d'éjection, hauteur de rejet, température) Choix des VTR Durée, taux, fréquence d'exposition, paramètres Concentrations à l'émission retenues	Durée de fonctionnement de l'installation Paramètres de la modélisation aérodispersive : chimie

Tableau 20 : Bilan des principales incertitudes

10. CONCLUSIONS

L'objectif de cette étude est de réaliser l'évaluation des impacts potentiels vis-à-vis de la santé de la population locale liés au fonctionnement des installations du projet porté par la société AUREUS sur la commune de Saint-Quentin-Fallavier (38).

Tous les **rejets atmosphériques** ont été pris en compte dans la **modélisation aérodispersive**. **Les concentrations dans l'air ambiant et les dépôts au sol** dans l'environnement proche du site ont été estimés.

35 polluants ont été retenus pour la modélisation de dispersion dans l'air. Trois scénarios d'exposition ont été étudiés, en prenant en compte les populations les plus exposées, à savoir les résidents et salariés les plus proches.

L'Évaluation des Risques Sanitaires via **l'inhalation de gaz / poussières et de particules de sols**, ainsi que **l'ingestion de sols** contaminés par les dépôts issus des rejets atmosphériques de l'installation met en évidence :

- des **niveaux de risque inférieurs aux valeurs repères** qui sont de 1 et 1,0E-05, pour les trois scénarios basés sur des expositions réalistes ou majorantes ;
- des concentrations en NO₂, SO₂ et poussières **très inférieures aux objectifs de qualité de l'air ambiant** définis par le décret n°2002-213 et par l'OMS (2005).

L'analyse des incertitudes des paramètres et hypothèses retenues permet de vérifier la validité des calculs de niveaux de risques et des conclusions qui en découlent. **Les hypothèses retenues tout au long de l'Évaluation des Risques Sanitaires présentent un caractère globalement majorant.**

ANNEXES

ANNEXE 1 : RAPPORT DE MODELISATION.....	50
ANNEXE 2 : FEUILLES DE CALCUL DE RISQUE.....	72
ANNEXE 3 : QUELQUES CARTES DE DISPERSION DANS L’AIR.....	88

ANNEXE 1 : RAPPORT DE MODELISATION



A U R E U S
TRANSFORMER C'EST CRÉER

Demande d'Autorisation Environnementale

Traitement thermique de déchets
contenant des métaux précieux
Modification d'arrêté préfectoral

Evaluation des Risques Sanitaires Rapport de modélisation

▪ **INTRODUCTION**

Dans le cadre du dépôt du dossier de demande d'autorisation environnementale pour exploiter des installations de traitement thermique de déchets contenant des métaux précieux sur la commune de Saint-Quentin-Fallavier (38), la société AUREUS a chargé EODD ingénieurs conseils de réaliser une étude de la dispersion atmosphérique des polluants émis par son futur site.

L'objectif de cette annexe est d'évaluer quantitativement, en fonction des données caractérisant les installations du site et des conditions climatiques locales, les concentrations dans l'air ainsi que les dépôts au sol des gaz et particules émis.

Les polluants considérés dans cette étude sont ceux classiquement rencontrés dans des installations de traitement thermique de déchets. Il s'agit de :

- | | |
|---|-------------------------------|
| ▪ Monoxyde de carbone CO | ▪ Cuivre Cu |
| ▪ Poussières | ▪ Vanadium V |
| ▪ Acide chlorhydrique HCl | ▪ Antimoine Sb |
| ▪ Acide cyanhydrique HCN | ▪ Dioxines furanes |
| ▪ Acide fluorhydrique HF | ▪ Etain Sn |
| ▪ Dioxyde de soufre SO₂ | ▪ Zinc Zn |
| ▪ Oxydes d'azote NOx | ▪ Acide chloroacétique |
| ▪ Cadmium Cd | ▪ Acétaldéhyde |
| ▪ Mercure Hg | ▪ Furfural |
| ▪ Plomb Pb | ▪ Argent Ag |
| ▪ Arsenic As | ▪ Formaldéhyde |
| ▪ Nickel Ni | ▪ Benzaldéhyde |
| ▪ Manganèse Mn | ▪ Pentanal |
| ▪ Cr total (Cr6) | ▪ Hexanal |
| ▪ Cobalt Co | |

Pour simuler le transport et la diffusion de ces polluants, le logiciel « ISC-AERMOD View » a été utilisé. Celui-ci comprend :

- le modèle de calcul des champs de vents et de stabilité de l'atmosphère (prétraitement des données météorologiques) : AERMET développé par l'US EPA ;
- le modèle numérique de résolution : AERMOD développé par l'US EPA.

Outre les concentrations de polluants dans l'air, les dépôts secs (liés à la chute des particules et des composés gazeux) et humides (liés au lessivage des particules et des composés gazeux par les précipitations) ont été pris en compte dans cette étude permettant d'évaluer les concentrations en éléments présents à la surface du sol.

2. PRESENTATION DU MODELE UTILISE : AERMOD VIEW

2.1. Présentation générale

Le modèle AERMOD est développé par l'Agence Américaine de Protection de l'Environnement (US EPA) depuis 1991. Il bénéficie des compléments techniques et méthodologiques de la recherche actuelle puisque ce modèle intègre les meilleures techniques disponibles et est actualisé régulièrement, notamment selon les évolutions importantes du modèle.

Le modèle employé, est un modèle bi-gaussien, qui résout l'équation générale de diffusion-advection. Ce logiciel modélise le rejet de polluants primaires, gazeux et particulaires (de toutes tailles). Il modélise l'élévation du panache par la prise en compte des flux de fumées chaudes et des moments (relations de Briggs), des effets de rabattement liés aux bâtiments (Scire et Schuman, 1980), des effets de turbulence en sortie de cheminée (Briggs, 1973) ainsi que de la pénétration du flux dans les couches d'inversion de l'atmosphère. Ce modèle est particulièrement adapté pour modéliser de nombreux types de sources se trouvant sur les sites industriels.

2.2. Caractéristiques du modèle

2.2.1. Type de sources modélisées

Les sources que ce modèle peut prendre en compte sont notamment :

- les sources ponctuelles (cheminées) en considérant les effets possibles du rabattement dus à de proches constructions ;
- les sources linéaires (tapis roulants, rails) ;
- les sources surfaciques d'émissions fugitives (tas de stockage, dépôts) ;
- les sources volumiques (bouche d'aération à sorties multiples) ;
- les sources à puits ouvert (surface des mines de charbon, carrière de pierres).

2.2.2. Paramètres d'entrée

Les paramètres d'entrée sont les suivants :

- météorologie : la vitesse de frottement, la rugosité de surface du terrain, le taux de précipitation, la longueur de Monin-Obukhov est calculée par le pré-processeur météorologique (AERMET) qui donne la classe de stabilité toutes les heures en fonction de la vitesse et la direction du vent, la température et la hauteur d'inversion ;
- topographie : maillage du terrain (en option, utilisé pour déterminer l'élévation du terrain à des distances variées le long du trajet du panache) ;
- émissions : localisation, débit, hauteur et diamètre intérieur des cheminées, vitesse et température de sortie des fumées, dimensions des constructions et diamètre moyen en masse, densité des particules, fraction massique pour chaque catégorie modélisée ainsi que la vitesse de dépôt correspondante.

2.2.3. Les autres caractéristiques

Echelles d'application : urbaine (de l'ordre de 10 km x 10 km) et méso-échelle (de l'ordre de 100 km x 100 km).

Modélisation de la chimie : par un terme exponentiel décroissant.

Modélisation des dépôts humides de gaz et de particules : à partir du taux de lavage déterminé par Scire et al.¹¹

Modélisation des dépôts secs de particules : à partir du modèle de résistance et par l'algorithme de déposition sèche de Pleim et al.¹²

Modélisation de la turbulence : les coefficients de dispersion gaussiens horizontaux et verticaux sont déterminés à partir des coefficients de dispersion de Pasquill-Gifford en zone rurale et des coefficients de dispersion de McElroy-Pooler en zone urbaine. Pour les sources volumiques, les dimensions initiales latérales et verticales ainsi que la présence des constructions, qui peut entraîner une augmentation de la croissance initiale des panaches de cheminées, est prise en compte.

Modèle de terrain complexe : algorithme de terrain complexe (COMPLEXE1) et prise en compte de la topographie (en option).

2.2.4. Résultats

- estimation de la concentration et / ou du dépôt pour chaque combinaison source-récepteur et pour chaque heure où des données météorologiques sont entrées ;
- calcul des moyennes à court terme pour les temps sélectionnés ou sur la période entière où des données météorologiques ont été entrées ;
- extraction des valeurs de concentrations ou de dépôts la plus forte et la seconde plus forte ;
- pour les dépôts, soit le flux sec, soit le flux humide, soit le flux total peuvent être estimés.

2.3. Validation et limites du modèle

2.3.1. Références scientifiques et validation du modèle

Ce type de modèle est couramment utilisé dans le cadre d'études relatives aux odeurs, qui demandent des modélisations très fines de la dispersion des substances, notamment en Allemagne :

- BAGEG (1998). Handbuch von Ingenieurbüro für Immissionsprognostik Lung, Eosanderstrasse, 17, 10578 Berlin.
- DIF : Odour dispersion model of RWTÜV, Essen.
- TALAR : Odour dispersion model of IFU GmbH, Flöha.
- HARTMANN, U. (2002). Validierung von Geruchsausbreitungsmodellen. Gefahrstoffe, Reinhaltung der Luft, 62, Nr. 10, Oktober.

¹¹ J.S. Scire, D.G. Strimaitis, et R.J. Yamartino. *A user's Guide for the CALPUFF Dispersion Model (Version V)*. Earth Tech, Inc., 2000.

¹² J. Pleim, A. Venkatram, et R.J. Yamartino. *ADOM/TADAP model development program. Volume 4. The dry deposition model*. Ontario Ministry of the Environment, Rexdale, Ontario, Canada, 1984.

Ce modèle est repris dans la norme autrichienne suivante :

- ÖNORM M 9440 1992/1996. *Dispersion of pollutants in the atmosphere - Calculation of the ambient air concentrations and determination of stack heights.* Österreichisches Normungsinstitut, Vienna.

Il est reconnu par les Conseils Régionaux australiens :

- FREEMAN, T., CUDMORE, R. (2002). *Review of Odour Management in New Zealand.* Air Quality Technical Report n° 24. Ministry for the Environment New Zealand. 210p.

Au niveau français, il est également recommandé par l'INERIS dans le guide suivant :

- *Evaluation des Risques Sanitaires dans les Études d'impact des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement - INERIS (2003).*

De ce fait, AERMOD a été validé le 9 décembre 2005 par l'US-EPA comme étant le modèle le plus performant et le plus adapté aux contraintes réglementaires et techniques (*Federal Register dated November 9, 2006 - Volume 70, Number 216*).

Ce modèle remplace progressivement les autres modèles utilisés comme ISCST3 ou ADMS.

2.3.2. Limites du modèle

Le modèle ne tient pas compte du phénomène de recirculation entre deux constructions lorsque la modélisation est effectuée en 3D pour un périmètre rapproché (distance < 100m).

Les calculs ne sont pas possibles pour des distances source-récepteur inférieures à 1 m ou pour des positions trop proches des constructions.

Le phénomène de fumigation n'est pas pris en compte.

Le modèle peut être appliqué en conditions de vents calmes tandis que la composante verticale de la vitesse du vent est supposée nulle.

3. LES HYPOTHESES DE LA MODELISATION

3.1. Les données météorologiques

3.1.1. Choix de la station météorologique

Après consultation de Météo France, les données utilisées pour la modélisation sont les données horaires de la station météo de Lyon-Bron sur la période du 1^{er} janvier 2000 au 31 décembre 2000.

Station météo	Données récoltées
<u>Nom</u> : LYON-BRON <u>Commune</u> : BRON <u>Numéro INSEE</u> : 69029001 <u>Coordonnées</u> : Latitude 45°43'30"N Longitude 4°56'12"E <u>Altitude</u> : 197 mètres	<ul style="list-style-type: none"> ▪ la température de l'air ; ▪ la direction du vent ; ▪ la vitesse du vent ; ▪ les précipitations ; ▪ la nébulosité ; ▪ la hauteur de la base de première couche de nuage.

