



DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE

Projet UGI'RING – La Léchère (73)

Pièce n°4bis : Évaluation des risques sanitaires

Novembre 2023

Composition du dossier accompagnant la demande d'autorisation environnementale

Pièce	Intitulé
Pièce 0	Composition du dossier accompagnant la demande d'autorisation environnementale Grille de correspondance entre le dossier et le formulaire CERFA n°15964*03
Pièce 1	Note de présentation non technique du projet
Pièce 2	Présentation administrative et technique du projet
Pièce 3	Capacités techniques et financières
Pièce 4	Étude d'impact sur l'environnement
Pièce 4bis	Évaluation des risques sanitaires
Pièce 5	Résumé non technique de l'étude d'impact
Pièce 6	Annexes de l'étude d'impact
Pièce 7	Étude de dangers
Pièce 7bis	Demande de servitudes d'utilité publique
Pièce 8	Directive IED – Meilleures Techniques Disponibles
Pièce 9	Directive IED – Rapport de base
Pièce 10	Compatibilité du projet par rapport aux arrêtés ministériels des activités relevant du régime d'enregistrement
Pièce 11	Plans

SOMMAIRE

1. GLOSSAIRE	8
2. PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE	10
2.1 Contexte	10
2.2 Méthodologie	10
2.3 Grands principes	11
2.4 Documents de référence.....	12
3. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU SITE ET DU PROJET	13
3.1 Localisation du site.....	13
3.2 Présentation générale du projet	13
4. APPROCHE SOURCE-VECTEUR-CIBLE	16
4.1 Caractérisation des sources	17
4.2 Caractérisation des vecteurs de transfert	18
4.3 Caractérisation des cibles	19
4.4 Caractérisation des voies d'exposition	21
4.5 Scénarios d'exposition retenus	22
4.6 Schéma conceptuel	22
5. SUBSTANCES TRACEUSES DU RISQUE.....	24
5.1 Substances traceuses retenues dans l'ERS	24
5.2 Démarche pour les polluants spécifiques	24
5.2.1 Composés Organiques Volatils (COV).....	25
5.2.2 Métaux.....	25
5.2.3 Poussières.....	26
5.3 Caractéristiques des matières entrantes et des gaz/poussières en sortie.....	27
6. INTERPRÉTATION DE L'ÉTAT DES MILIEUX (IEM).....	28
6.1 Démarche	28
6.2 Air.....	28
6.2.1 Polluants suivis	28
6.2.2 Positionnement des points de prélèvement d'air	29
6.2.3 Description des méthodes de prélèvements et de mesures.....	30
6.2.4 Conditions météorologiques	32
6.2.5 Résultats d'analyses.....	34
6.2.6 Interprétation	36
6.2.6.1 Comparaison aux concentrations ubiquistes	37
6.2.6.2 Comparaison aux valeurs de gestion.....	39

6.2.6.3	Calculs de risques sanitaires	41
6.2.7	Conclusion sur le milieu Air	42
6.3	Sols.....	43
6.3.1	Polluants suivis	43
6.3.2	Positionnement des points de prélèvement de sol.....	43
6.3.3	Description des méthodes de prélèvements et de mesures.....	45
6.3.4	Résultats d'analyse	46
6.3.4.1	Résultats de la campagne EODD.....	46
6.3.4.2	Résultats des précédentes campagnes FERROPEM	48
6.3.5	Interprétation	49
6.3.5.1	Comparaison aux valeurs de gestion.....	49
6.3.5.2	Calculs de risques sanitaires	53
6.3.6	Conclusion sur le milieu Sol	55
7.	SÉLECTION DES RELATIONS DOSE-RÉPONSE	56
7.1	Substances disposant d'une valeur toxicologique de référence.....	56
7.1.1	Principe	56
7.1.2	Organismes consultés et bases de données.....	57
7.1.3	Méthodologie de sélection des VTR.....	58
7.1.4	Présentation des VTR.....	59
7.2	Substances ne disposant pas de valeur toxicologique de référence	64
7.3	Synthèse des voies d'exposition retenues	65
8.	MODÉLISATION DE DISPERSION ATMOSPHÉRIQUE	66
8.1	Modèle utilisé	66
8.2	Paramètres de la modélisation	67
8.2.1	Domaine d'étude	68
8.2.2	Données météorologiques	68
8.2.3	Formulation des écarts-types	72
8.2.4	Topographie.....	72
8.2.5	Récepteurs.....	73
8.2.6	Précision sur les substances partiellement particulières	74
8.3	Caractéristiques des sources d'émission.....	74
8.3.1	Rejet 1 (four/doghouse)	74
8.3.2	Rejet 2 (matières premières/secondes)	75
8.3.3	Rejet 3 (sècheur).....	76
8.3.4	Rejet 4 (procédé de solidification du métal)	76
8.3.5	Contribution des sources d'émission aux rejets de polluants.....	78

8.4	Résultats de la modélisation	79
9.	QUANTIFICATION DE L'EXPOSITION POUR LE CALCUL DE RISQUE SANITAIRE (SUBSTANCES AVEC VTR).....	82
9.1	Exposition par inhalation	82
9.1.1	Concentration dans l'air	82
9.1.2	Calcul de la concentration d'exposition par inhalation	82
9.2	Exposition par ingestion	83
9.2.1	Concentration dans les sols	83
9.2.2	Concentration dans les végétaux	84
9.2.3	Calcul de la concentration d'exposition par ingestion	88
9.3	Paramètres de caractérisation et d'exposition des cibles	88
9.4	Résultats de l'exposition.....	90
10.	CARACTÉRISATION DU RISQUE SANITAIRE	92
10.1	Substances avec VTR	92
10.1.1	Méthodologie	92
10.1.2	Évaluation des risques sanitaires.....	93
10.2	Substances sans VTR.....	97
11.	DISCUSSION SUR LES INCERTITUDES	102
11.1	Choix des sources	102
11.2	Choix des caractéristiques des sources	103
11.3	Choix des polluants traceurs et flux à l'émission.....	103
11.4	Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR).....	105
11.5	Choix des voies d'exposition	106
11.6	Choix des scénarios d'exposition.....	106
11.7	Choix des paramètres d'exposition	106
11.8	Transfert des polluants vers l'intérieur des bâtiments	107
11.9	Modélisation de la dispersion atmosphérique	107
11.10	Stratégie adoptée dans l'ERS.....	108
11.11	Périodes de fonctionnement en mode dégradé	108
12.	CONCLUSION.....	109
13.	ANNEXES.....	111

TABLEAUX

TABLEAU 1 : CLASSES CANCEROGENES	8
TABLEAU 2 : SUBSTANCES TRACEUSES, PAR SOURCE D'EMISSION ATMOSPHERIQUE RETENUE DANS L'ERS	24
TABLEAU 3 : CARACTERISTIQUES DES COV RETENUS.....	25
TABLEAU 9 : METHODES DE PRELEVEMENTS ET D'ANALYSE DU MILIEU AIR	30
TABLEAU 10 : RESULTATS DES PRELEVEMENTS D'AIR DANS LA ZONE D'ETUDE	35
TABLEAU 11 : TABLEAU D'INTERPRETATION DES RESULTATS DE L'ITEM DANS LES ETUDES RELATIVES A DES ICPE EN PROJET OU EXISTANTES....	37
TABLEAU 12 : COMPARAISON DES CONCENTRATIONS MESUREES AUX VALEURS UBIQUISTES – MILIEU AIR.....	37
TABLEAU 13 : COMPARAISON DES CONCENTRATIONS MESUREES AUX VALEURS DE GESTION – MILIEU AIR.....	40
TABLEAU 14 : CALCULS DES INDICATEURS DE RISQUE SANITAIRE POUR LES SUBSTANCES SANS VALEUR DE GESTION – MILIEU AIR	41
TABLEAU 15 : SYNTHESE DE L'ITEM AIR.....	42
TABLEAU 16 : METHODES D'ANALYSE DU MILIEU SOL	46
TABLEAU 17 : RESULTATS DES PRELEVEMENTS DE SOL DANS LA ZONE D'ETUDE.....	47
TABLEAU 18 : COMPARAISON DES CONCENTRATIONS MESUREES AUX VALEURS DE GESTION – MILIEU SOL	51
TABLEAU 19 : CALCULS DES INDICATEURS DE RISQUE SANITAIRE – MILIEU SOL	53
TABLEAU 20 : CALCULS DES INDICATEURS DE RISQUE SANITAIRE – MILIEU SOL – ANALYSE DETAILLEE DU PLOMB ET DE L'ARSENIC.....	54
TABLEAU 21 : SYNTHESE DE L'ITEM SOL	55
TABLEAU 22 : VTR POUR LES EFFETS A SEUIL ET SANS SEUIL, VIA L'INHALATION ET L'INGESTION.....	60
TABLEAU 23 : VALEURS REGLEMENTAIRES DU CODE DE L'ENVIRONNEMENT ET VALEURS GUIDES DE L'OMS.....	64
TABLEAU 24 : VOIES D'EXPOSITION A CONSIDERER (EN VERT), PAR COMPOSES TRACEURS DES RISQUES.....	65
TABLEAU 25 : FREQUENCE D'APPARITION DE CHAQUE CLASSE DE STABILITE DE L'ATMOSPHERE	71
TABLEAU 26 : CARACTERISTIQUES DU REJET 1 (FOUR/DOGHOUSE).....	74
TABLEAU 27 : REJETS A L'EMISSION DU REJET 1 (FOUR/DOGHOUSE).....	74
TABLEAU 28 : CARACTERISTIQUES DU REJET 2 (MATIERES PREMIERES/SECONDES)	75
TABLEAU 29 : REJETS A L'EMISSION DU REJET 2 (MATIERES PREMIERES/SECONDES)	75
TABLEAU 30 : CARACTERISTIQUES DU REJET 3 (SECHEUR).....	76
TABLEAU 31 : REJETS A L'EMISSION DU REJET 3 (SECHEUR).....	76
TABLEAU 32 : CARACTERISTIQUES DU REJET 4 (PROCEDE DE SOLIDIFICATION DU METAL).....	76
TABLEAU 33 : REJETS A L'EMISSION DU REJET 4 (PROCEDE DE SOLIDIFICATION DU METAL).....	77
TABLEAU 34 : CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES DANS L'AIR AU NIVEAU DU POINT MAXIMAL DU MODELE ET AU NIVEAU DES RECEPTEURS POUR LES COMPOSES EMIS ($\mu\text{G}/\text{M}^3$)	80
TABLEAU 35 : DEPOTS TOTAUX ANNUELS AU SOL AU NIVEAU DU POINT MAXIMAL DU MODELE ET AU NIVEAU DES RECEPTEURS POUR LES COMPOSES EMIS ($\text{G}/\text{M}^2/\text{AN}$)	81
TABLEAU 36 : CONCENTRATIONS DANS L'AIR EN MOYENNE ANNUELLE AU NIVEAU DU POINT MAXIMAL DU DOMAINE D'ETUDE	82
TABLEAU 37 : DEPOTS TOTAUX AU SOL ET CONCENTRATIONS DANS LES SOLS AU BOUT DE 30 ANS AU NIVEAU DU POINT MAXIMAL DU DOMAINE D'ETUDE.....	84
TABLEAU 38 : PARAMETRES UTILISES POUR L'ESTIMATION DES CONCENTRATIONS DANS LES VEGETAUX LIEES AU DEPOT PARTICULAIRE	85
TABLEAU 39 : COEFFICIENTS DE BIOTRANSFERT RETENUS.....	86
TABLEAU 40 : CONCENTRATIONS DANS LES VEGETAUX AU NIVEAU DU POINT MAXIMAL DU DOMAINE D'ETUDE.....	87
TABLEAU 41 : PARAMETRES D'EXPOSITION CONSIDERES POUR LE SCENARIO RETENU DANS L'ERS	88
TABLEAU 42 : POIDS DU RECEPTEUR, PAR TRANCHE D'AGE.....	89
TABLEAU 43 : QUANTITE DE VEGETAUX INGEREES, PAR TRANCHE D'AGE	90
TABLEAU 44 : CONCENTRATIONS MOYENNES INHALEES ($\mu\text{G}/\text{M}^3$), POUR LE SCENARIO MAXIMUM	90
TABLEAU 45 : DOSES JOURNALIERES D'EXPOSITION (MG/KG), POUR LE SCENARIO MAXIMUM	91
TABLEAU 46 : SYNTHESE DES NIVEAUX DE RISQUE – SCENARIO « MAXIMUM » – ADULTE	93
TABLEAU 47 : SYNTHESE DES NIVEAUX DE RISQUE – SCENARIO « MAXIMUM » – ENFANT.....	94
TABLEAU 48 : CONCENTRATION MOYENNE EN SO_2 ET FREQUENCES DE DEPASSEMENT AUX VALEURS REPERES.....	97
TABLEAU 49 : CONCENTRATION MOYENNE EN NO_x ET FREQUENCES DE DEPASSEMENT AUX VALEURS REPERES	98
TABLEAU 50 : CONCENTRATION MOYENNE EN CO ET FREQUENCES DE DEPASSEMENT AUX VALEURS REPERES.....	98
TABLEAU 51 : CONCENTRATION MOYENNE EN PM_{10} ET FREQUENCES DE DEPASSEMENT AUX VALEURS REPERES	98
TABLEAU 52 : CONCENTRATION MOYENNE EN $\text{PM}_{2,5}$ ET FREQUENCES DE DEPASSEMENT AUX VALEURS REPERES.....	99
TABLEAU 53 : CONCENTRATION MOYENNE EN PLOMB ET FREQUENCES DE DEPASSEMENT A LA VALEUR REPERE	99
TABLEAU 54 : CONCENTRATION MOYENNE EN CADMIUM ET FREQUENCE DE DEPASSEMENT A LA VALEUR REPERE	99
TABLEAU 55 : CONCENTRATION MOYENNE EN ARSENIC ET FREQUENCE DE DEPASSEMENT A LA VALEUR REPERE	100
TABLEAU 56 : CONCENTRATION MOYENNE EN NICKEL ET FREQUENCE DE DEPASSEMENT A LA VALEUR REPERE	100