Source : Météo France

Tableau 21 : Station météo et données récoltées

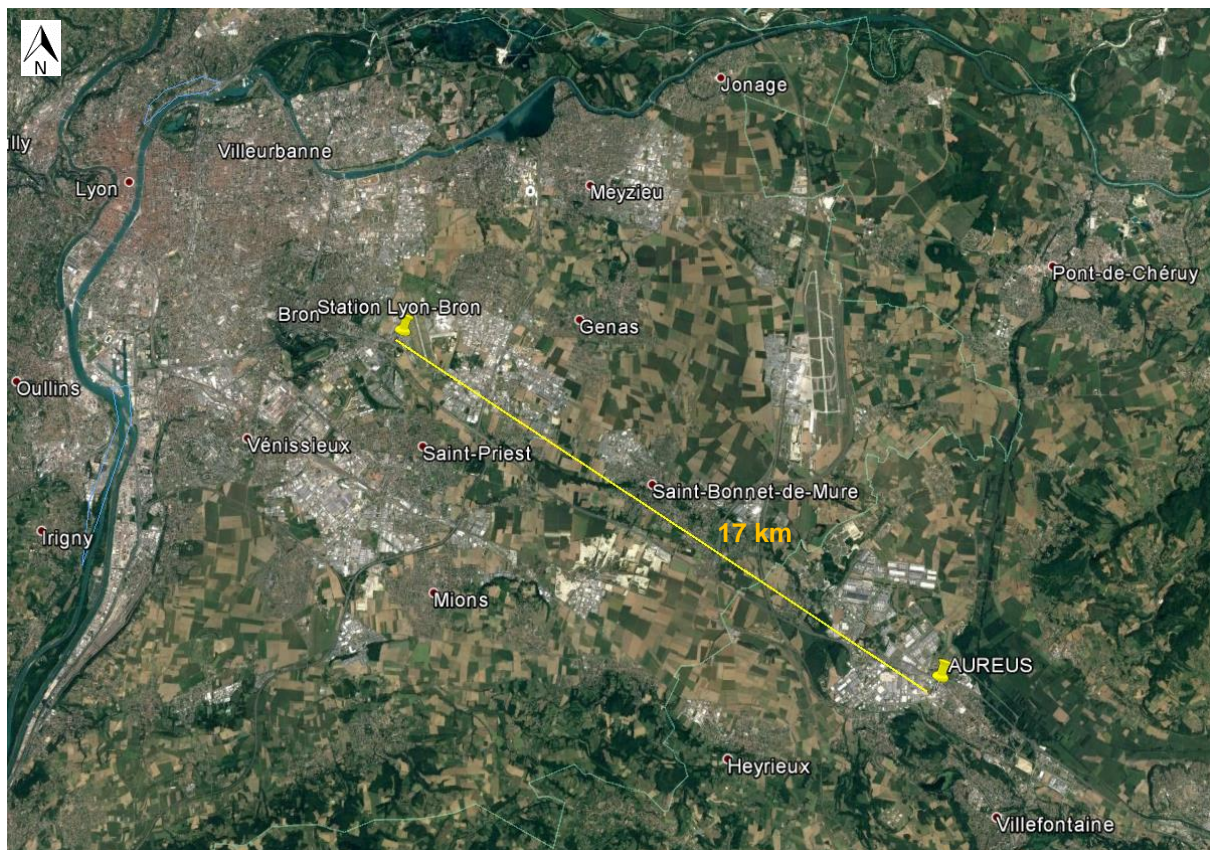
→ Le *Guide de la modélisation de la dispersion atmosphérique* de Richard LEDUC¹³ recommande que la station météorologique soit située à moins de 30 km du site modélisé.

La station météorologique de Lyon-Bron est située à environ 17 km au nord-ouest du site, ce qui est donc acceptable, et même représentatif des conditions réelles du site (cf. Figure 8).

De plus, cette station a été choisie avec l'aide de Météo France, comme étant la plus représentative de l'environnement local du site de l'étude. Aucune autre station météo disponible n'aurait pu être utilisée.

Un ingénieur de Météo France a également apporté son savoir-faire pour retenir l'année météorologique la plus représentative des dernières années, qui est l'année 2000.

¹³ Richard LEDUC - *Guide de la modélisation de la dispersion atmosphérique* - Direction du milieu atmosphérique - Ministère de l'Environnement et de la Faune - Québec (Québec) - G1R 5V7



Source : Google Earth

Figure 8 : Positionnement de la station météo par rapport au site

3.1.2. Principales caractéristiques du climat dans le secteur autour du site

Les vents dominants ont un sens Nord / Sud. Concernant la rose des vents, la station météo-France la plus représentative du site est également celle de Lyon-Bron. Ceci est confirmé par le tracé de la rose des vents basé sur les données considérées pour la modélisation.

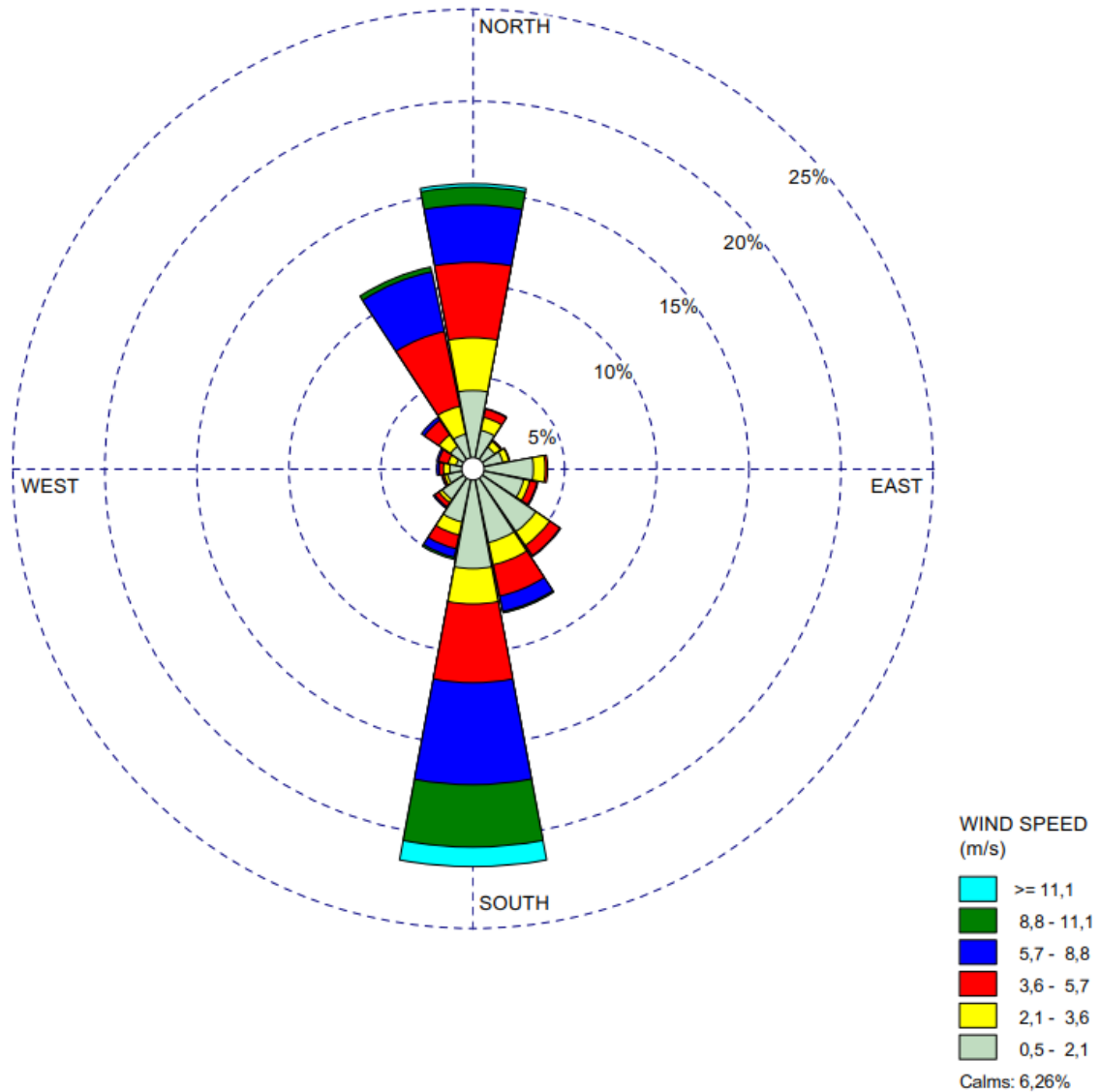


Figure 9 : Rose des vents de la station de Lyon-Bron (69) pour l'année 2000

3.1.3. Les paramètres météorologiques nécessaires à la modélisation

Au total, 52 704 données ont été introduites dans le modèle avec les paramètres suivants :

- température de l'air [°C] ;
- direction du vent [°] ;
- force du vent [m/s] ;
- précipitations [mm d'eau / heure] ;
- nébulosité [octas] ;
- hauteur de la couche basse de nuages [m].

Remarque : les paramètres « nébulosité » et « hauteur de la couche basse de nuages » sont mesurés visuellement pendant les périodes de jour par un opérateur de la station Météo-France et de ce fait, ne sont pas disponibles de 17h à 5h. Il manque donc au total 9 041 valeurs (soit 17 %). Celles-ci étant indispensables pour la modélisation, les données horaires manquantes ont été reconstruites à l'aide d'une moyenne entre les deux valeurs disponibles¹⁴.

3.1.4. Influence des paramètres météorologiques pour la diffusion des polluants

D'une manière générale, la dispersion atmosphérique des polluants est conditionnée par différents paramètres¹⁵.

Conditions pour une diffusion importante des polluants dans l'atmosphère

- vitesse du vent élevée (bon transport horizontal) (cf. Figure 11) ;
- hauteur de mélange élevée (large volume d'air de dilution) ;
- instabilité de l'air (bonne diffusion verticale) correspondant aux classes A, B, C et D de Pasquill ;
- absence de précipitations (cf. Figure 10).

Conditions pour une faible diffusion des polluants dans l'atmosphère

- vitesse du vent faible (cf. Figure 11) ;
- hauteur de mélange basse ;
- forte stabilité de l'air (condition d'inversion) correspondant aux classes E et F de Pasquill ;
- précipitations (cf. Figure 10).

Les données météorologiques propres au site ont été traitées à l'aide du logiciel *AERMET*, qui permet de déterminer les différentes classes de vents ainsi que les classes de précipitation.

¹⁴ Dernière donnée du jour précédent et première donnée du jour suivant

¹⁵ B. P.A. GRANDJEAN - Pollution atmosphérique et traitements des émissions - Département de génie chimique - Université Laval (Québec)

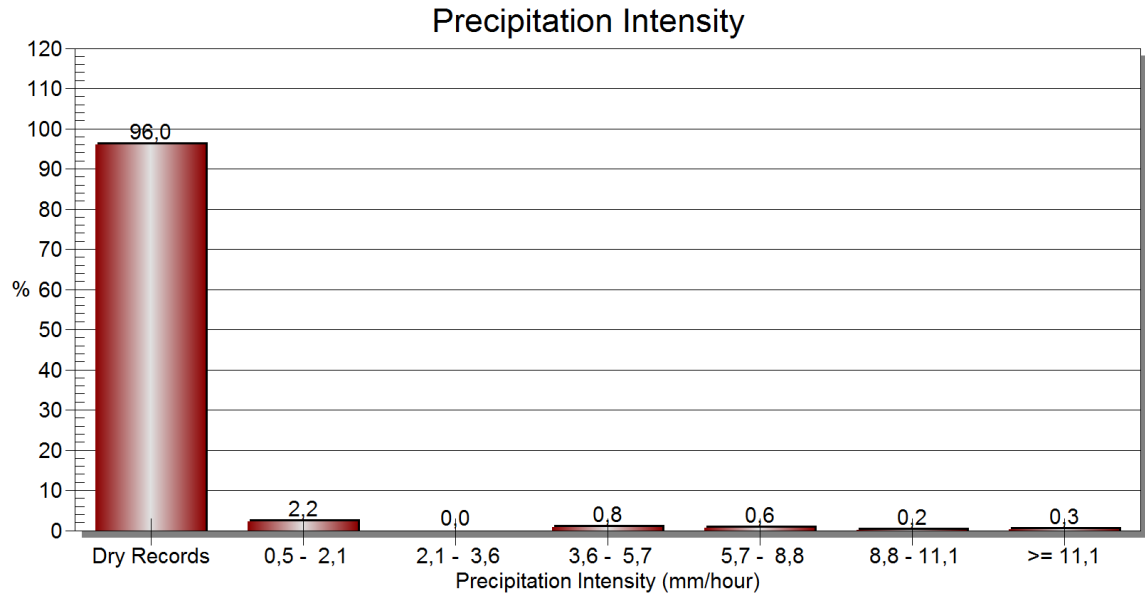


Figure 10 : Distribution des précipitations

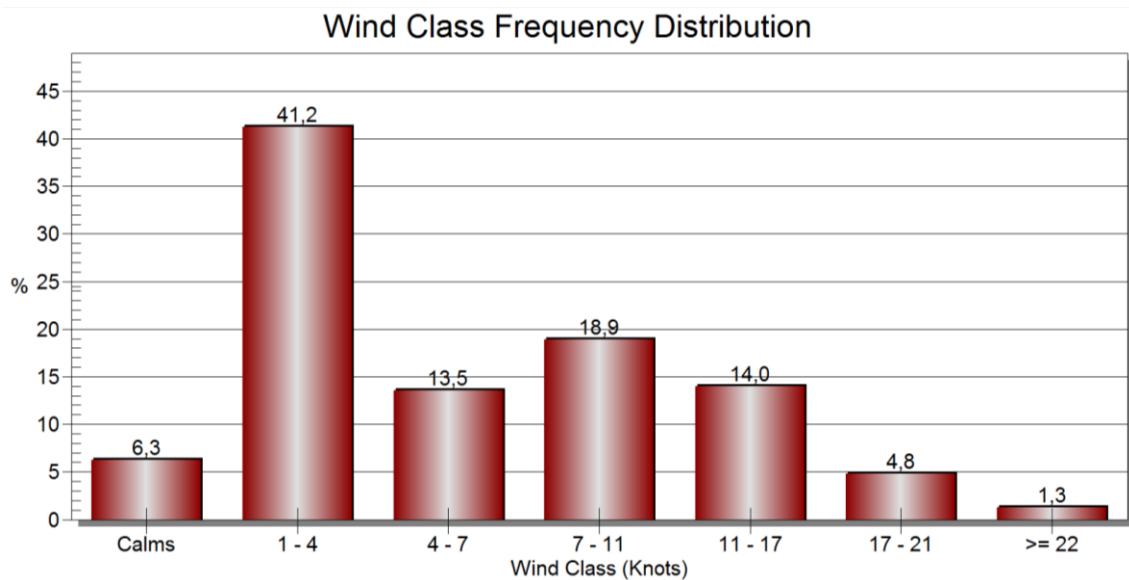


Figure 11 : Distribution des vitesses de vent (en nœuds)