TABLEAU 57 : CONCENTRATION MOYENNE EN NICKEL ET FREQUENCES DE DEPASSEMENT A LA VALEUR REPERE	100
TABLEAU 58 : INVENTAIRE DES SOURCES RETENUES ET DE LEUR DUREE DE FONCTIONNEMENT.....	102
TABLEAU 59 : CHOIX DES SUBSTANCES PRISES EN COMPTE DANS L'ERS ET DE LEUR FLUX A L'EMISSION ASSOCIE	103
TABLEAU 60 : COMPARAISON ENTRE LES RESULTATS OBTENUS AVEC LE FLUX PM ₁₀ BASE SUR LA VLE REGLEMENTAIRE ET LE FLUX PM ₁₀ BASE SUR LA MOYENNE DES REJETS REELS D'UGITECH	104
TABLEAU 61 : COMPARAISON ENTRE LES RESULTATS OBTENUS AVEC LE FLUX PM _{2,5} BASE SUR LA VLE REGLEMENTAIRE ET LE FLUX PM _{2,5} BASE SUR LA MOYENNE DES REJETS REELS D'UGITECH	104
TABLEAU 62 : COMPARAISON DES QUOTIENTS DE DANGER (QD), SELON LES FACTEURS D'INCERTITUDE ASSOCIES AUX VTR.....	105

FIGURES

FIGURE 1 : DEMARCHE INTEGREE DE L'EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES	11
FIGURE 2 : SCHEMA DE PRINCIPE DU PROCEDE MIS EN ŒUVRE	14
FIGURE 3 : VUE AERIENNE DU SITE DU PROJET	15
FIGURE 4 : SCHEMA GLOBAL D'EXPOSITION.....	16
FIGURE 5 : LOCALISATION DES SOURCES RETENUES DANS L'ERS	18
FIGURE 6 : OCCUPATION DES SOLS AUTOUR DU SITE DU PROJET	20
FIGURE 7 : SCHEMA CONCEPTUEL	23
FIGURE 8 : REPARTITION GRANULOMETRIQUE DES POUSSIERES DU FOUR D'UGITECH A UGINE.....	27
FIGURE 9 : EMBLACEMENT DU POINT DE PRELEVEMENT D'AIR	29
FIGURE 10 : ILLUSTRATIONS DES EQUIPEMENTS DE PRELEVEMENT PAR POMPE BAS DEBIT AVEC UN DISPOSITIF MULTIVOIES.....	31
FIGURE 11 : ILLUSTRATIONS DES EQUIPEMENTS DE PRELEVEMENT PASSIF PAR RADIELLO	31
FIGURE 12 : PHOTOGRAPHIE ET LOCALISATION DE LA STATION METEOROLOGIQUE	32
FIGURE 13 : ROSE DES VENTS DE LA ZONE D'ETUDE (PROVENANCE) DU 11/05 AU 25/05/2023.....	33
FIGURE 14 : SUPERPOSITION DE LA ROSE DES VENTS SUR UNE PHOTOGRAPHIE AERIENNE DU SITE.....	33
FIGURE 15 : PLUVIOMETRIE DE LA ZONE D'ETUDE DU 11/05 AU 25/05/2023	34
FIGURE 16 : EMBLACEMENT DU POINT DE PRELEVEMENT DE SOL.....	44
FIGURE 17 : METHODOLOGIE DE PRELEVEMENT DES SOLS SUPERFICIELS.....	45
FIGURE 18 : LOCALISATION DES ZONES DE PRELEVEMENT DE SOL DES SUIVIS DE FERROPEM.....	48
FIGURE 19 : ÉVOLUTION DES CONCENTRATIONS EN PLOMB DES SOLS SUR LES CAMPAGNES DE 2006 A 2019	48
FIGURE 20 : CHOIX DES VTR LORSQU'IL EXISTE PLUSIEURS VTR POUR UNE VOIE ET UNE DUREE D'EXPOSITION	58
FIGURE 21 : DEMARCHE GENERALE DU LOGICIEL ARIA	66
FIGURE 22 : DOMAINE D'ETUDE.....	68
FIGURE 23 : ROSE DES VENTS UTILISEE DANS LA MODELISATION	69
FIGURE 24 : REPARTITION DE LA VITESSE DES VENTS CONSIDERES DANS LA MODELISATION	70
FIGURE 25 : DECOUPAGE TOPOGRAPHIQUE UTILISE POUR LA MODELISATION.....	72
FIGURE 26 : RECEPTEURS PARTICULIERS CONSIDERES DANS LA MODELISATION	73
FIGURE 28 : REPARTITION DES FLUX DE POLLUANTS REJETES, SELON LE POINT DE REJET.....	78
FIGURE 29 : MODES DE CONTAMINATION DES VEGETAUX.....	84
FIGURE 30 : VOIES D'EXPOSITION PORTEUSES DU RISQUE	95
FIGURE 31 : SUBSTANCES PORTEUSES DU RISQUE.....	96

1. GLOSSAIRE

➤ *Classe cancérogène*

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 principaux systèmes de classification sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Classes cancérogènes

Critères	CIRC	ACGIH	UE	NTP	US-EPA
Cancérogène pour l'homme	1	A1	1A	K	Carcinogenic to humans
Cancérogène probable pour l'homme	2A	A2	1B	R	Likely to be carcinogenic to humans
Cancérogène possible pour l'homme	2B	A3	2	-	Suggestive evidence of carcinogenic potential
Inclassable	3	A4	-	-	Inadequate information to assess carcinogenic potential
Probablement non cancérogène pour l'homme	-	A5	-	-	Not likely to be carcinogenic to humans

CIRC : Centre International de Recherche sur le Cancer / ACGIH : American Conference of Governmental Industrial Hygienists / UE : Union Européenne / NTP : US National Toxicology Program / US-EPA : US Environmental Protection Agency

➤ *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 cancérogène*

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 cancérogènes 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 cancérogènes.

➤ *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.

➤ *Émissions*

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 cancérogène pendant sa vie du fait de l'exposition considérée (sans unité).

➤ *Excès de Risque Unitaire (ERU)*

L'effet cancérogène 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. PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE

2.1 Contexte

Cette **Évaluation des Risques Sanitaires (ERS)** est présentée par la société UGI'RING dans le cadre de sa demande d'autorisation environnementale en vue d'exploiter un site de valorisation de coproduits industriels pour la production de ferro-alliages, sur la commune de La Léchère, en Savoie (73).

La présentation technique du projet est détaillée dans la pièce n°2 du dossier (*présentation administrative et technique du projet*).

La description des enjeux et de l'environnement autour du site est détaillée dans la pièce n°4 du dossier (*étude d'impact sur l'environnement*).

2.2 Méthodologie

Cette étude a pour objectif d'évaluer et de quantifier les risques sanitaires engendrés par les rejets du projet UGI'RING. Elle concerne l'exposition sur le long terme, exposition dite **chronique**, des riverains.

L'exposition aiguë des riverains ne peut, quant à elle, survenir qu'en cas d'incident grave sur le site (incendie, explosion, ...). Elle est étudiée dans l'étude de dangers (pièce n°7 du dossier).

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).

Cette étude a été élaborée selon les orientations et les recommandations des textes réglementaires et guides présentés au chapitre 2.4. Comme préconisé, l'ERS, bien que faisant partie de l'étude d'impact, a été individualisée pour constituer un volet à part entière.

À noter que l'analyse des effets sur la santé n'est pas une étude descriptive de la santé des populations et de ses déterminants (étude épidémiologique).

Le déroulé méthodologique de la présente étude est conforme au guide de l'INERIS « Évaluation des risques sanitaires liés aux substances chimiques dans l'étude d'impact des installations classées pour l'environnement », version éditée 2021.

Une démarche intégrée est proposée dans cette étude (cf. Figure 1). Afin d'atteindre les objectifs fixés, plusieurs outils méthodologiques seront utilisés dans six étapes successives :

- évaluation des émissions de l'installation ;
- évaluation des enjeux et des voies d'exposition ;
- évaluation de la compatibilité des milieux (démarche IEM) ;
- modélisation de la dispersion des polluants ;
- caractérisation du risque sanitaire ;
- incertitudes et conclusion de l'étude.