La majorité des vents pour la station de Lyon-Bron sont modérés (73,6 % compris entre 0,5 (1 nœud) et 5,6 m/s (11 nœuds)). Les vents faibles contribuent à augmenter l'impact au niveau des récepteurs proches des sources d'émission. **Ce paramètre est pris en compte par le modèle et ces périodes de vents calmes sont calculées très précisément.**

3.2. La topographie autour du site

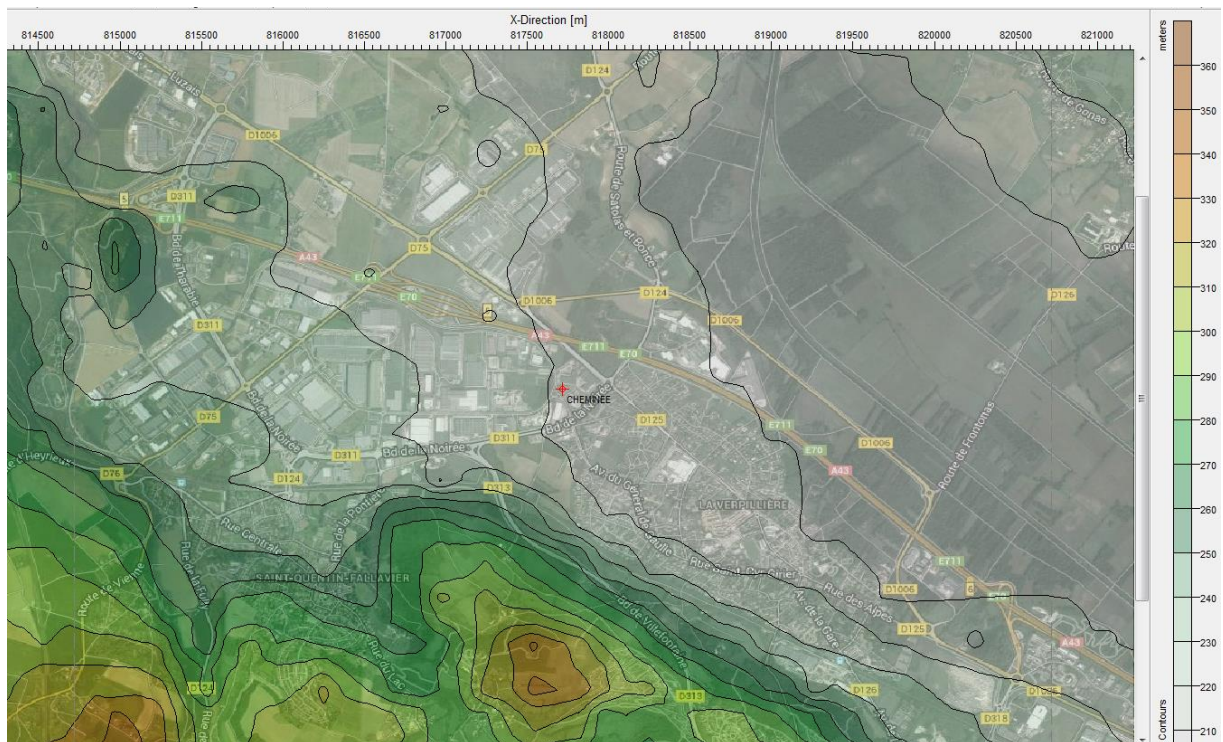
Le relief influe sur les caractéristiques de l'air et donc sur la dispersion atmosphérique des polluants. Le coefficient de rugosité pris en compte dans le modèle de calcul traduit le degré de turbulence causée par le passage des vents à travers les structures de surface au sol.

La turbulence de surface dépend de la saison et de la typologie du paysage. Par exemple, il est plus élevé dans les zones urbaines que dans les zones rurales en raison de la présence de bâtiments de plus grande taille. Dans les zones urbaines, les dépôts de poussières ont tendance à se former à une distance plus courte que dans les zones rurales.

Les données altimétriques utilisées sont issues du fichier numérique MNT250_L2E_FRANCE.XYZ (source : IGN, BD ALTI®). Le MNT 250 est un modèle altimétrique numérique français sur un maillage horizontal de 3 secondes d'arc (environ 75 mètres).

La Base de Données ALTIométrique (BD ALTI®) est l'une des quatre grandes bases d'informations géographiques structurées, initiées par l'Institut Géographique National sur le territoire français.

Les bâtiments peuvent également avoir un impact important sur la dispersion des polluants. L'effet principal est d'engendrer une déflexion de l'air vers le bas par des zones en dépression (sous le vent des bâtiments) isolées du courant principal dans lesquelles peuvent même apparaître des inversions de courant. Pour l'étude, nous n'avons pas pris en compte les bâtiments voisins (pas de bâtiments autour du site). D'une façon générale, on considère qu'il y a une influence non négligeable lorsqu'un bâtiment est situé à une distance du point d'émission inférieure à 5 fois sa hauteur.



Source : IGN, BD ALTI®

Figure 12 : Découpage topographique utilisé

3.3. Les rejets atmosphériques

3.3.1. Localisation de la source

5 sources de rejets atmosphériques ont été retenues pour l'évaluation des risques sanitaires. Il s'agit de **sources canalisées** (cheminées).

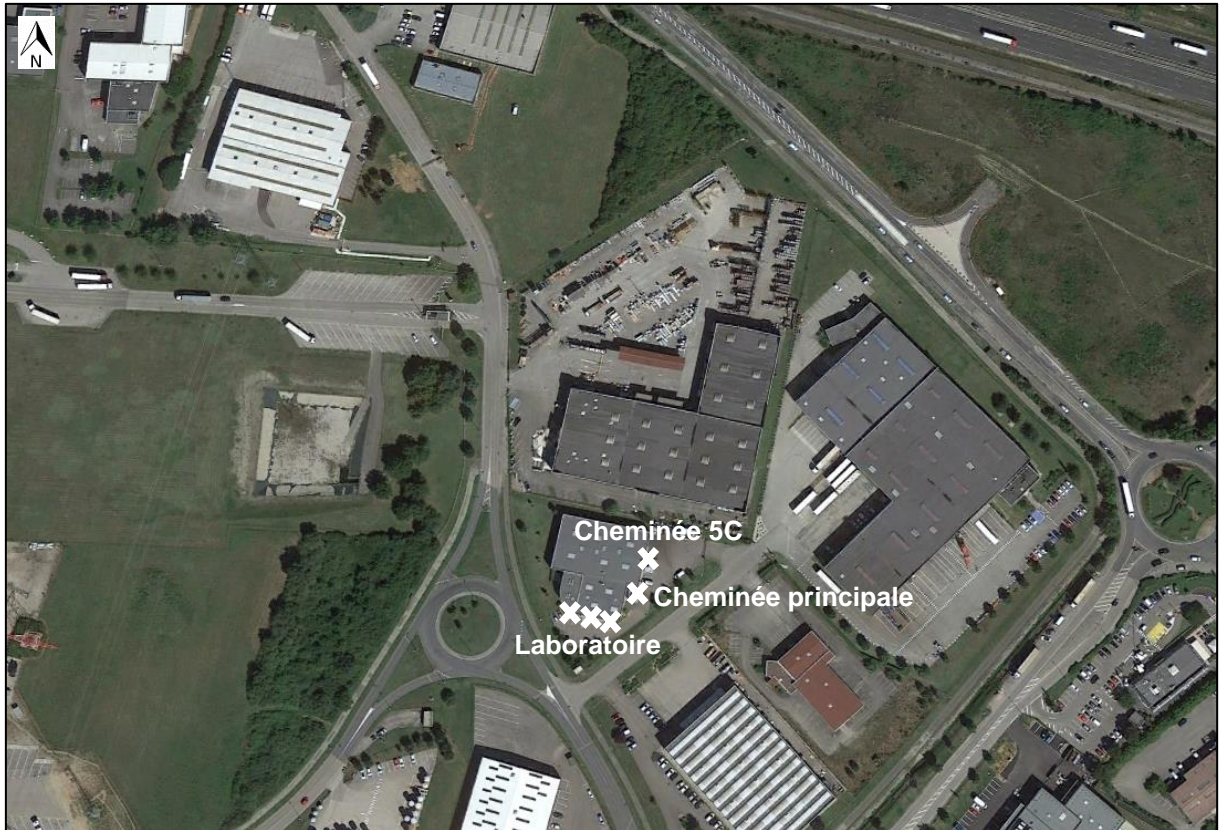


Figure 13 : Localisation sur le site de la source des rejets atmosphériques

3.3.2. Caractéristiques de la source d'émissions de polluants et calcul des flux émis

Les caractéristiques des sources d'émissions de polluants sont présentées ci-dessous. Ces données seront utilisées par le logiciel pour modéliser la dispersion des flux émis par le site.

Emissaire	Débit de sortie	Température des gaz en sortie	Diamètre de sortie	Hauteur rejet par rapport au sol	Section de sortie	Vitesse d'éjection des gaz
Unités	Nm ³ /h	°C / K	mm	m	m ²	m/s
Cheminée principale	13 400	21,5 / 294,5	650	10	0,33	14,6
Cheminée 5C	8 786	89,9 / 362,9	500	10	0,20	17,01
Labo 1	995	23,7 / 296,7	200	8	0,03	9,69
Labo 2	2 284	26,2 / 299,2	200	8	0,03	22,3
Labo 3	1 028	28,4 / 301,4	200	8	0,03	10,2

Tableau 22 : Caractéristiques des sources d'émission

3.3.3. Flux massiques des polluants à l'émission

	Cheminée principale	Cheminée 5C	Labo 1	Labo 2	Labo 3	Air	Sol
CO	9,10E-02					x	
Poussières	1,00E-02	2,15E-02	5,88E-05	0	0	x	x
HCl	8,30E-04					x	
HCN	0		2,08E-05	1,11E-04	7,37E-05	x	
HF	8,60E-04					x	
SO2	5,80E-04	0				x	
NOx	2,80E-02					x	
Cd	2,00E-04					x	x
Hg	2,00E-04					x	x
Pb	9,10E-04	1,60E-05				x	x
As	3,70E-05	6,22E-08				x	x
Ni	1,80E-04	5,00E-06				x	x
Mn	7,50E-05	1,96E-06				x	x
Cr total (Cr6)	1,10E-05	1,26E-05				x	x
Co	5,80E-04					x	x
Cu		5,04E-06				x	x
V		2,67E-08				x	x
Sb		2,67E-08				x	x
Dioxines furanes	4,00E-10					x	x
Sn		4,59E-07				x	x
Zn		6,11E-05				x	x
Acide chloroacétique		1,48E-04				x	
Acétaldéhyde		1,10E-05				x	
Furfural		9,18E-06				x	
Ag		3,17E-05				x	x
Formaldéhyde		1,29E-04				x	
Benzaldéhyde		4,59E-06				x	
Pentanal		2,30E-06				x	
Hexanal		4,59E-06				x	

* 2 colonnes de droite : Milieu dans lequel sont évalués les impacts des composés

Tableau 23 : Flux massiques des polluants à l'émission

3.3.4. Caractéristiques des rejets particulaires

En fonction de leur taille et de leur diamètre aérodynamique, on parle de PM_{10} (particules grossières et fines), $PM_{2,5}$ (particules fines) ou de $PM_{0,1}$ (particules ultrafines).

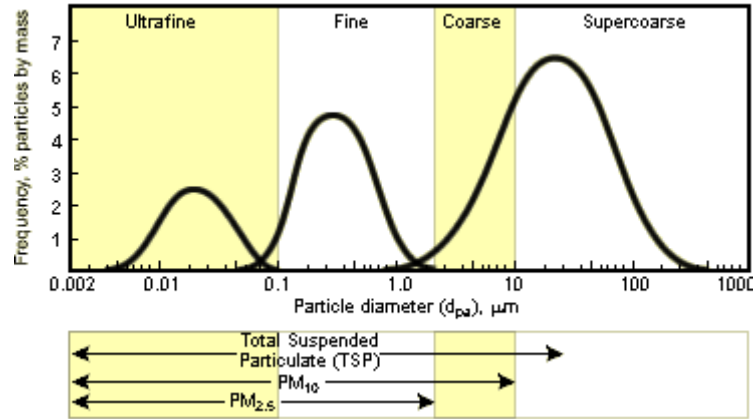


Figure 14 : Distribution de la taille des particules rencontrées dans l'atmosphère (US EPA)

Les **particules grossières** (PM_{10}) sont essentiellement constituées de matériaux terrigènes (oxydes d'aluminium, silice), de carbone, de sulfates, de nitrates et d'ammonium, d'éléments issus de l'érosion (fer, embruns (HCl)).

Les **particules fines** sont des particules transportées par l'air plus petites que les particules grossières. Elles ont un diamètre aérodynamique inférieur ou égal à 2,5 μm ($PM_{2,5}$).

Les particules fines plus petites que 0,1 μm sont appelées « **particules ultrafines** » ($PM_{0,1}$) :

- les particules fines se forment principalement à partir de gaz ;
- les particules ultrafines se forment par nucléation, qui est l'étape initiale de la transformation d'un gaz en particules. Ces particules peuvent grandir jusqu'à atteindre une taille de 1 μm soit par condensation, lorsque d'autres gaz se condensent sur la particule, soit par coagulation, lorsque deux particules ou plus se combinent pour former une particule plus grande.

Les paramètres d'entrée pour la modélisation (pour les composés particulaires) sont :

- moins de 10 % des particules a un diamètre supérieur à 10 microns ;
- « *fine particle fraction* » : 1 ;
- « *Mass mean particle diameter* » : 2,5 microns.

3.4. Usage du sol autour du site

Le logiciel de modélisation AERMOD et le logiciel d'évaluation des données météorologiques AERMET utilisent pour différents types de milieu (citadin, industriel, rural, etc.) des valeurs guides enregistrées.