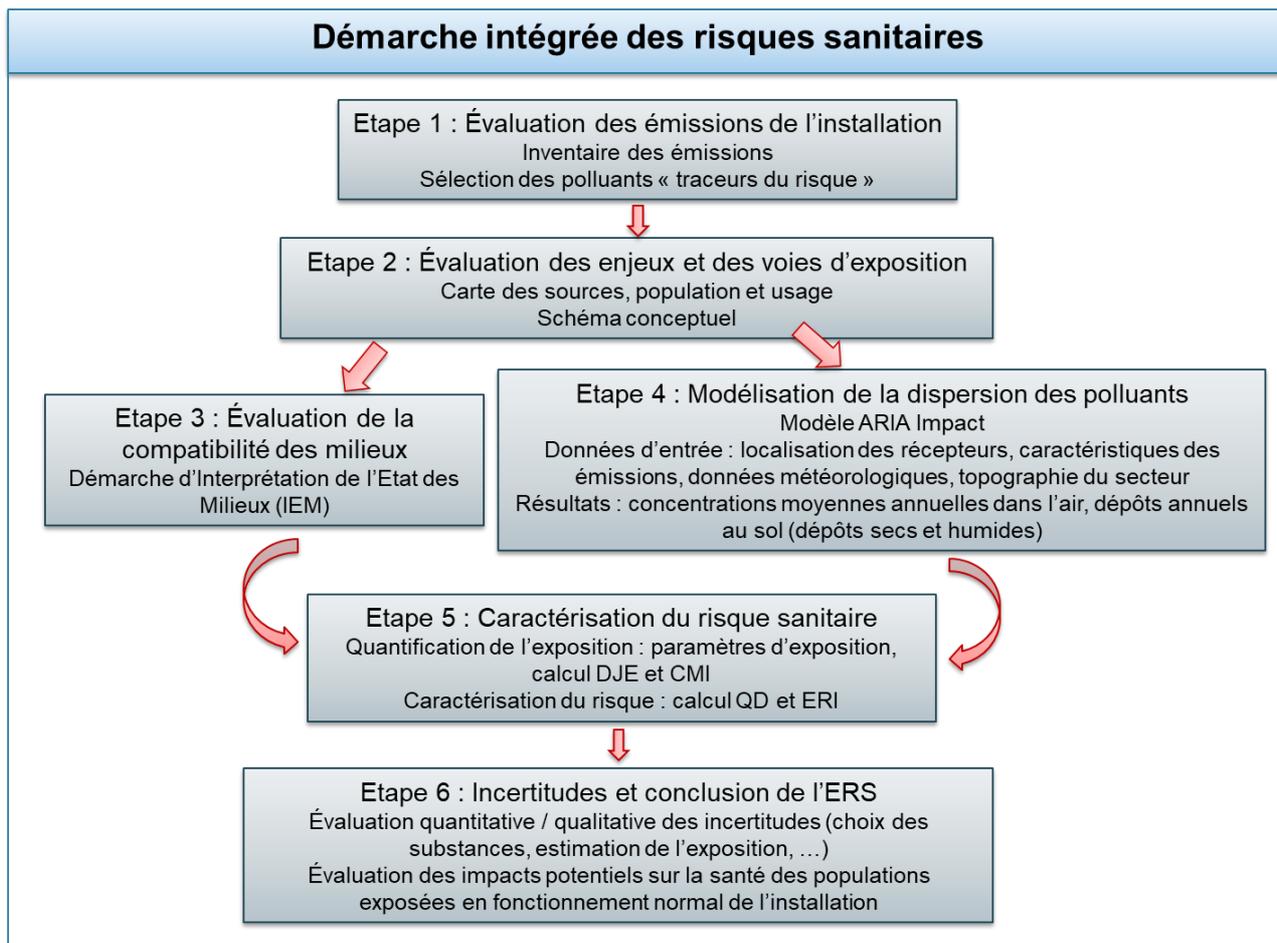


Figure 1 : Démarche intégrée de l'évaluation des risques sanitaires

Source : EODD

2.3 Grands principes

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** : il veille à ce qu'il y ait cohérence entre le degré d'approfondissement de l'étude et la sensibilité environnementale de la zone susceptible d'être affectée par le projet, l'importance et la nature des installations et leurs incidences prévisibles sur la santé humaine. Ce principe peut conduire à définir une démarche par approches successives dans l'évaluation des risques pour la santé ;
- **principe de spécificité** : 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 selon lequel « *lorsque la réalisation d'un dommage, bien qu'incertaine en l'état des connaissances scientifiques, pourrait affecter de manière grave et irréversible l'environnement, les autorités publiques veillent, par application du principe de précaution et dans leurs domaines d'attributions, à la mise en œuvre de procédures d'évaluation des risques et à l'adoption de mesures provisoires et proportionnées afin de parer à la réalisation du dommage* » - intégré dans la Charte de l'environnement de 2004.

2.4 Documents de référence

La méthodologie de travail adoptée pour cette évaluation des risques sanitaires est 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 ;
- au guide de l'INVS « Analyse du volet sanitaire des études d'impact » Version éditée 2000 ;
- 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) ;
- au guide du Ministère en charge de l'environnement « La démarche d'interprétation de l'État des Milieux » Version éditée 2007 ;
- à la circulaire du 09/08/13 relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations classées soumises à autorisation ;
- 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 ;
- au guide de la Direction Générale de la Prévention des Risques et du Bureau du Sol et du Sous-Sol « Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués » Version éditée Avril 2017 ;
- au guide de l'INERIS « Surveillance dans l'air autour des installations classées. Retombées des émissions atmosphériques » Version éditée 2021 ;
- au guide de l'INERIS « 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 2021 ;
- au guide de l'INERIS « Évaluation des risques sanitaires liés aux substances chimiques dans l'étude d'impact des installations classées pour l'environnement » Version éditée 2021.

3. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU SITE ET DU PROJET

3.1 Localisation du site

Le projet est localisé sur la commune de La Léchère, dans le département de la Savoie (73), à proximité de la commune d'Aigueblanche et en rive droite de l'Isère. Il est longé à l'Ouest par la route nationale 90 reliant Moûtiers à Albertville et par une voie ferrée. Il est situé **au droit de l'ancienne usine FERROPEM de Château-Feuillet, dont l'activité a cessé en 2021.**

Le voisinage immédiat du site du projet est composé de :

- **au Nord** : l'ancienne décharge de FERROPEM ;
- **à l'Est** : des entreprises, des habitations et la route de l'École ;
- **au Sud** : des entreprises, des habitations et la RD990 ;
- **à l'Ouest** : la RN90, une voie ferrée, l'industrie TOKAI COBEX Savoie (CARBONE SAVOIE) et des habitations.

Le site du projet est par ailleurs traversé par le Grand Nant de Naves et le Nant de Merderel, deux affluents en rive droite de l'Isère. Au droit du site du projet, ces deux torrents sont en partie aériens et en partie enterrés.

La surface totale du site du projet est de 95 865 m². Le périmètre est présenté sur la Figure 3 ci-après.

3.2 Présentation générale du projet

Le procédé de fabrication du projet consistera à générer localement des ferro-alliages utiles à la fabrication des aciers inoxydables d'UGITECH (société mère d'UGI'RING, localisée à Ugine en Savoie) à partir de deux sources d'approvisionnement :

- les coproduits issus de la fabrication des aciers inoxydables d'UGITECH, tels que les poussières métalliques, les boues ou encore les battitures ;
- les piles importées de centres de tri.

Les ferro-alliages seront produits dans un atelier de fusion utilisant un four électrique.

Dans le cadre du projet, deux types de ferro-alliages seront produits : les Ferro-Nickel-Chrome fabriqués à partir de coproduits UGITECH et les Ferro-Manganèse fabriqués à partir de piles alcalines/salines.

Les étapes du procédé seront les suivantes (cf. schéma de principe en Figure 2) :

- acceptation et stockage des matières entrantes ;
- préparation de la charge à introduire dans le four de fusion ;
- étape de fusion ;
- traitement des laitiers ;
- solidification du métal issu de la fusion ;
- stockage et devenir des matières sortantes du procédé ;
- traitement des gaz générés par le procédé.

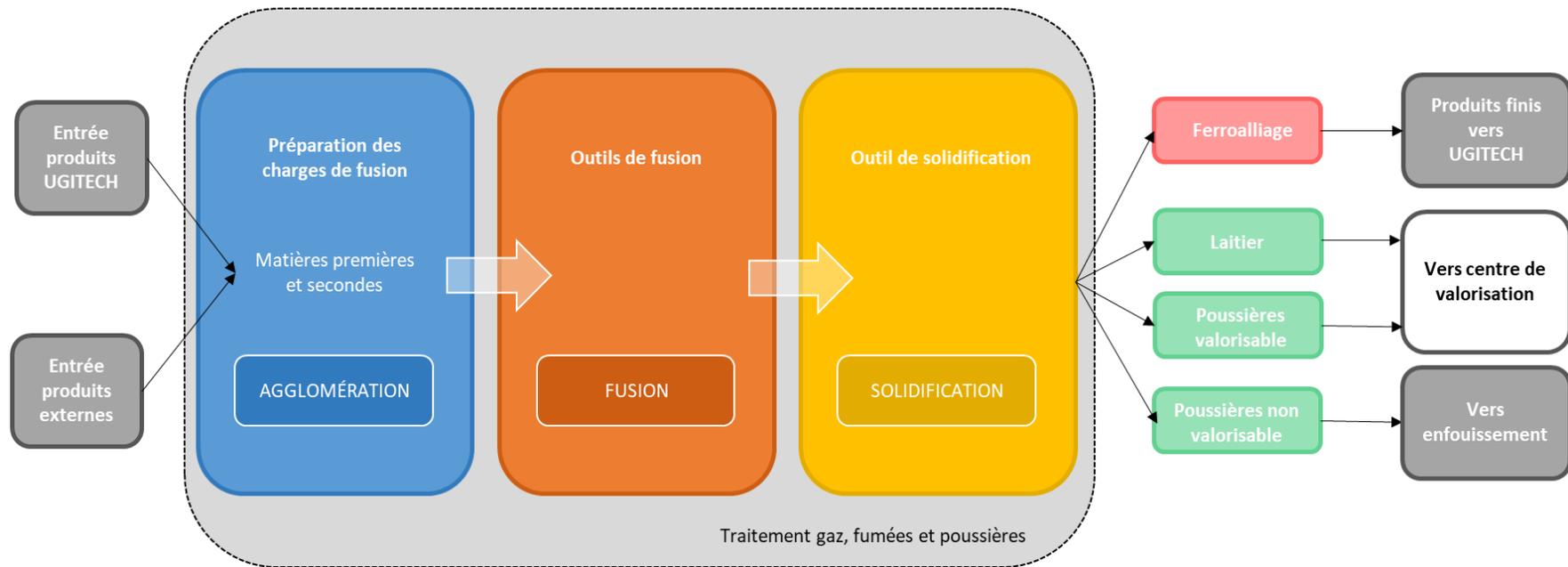


Figure 2 : Schéma de principe du procédé mis en œuvre

Source : UGI'RING



 **Projet UGI'RING
La Léchère (73)**

Légende : 
 Périmètre ICPE

Date : 16/03/2023
Source fond de plan : Géoportail 

Figure 3 : Vue aérienne du site du projet

4. APPROCHE SOURCE-VECTEUR-CIBLE

Ce chapitre permet de définir l'ensemble des voies de transfert et d'exposition pour les populations à l'extérieur du site en appliquant le concept source-vecteur-cible. Le risque associé à un site est ainsi 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 (air soumis aux vents dominants, circulation d'eaux superficielles, circulation d'eaux souterraines, ...).

Ce chapitre permet de faire un premier inventaire des principaux risques potentiels et des conditions de transfert et d'exposition. Par ailleurs, dès ce stade de l'étude, certains risques notamment liés aux sources présentes sur le site peuvent d'ores et déjà être écartés, par exemple s'il n'existe pas de vecteur de transfert vers les populations et l'environnement.

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. À plus ou moins brève échéance, les polluants les moins volatils rencontrent un support solide (eau, sol, organisme). À 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.

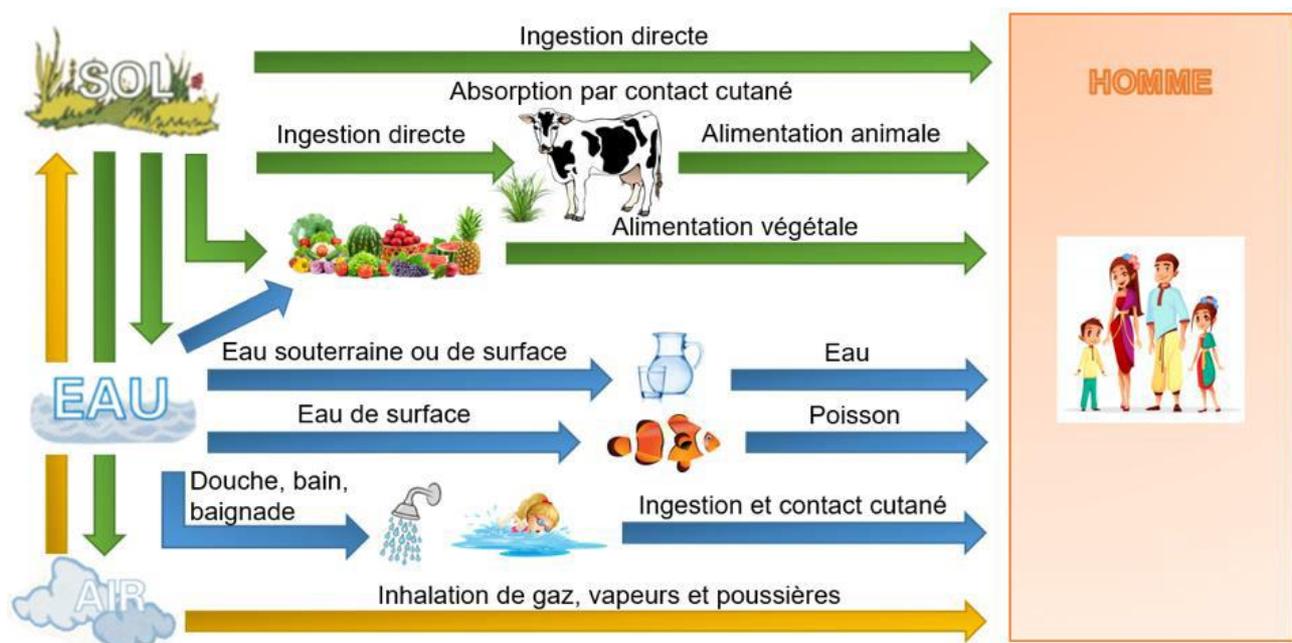


Figure 4 : Schéma global d'exposition

Source : INERIS, AFSSET

4.1 Caractérisation des sources

Dans le cadre du projet, les sources d'émission pourront être :

- les rejets canalisés/surfaciques :
 - four électrique : captation directe et rejet canalisé des fumées issues de la fusion ;
 - dispositif de solidification du métal : captation directe et rejet canalisé des fumées issues de la solidification ;
 - sécheur : captation directe et rejet canalisé des fumées issues du séchage des produits préparés avant fusion ;
 - préparation de charge : captation et rejet surfacique des particules fines issues des opérations de déchargement, de stockage et de transport des matières entrantes ;

→ Sources prises en compte dans la suite de l'étude
- les rejets diffus : les laitiers
→ Source non prise en compte dans la suite de l'étude (transport chaud non pulvérulent, stockage sous bâtiment, lave-roues)
- le trafic : poids-lourds, engins et véhicules légers (gaz d'échappement)
→ Source non prise en compte dans la suite de l'étude (trafic faible : environ 50 véhicules légers et 10 à 15 poids-lourds par jour)
- les rejets aqueux : eaux de process (protection hors gel, circuit semi-fermé procédé de solidification de métal, maçonneries)
→ Sources non prises en compte dans la suite de l'étude (recyclage envisagé des eaux de process, eaux traitées par station de traitement des eaux, respect des VLE, pas de cible/captage en aval)
- les nuisances :
 - les odeurs : le projet ne sera pas à l'origine d'odeurs (notamment, les gaz seront traités avant rejet et les laitiers seront stockés sous bâtiment et refroidis à l'air (risque d'odeurs en cas de refroidissement à l'eau en cas de présence de soufre)) ;
 - le bruit : les installations de traitement d'air, les process (four, préparation des charges, dispositif de solidification du métal), les aérothermes et le trafic pourront être à l'origine de nuisances acoustiques mais des mesures seront mises en place pour les limiter au maximum (four dans un doghouse, process sous bâtiment, capotage des convoyeurs, topographie du site, ...) ;
 - les vibrations : il n'est pas attendu que le projet engendre des vibrations particulières (équipements placés sur plots anti-vibratiles) ;
 - les installations de refroidissement : les aérothermes ne sont pas soumis à la rubrique ICPE 2921 (dispersion d'eau dans un flux d'air) ; il n'y a pas de risque de développement de légionelles ;
 - les espèces allergisantes : sur les 101 espèces de flore recensées sur le site lors de l'inventaire biodiversité, seules 13 espèces présentent un potentiel allergisant moyen à fort. Le projet n'impactera pas les espaces naturels déjà présents sur site ;
 - les insectes : le site ne dispose pas de point d'eau stagnante. Le seul point d'eau à ciel ouvert sera le bassin incendie ; l'eau pour alimenter ce bassin sera pompée pour alimenter la boucle incendie et une partie reviendra dans le bassin (pas d'eau stagnante). Par ailleurs, UGI'RING étudie la possibilité de couvrir le bassin (balles flottantes, bâche ou équivalent) pour éviter ou du moins limiter l'évaporation mais le développement d'algues et donc de surface ouverte aux insectes.

→ Nuisances traitées dans l'étude d'impact

À noter que les groupes électrogènes ne sont pas pris en compte dans cette étude car il s'agit d'installations de secours ; ils ne sont pas voués à fonctionner en situation normale.

L'ensemble de ces sujets, et les mesures mises en œuvre pour limiter leurs émissions dans l'environnement, est décrit dans la pièce n°4 du dossier (étude d'impact).

La Figure 5 ci-après localise les sources de rejets atmosphériques retenues dans la suite de l'étude.

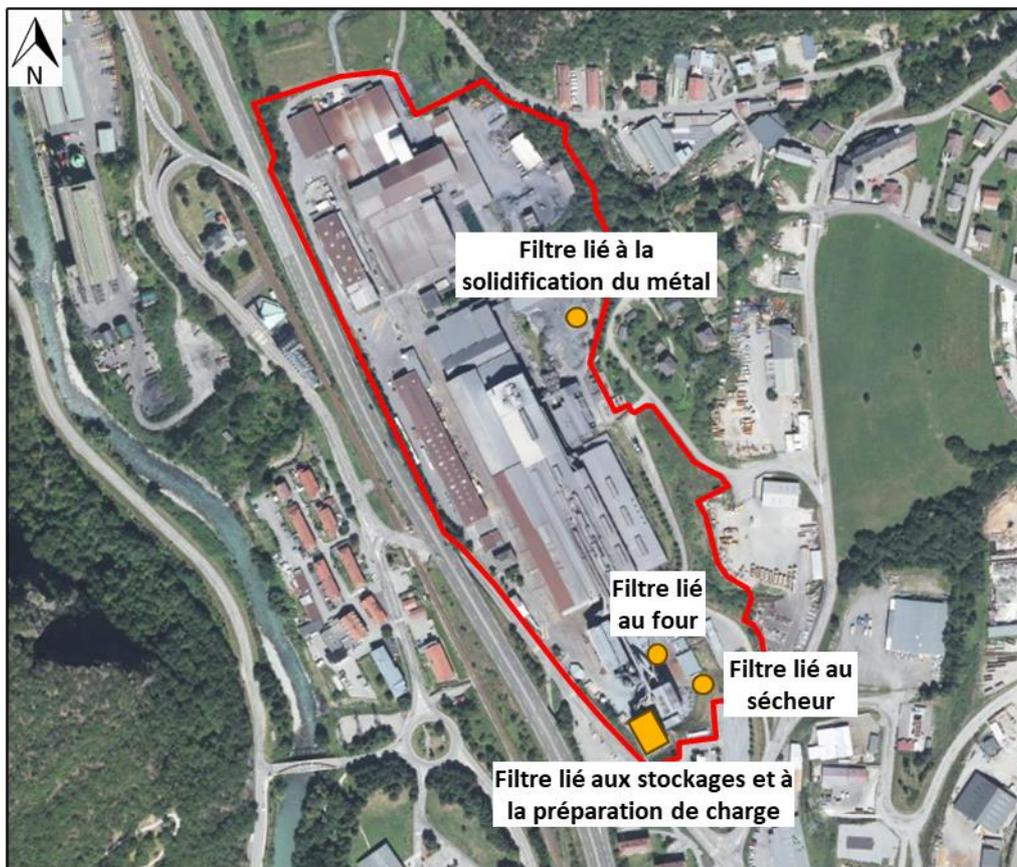


Figure 5 : Localisation des sources retenues dans l'ERS

Sources : Géoportail, EODD

4.2 Caractérisation des vecteurs de transfert

Les vecteurs de transfert sont les milieux permettant de mettre en contact les sources potentielles de danger identifiées au chapitre précédent avec les populations riveraines du site, appelées « cibles » et identifiées au chapitre suivant. Ces vecteurs sont l'air, l'eau ou le sol.

Compte-tenu des sources d'émission du site, l'air sera retenu comme vecteur de transfert dans la suite de l'ERS (dispersion atmosphérique et dépôts au sol). Le sol est également retenu comme vecteur de transfert (transfert des polluants déposés au sol dans le sol et, le cas échéant, dans les végétaux).

4.3 Caractérisation des cibles

Sont considérées comme personnes exposées ou cibles, l'ensemble des individus à proximité du site du projet. Ces individus sont par exemple susceptibles d'inhaler des substances émises dans l'atmosphère par ladite installation (effet direct) et de consommer des produits alimentaires cultivés sur un sol où ces substances se seraient déposées (effet indirect). D'autres catégories de personnes sont également visées : les enfants, les personnes du 3^{ème} âge, ...

Les individus susceptibles d'être exposés aux rejets du projet sur une longue période sont essentiellement les personnes travaillant ou vivant à proximité.

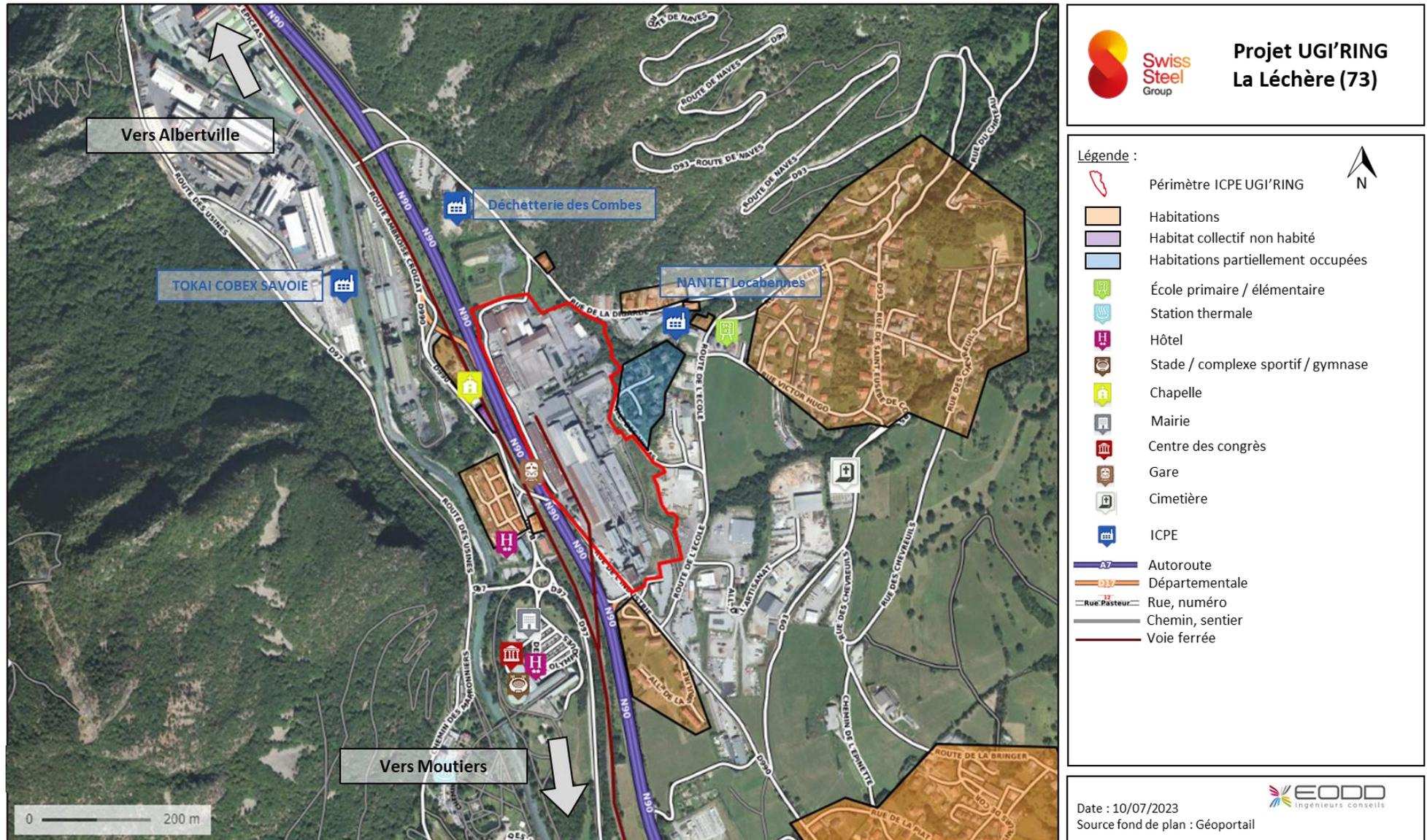


Figure 6 : Occupation des sols autour du site du projet

4.4 Caractérisation des voies d'exposition

Certaines voies d'exposition ont été sélectionnées ou écartées de la suite de l'ERS. Le justificatif est présenté ci-après.