Le logiciel AERMET (logiciel de préparation des données météorologiques) permet de définir l'usage du sol dans l'environnement proche du site. La définition plus fine de cet environnement permet de définir précisément : la rugosité des sols autour du site, l'albédo¹⁶, le ratio de Bowen. Ces paramètres sont utilisés par le modèle lors du calcul des flux et pour établir le niveau de stabilité de l'atmosphère. L'environnement du site est schématiquement et divisé en une seule zone (**zone urbaine**).

Les caractéristiques utilisées par le modèle sont :

	Albédo	Ratio de Bowen	Rugosité de surface
	Urban		
Annual average	0,2075	1,625	1

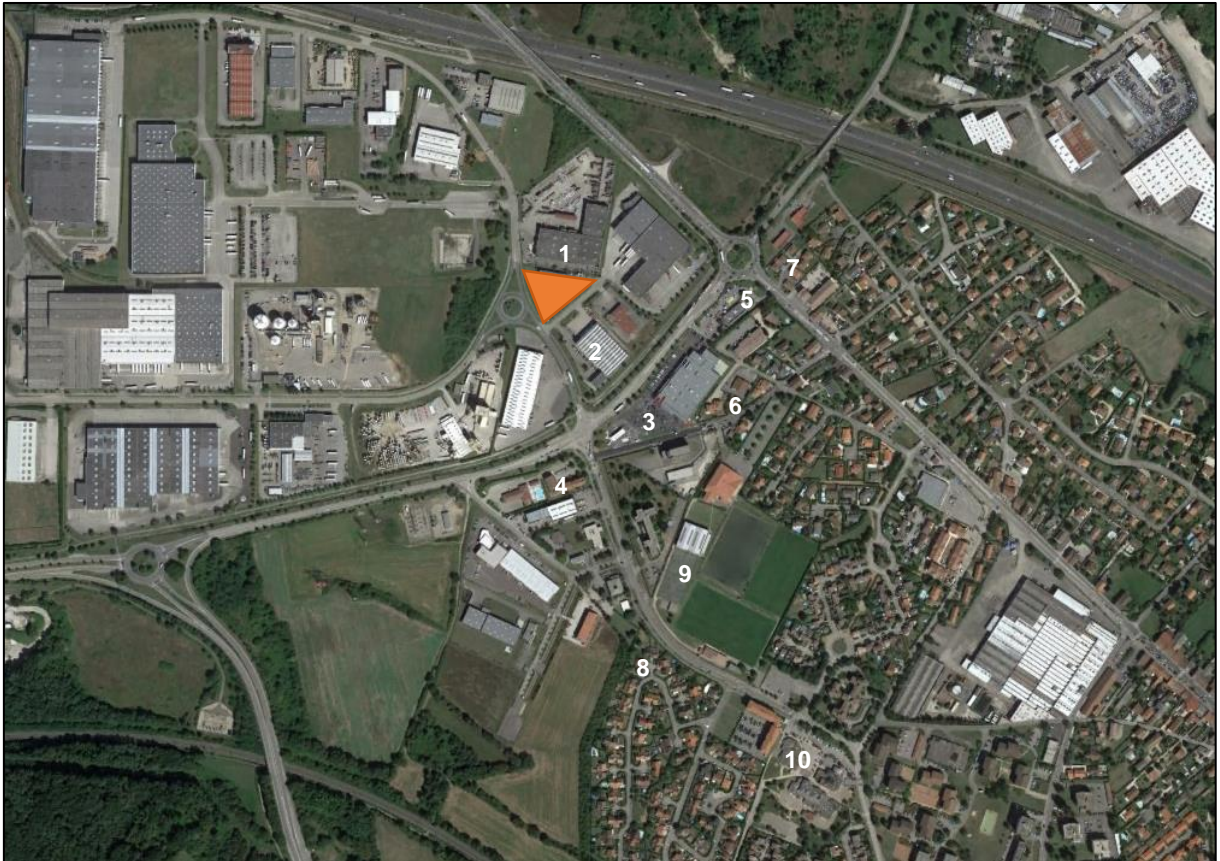
Tableau 24 : Caractéristiques de l'environnement intégrées dans la modélisation

¹⁶ L'albédo est le rapport de l'énergie solaire réfléchie par une surface sur l'énergie solaire incidente

3.5. Données liées aux récepteurs

3.5.1 Les points récepteurs permettant d'évaluer le risque sanitaire

Les récepteurs retenus sont les habitations et les zones fréquentées par des populations les plus proches du site. 10 récepteurs ont été choisis à proximité du site. Ils permettront de déterminer l'impact des différentes sources et les concentrations locales pour les substances retenues.



- | | |
|--|-----------------------|
| 1 : SAMSE (ERP, magasin) | 6 : Habitations |
| 2 : Industrie (IARP) | 7 : Habitations |
| 3 : Super U + station-service (ERP, magasin) | 8 : Habitations |
| 4 : Hôtel | 9 : Terrains de sport |
| 5 : Restaurant (ERP) | 10 : Ecole |

Source : Google Earth

Figure 15 : Localisation des récepteurs retenus pour la modélisation

3.5.2 Les points constituant le maillage du modèle

Pour le calcul des courbes d'isoconcentrations, deux maillages ont été superposés :

- le premier correspond à un maillage grossier couvrant une zone distante d'environ 3 km autour du site. Il est composé de lignes verticales et de lignes horizontales espacées de 300 m. L'intersection de ses lignes forme un maillage de 441 points où les concentrations sont calculées ;
- le second maillage est un maillage plus resserré autour des récepteurs étudiés. Il est composé de lignes verticales et de lignes horizontales espacées de 30 m. L'intersection de ses lignes forme un second maillage de 441 points où les concentrations sont calculées.

La concentration en éléments et les dépôts sont calculés en 882 points formant un maillage régulier répartis sur le périmètre autour du site.

3.6. Les options choisies pour la modélisation

Les options réglementaires de l'US EPA¹⁷ ont été retenues pour cette étude. Elles permettent d'être en accord avec les préconisations de l'US EPA pour des études aérodispersives sur des sites nécessitant un accord de l'administration américaine pour fonctionner ou s'implanter. Etant donné qu'il n'existe pas d'équivalence en France, ces options sont retenues :

Paramètre du modèle	Préconisation de l'US EPA	Option retenue pour l'étude	Remarque
Prise en compte du rabatement vers le sol du panache sortant des cheminées	<i>Option obligatoire</i>	OUI	
Élévation du panache de fumée due à la température de sortie	<i>Option obligatoire</i>	OUI	
Pas de prise en compte de l'augmentation progressive du panache	<i>Option obligatoire</i>	OUI	
Prise en compte des situations de vents calmes	<i>Option obligatoire</i>	OUI	
Utilisation des coefficients standards (ruraux et urbains) dans le profil exponentiel des vents	<i>Option obligatoire</i>	OUI	
Utilisation de coefficients standards pour les gradients verticaux de température	<i>Option obligatoire</i>	OUI	Coefficients basés sur les classes de Pasquill
Prise en compte du dépôt sec <i>de particules</i> (dû à la gravité)	<i>Option non obligatoire (peut être utilisée ou non)</i>	OUI	
Appauvrissement du panache par dépôt sec <i>des particules</i>	<i>Option non obligatoire (peut être utilisée ou non)</i>	OUI	
Prise en compte du dépôt humide <i>des particules</i> (dû aux précipitations)	<i>Option non obligatoire (peut être utilisée ou non)</i>	OUI	Les précipitations sont prises en compte dans cette étude
Appauvrissement du panache par dépôt humide <i>des particules</i>	<i>Option non obligatoire (peut être utilisée ou non)</i>	OUI	
Dépôt <i>gazeux</i> et appauvrissement du panache	<i>Option hors réglementation</i>	OUI	
Procédure de remplacement des données manquantes	<i>Option hors réglementation</i>	NON	Procédure non validée
Non prise en compte des périodes de vents calmes	<i>Option hors réglementation</i>	NON	Enlève les périodes de vents < 2m/s
Transformation chimique des composés dans l'atmosphère	<i>Option hors réglementation</i>	NON	Cas majorant

Tableau 25 : Les options du modèle

¹⁷ U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - User's guide for the industrial source complex (ISC3) dispersion models - Volume I - User instructions and Volume II - Description of model algorithms - Office of Air Quality Planning and Standards; Emissions, Monitoring, and Analysis Division; Research Triangle Park, North Carolina 27711, September 1995 - EPA-454/B-95-003a - EPA-454/B-95-003b

4. RESULTATS

La modélisation a permis de déterminer des concentrations moyennes annuelles dans l'air et des dépôts au sol pour chaque composé émis. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après.

Concentration dans l'air ambiant (µg/m3)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Monoxyde de carbone CO	1,55E+00	1,29E+00	4,66E-01	4,79E-01	1,39E-01	2,02E-01	8,74E-02	1,45E-01	1,83E-01	7,46E-02
2	Poussières	4,83E-01	3,86E-01	1,47E-01	1,18E-01	3,99E-02	6,34E-02	2,47E-02	4,35E-02	5,73E-02	2,27E-02
3	Acide chlorhydrique HCl	1,41E-02	1,18E-02	4,25E-03	4,37E-03	1,27E-03	1,84E-03	8,00E-04	1,32E-03	1,67E-03	6,80E-04
4	Acide cyanhydrique HCN	5,65E-03	5,70E-03	1,66E-03	1,75E-03	6,60E-04	8,40E-04	5,30E-04	6,90E-04	7,90E-04	3,60E-04
5	Acide fluorhydrique HF	1,47E-02	1,22E-02	4,40E-03	4,53E-03	1,31E-03	1,91E-03	8,30E-04	1,37E-03	1,73E-03	7,10E-04
6	Dioxyde de soufre SO2	9,88E-03	8,24E-03	2,97E-03	3,05E-03	8,80E-04	1,29E-03	5,60E-04	9,20E-04	1,17E-03	4,80E-04
7	Oxydes d'azote NOx	4,77E-01	3,98E-01	1,43E-01	1,47E-01	4,27E-02	6,21E-02	2,69E-02	4,46E-02	5,63E-02	2,30E-02
8	Cadmium Cd	3,41E-03	2,84E-03	1,02E-03	1,05E-03	3,10E-04	4,40E-04	1,90E-04	3,20E-04	4,00E-04	1,60E-04
9	Mercure Hg	3,41E-03	2,84E-03	1,02E-03	1,05E-03	3,10E-04	4,40E-04	1,90E-04	3,20E-04	4,00E-04	1,60E-04
10	Plomb Pb	1,57E-02	1,31E-02	4,73E-03	4,84E-03	1,41E-03	2,05E-03	8,90E-04	1,47E-03	1,86E-03	7,60E-04
11	Arsenic As	6,30E-04	5,30E-04	1,90E-04	2,00E-04	6,00E-05	8,00E-05	4,00E-05	6,00E-05	7,00E-05	3,00E-05
12	Nickel Ni	3,14E-03	2,61E-03	9,40E-04	9,60E-04	2,80E-04	4,10E-04	1,80E-04	2,90E-04	3,70E-04	1,50E-04
13	Manganèse Mn	1,31E-03	1,09E-03	3,90E-04	4,00E-04	1,20E-04	1,70E-04	7,00E-05	1,20E-04	1,50E-04	6,00E-05
14	Cr total (Cr6)	3,70E-04	3,00E-04	1,10E-04	1,00E-04	3,00E-05	5,00E-05	2,00E-05	3,00E-05	4,00E-05	2,00E-05
15	Cobalt Co	9,89E-03	8,24E-03	2,97E-03	3,06E-03	8,80E-04	1,29E-03	5,60E-04	9,20E-04	1,17E-03	4,80E-04
16	Cuivre Cu	7,00E-05	6,00E-05	2,00E-05	2,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05
17	Vanadium V	3,90E-07	3,00E-07	1,20E-07	8,00E-08	3,00E-08	5,00E-08	2,00E-08	3,00E-08	5,00E-08	2,00E-08
18	Anitmoine Sb	3,90E-07	3,00E-07	1,20E-07	8,00E-08	3,00E-08	5,00E-08	2,00E-08	3,00E-08	5,00E-08	2,00E-08
19	Dioxines furanes	1,00E-08	1,00E-08	1,00E-08	1,00E-08	1,00E-08	1,00E-08	1,00E-08	1,00E-08	1,00E-08	1,00E-08
20	Etain Sn	6,64E-06	5,18E-06	2,04E-06	1,39E-06	5,20E-07	8,70E-07	3,20E-07	5,80E-07	7,90E-07	3,10E-07
21	Zinc Zn	8,80E-04	6,90E-04	2,70E-04	1,90E-04	7,00E-05	1,20E-04	4,00E-05	8,00E-05	1,00E-04	4,00E-05
22	Acide chloroacétique	2,14E-03	1,67E-03	6,60E-04	4,50E-04	1,70E-04	2,80E-04	1,00E-04	1,90E-04	2,50E-04	1,00E-04
23	Acétaldéhyde	1,60E-04	1,20E-04	5,00E-05	3,00E-05	1,00E-05	2,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	2,00E-05	1,00E-05
24	Furfural	1,30E-04	1,00E-04	4,00E-05	3,00E-05	1,00E-05	2,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	2,00E-05	1,00E-05
25	Argent Ag	4,60E-04	3,60E-04	1,40E-04	1,00E-04	4,00E-05	6,00E-05	2,00E-05	4,00E-05	5,00E-05	2,00E-05
26	Formaldéhyde	1,87E-03	1,46E-03	5,70E-04	3,90E-04	1,50E-04	2,50E-04	9,00E-05	1,60E-04	2,20E-04	9,00E-05
27	Benzaldéhyde	7,00E-05	5,00E-05	2,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05
28	Pentanal	3,00E-05	3,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05
29	Hexanal	7,00E-05	5,00E-05	2,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05