- **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 rejets du 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 dans l'ERS**
- **Ingestion de sols**
La population autour du site est susceptible d'ingérer des sols ; notamment lors des travaux de jardinage ou au travers d'un comportement « pica » des enfants (mains → bouche).
→ **Voie d'exposition retenue dans l'ERS**
- **Ingestion de végétaux**
La population autour du site est susceptible d'ingérer des végétaux ; notamment via les parcelles agricoles entourant le site, via les potagers localisés dans les jardins.
→ **Voie d'exposition retenue dans l'ERS**
- **Ingestion d'aliments d'origine animale**
Aucun élevage n'a été recensé sur le domaine d'étude.
→ **Voie d'exposition non prise en compte dans l'ERS**
- **Ingestion d'eau superficielle ou de nappe**
Aucun rejet d'eaux polluées n'a lieu vers les eaux superficielles ou souterraines. De plus, en l'absence de captages d'eau potable en eau de surface ou souterraine, l'exposition par ingestion d'eau n'est pas retenue.
→ **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**

En synthèse, les voies d'exposition prises en compte dans la suite de l'ERS sont l'inhalation de polluants (sous forme particulaire ou gazeuse), l'ingestion de sols et l'ingestion de végétaux.

4.5 Scénarios d'exposition retenus

Les scénarios d'exposition sont définis à partir des usages et des populations qui ont été recensés et caractérisés à proximité du site, et des situations qui les exposent aux substances émises par le site.

Trois scénarios principaux ont été identifiés :

- **Scénario « Habitation »** : ce scénario concerne l'exposition des habitants (adultes et enfants) résidant à proximité du site ;
- **Scénario « Industrie »** : ce scénario concerne l'exposition des adultes travaillant dans les entreprises à proximité du site ;
- **Scénario « ERP sensible »** : ce scénario concerne l'exposition des populations sensibles (adultes et enfants) présentes à proximité du site : écoles, crèches, station thermale

Afin de se placer dans une démarche majorante, il a été choisi d'étudier dans la suite de l'ERS un scénario « maximum », qui couvre l'ensemble des scénarios précédemment cités.

Ce scénario considère des adultes et enfants exposés à la concentration maximale modélisée par le modèle de dispersion (et non à la concentration modélisée au niveau de l'habitation/industrie/ERP). Il considère également une exposition 24h/24 et 365j/365 aux rejets du site.

4.6 Schéma conceptuel

Le schéma conceptuel présenté sur la Figure 7 en page suivante récapitule les sources potentielles d'émissions du site, les transferts des polluants dans les différents milieux et les voies d'exposition des récepteurs à ces polluants.

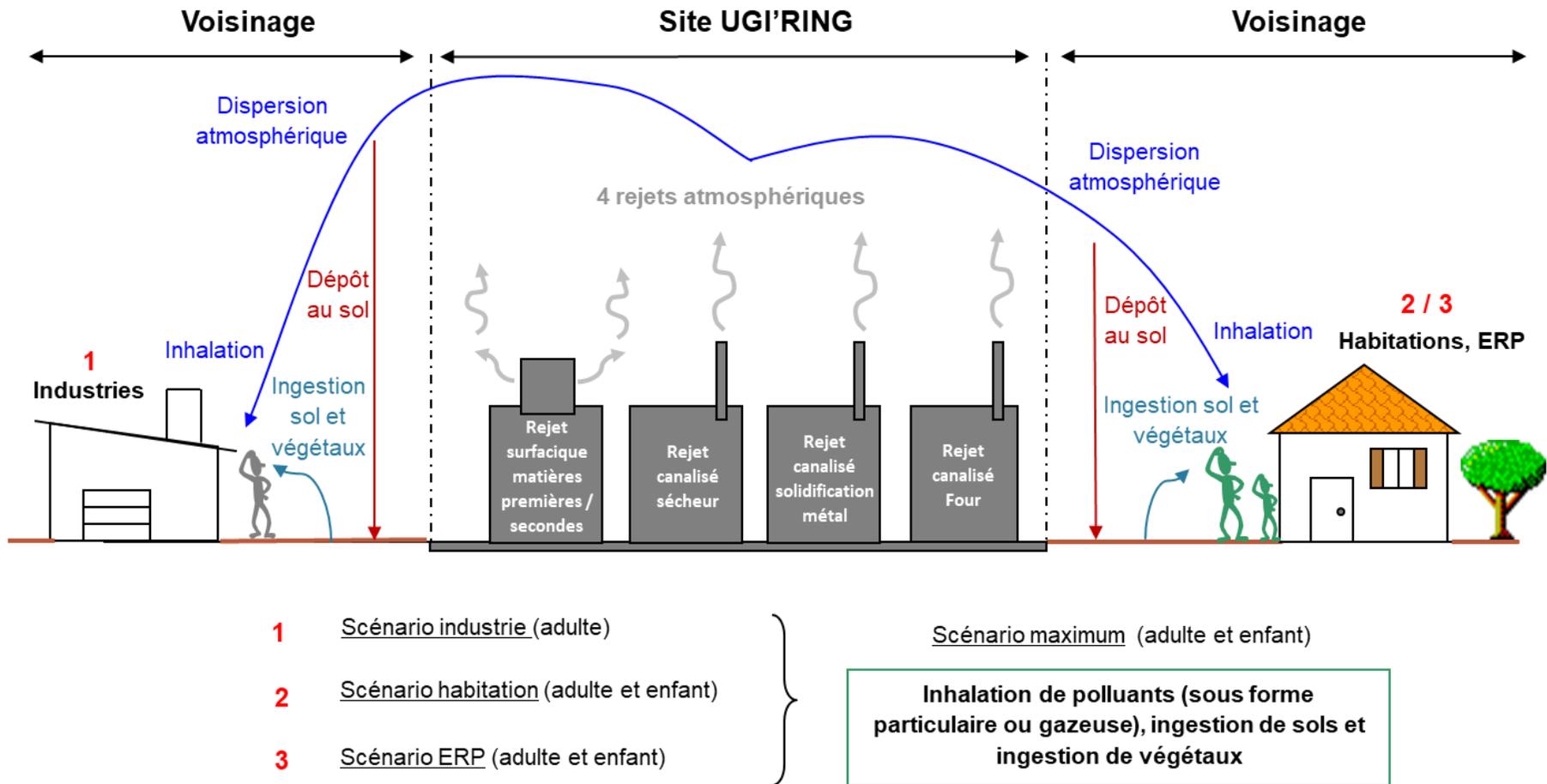


Figure 7 : Schéma conceptuel

Source : EODD

5. SUBSTANCES TRACEUSES DU RISQUE

L'inventaire des polluants susceptibles d'être émis par le projet a été réalisé sur la base :

- des sources retenues dans l'ERS ;
- des polluants réglementés dans les émissions atmosphériques (arrêtés ministériels, BREF, ...) ;
- du retour d'expérience d'UGI'RING et des règles de la métallurgie, de la connaissance des spécificités des produits/déchets mis en œuvre sur le site (répartition connue des matières premières et secondes mises en œuvre, répartition connue des éléments entre le laitier, le métal fondu et les poussières/gaz) ;
- de l'identification des substances les plus toxiques d'un point de vue sanitaire, notamment celles classées Cancérogènes, Mutagènes ou toxiques pour la Reproduction (CMR), sur lesquelles une attention particulière sera portée.

5.1 Substances traceuses retenues dans l'ERS

Les substances traceuses du risque prises en compte dans l'ERS sont présentées dans le tableau ci-dessous, pour chaque source d'émission atmosphérique retenue.

Tableau 2 : Substances traceuses, par source d'émission atmosphérique retenue dans l'ERS

Substances	Rejet 1 (four / doghouse)	Rejet 2 (matières premières / secondes)	Rejet 3 (sécheur)	Rejet 4 (solidification du métal)
Poussières totales (PM)	✓	✓	✓	✓
Monoxyde de carbone (CO)	✓	-	✓	-
Dioxyde de soufre (SO ₂)	✓	-	-	-
Oxydes d'azote (NOx)	✓	-	✓	-
Acide chlorhydrique (HCl)	✓	-	-	-
Acide fluorhydrique (HF)	✓	-	-	-
Composés Organiques Volatils (COV)	✓	-	✓	-
Méthane (CH ₄)	✓	-	✓	-
Fer (Fe)	✓	-	-	-
Plomb (Pb)	✓	-	-	-
Cd+Hg+Tl	✓	-	-	-
As+Se+Te	✓	-	-	-
Sb+Cr+Co+Cu+Sn+Mn+Ni+V+Zn	✓	-	-	-
Dioxines-Furanes (PCDD/F)	✓	-	-	-
Ammoniac (NH ₃)	-	-	✓	-

5.2 Démarche pour les polluants spécifiques

L'évaluation des effets sur la santé ne peut être réalisée pour un mélange (absence de Valeur Toxicologique de Référence pour un mélange), mais substance par substance.

5.2.1 Composés Organiques Volatils (COV)

Le four de fusion et le sécheur sont susceptibles d'émettre des Composés Organiques Volatils (COV).

À ce jour, du fait de l'absence de retour d'expérience sur un procédé similaire (absence de facteur d'émission ou de mesures de type screening COV sur un site équivalent), l'exploitant ne dispose pas de données représentatives de l'activité pour caractériser les émissions spécifiques de COV.

En première approche, il a donc été considéré que 5 % des COV rejetés pouvaient être du formaldéhyde et que 5 % des COV rejetés pouvaient être du benzène (approche considérée comme majorante des émissions réalistes attendues).

Pour cela, les émissions en benzène et en formaldéhyde ont été quantifiées en tenant compte du nombre de carbone et de la masse molaire des deux substances – cf. Tableau 3.