Tableau 26 : Résultats des modélisations – Concentration dans l'air ambiant

Dépôts totaux au sol (g/m ² /an)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 Monoxyde de carbone CO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2 Poussières	5,36E-02	3,82E-02	1,38E-02	1,13E-02	4,22E-03	5,85E-03	2,48E-03	3,51E-03	4,72E-03	1,68E-03
3 Acide chlorhydrique HCl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4 Acide cyanhydrique HCN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5 Acide fluorhydrique HF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6 Dioxyde de soufre SO ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7 Oxydes d'azote Nox	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8 Cadmium Cd	3,60E-04	2,60E-04	9,00E-05	9,00E-05	3,00E-05	4,00E-05	2,00E-05	2,00E-05	3,00E-05	1,00E-05
9 Mercure Hg	3,60E-04	2,60E-04	9,00E-05	9,00E-05	3,00E-05	4,00E-05	2,00E-05	2,00E-05	3,00E-05	1,00E-05
10 Plomb Pb	1,64E-03	1,21E-03	4,10E-04	4,20E-04	1,30E-04	1,70E-04	8,00E-05	1,10E-04	1,40E-04	5,00E-05
11 Arsenic As	7,00E-05	5,00E-05	2,00E-05	2,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05
12 Nickel Ni	3,30E-04	2,40E-04	8,00E-05	8,00E-05	3,00E-05	3,00E-05	2,00E-05	2,00E-05	3,00E-05	1,00E-05
13 Manganèse Mn	1,40E-04	1,00E-04	3,00E-05	4,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05
14 Cr total (Cr6)	4,00E-05	3,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05
15 Cobalt Co	1,03E-03	7,60E-04	2,50E-04	2,70E-04	8,00E-05	1,10E-04	5,00E-05	7,00E-05	9,00E-05	3,00E-05
16 Cuivre Cu	8,36E-03	5,85E-03	2,20E-03	1,56E-03	6,60E-04	9,40E-04	3,80E-04	5,40E-04	7,40E-04	2,60E-04
17 Vanadium V	4,00E-05	3,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05
18 Antimoine Sb	4,00E-05	3,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05
19 Dioxines furanes	1,00E-08	1,00E-08	1,00E-08	1,00E-08	1,00E-08	1,00E-08	1,00E-08	1,00E-08	1,00E-08	1,00E-08
20 Etain Sn	7,60E-04	5,30E-04	2,00E-04	1,40E-04	6,00E-05	9,00E-05	4,00E-05	5,00E-05	7,00E-05	2,00E-05
21 Zinc Zn	1,00E-04	7,00E-05	3,00E-05	2,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05
22 Acide chloroacétique	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23 Acétaldéhyde	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24 Furfural	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25 Argent Ag	5,00E-05	4,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05
26 Formaldéhyde	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27 Benzaldéhyde	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29 Pentanal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30 Hexanal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tableau 27 : Résultats des modélisations – Dépôts totaux au sol

5. CONCLUSION ET INCERTITUDES

5.1. Incertitudes liées aux caractéristiques du site

5.1.1. Topographie

Dans cette étude, la topographie a été prise en compte. Etant donnée la géographie relativement plane dans les environs immédiats du site, l'influence de la topographie à petite échelle peut être considérée comme négligeable. A une échelle plus large, le relief au Sud du site notamment, laisse supposer que l'influence des collines ne sera pas négligeable.

La topographie de proximité (de l'ordre du mètre) n'a pas été intégrée au modèle. Toutefois, afin d'évaluer l'impact moyen sur les populations dans le rayon choisi autour du site, la précision considérée est suffisante pour observer l'influence du relief entre les récepteurs et le site, notamment du fait de l'orientation des principaux vents.

5.1.2. Concentration à l'émission

Les données concernant les rejets sont issues des concentrations mesurées par AUREUS lors de tests en situation réelle et de mesures périodiques et des valeurs limites imposées par l'arrêté ministériel du 20 septembre 2002 relatif aux installations d'incinération.

5.2. Incertitudes liées à la météorologie

Aucune incertitude particulière n'est à relever. La station météorologique retenue, sur les conseils de Météo France, est la plus proche du site. Les conditions globales restent assez proches. L'année des données utilisées a été sélectionnée à l'aide d'un ingénieur de Météo France comme une année représentative des dernières années.

5.3. Incertitudes liées à la chimie

Les caractéristiques chimiques des polluants (stabilité, modification par oxydoréduction, etc.) n'ont pas été prises en compte ce qui induit une surestimation des valeurs dans notre étude.

5.4. Conclusion

Notre étude présente des résultats de simulation pour une année moyenne représentative de la météorologie locale. Les résultats présentés ci-dessus sont des estimations des concentrations basées sur les caractéristiques du site et les concentrations mesurées à l'émission.

ANNEXE 2 : FEUILLES DE CALCUL DE RISQUE

Résultats de la modélisation / Scénario « résidentiel »

Scénario habitations proches (récepteur n°6)			
Substances	Concentration dans l'air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Dépôts au sol ($\text{g}/\text{m}^2/\text{an}$)	Concentration dans le sol au bout de 40 ans (mg/kg)
Monoxyde de carbone CO	2,02E-01		
Poussières	6,34E-02	5,85E-03	1,30E+01
Acide chlorhydrique HCl	1,84E-03		
Acide cyanhydrique HCN	8,40E-04		
Acide fluorhydrique HF	1,91E-03		
Dioxyde de soufre SO₂	1,29E-03		
Oxydes d'azote NO_x	6,21E-02		
Cadmium Cd	4,40E-04	4,00E-05	8,89E-02
Mercure Hg	4,40E-04	4,00E-05	8,89E-02
Plomb Pb	2,05E-03	1,70E-04	3,78E-01
Arsenic As	8,00E-05	1,00E-05	2,22E-02
Nickel Ni	4,10E-04	3,00E-05	6,67E-02
Manganèse Mn	1,70E-04	1,00E-05	2,22E-02
Cr total (Cr6)	5,00E-05	1,00E-05	2,22E-02
Cobalt Co	1,29E-03	1,10E-04	2,44E-01
Cuivre Cu	1,00E-05	9,40E-04	2,09E+00
Vanadium V	5,00E-08	1,00E-05	2,22E-02
Anitmoine Sb	5,00E-08	1,00E-05	2,22E-02
Dioxines furanes	1,00E-08	1,00E-08	2,22E-05
Etain Sn	8,70E-07	9,00E-05	2,00E-01
Zinc Zn	1,20E-04	1,00E-05	2,22E-02
Acide chloroacétique	2,80E-04		
Acétaldéhyde	2,00E-05		
Furfural	2,00E-05		
Argent Ag	6,00E-05	1,00E-05	2,22E-02
Formaldéhyde	2,50E-04		
Benzaldéhyde	1,00E-05		
Pentanal	1,00E-05		
Hexanal	1,00E-05		

Résultats de la modélisation / Scénario « ERP sensible »

Scénario ERP sensible - Ecole (récepteur n°10)			
Substances	Concentration dans l'air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Dépôts au sol ($\text{g}/\text{m}^2/\text{an}$)	Concentration dans le sol au bout de 40 ans (mg/kg)
Monoxyde de carbone CO	7,46E-02		
Poussières	2,27E-02	1,68E-03	3,73E+00
Acide chlorhydrique HCl	6,80E-04		
Acide cyanhydrique HCN	3,60E-04		
Acide fluorhydrique HF	7,10E-04		
Dioxyde de soufre SO₂	4,80E-04		
Oxydes d'azote NO_x	2,30E-02		
Cadmium Cd	1,60E-04	1,00E-05	2,22E-02
Mercure Hg	1,60E-04	1,00E-05	2,22E-02
Plomb Pb	7,60E-04	5,00E-05	1,11E-01
Arsenic As	3,00E-05	1,00E-05	2,22E-02
Nickel Ni	1,50E-04	1,00E-05	2,22E-02
Manganèse Mn	6,00E-05	1,00E-05	2,22E-02
Cr total (Cr6)	2,00E-05	1,00E-05	2,22E-02
Cobalt Co	4,80E-04	3,00E-05	6,67E-02
Cuivre Cu	1,00E-05	2,60E-04	5,78E-01
Vanadium V	2,00E-08	1,00E-05	2,22E-02
Anitmoine Sb	2,00E-08	1,00E-05	2,22E-02
Dioxines furanes	1,00E-08	1,00E-08	2,22E-05
Étain Sn	3,10E-07	2,00E-05	4,44E-02
Zinc Zn	4,00E-05	1,00E-05	2,22E-02
Acide chloroacétique	1,00E-04		
Acétaldéhyde	1,00E-05		
Furfural	1,00E-05		
Argent Ag	2,00E-05	1,00E-05	2,22E-02
Formaldéhyde	9,00E-05		
Benzaldéhyde	1,00E-05		
Pentanal	1,00E-05		
Hexanal	1,00E-05		

Résultats de la modélisation / Scénario « professionnel »

Scénario professionnel - SAMSE (récepteur n°1)			
Substances	Concentration dans l'air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Dépôts au sol ($\text{g}/\text{m}^2/\text{an}$)	Concentration dans le sol au bout de 40 ans (mg/kg)
Monoxyde de carbone CO	1,55E+00		
Poussières	4,83E-01	5,36E-02	1,19E+02
Acide chlorhydrique HCl	1,41E-02		
Acide cyanhydrique HCN	5,65E-03		
Acide fluorhydrique HF	1,47E-02		
Dioxyde de soufre SO₂	9,88E-03		
Oxydes d'azote NO_x	4,77E-01		
Cadmium Cd	3,41E-03	3,60E-04	8,00E-01
Mercure Hg	3,41E-03	3,60E-04	8,00E-01
Plomb Pb	1,57E-02	1,64E-03	3,64E+00
Arsenic As	6,30E-04	7,00E-05	1,56E-01
Nickel Ni	3,14E-03	3,30E-04	7,33E-01
Manganèse Mn	1,31E-03	1,40E-04	3,11E-01
Cr total (Cr6)	3,70E-04	4,00E-05	8,89E-02
Cobalt Co	9,89E-03	1,03E-03	2,29E+00
Cuivre Cu	7,00E-05	8,36E-03	1,86E+01
Vanadium V	3,90E-07	4,00E-05	8,89E-02
Anitmoine Sb	3,90E-07	4,00E-05	8,89E-02
Dioxines furanes	1,00E-08	1,00E-08	2,22E-05
Etain Sn	6,64E-06	7,60E-04	1,69E+00
Zinc Zn	8,80E-04	1,00E-04	2,22E-01
Acide chloroacétique	2,14E-03		
Acétaldéhyde	1,60E-04		
Furfural	1,30E-04		
Argent Ag	4,60E-04	5,00E-05	1,11E-01
Formaldéhyde	1,87E-03		
Benzaldéhyde	7,00E-05		
Pentanal	3,00E-05		
Hexanal	7,00E-05		

Inhalation / Scénario « résidentiel »

Inhalation air											
$CMI = C \times TE \times F$					$CMI = \frac{C \times TE \times F \times DE}{TP}$						
Substance	Concentration dans l'air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Effets à seuil (adulte)			Effets sans seuil (adulte)			Effets sans seuil (enfant)			
		CI ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	VTR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	QD	CI ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	VTR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	ERI	CI ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	VTR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	ERI	
Monoxyde de carbone CO	2,02E-01	1,49E-01			6,40E-02			1,28E-02			
Poussières	6,34E-02	4,69E-02			2,01E-02			4,02E-03			
Acide chlorhydrique HCl	1,84E-03	1,36E-03	2,00E+01	6,81E-05	5,83E-04			1,17E-04			
Acide cyanhydrique HCN	8,40E-04	6,22E-04	8,00E-01	7,77E-04	2,66E-04			5,33E-05			
Acide fluorhydrique HF	1,91E-03	1,41E-03	1,40E+01	1,01E-04	6,06E-04			1,21E-04			
Dioxyde de soufre SO2	1,29E-03	9,54E-04			4,09E-04			8,18E-05			
Oxydes d'azote NOx	6,21E-02	4,59E-02			1,97E-02			3,94E-03			
Cadmium Cd	4,40E-04	3,26E-04	3,00E-01	1,09E-03	1,40E-04	4,20E-03	5,86E-07	2,79E-05	4,20E-03	1,17E-07	
Mercure Hg	4,40E-04	3,26E-04	3,00E-02	1,09E-02	1,40E-04			2,79E-05			
Plomb Pb	2,05E-03	1,52E-03	9,00E-01	1,69E-03	6,50E-04	1,20E-05	7,80E-09	1,30E-04	1,20E-05	1,56E-09	
Arsenic As	8,00E-05	5,92E-05	1,50E-02	3,95E-03	2,54E-05	4,30E-03	1,09E-07	5,07E-06	4,30E-03	2,18E-08	
Nickel Ni	4,10E-04	3,03E-04	9,00E-02	3,37E-03	1,30E-04	3,80E-04	4,94E-08	2,60E-05	3,80E-04	9,88E-09	
Manganèse Mn	1,70E-04	1,26E-04	3,00E-01	4,19E-04	5,39E-05			1,08E-05			
Cr total (Cr6)	5,00E-05	3,70E-05	5,00E-03	7,40E-03	1,59E-05	4,00E-02	6,34E-07	3,17E-06	4,00E-02	1,27E-07	
Cobalt Co	1,29E-03	9,54E-04	1,00E-01	9,54E-03	4,09E-04			8,18E-05			
Cuivre Cu	1,00E-05	7,40E-06	1,00E+00	7,40E-06	3,17E-06			6,34E-07			
Vanadium V	5,00E-08	3,70E-08	1,00E-01	3,70E-07	1,59E-08			3,17E-09			
Antimoine Sb	5,00E-08	3,70E-08			1,59E-08			3,17E-09			
Dioxines furanes	1,00E-08	7,40E-09	4,00E-05	1,85E-04	3,17E-09			6,34E-10			
Etain Sn	8,70E-07	6,44E-07			2,76E-07			5,52E-08			
Zinc Zn	1,20E-04	8,88E-05			3,81E-05			7,61E-06			
Acide chloroacétique	2,80E-04	2,07E-04			8,88E-05			1,78E-05			
Acétaldéhyde	2,00E-05	1,48E-05	1,40E+02	1,06E-07	6,34E-06	2,20E-06	1,40E-11	1,27E-06	2,20E-06	2,79E-12	
Furfural	2,00E-05	1,48E-05			6,34E-06			1,27E-06			
Argent Ag	6,00E-05	4,44E-05			1,90E-05			3,81E-06			
Formaldéhyde	2,50E-04	1,85E-04	1,00E+01	1,85E-05	7,93E-05	1,00E-05	7,93E-10	1,59E-05	1,00E-05	1,59E-10	
Benzaldéhyde	1,00E-05	7,40E-06			3,17E-06			6,34E-07			
Pentanal	1,00E-05	7,40E-06			3,17E-06			6,34E-07			
Hexanal	1,00E-05	7,40E-06			3,17E-06			6,34E-07			
				3,95E-02			1,39E-06			2,77E-07	

Inhalation particules sol										
		$CMI = (frs_s \times TSP_s \times t_s + frs_i \times TSP_i \times t_i) \times \frac{C_{sol} \times fr \times F}{TP}$			$CMI = (frs_s \times TSP_s \times t_s + frs_i \times TSP_i \times t_i) \times \frac{C_{sol} \times fr \times F \times DE}{TP}$					
		Effets à seuil (adulte et enfant)			Effets sans seuil (adulte)			Effets sans seuil (enfant)		
Substance	Concentration dans le sol au bout de 40 ans (mg/kg)	CI (µg/m ³)	VTR (µg/m ³)	QD	CI (µg/m ³)	VTR (µg/m ³) ⁻¹	ERI	CI (µg/m ³)	VTR (µg/m ³) ⁻¹	ERI
Monoxyde de carbone CO										
Poussières	1,30E+01	3,17E-04			1,36E-04			2,72E-05		
Acide chlorhydrique HCl			2,00E+01							
Acide cyanhydrique HCN			8,00E-01							
Acide fluorhydrique HF			1,40E+01							
Dioxyde de soufre SO2										
Oxydes d'azote NOx										
Cadmium Cd	8,89E-02	2,17E-06	3,00E-01	7,22E-06	9,29E-07	4,20E-03	3,90E-09	1,86E-07	4,20E-03	7,80E-10
Mercure Hg	8,89E-02	2,17E-06	3,00E-02	7,22E-05	9,29E-07			1,86E-07		
Plomb Pb	3,78E-01	9,21E-06	9,00E-01	1,02E-05	3,95E-06	1,20E-05	4,74E-11	7,89E-07	1,20E-05	9,47E-12
Arsenic As	2,22E-02	5,42E-07	1,50E-02	3,61E-05	2,32E-07	4,30E-03	9,98E-10	4,64E-08	4,30E-03	2,00E-10
Nickel Ni	6,67E-02	1,63E-06	9,00E-02	1,81E-05	6,97E-07	3,80E-04	2,65E-10	1,39E-07	3,80E-04	5,29E-11
Manganèse Mn	2,22E-02	5,42E-07	3,00E-01	1,81E-06	2,32E-07			4,64E-08		
Cr total (Cr6)	2,22E-02	5,42E-07	5,00E-03	1,08E-04	2,32E-07	4,00E-02	9,29E-09	4,64E-08	4,00E-02	1,86E-09
Cobalt Co	2,44E-01	5,96E-06	1,00E-01	5,96E-05	2,55E-06			5,11E-07		
Cuivre Cu	2,09E+00	5,09E-05	1,00E+00	5,09E-05	2,18E-05			4,37E-06		
Vanadium V	2,22E-02	5,42E-07	1,00E-01	5,42E-06	2,32E-07			4,64E-08		
Antimoine Sb	2,22E-02	5,42E-07			2,32E-07			4,64E-08		
Dioxines furanes	2,22E-05	5,42E-10	4,00E-05	1,35E-05	2,32E-10			4,64E-11		
Etain Sn	2,00E-01	4,88E-06			2,09E-06			4,18E-07		
Zinc Zn	2,22E-02	5,42E-07			2,32E-07			4,64E-08		
Acide chloroacétique										
Acétaldéhyde			1,40E+02			2,20E-06			2,20E-06	
Furfural										
Argent Ag	2,22E-02	5,42E-07			2,32E-07			4,64E-08		
Formaldéhyde			1,00E+01			1,00E-05			1,00E-05	
Benzaldéhyde										
Pentanal										
Hexanal										
				3,84E-04			1,45E-08			2,90E-09

Inhalation / Scénario « ERP sensible »

Inhalation air										
		$CMI = \frac{C \times TE \times F}{TP}$			$CMI = \frac{C \times TE \times F \times DE}{TP}$					
Substance	Concentration dans l'air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Effets à seuil (adulte)			Effets sans seuil (adulte)			Effets sans seuil (enfant)		
		CI ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	VTR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	QD	CI ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	VTR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	ERI	CI ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	VTR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	ERI
Monoxyde de carbone CO	7,46E-02	1,69E-02			1,01E-02			1,45E-03		
Poussières	2,27E-02	5,15E-03			3,09E-03			4,41E-04		
Acide chlorhydrique HCl	6,80E-04	1,54E-04	2,00E+01	7,71E-06	9,25E-05			1,32E-05		
Acide cyanhydrique HCN	3,60E-04	8,16E-05	8,00E-01	1,02E-04	4,90E-05			6,99E-06		
Acide fluorhydrique HF	7,10E-04	1,61E-04	1,40E+01	1,15E-05	9,66E-05			1,38E-05		
Dioxyde de soufre SO2	4,80E-04	1,09E-04			6,53E-05			9,33E-06		
Oxydes d'azote NOx	2,30E-02	5,20E-03			3,12E-03			4,46E-04		
Cadmium Cd	1,60E-04	3,63E-05	3,00E-01	1,21E-04	2,18E-05	4,20E-03	9,14E-08	3,11E-06	4,20E-03	1,31E-08
Mercure Hg	1,60E-04	3,63E-05	3,00E-02	1,21E-03	2,18E-05			3,11E-06		
Plomb Pb	7,60E-04	1,72E-04	9,00E-01	1,91E-04	1,03E-04	1,20E-05	1,24E-09	1,48E-05	1,20E-05	1,77E-10
Arsenic As	3,00E-05	6,80E-06	1,50E-02	4,53E-04	4,08E-06	4,30E-03	1,75E-08	5,83E-07	4,30E-03	2,51E-09
Nickel Ni	1,50E-04	3,40E-05	9,00E-02	3,78E-04	2,04E-05	3,80E-04	7,75E-09	2,91E-06	3,80E-04	1,11E-09
Manganèse Mn	6,00E-05	1,36E-05	3,00E-01	4,53E-05	8,16E-06			1,17E-06		
Cr total (Cr6)	2,00E-05	4,53E-06	5,00E-03	9,07E-04	2,72E-06	4,00E-02	1,09E-07	3,89E-07	4,00E-02	1,55E-08
Cobalt Co	4,80E-04	1,09E-04	1,00E-01	1,09E-03	6,53E-05			9,33E-06		
Cuivre Cu	1,00E-05	2,27E-06	1,00E+00	2,27E-06	1,36E-06			1,94E-07		
Vanadium V	2,00E-08	4,53E-09	1,00E-01	4,53E-08	2,72E-09			3,89E-10		
Anitmoine Sb	2,00E-08	4,53E-09			2,72E-09			3,89E-10		
Dioxines furanes	1,00E-08	2,27E-09	4,00E-05	5,67E-05	1,36E-09			1,94E-10		
Etain Sn	3,10E-07	7,03E-08			4,22E-08			6,02E-09		
Zinc Zn	4,00E-05	9,07E-06			5,44E-06			7,77E-07		
Acide chloroacétique	1,00E-04	2,27E-05			1,36E-05			1,94E-06		
Acétaldéhyde	1,00E-05	2,27E-06	1,40E+02	1,62E-08	1,36E-06	2,20E-06	2,99E-12	1,94E-07	2,20E-06	4,27E-13
Furfural	1,00E-05	2,27E-06			1,36E-06			1,94E-07		
Argent Ag	2,00E-05	4,53E-06			2,72E-06			3,89E-07		
Formaldéhyde	9,00E-05	2,04E-05	1,00E+01	2,04E-06	1,22E-05	1,00E-05	1,22E-10	1,75E-06	1,00E-05	1,75E-11
Benzaldéhyde	1,00E-05	2,27E-06			1,36E-06			1,94E-07		
Pentanal	1,00E-05	2,27E-06			1,36E-06			1,94E-07		
Hexanal	1,00E-05	2,27E-06			1,36E-06			1,94E-07		
				4,57E-03			2,27E-07			3,24E-08

Inhalation particules sol										
		$CMI = (frs_1 \times TSP_1 \times t_1 + frs_2 \times TSP_2 \times t_2) \times \frac{C_{sol} \times fr \times F}{TP}$			$CMI = (frs_1 \times TSP_1 \times t_1 + frs_2 \times TSP_2 \times t_2) \times \frac{C_{sol} \times fr \times F \times DE}{TP}$					
Substance	Concentration dans le sol au bout de 40 ans (mg/kg)	Effets à seuil (adulte et enfant)			Effets sans seuil (adulte)			Effets sans seuil (enfant)		
		CI (µg/m ³)	VTR (µg/m ³)	QD	CI (µg/m ³)	VTR (µg/m ³) ⁻¹	ERI	CI (µg/m ³)	VTR (µg/m ³) ⁻¹	ERI
Monoxyde de carbone CO										
Poussières	3,73E+00	6,66E-05			4,00E-05			5,71E-06		
Acide chlorhydrique HCl			2,00E+01							
Acide cyanhydrique HCN			8,00E-01							
Acide fluorhydrique HF			1,40E+01							
Dioxyde de soufre SO2										
Oxydes d'azote NOx										
Cadmium Cd	2,22E-02	3,97E-07	3,00E-01	1,32E-06	2,38E-07	4,20E-03	1,00E-09	3,40E-08	4,20E-03	1,43E-10
Mercure Hg	2,22E-02	3,97E-07	3,00E-02	1,32E-05	2,38E-07			3,40E-08		
Plomb Pb	1,11E-01	1,98E-06	9,00E-01	2,20E-06	1,19E-06	1,20E-05	1,43E-11	1,70E-07	1,20E-05	2,04E-12
Arsenic As	2,22E-02	3,97E-07	1,50E-02	2,64E-05	2,38E-07	4,30E-03	1,02E-09	3,40E-08	4,30E-03	1,46E-10
Nickel Ni	2,22E-02	3,97E-07	9,00E-02	4,41E-06	2,38E-07	3,80E-04	9,04E-11	3,40E-08	3,80E-04	1,29E-11
Manganèse Mn	2,22E-02	3,97E-07	3,00E-01	1,32E-06	2,38E-07			3,40E-08		
Cr total (Cr6)	2,22E-02	3,97E-07	5,00E-03	7,93E-05	2,38E-07	4,00E-02	9,52E-09	3,40E-08	4,00E-02	1,36E-09
Cobalt Co	6,67E-02	1,19E-06	1,00E-01	1,19E-05	7,14E-07			1,02E-07		
Cuivre Cu	5,78E-01	1,03E-05	1,00E+00	1,03E-05	6,19E-06			8,84E-07		
Vanadium V	2,22E-02	3,97E-07	1,00E-01	3,97E-06	2,38E-07			3,40E-08		
Anitmoine Sb	2,22E-02	3,97E-07			2,38E-07			3,40E-08		
Dioxines furanes	2,22E-05	3,97E-10	4,00E-05	9,92E-06	2,38E-10			3,40E-11		
Etain Sn	4,44E-02	7,93E-07			4,76E-07			6,80E-08		
Zinc Zn	2,22E-02	3,97E-07			2,38E-07			3,40E-08		
Acide chloroacétique										
Acétaldéhyde			1,40E+02			2,20E-06			2,20E-06	
Furfural										
Argent Ag	2,22E-02	3,97E-07			2,38E-07			3,40E-08		
Formaldéhyde			1,00E+01			1,00E-05			1,00E-05	
Benzaldéhyde										
Pentanal										
Hexanal				1,64E-04			1,16E-08			1,66E-09

Inhalation / Scénario « professionnel »