Tableau 3 : Caractéristiques des COV retenus

COV spécifique considéré	Nombre de carbone (C)	Masse molaire (g/mol)	Calcul de la VLE des COV spécifiques
Formaldéhyde	1	30,031	VLE formaldéhyde = [(VLE COV en mg/Nm ³) x (5%) x (30,031 g/mol)] / [(1 carbone dans la molécule de formaldéhyde) x (12 g/mol qui est la masse molaire du carbone)]
Benzène	6	78,11	VLE benzène = [(VLE COV en mg/Nm ³) x (5%) x (78,11 g/mol)] / [(6 carbones dans la molécule du benzène) x (12 g/mol qui est la masse molaire du carbone)]

5.2.2 Métaux

Le four de fusion est susceptible d'émettre des métaux à l'atmosphère.

Certains métaux sont réglementés pour des sommes de métaux :

- Cd+Hg+Tl ;
- As+Se+Te ;
- Sb+Cr+Co+Cu+Sn+Mn+Ni+V+Zn.

➤ *Cd+Hg+Tl et As+Se+Te*

Les sommes Cd+Hg+Tl et As+Se+Te sont réglementées dans l'arrêté ministériel du 02 février 1998.

Il n'est pas attendu des émissions de cadmium, de mercure, de thallium, d'arsenic, de sélénium et de tellure dans les rejets d'UGI'RING. À défaut, pour chaque somme, l'émission sera prise à 1 % de la VLE de l'arrêté ministériel, et assimilée au métal le plus pénalisant dans la suite de l'étude (dans le choix des VTR, dans le choix des facteurs de bioconcentration dans les végétaux, ...).

➤ *Sb+Cr+Co+Cu+Sn+Mn+Ni+V+Zn*

Pour la somme Sb+Cr+Co+Cu+Sn+Mn+Ni+V+Zn, les concentrations métal par métal sont basées sur la connaissance du procédé et des spécifications des produits qui seront introduits dans le four (et en particulier de la part de chacun des métaux susceptibles d'être présents dans les produits entrants).

Enfin, le chrome est exprimé sous sa forme « chrome total ». À ce jour, du fait de l'absence de retour d'expérience sur un procédé similaire, l'exploitant ne dispose pas de données représentatives de l'activité pour caractériser les émissions spécifiques de chrome hexavalent (Cr VI), forme la plus toxique du chrome.

La répartition Cr VI / Cr total retenue dans la suite de l'ERS s'est donc basée sur la campagne de mesure de concentrations dans l'environnement, réalisée par UGITECH sur son site d'Ugine en 2017 (activités similaires). Le rapport¹ indique que : « *Le ratio des concentrations ambiantes de chrome VI par rapport au chrome total est compris entre 0,2 et 0,9 % au point de fond (teneurs intégrant les quantités inférieures à la limite de quantification (LQ) à hauteur de LQ/2), et entre 0,3 et 0,5 % dans la zone d'exposition maximale, respectivement en périodes de marche et d'arrêt de l'aciérie.* »

Il sera ainsi considéré dans la suite de l'ERS que 1 % du chrome émis par le projet UGI'RING est du Cr VI (et le reste du chrome III (Cr III)).

NB : Cette répartition sera vérifiée lors des analyses périodiques des rejets du four (une spéciation sera demandée pour le chrome). L'évaluation des risques sanitaires sera mise à jour le cas échéant.

5.2.3 Poussières

L'ensemble des rejets atmosphériques est susceptible d'émettre des poussières à l'atmosphère.

Les poussières totales, pour lesquelles une VLE existe dans la réglementation, ne disposent pas de valeurs toxicologiques ou de valeurs guides. La part de PM₁₀ (particules de diamètre inférieur à 10 µm) et de PM_{2,5} (particules de diamètre inférieur à 2,5 µm) dans les poussières totales n'est pas connue dans les rejets du projet UGI'RING.

La Figure 8 ci-après présente la répartition granulométrique en sortie du four électrique du site UGITECH à Ugine (mesures réalisées en 2001). En l'absence de valeurs réelles pour le projet UGI'RING, cette répartition sera considérée dans l'ensemble des rejets atmosphériques, soit :

- 83 % des poussières totales seront assimilées à des PM₁₀ ;
- 45 % des poussières totales seront assimilées à des PM_{2,5}.

¹ Rapport E241-1V2 ; Euro Lorraine ; 22 janvier 2018 ; « UGITECH – Site d'Ugine – Mesures de PM₁₀ et retombées atmosphériques de poussières et métaux 2017 – Campagne de mesures complémentaires pour l'IEM »

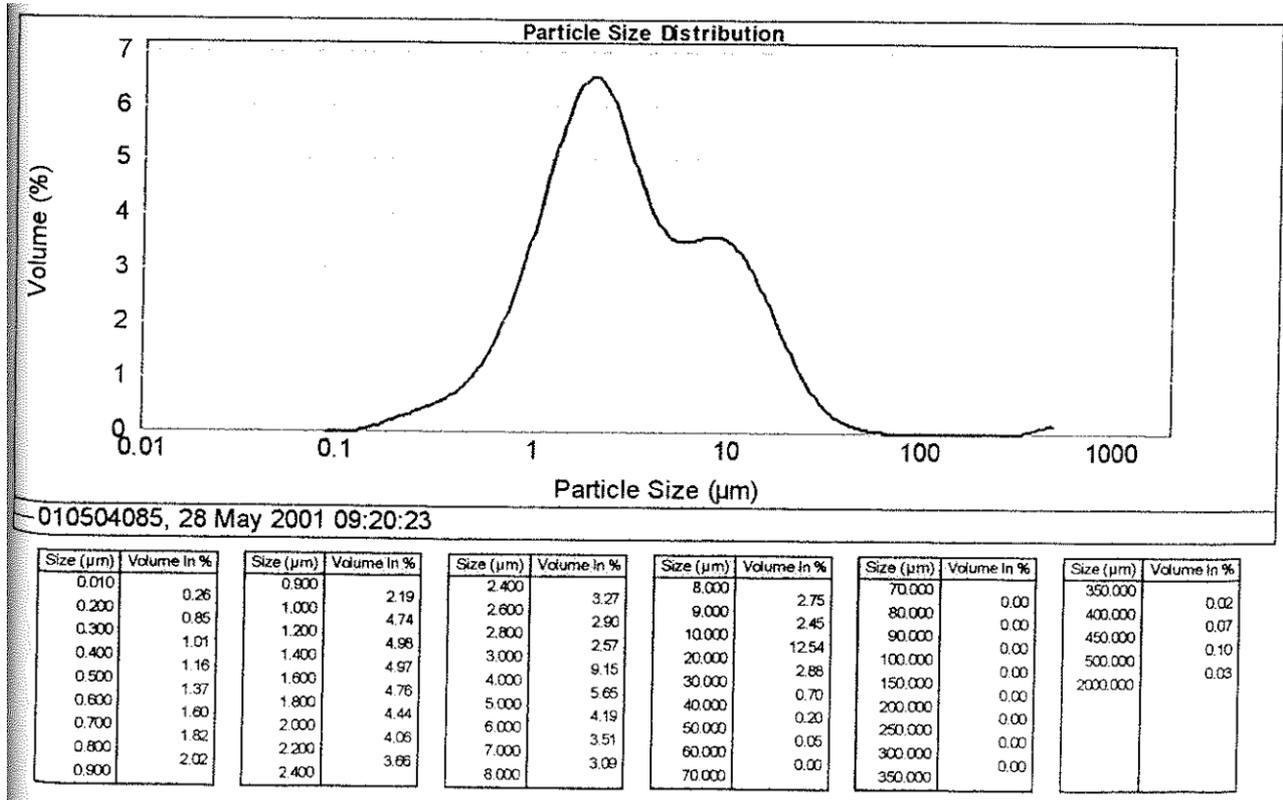


Figure 8 : Répartition granulométrique des poussières du four d'UGITECH à Ugine

Source : Rapport LECES RC/L 6819 – Juin 2001 – Contrôle des rejets atmosphériques, fours électriques 1 et 3

5.3 Caractéristiques des matières entrantes et des gaz/poussières en sortie

Les fumées émises sont principalement composées d'oxydes (de Zinc, Fer, Chrome, Nickel, Manganèse, Calcium ...) et de gaz (dioxyde de carbone, eau, soufre). Les proportions de ces composés varient suivant le type de campagne (piles ou coproduits) et les matières premières utilisées.

6. INTERPRÉTATION DE L'ÉTAT DES MILIEUX (IEM)

6.1 Démarche

Les mesures dans l'environnement constituent le seul moyen d'évaluer, au moment de l'étude, l'état des milieux et l'impact passé et présent de l'ensemble des sources en présence.

Les substances et milieux pertinents sont définis en fonction des caractéristiques des émissions, de l'environnement et des activités. La caractérisation des milieux porte sur les traceurs d'émission et de risque sélectionnés préalablement.

Le guide de l'INERIS 2021² précise que :

« Les milieux à caractériser en priorité, dans le cadre d'une IEM autour d'une ICPE, sont les milieux récepteurs des émissions (air ou eaux). Dans le cas d'émissions atmosphériques, il convient donc de déterminer les concentrations dans l'air (polluants gazeux ou particulaires) et/ou dans les dépôts atmosphériques (polluants particulaires). Dans le cas de rejets aqueux, les mesures sont faites dans les eaux superficielles en aval du rejet, ainsi que dans les sédiments et les eaux souterraines si des transferts sont possibles.

Les concentrations dans les sols superficiels doivent être déterminées pour la définition de l'état initial si l'installation prévue émet des substances particulières persistantes (par exemple les métaux, les dioxines-furannes) et que leurs retombées peuvent impacter des usages des sols (jardins, aires de jeux, potagers, cultures, élevages...). En outre, le sol, milieu intégrateur dans lequel s'accumulent des substances persistantes au fil des années, est particulièrement utile pour suivre des variations à long terme de l'état des milieux ».

Le chapitre 4 a permis de retenir les milieux d'exposition suivants :

- milieu Air ;
- milieu Sol.

Des investigations de terrain ont ainsi été réalisées autour du site du projet avec pour but la recherche des concentrations dans l'air et dans les sols des substances traceuses de l'activité projetée.

Le milieu Eau n'ayant pas été retenu, il n'a pas fait l'objet d'investigations spécifiques. L'état initial de la qualité des eaux souterraines et superficielles a toutefois été étudié dans l'étude d'impact (cf. pièce n°4).

6.2 Air

Une campagne de prélèvements et d'analyses de la qualité de l'air ambiant a été réalisée du 11 au 25 mai 2023 par EODD Ingénieurs Conseils. La campagne a consisté en des prélèvements actifs par pompage sur filtre et en des prélèvements passifs par pose de Radiello sur 14 jours.

6.2.1 Polluants suivis

Les substances ciblées, traceurs de l'activité projeté d'UGI'RING, ont été les suivantes :

- composés gazeux (prélèvements par Radiello) :
 - dioxyde d'azote NO₂ ;
 - dioxyde de soufre SO₂ ;

² Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées, guide INERIS, Ineris-200357-2563482-v1.0, Septembre 2021

- fluorure d'hydrogène HF ;
- Composés Organiques Volatils (COV) (liste de 77 COV) ;
- composés particuliers (prélèvement par pompage) :
 - poussières PM₁₀ et PM_{2,5} ;
 - 12 métaux lourds classiques (Plomb, Arsenic, Nickel, Cuivre, Zinc, Chrome, Manganèse, Étain, Antimoine, Fer, Molybdène, Mercure) ;
 - métaux supplémentaires : Chrome VI (Cr VI).

6.2.2 Positionnement des points de prélèvement d'air

Le nombre et l'emplacement des points de prélèvement ont été contraints par :

- la rose des vents de la zone d'étude ;
- la localisation des zones sensibles et de l'occupation des sols ;
- la présence d'une alimentation électrique pour les pompes de prélèvement ;
- la nécessité d'une zone sécurisée pour ne pas dégrader ou perdre le matériel de prélèvement.

Au final, un seul point de prélèvement regroupe l'ensemble de ces critères. Sa localisation est illustrée sur la figure suivante.