Inhalation air							
		$CMI = C \times TE \times F$			$CMI = \frac{C \times TE \times F \times DE}{TP}$		
Substance	Concentration dans l'air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Effets à seuil (adulte)			Effets sans seuil (adulte)		
		Cl ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	VTR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	QD	Cl ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	VTR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	ERI
Monoxyde de carbone CO	1,55E+00	3,54E-01			2,12E-01		
Poussières	4,83E-01	1,10E-01			6,62E-02		
Acide chlorhydrique HCl	1,41E-02	3,23E-03	2,00E+01	1,61E-04	1,94E-03		
Acide cyanhydrique HCN	5,65E-03	1,29E-03	8,00E-01	1,61E-03	7,74E-04		
Acide fluorhydrique HF	1,47E-02	3,34E-03	1,40E+01	2,39E-04	2,01E-03		
Dioxyde de soufre SO2	9,88E-03	2,26E-03			1,35E-03		
Oxydes d'azote NOx	4,77E-01	1,09E-01			6,53E-02		
Cadmium Cd	3,41E-03	7,79E-04	3,00E-01	2,60E-03	4,67E-04	4,20E-03	1,96E-06
Mercuré Hg	3,41E-03	7,79E-04	3,00E-02	2,60E-02	4,67E-04		
Plomb Pb	1,57E-02	3,59E-03	9,00E-01	3,99E-03	2,16E-03	1,20E-05	2,59E-08
Arsenic As	6,30E-04	1,44E-04	1,50E-02	9,59E-03	8,63E-05	4,30E-03	3,71E-07
Nickel Ni	3,14E-03	7,17E-04	9,00E-02	7,97E-03	4,30E-04	3,80E-04	1,63E-07
Manganèse Mn	1,31E-03	2,99E-04	3,00E-01	9,97E-04	1,79E-04		
Cr total (Cr6)	3,70E-04	8,45E-05	5,00E-03	1,69E-02	5,07E-05	4,00E-02	2,03E-06
Cobalt Co	9,89E-03	2,26E-03	1,00E-01	2,26E-02	1,35E-03		
Cuivre Cu	7,00E-05	1,60E-05	1,00E+00	1,60E-05	9,59E-06		
Vanadium V	3,90E-07	8,90E-08	1,00E-01	8,90E-07	5,34E-08		
Anitmoine Sb	3,90E-07	8,90E-08			5,34E-08		
Dioxines furanes	1,00E-08	2,28E-09	4,00E-05	5,71E-05	1,37E-09		
Etain Sn	6,64E-06	1,52E-06			9,10E-07		
Zinc Zn	8,80E-04	2,01E-04			1,21E-04		
Acide chloroacétique	2,14E-03	4,89E-04			2,93E-04		
Acétaldéhyde	1,60E-04	3,65E-05	1,40E+02	2,61E-07	2,19E-05	2,20E-06	4,82E-11
Furfural	1,30E-04	2,97E-05			1,78E-05		
Argent Ag	4,60E-04	1,05E-04			6,30E-05		
Formaldéhyde	1,87E-03	4,27E-04	1,00E+01	4,27E-05	2,56E-04	1,00E-05	2,56E-09
Benzaldéhyde	7,00E-05	1,60E-05			9,59E-06		
Pentanal	3,00E-05	6,85E-06			4,11E-06		
Hexanal	7,00E-05	1,60E-05			9,59E-06		
				9,27E-02			4,55E-06

Inhalation particules sol							
		$CMI = (fr_{s_1} \times TSP_1 \times t_1 + fr_{s_2} \times TSP_2 \times t_2) \times \frac{C_{sol} \times fr \times F}{TP}$			$CMI = (fr_{s_1} \times TSP_1 \times t_1 + fr_{s_2} \times TSP_2 \times t_2) \times \frac{C_{sol} \times fr \times F \times DE}{TP}$		
Substance	Concentration dans le sol au bout de 40 ans (mg/kg)	Effets à seuil (adulte)			Effets sans seuil (adulte)		
		CI (µg/m ³)	VTR (µg/m ³)	QD	CI (µg/m ³)	VTR (µg/m ³) ⁻¹	ERI
Monoxyde de carbone CO							
Poussières	1,19E+02	2,14E-03			1,28E-03		
Acide chlorhydrique HCl			2,00E+01				
Acide cyanhydrique HCN			8,00E-01				
Acide fluorhydrique HF			1,40E+01				
Dioxyde de soufre SO2							
Oxydes d'azote NOx							
Cadmium Cd	8,00E-01	1,44E-05	3,00E-01	4,79E-05	8,63E-06	4,20E-03	3,62E-08
Mercure Hg	8,00E-01	1,44E-05	3,00E-02	4,79E-04	8,63E-06		
Plomb Pb	3,64E+00	6,55E-05	9,00E-01	7,28E-05	3,93E-05	1,20E-05	4,72E-10
Arsenic As	1,56E-01	2,80E-06	1,50E-02	1,86E-04	1,68E-06	4,30E-03	7,22E-09
Nickel Ni	7,33E-01	1,32E-05	9,00E-02	1,46E-04	7,91E-06	3,80E-04	3,01E-09
Manganèse Mn	3,11E-01	5,59E-06	3,00E-01	1,86E-05	3,36E-06		
Cr total (Cr6)	8,89E-02	1,60E-06	5,00E-03	3,20E-04	9,59E-07	4,00E-02	3,84E-08
Cobalt Co	2,29E+00	4,12E-05	1,00E-01	4,12E-04	2,47E-05		
Cuivre Cu	1,86E+01	3,34E-04	1,00E+00	3,34E-04	2,00E-04		
Vanadium V	8,89E-02	1,60E-06	1,00E-01	1,60E-05	9,59E-07		
Anitmoine Sb	8,89E-02	1,60E-06			9,59E-07		
Dioxines furanes	2,22E-05	4,00E-10	4,00E-05	9,99E-06	2,40E-10		
Etain Sn	1,69E+00	3,04E-05			1,82E-05		
Zinc Zn	2,22E-01	4,00E-06			2,40E-06		
Acide chloroacétique							
Acétaldéhyde			1,40E+02			2,20E-06	
Furfural							
Argent Ag	1,11E-01	2,00E-06			1,20E-06		
Formaldéhyde			1,00E+01			1,00E-05	
Benzaldéhyde							
Pentanal							
Hexanal							
				2,04E-03			8,53E-08

Ingestion de sol / Scénario « résidentiel »

Substance	Effets à seuil (Adulte)				Effets à seuil (Enfant)				Effets sans seuil (Adulte)			Effets sans seuil (Enfant)		
	Concentration dans le sol au bout de 40 ans (mg/kg)	DJE (mg/kg/j)	VTR (mg/kg/j)	QD	Concentration dans le sol au bout de 40 ans (mg/kg)	DJE (mg/kg/j)	VTR (mg/kg/j)	QD	DJE (mg/kg/j)	VTR (mg/kg/j) ⁻¹	ERI	DJE (mg/kg/j)	VTR (mg/kg/j) ⁻¹	ERI
Monoxyde de carbone CO														
Poussières	1,30E+01	3,45E-06			1,30E+01	4,02E-05			1,48E-06			3,45E-06		
Acide chlorhydrique HCl														
Acide cyanhydrique HCN														
Acide fluorhydrique HF														
Dioxyde de soufre SO2														
Oxydes d'azote NOx														
Cadmium Cd	8,89E-02	2,36E-08	3,60E-04	6,55E-05	8,89E-02	2,75E-07	3,60E-04	7,64E-04	1,01E-08			2,36E-08		
Mercure Hg	8,89E-02	2,36E-08	6,60E-04	3,57E-05	8,89E-02	2,75E-07	6,60E-04	4,17E-04	1,01E-08			2,36E-08		
Plomb Pb	3,78E-01	1,00E-07	6,30E-04	1,59E-04	3,78E-01	1,17E-06	6,30E-04	1,86E-03	4,30E-08	8,50E-03	3,65E-10	1,00E-07	8,50E-03	8,52E-10
Arsenic As	2,22E-02	5,90E-09	4,50E-04	1,31E-05	2,22E-02	6,88E-08	4,50E-04	1,53E-04	2,53E-09	1,50E+00	3,79E-09	5,90E-09	1,50E+00	8,85E-09
Nickel Ni	6,67E-02	1,77E-08	1,10E-02	1,61E-06	6,67E-02	2,06E-07	1,10E-02	1,88E-05	7,58E-09			1,77E-08		
Manganèse Mn	2,22E-02	5,90E-09	1,40E-01	4,21E-08	2,22E-02	6,88E-08	1,40E-01	4,91E-07	2,53E-09			5,90E-09		
Cr total (Cr6)	2,22E-02	5,90E-09	9,00E-04	6,55E-06	2,22E-02	6,88E-08	9,00E-04	7,64E-05	2,53E-09	5,00E-01	1,26E-09	5,90E-09	5,00E-01	2,95E-09
Cobalt Co	2,44E-01	6,49E-08	1,40E-03	4,63E-05	2,44E-01	7,57E-07	1,40E-03	5,41E-04	2,78E-08			6,49E-08		
Cuivre Cu	2,09E+00	5,54E-07	1,40E-01	3,96E-06	2,09E+00	6,47E-06	1,40E-01	4,62E-05	2,38E-07			5,54E-07		
Vanadium V	2,22E-02	5,90E-09	2,00E-03	2,95E-06	2,22E-02	6,88E-08	2,00E-03	3,44E-05	2,53E-09			5,90E-09		
Animoine Sb	2,22E-02	5,90E-09	4,00E-04	1,47E-05	2,22E-02	6,88E-08	4,00E-04	1,72E-04	2,53E-09			5,90E-09		
Dioxines furanes	2,22E-05	5,90E-12	7,00E-10	8,42E-03	2,22E-05	6,88E-11	7,00E-10	9,83E-02	2,53E-12			5,90E-12		
Étain Sn	2,00E-01	5,31E-08	3,00E-01	1,77E-07	2,00E-01	6,19E-07	3,00E-01	2,06E-06	2,27E-08			5,31E-08		
Zinc Zn	2,22E-02	5,90E-09	3,00E-01	1,97E-08	2,22E-02	6,88E-08	3,00E-01	2,29E-07	2,53E-09			5,90E-09		
Acide chloroacétique														
Acétaldéhyde														
Furfural														
Argent Ag	2,22E-02	5,90E-09	5,00E-03	1,18E-06	2,22E-02	6,88E-08	5,00E-03	1,38E-05	2,53E-09			5,90E-09		
Formaldéhyde														
Benzaldéhyde														
Pentanal														
Hexanal														
				8,78E-03				1,02E-01			5,42E-09			1,26E-08

Ingestion de sol / Scénario « ERP sensible »

Substance	Effets à seuil (Adulte)				Effets à seuil (Enfant)				Effets sans seuil (Adulte)			Effets sans seuil (Enfant)		
	Concentration dans le sol au bout de 40 ans (mg/kg)	DJE (mg/kg/j)	VTR (mg/kg/j)	QD	Concentration dans le sol au bout de 40 ans (mg/kg)	DJE (mg/kg/j)	VTR (mg/kg/j)	QD	DJE (mg/kg/j)	VTR (mg/kg/j) ⁻¹	ERI	DJE (mg/kg/j)	VTR (mg/kg/j) ⁻¹	ERI
Monoxyde de carbone CO														
Poussières	3,73E+00	7,25E-07			3,73E+00	6,14E-06			4,35E-07			5,26E-07		
Acide chlorhydrique HCl														
Acide cyanhydrique HCN														
Acide fluorhydrique HF														
Dioxyde de soufre SO2														
Oxydes d'azote NOx														
Cadmium Cd	2,22E-02	4,32E-09	3,60E-04	1,20E-05	2,22E-02	3,65E-08	3,60E-04	1,01E-04	2,59E-09			3,13E-09		
Mercure Hg	2,22E-02	4,32E-09	6,60E-04	6,54E-06	2,22E-02	3,65E-08	6,60E-04	5,53E-05	2,59E-09			3,13E-09		
Plomb Pb	1,11E-01	2,16E-08	6,30E-04	3,43E-05	1,11E-01	1,83E-07	6,30E-04	2,90E-04	1,30E-08	8,50E-03	1,10E-10	1,57E-08	8,50E-03	1,33E-10
Arsenic As	2,22E-02	4,32E-09	4,50E-04	9,59E-06	2,22E-02	3,65E-08	4,50E-04	8,12E-05	2,59E-09	1,50E+00	3,89E-09	3,13E-09	1,50E+00	4,70E-09
Nickel Ni	2,22E-02	4,32E-09	1,10E-02	3,92E-07	2,22E-02	3,65E-08	1,10E-02	3,32E-06	2,59E-09			3,13E-09		
Manganèse Mn	2,22E-02	4,32E-09	1,40E-01	3,08E-08	2,22E-02	3,65E-08	1,40E-01	2,61E-07	2,59E-09			3,13E-09		
Cr total (Cr6)	2,22E-02	4,32E-09	9,00E-04	4,80E-06	2,22E-02	3,65E-08	9,00E-04	4,06E-05	2,59E-09	5,00E-01	1,30E-09	3,13E-09	5,00E-01	1,57E-09
Cobalt Co	6,67E-02	1,30E-08	1,40E-03	9,25E-06	6,67E-02	1,10E-07	1,40E-03	7,83E-05	7,77E-09			9,39E-09		
Cuivre Cu	5,78E-01	1,12E-07	1,40E-01	8,02E-07	5,78E-01	9,50E-07	1,40E-01	6,78E-06	6,74E-08			8,14E-08		
Vanadium V	2,22E-02	4,32E-09	2,00E-03	2,16E-06	2,22E-02	3,65E-08	2,00E-03	1,83E-05	2,59E-09			3,13E-09		
Anitmoine Sb	2,22E-02	4,32E-09	4,00E-04	1,08E-05	2,22E-02	3,65E-08	4,00E-04	9,13E-05	2,59E-09			3,13E-09		
Dioxines furanes	2,22E-05	4,32E-12	7,00E-10	6,17E-03	2,22E-05	3,65E-11	7,00E-10	5,22E-02	2,59E-12			3,13E-12		
Étain Sn	4,44E-02	8,63E-09	3,00E-01	2,88E-08	4,44E-02	7,31E-08	3,00E-01	2,44E-07	5,18E-09			6,26E-09		
Zinc Zn	2,22E-02	4,32E-09	3,00E-01	1,44E-08	2,22E-02	3,65E-08	3,00E-01	1,22E-07	2,59E-09			3,13E-09		
Acide chloroacétique														
Acétaldéhyde														
Furfural														
Argent Ag	2,22E-02	4,32E-09	5,00E-03	8,63E-07	2,22E-02	3,65E-08	5,00E-03	7,31E-06	2,59E-09			3,13E-09		
Formaldéhyde														
Benzaldéhyde														
Pentanal														
Hexanal														
				6,26E-03				5,30E-02			5,29E-09			6,40E-09