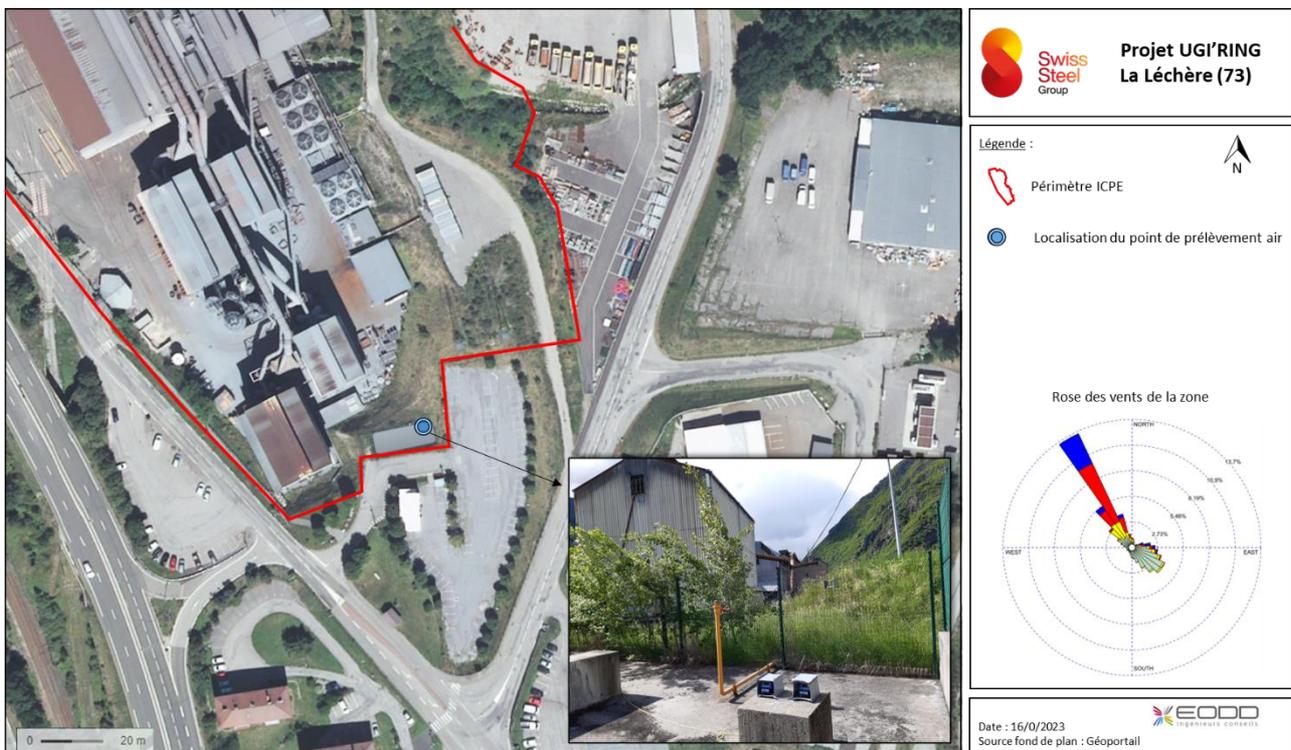


Figure 9 : Emplacement du point de prélèvement d'Air

6.2.3 Description des méthodes de prélèvements et de mesures

Les modes de prélèvements, les supports de fixation et durées de prélèvement sont présentés dans le Tableau 4 ci-après.

L'ensemble des analyses a été pris en charge par le laboratoire WESSLING disposant des accréditations nécessaires, notamment COFRAC.

Les durées de prélèvement ont été déterminées à la suite d'échanges avec le laboratoire, sur la base des données constructeurs et sur le retour d'expérience d'EODD.

Tableau 4 : Méthodes de prélèvements et d'analyse du milieu Air

Substance	Prélèvement actif			Prélèvement passif		Méthode d'analyse en laboratoire
	Pompe	Support	Durée de pompage	Radiello	Durée de pose	
Poussières > 10 µm	2 l/min	Filtre PVC	14 jours			NF X43-261
PM ₁₀ / PM _{2,5}	2 l/min	Filtre PTFE	14 jours			Méthode interne
12 métaux lourds *	2 l/min	Filtre PVC	14 jours			NF EN 14902
Cr VI	2 l/min	Filtre PVC	14 jours			IFA 6665 (2014-10)
NO ₂				Cartouche 166	7 jours	EN 26777
SO ₂				Cartouche 166	7 jours	EN ISO 10304-1
HF				Cartouche 166	7 jours	BGIA 7512 (2006-05)
COV				Cartouche 130	2 x 7 jours	ISO 16200-2

* Plomb, Arsenic, Nickel, Cuivre, Zinc, Chrome, Manganèse, Étain, Antimoine, Fer, Molybdène, Mercure

➤ Prélèvement actif

Cette solution consiste à utiliser des pompes bas-débit reliées à des filtres quartz, PCET ou PVC sur cassette pour collecter les substances particulières, soit dans le cas présent : les poussières et les métaux.

Les particularités d'analyse en laboratoire des polluants retenues imposent d'utiliser deux pompes munies de multivoies :

- une pompe avec un dispositif multivoies et des badges à filtre PTFE permettant la discrimination en PM₁₀ et PM_{2,5} ;
- une pompe avec un dispositif multivoies et une cassette classique au filtre PVC pour la mesure des poussières supérieures à 10 µm et d'un pack 12 métaux, ainsi qu'une seconde cassette PVC pour la mesure du chrome VI.

Les pompes ont été placées sous abris pour les protéger des intempéries.

Afin d'atteindre la limite de quantification à 10 µg/m³ à un débit de 2 l/min, il est nécessaire de pomper *a minima* pendant 3,5 jours. Dans le contexte de la zone d'étude et pour réduire cette limite de quantification, le prélèvement actif a donc été réalisé sur une durée de deux semaines.

Les photographies suivantes illustrent les pompes ainsi que les filtres utilisés dans ce type de campagne.



Figure 10 : Illustrations des équipements de prélèvement par pompe bas débit avec un dispositif multivoies

Source : EODD

➤ Prélèvement passif

En complément des prélèvements actifs, des prélèvements passifs par cartouche de type Radiello ont été réalisés. Ils permettent la mesure des concentrations des principaux composés gazeux : SO₂, NO₂, HF et COV (dont benzène).

Pour les COV, la durée de prélèvement a été fixée à deux campagnes consécutives de sept jours (soit deux semaines au total), afin de ne pas saturer les cartouches. Pour les autres substances, une campagne sur sept jours a été mise en place.

Les dispositifs ont été fixés sur des plaques de support et placés dans des abris adaptés pour les protéger des intempéries. Le tout est fixé en hauteur sur la clôture de l'ancien emplacement de la cuve de propane, avec des colliers de serrage en plastique.

La validité des mesures a été assurée par l'emploi de blanc de transport sur des cartouches Radiello 166 (SO₂, NO₂ et HF). Un premier blanc de transport a été réalisé sur le NO₂ pour la première semaine, un second blanc sur le HF pour la seconde semaine.

L'objectif étant de s'assurer de l'absence de contamination des échantillons pendant toute la durée de la campagne (tant lors du transport que lors de la manipulation des échantillons).

Les photographies suivantes illustrent les cartouches ainsi que les filtres utilisés dans ce type de campagne.



Figure 11 : Illustrations des équipements de prélèvement passif par Radiello

Source : EODD

6.2.4 Conditions météorologiques

Le facteur ayant le plus d'influence sur la représentativité d'une mesure d'air ponctuelle est le vent :

- sa force qui détermine la distance sur laquelle les polluants sont transportés ;
- sa direction qui détermine la direction dans laquelle les polluants sont transportés.

La pluviométrie a également une importance puisqu'elle lessive les polluants atmosphériques.

Afin de connaître les conditions météorologiques survenues durant la campagne, une station météorologique a été placée sur site, au Nord du périmètre ICPE.

La figure suivante illustre la localisation de cette station.



Figure 12 : Photographie et localisation de la station météorologique

Source : EODD

➤ Rose des vents

La Figure 13 ci-après présente la rose des vents obtenue sur les deux semaines de prélèvement d'air, à savoir du 11 au 25 mai 2023. Durant la campagne, les vents présentaient les caractéristiques suivantes :

- trois directions dominantes : l'Est (19,2 %), l'Ouest (22,9 %) et le Nord-Nord-Ouest (29,9 %) ;
- 11 % de vents calmes (avec une vitesse inférieure à 0,01 m/s) ;
- la vitesse moyenne sur la période était de 2,24 m/s (8,1 km/h) avec des rafales pouvant aller jusqu'à 10,5 m/s (37,8 km/h).

En comparant cette rose des vents avec les vents généralement observés dans le secteur (cf. chapitre 8.2.2), il est possible de conclure que la provenance dominante des vents est bien respectée, avec des vents suivant le profil de la vallée.

Toutefois, la vitesse des vents moyenne était sensiblement plus élevée durant la campagne de mesure que sur une année entière (respectivement 2,24 m/s contre 1,7 m/s en moyenne annuelle). Une vitesse de vent plus importante peut avoir un impact positif comme négatif sur la qualité de l'air locale : un fort vent améliore la dispersion atmosphérique mais peut également remettre en suspension des poussières au sol.

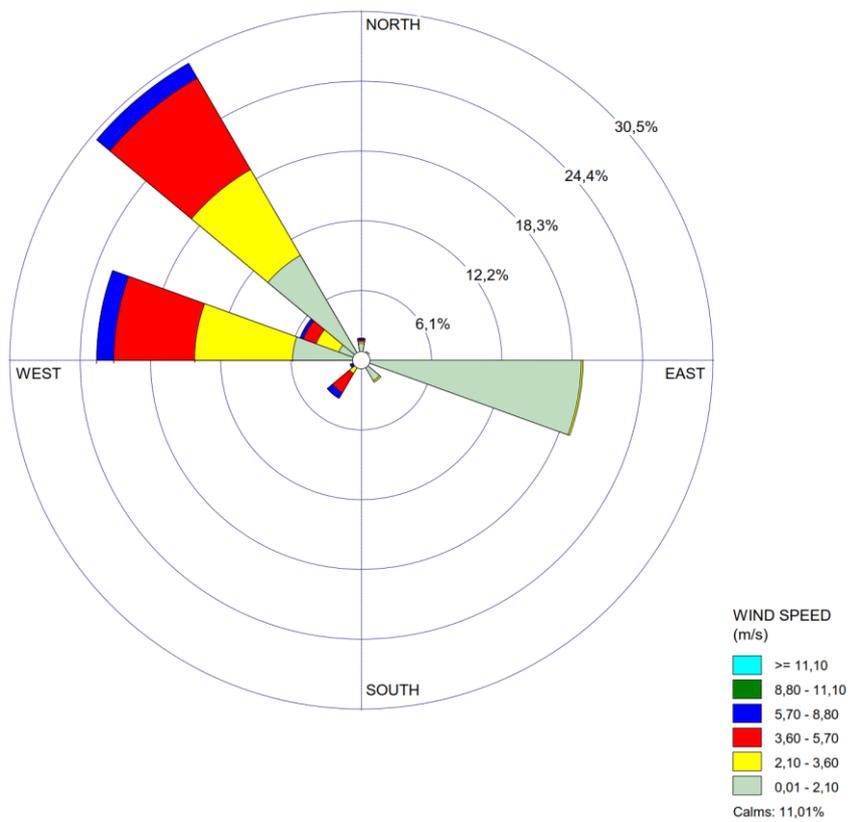


Figure 13 : Rose des vents de la zone d'étude (provenance) du 11/05 au 25/05/2023

Source : WRPLOT



Figure 14 : Superposition de la rose des vents sur une photographie aérienne du site

➤ *Pluviométrie*

Sur les 672 heures de prélèvement, 22 heures présentent des précipitations avec un total de 57,3 mm de pluie sur la campagne. Le maximum a été observé le 11/05 de 16h à 17h avec 28,5 mm.