Ingestion de sol / Scénario « professionnel »

Substance	Effets à seuil (Adulte)				Effets sans seuil (Adulte)		
	Concentration dans le sol au bout de 40 ans (mg/kg)	DJE (mg/kg/j)	VTR (mg/kg/j)	QD	DJE (mg/kg/j)	VTR (mg/kg/j) ⁻¹	ERI
Monoxyde de carbone CO							
Poussières	1,19E+02	2,33E-05			1,40E-05		
Acide chlorhydrique HCl							
Acide cyanhydrique HCN							
Acide fluorhydrique HF							
Dioxyde de soufre SO2							
Oxydes d'azote NOx							
Cadmium Cd	8,00E-01	1,57E-07	3,60E-04	4,35E-04	9,39E-08		
Mercuré Hg	8,00E-01	1,57E-07	6,60E-04	2,37E-04	9,39E-08		
Plomb Pb	3,64E+00	7,13E-07	6,30E-04	1,13E-03	4,28E-07	8,50E-03	3,64E-09
Arsenic As	1,56E-01	3,04E-08	4,50E-04	6,76E-05	1,83E-08	1,50E+00	2,74E-08
Nickel Ni	7,33E-01	1,44E-07	1,10E-02	1,30E-05	8,61E-08		
Manganèse Mn	3,11E-01	6,09E-08	1,40E-01	4,35E-07	3,65E-08		
Cr total (Cr6)	8,89E-02	1,74E-08	9,00E-04	1,93E-05	1,04E-08	5,00E-01	5,22E-09
Cobalt Co	2,29E+00	4,48E-07	1,40E-03	3,20E-04	2,69E-07		
Cuivre Cu	1,86E+01	3,64E-06	1,40E-01	2,60E-05	2,18E-06		
Vanadium V	8,89E-02	1,74E-08	2,00E-03	8,70E-06	1,04E-08		
Anitmoine Sb	8,89E-02	1,74E-08	4,00E-04	4,35E-05	1,04E-08		
Dioxines furanes	2,22E-05	4,35E-12	7,00E-10	6,21E-03	2,61E-12		
Etain Sn	1,69E+00	3,31E-07	3,00E-01	1,10E-06	1,98E-07		
Zinc Zn	2,22E-01	4,35E-08	3,00E-01	1,45E-07	2,61E-08		
Acide chloroacétique							
Acétaldéhyde							
Furfural							
Argent Ag	1,11E-01	2,17E-08	5,00E-03	4,35E-06	1,30E-08		
Formaldéhyde							
Benzaldéhyde							
Pentanal							
Hexanal							
				8,52E-03			3,63E-08

Synthèse / Scénario « résidentiel »

Scénario habitations proches (récepteur n°6)						
Adulte	Effets à seuil			Effets sans seuil		
	IR inhalation	IR ingestion	IR total	ERI inhalation	ERI ingestion	ERI total
Substances						
Monoxyde de carbone CO						
Poussières						
Acide chlorhydrique HCl	6,81E-05		6,81E-05			
Acide cyanhydrique HCN	7,77E-04		7,77E-04			
Acide fluorhydrique HF	1,01E-04		1,01E-04			
Dioxyde de soufre SO2						
Oxydes d'azote NOx						
Cadmium Cd	1,09E-03	6,55E-05	1,16E-03	5,90E-07		5,90E-07
Mercure Hg	1,09E-02	3,57E-05	1,10E-02			
Plomb Pb	1,70E-03	1,59E-04	1,85E-03	7,85E-09	3,65E-10	8,21E-09
Arsenic As	3,98E-03	1,31E-05	4,00E-03	1,10E-07	3,79E-09	1,14E-07
Nickel Ni	3,39E-03	1,61E-06	3,39E-03	4,97E-08		4,97E-08
Manganèse Mn	4,21E-04	4,21E-08	4,21E-04			
Cr total (Cr6)	7,51E-03	6,55E-06	7,51E-03	6,44E-07	1,26E-09	6,45E-07
Cobalt Co	9,60E-03	4,63E-05	9,65E-03			
Cuivre Cu	5,83E-05	3,96E-06	6,23E-05			
Vanadium V	5,79E-06	2,95E-06	8,74E-06			
Anitmoine Sb		1,47E-05	1,47E-05			
Dioxines furanes	1,99E-04	8,42E-03	8,62E-03			
Etain Sn		1,77E-07	1,77E-07			
Zinc Zn		1,97E-08	1,97E-08			
Acide chloroacétique						
Acétaldéhyde	1,06E-07		1,06E-07	1,40E-11		1,40E-11
Furfural						
Argent Ag		1,18E-06	1,18E-06			
Formaldéhyde	1,85E-05		1,85E-05	7,93E-10		7,93E-10
Benzaldéhyde						
Pentanal						
Hexanal						
	3,98E-02	8,78E-03	4,86E-02	1,40E-06	5,42E-09	1,41E-06
Enfant	Effets à seuil			Effets sans seuil		
Substances	IR inhalation	IR ingestion	IR total	ERI inhalation	ERI ingestion	ERI total
Monoxyde de carbone CO						
Poussières						
Acide chlorhydrique HCl	6,66E-05		6,66E-05			
Acide cyanhydrique HCN	7,60E-04		7,60E-04			
Acide fluorhydrique HF	9,88E-05		9,88E-05			
Dioxyde de soufre SO2						
Oxydes d'azote NOx						
Cadmium Cd	1,07E-03	7,64E-04	1,83E-03	1,18E-07		1,18E-07
Mercure Hg	1,07E-02	4,17E-04	1,11E-02			
Plomb Pb	1,66E-03	1,86E-03	3,52E-03	1,57E-09	8,52E-10	2,42E-09
Arsenic As	3,90E-03	1,53E-04	4,05E-03	2,20E-08	8,85E-09	3,09E-08
Nickel Ni	3,32E-03	1,88E-05	3,34E-03	9,93E-09		9,93E-09
Manganèse Mn	4,12E-04	4,91E-07	4,13E-04			
Cr total (Cr6)	7,35E-03	7,64E-05	7,43E-03	1,29E-07	2,95E-09	1,32E-07
Cobalt Co	9,40E-03	5,41E-04	9,94E-03			
Cuivre Cu	5,82E-05	4,62E-05	1,04E-04			
Vanadium V	5,78E-06	3,44E-05	4,02E-05			
Anitmoine Sb		1,72E-04	1,72E-04			
Dioxines furanes	1,95E-04	9,83E-02	9,85E-02			
Etain Sn		2,06E-06	2,06E-06			
Zinc Zn		2,29E-07	2,29E-07			
Acide chloroacétique						
Acétaldéhyde	1,03E-07		1,03E-07	2,79E-12		2,79E-12
Furfural						
Argent Ag		1,38E-05	1,38E-05			
Formaldéhyde	1,81E-05		1,81E-05	1,59E-10		1,59E-10
Benzaldéhyde						
Pentanal						
Hexanal						
	3,90E-02	1,02E-01	1,41E-01	2,80E-07	1,26E-08	2,93E-07

Synthèse / Scénario « ERP sensible »

Scénario ERP sensible - Ecole (récepteur n°10)						
Adulte	Effets à seuil			Effets sans seuil		
Substances	IR inhalation	IR ingestion	IR total	ERI inhalation	ERI ingestion	ERI total
Monoxyde de carbone CO						
Poussières						
Acide chlorhydrique HCl	7,71E-06		7,71E-06			
Acide cyanhydrique HCN	1,02E-04		1,02E-04			
Acide fluorhydrique HF	1,15E-05		1,15E-05			
Dioxyde de soufre SO2						
Oxydes d'azote NOx						
Cadmium Cd	1,22E-04	1,20E-05	1,34E-04	9,24E-08		9,24E-08
Mercure Hg	1,22E-03	6,54E-06	1,23E-03			
Plomb Pb	1,94E-04	3,43E-05	2,28E-04	1,25E-09	1,10E-10	1,36E-09
Arsenic As	4,80E-04	9,59E-06	4,89E-04	1,86E-08	3,89E-09	2,25E-08
Nickel Ni	3,82E-04	3,92E-07	3,83E-04	7,84E-09		7,84E-09
Manganèse Mn	4,67E-05	3,08E-08	4,67E-05			
Cr total (Cr6)	9,86E-04	4,80E-06	9,91E-04	1,18E-07	1,30E-09	1,20E-07
Cobalt Co	1,10E-03	9,25E-06	1,11E-03			
Cuivre Cu	1,26E-05	8,02E-07	1,34E-05			
Vanadium V	4,01E-06	2,16E-06	6,17E-06			
Anitmoine Sb		1,08E-05	1,08E-05			
Dioxines furanes	6,66E-05	6,17E-03	6,23E-03			
Etain Sn		2,88E-08	2,88E-08			
Zinc Zn		1,44E-08	1,44E-08			
Acide chloroacétique						
Acétaldéhyde	1,62E-08		1,62E-08	2,99E-12		2,99E-12
Furfural						
Argent Ag		8,63E-07	8,63E-07			
Formaldéhyde	2,04E-06		2,04E-06	1,22E-10		1,22E-10
Benzaldéhyde						
Pentanal						
Hexanal						
	4,74E-03	6,26E-03	1,10E-02	2,39E-07	5,29E-09	2,44E-07
Enfant	Effets à seuil			Effets sans seuil		
Substances	IR inhalation	IR ingestion	IR total	ERI inhalation	ERI ingestion	ERI total
Monoxyde de carbone CO						
Poussières						
Acide chlorhydrique HCl	5,59E-06		5,59E-06			
Acide cyanhydrique HCN	7,40E-05		7,40E-05			
Acide fluorhydrique HF	8,34E-06		8,34E-06			
Dioxyde de soufre SO2						
Oxydes d'azote NOx						
Cadmium Cd	8,90E-05	1,01E-04	1,90E-04	1,32E-08		1,32E-08
Mercure Hg	8,90E-04	5,53E-05	9,45E-04			
Plomb Pb	1,41E-04	2,90E-04	4,31E-04	1,79E-10	1,33E-10	3,12E-10
Arsenic As	3,55E-04	8,12E-05	4,36E-04	2,65E-09	4,70E-09	7,35E-09
Nickel Ni	2,78E-04	3,32E-06	2,82E-04	1,12E-09		1,12E-09
Manganèse Mn	3,42E-05	2,61E-07	3,45E-05			
Cr total (Cr6)	7,37E-04	4,06E-05	7,77E-04	1,69E-08	1,57E-09	1,85E-08
Cobalt Co	8,01E-04	7,83E-05	8,79E-04			
Cuivre Cu	1,20E-05	6,78E-06	1,87E-05			
Vanadium V	4,00E-06	1,83E-05	2,23E-05			
Anitmoine Sb		9,13E-05	9,13E-05			
Dioxines furanes	5,10E-05	5,22E-02	5,22E-02			
Etain Sn		2,44E-07	2,44E-07			
Zinc Zn		1,22E-07	1,22E-07			
Acide chloroacétique						
Acétaldéhyde	1,17E-08		1,17E-08	4,27E-13		4,27E-13
Furfural						
Argent Ag		7,31E-06	7,31E-06			
Formaldéhyde	1,48E-06		1,48E-06	1,75E-11		1,75E-11
Benzaldéhyde						
Pentanal						
Hexanal						
	3,48E-03	5,30E-02	5,64E-02	3,41E-08	6,40E-09	4,05E-08

Synthèse / Scénario « professionnel »**Scénario professionnel - SAMSE (récepteur n°1)**

Adulte	Effets à seuil			Effets sans seuil		
Substances	IR inhalation	IR ingestion	IR total	ERI inhalation	ERI ingestion	ERI total
Monoxyde de carbone CO						
Poussières						
Acide chlorhydrique HCl	1,61E-04		1,61E-04			
Acide cyanhydrique HCN	1,61E-03		1,61E-03			
Acide fluorhydrique HF	2,39E-04		2,39E-04			
Dioxyde de soufre SO2						
Oxydes d'azote NOx						
Cadmium Cd	2,64E-03	4,35E-04	3,08E-03	2,00E-06		2,00E-06
Mercure Hg	2,64E-02	2,37E-04	2,67E-02			
Plomb Pb	4,07E-03	1,13E-03	5,20E-03	2,63E-08	3,64E-09	3,00E-08
Arsenic As	9,78E-03	6,76E-05	9,84E-03	3,78E-07	2,74E-08	4,06E-07
Nickel Ni	8,11E-03	1,30E-05	8,13E-03	1,66E-07		1,66E-07
Manganèse Mn	1,02E-03	4,35E-07	1,02E-03			
Cr total (Cr6)	1,72E-02	1,93E-05	1,72E-02	2,07E-06	5,22E-09	2,07E-06
Cobalt Co	2,30E-02	3,20E-04	2,33E-02			
Cuivre Cu	3,50E-04	2,60E-05	3,76E-04			
Vanadium V	1,69E-05	8,70E-06	2,56E-05			
Anitmoine Sb	0,00E+00	4,35E-05	4,35E-05			
Dioxines furanes	6,71E-05	6,21E-03	6,28E-03			
Etain Sn		1,10E-06	1,10E-06			
Zinc Zn		1,45E-07	1,45E-07			
Acide chloroacétique						
Acétaldéhyde	2,61E-07		2,61E-07	4,82E-11		4,82E-11
Furfural						
Argent Ag		4,35E-06	4,35E-06			
Formaldéhyde	4,27E-05		4,27E-05	2,56E-09		2,56E-09
Benzaldéhyde						
Pentanal						
Hexanal						
	9,47E-02	8,52E-03	1,03E-01	4,64E-06	3,63E-08	4,67E-06

ANNEXE 3 : QUELQUES CARTES DE DISPERSION DANS L’AIR