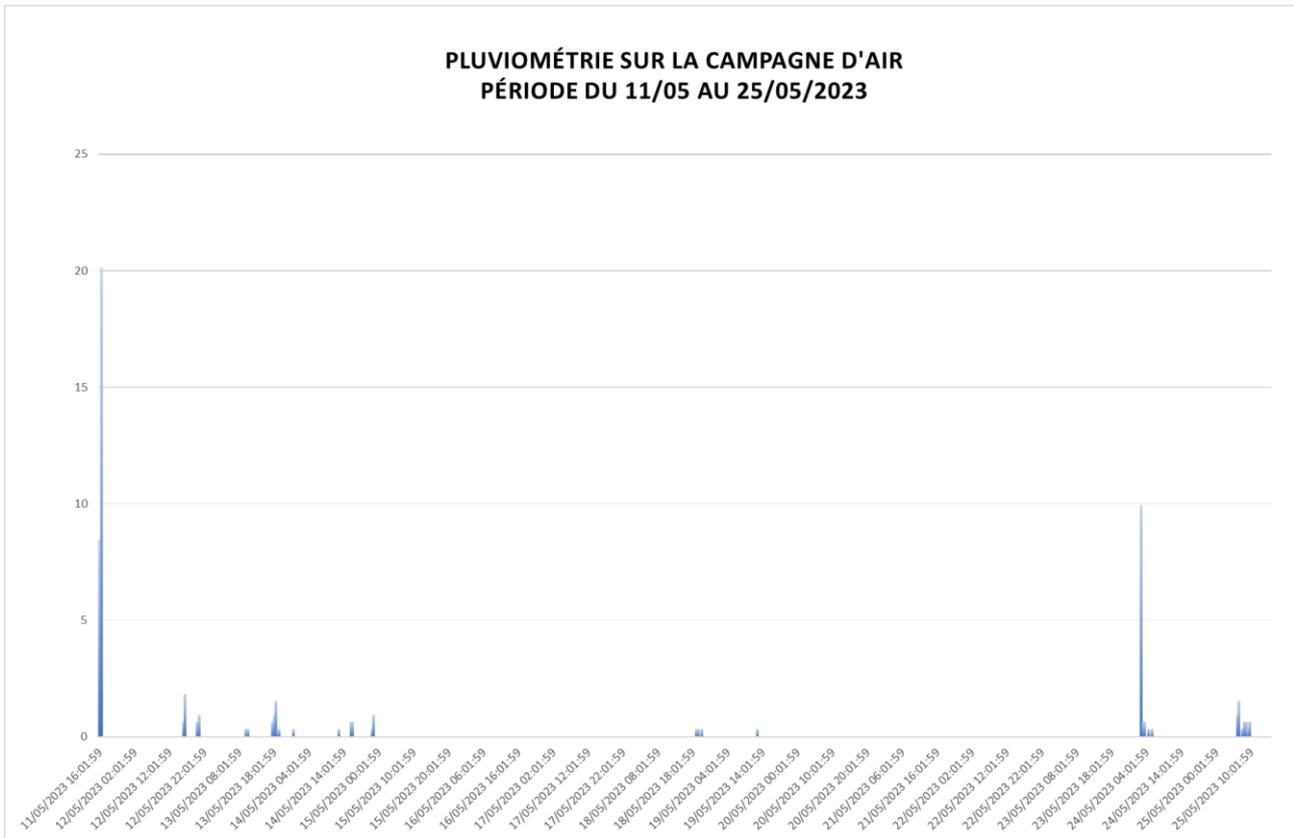


Figure 15 : Pluviométrie de la zone d'étude du 11/05 au 25/05/2023

Source : EODD

Selon Météo France, en moyenne la zone d'étude présente une pluviométrie en mai de 83,2 mm (moyenne sur la période 1991-2020 sur la station de Bourg-Saint-Maurice à 34 km de La Léchère). Les précipitations survenues durant la campagne de prélèvement représentent donc environ 70 % des précipitations moyennes d'un mois de mai pour 14 jours. Toutefois, la moitié de ces précipitations est tombée la première heure de prélèvement.

En conclusion, la pluviométrie n'a que faiblement réduit les concentrations mesurées.

6.2.5 Résultats d'analyses

La fiche de prélèvement est présentée en Annexe 1 et les bordereaux d'analyses du laboratoire en Annexe 3 de cette ERS.

Les valeurs de concentration dans ces rapports sont des valeurs brutes de polluants fixés sur les supports. Aussi, les résultats reportés dans le Tableau 5 suivant prennent en compte :

- les temps de pompage et débits de pompage pour les prélèvements actifs ;
- les temps d'exposition et débits de piégeage des polluants pour les prélèvements passifs.

Tableau 5 : Résultats des prélèvements d'air dans la zone d'étude

Désignation d'échantillon	Unité	Semaine 1, du 11/05 au 17/05		Semaine 2, du 17/05 au 25/05		Semaines 1 et 2
		Échantillon	Blanc de transport	Échantillon	Blanc de transport	Échantillon
Métaux						
Plomb (Pb)	ng/m ³					< LD
Arsenic (As)						6,5
Nickel (Ni)						4,1
Cuivre (Cu)						< LD
Zinc (Zn)						74,6
Chrome (Cr)						< LD
Manganèse (Mn)						< LD
Étain (Sn)						< LD
Antimoine (Sb)						< LD
Fer (Fe)						312,6
Molybdène (Mo)						< LD
Mercuré (Hg)						< LD
Chrome (VI)						7,5
Poussières						
Poussières d > 10 µm	µg/m ³					20,4
Poussières PM ₁₀						18,6
Poussières PM _{2,5}						9,1
Dioxydes						
Nitrites (NO ₂)	µg/m ³	4,25	< LD			
Dioxyde de soufre (SO ₂)		3,29	-			
Fluorure						
Fluorure d'hydrogène (HF)	µg/m ³			< LD	< LD	
COV						
Liste de 77 COV (dont benzène) *	µg/m ³	< LD	-	< LD	-	

* Liste des COV disponible en Annexe 3

< LD : sous le seuil de détection du laboratoire

Le fluorure d'hydrogène, l'ensemble des 77 COV recherchés ainsi que 8 des 13 métaux lourds (Pb, Cu, Cr, Mn, Sn, Sb, Mo et Hg) n'ont pas été détectés par le laboratoire.

Les deux blancs de transport utilisés n'ont également pas montré de concentration détectable en laboratoire. Ce résultat démontre une absence de contamination des échantillons lors du transport.

6.2.6 Interprétation

La démarche d'interprétation des résultats est basée sur le guide de l'INERIS de 2021³. Elle se décline de la manière suivante :

1/ Il est recherché dans un premier temps des **valeurs ubiquistes** disponibles dans la zone d'étude, c'est-à-dire des concentrations moyennes assimilable à des concentrations « témoin ». Si la substance à analyser présente des concentrations au-dessus de la limite de quantification du laboratoire et possède une valeur ubiquitaire, alors il est regardé si cette concentration dépasse la valeur ubiquiste. Si c'est le cas, **la zone est considérée dégradée** pour cette substance → **la substance est retenue pour l'étape suivante.**

À noter que la démarche a également été retenue pour des concentrations en-dessous du seuil de détection du laboratoire mais possédant une valeur ubiquiste : dans ce cas, la concentration de la substance est prise égale à la limite de détection.

2/ La seconde étape consiste à comparer les concentrations des substances retenues à la suite de l'étape 1 à des **valeurs de gestion**, c'est-à-dire des valeurs réglementaires ou, à défaut, des valeurs guides d'instances internationales (OMS, HCPS, ...). **Plusieurs cas de figure sont possibles suivant si la concentration respecte ou non la valeur de gestion** (cf. Tableau 6).

3/ Dans le cas où aucune valeur de gestion n'est disponible, un calcul de risque sanitaire sur la base de **Valeurs Toxicologiques de Référence** (VTR) doit être réalisé. Cette étape consiste en un calcul simplifié d'Évaluation des Risques Sanitaires (ERS), dont la méthodologie est développée aux chapitres 9 et 10. Les risques sont évalués à l'aide du **Quotient de Danger** (QD) et de **l'Excès de Risque Individuel** (ERI) suivant si la substance présente des risques à seuil et/ou sans seuil. Suivant les résultats, le milieu peut être considéré comme compatible, vulnérable ou incompatible (cf. Tableau 6).

Le Tableau 6 suivant présente les différentes possibilités suivant les résultats obtenus lors des étapes 2/ et 3/ ci-dessus.

³ *Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires - Démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées, guide INERIS, Ineris-200357-2563482-v1.0, Septembre 2021*

Tableau 6 : Tableau d'interprétation des résultats de l'IEM dans les études relatives à des ICPE en projet ou existantes

Comparaison aux valeurs de gestion	OU	Quantification des risques « grille IEM » (en l'absence de valeurs de gestion)	Interprétation
Concentrations mesurées < valeurs de gestion		QD : < 0,2 ERI : < 10 ⁻⁶	L'état des milieux est compatible avec les usages
Incertitude sur la comparaison*		QD : entre 0,2 et 5 ERI : entre 10 ⁻⁶ et 10 ⁻⁴	Milieu vulnérable ⁵⁰ Zone d'incertitude nécessitant une réflexion plus approfondie
Concentrations mesurées > valeurs de gestion		QD : > 5 ERI : > 10 ⁻⁴	L'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
* Comparaison incertaine du fait d'incertitudes analytiques, d'un manque de représentativité des mesures, d'une évolution possible dans le futur... (voir §3.5.3 « Vulnérabilité des milieux ou incertitudes conduisant à une réflexion approfondie avant prise de décision ») et la Question 16 : « Quels sont les critères et les points de vigilance à respecter dans la comparaison des résultats de mesures ? »).			

Source : Guide INERIS Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires - 2021

6.2.6.1 Comparaison aux concentrations ubiquistes

Le Tableau 7 suivant regroupe les valeurs ubiquistes disponibles pour les substances étudiées, et indique si la substance est retenue pour l'étape suivante.

Deux types de valeurs ubiquistes sont présentées : les valeurs nationales tirées du guide de l'INERIS de novembre 2016⁴ et les valeurs locales mesurées sur les stations ATMO AURA de La Léchère et d'Aigueblanche. Si plusieurs valeurs sont disponibles, la valeur retenue est la plus pénalisante, soit la plus faible entre les deux (valeurs en gras dans le tableau).

Tableau 7 : Comparaison des concentrations mesurées aux valeurs ubiquistes – Milieu Air

Substance	Unité	Concentration	Valeur ubiquiste		Zone dégradée ?
			Locale	Nationale	
Métaux					
Plomb (Pb)	ng/m ³	< LD = 12	3,0	0,10	Oui (potentiellement)
Arsenic (As)		6,5	3,1	4	Oui
Nickel (Ni)		4,1	2,7	3	Oui
Cuivre (Cu)		< LD = 36	-	700	Non
Zinc (Zn)		74,6	-	-	Oui (potentiellement)
Chrome (Cr)		< LD	-	-	Non
Manganèse (Mn)		< LD = 14	-	410	Non

⁴ Principales caractéristiques physico-chimique, valeurs de gestion et niveaux mesurés dans l'air ambiant, méthodes de mesures de certaines substances, guide INERIS, DRC – 16 – 158882 – 10272A, Novembre 2016

Substance	Unité	Concentration	Valeur ubiquiste		Zone dégradée ?
			Locale	Nationale	
Étain (Sn)		< LD	-	-	Non
Antimoine (Sb)		< LD = 2	-	120	Non
Fer (Fe)		313	-	-	Oui (potentiellement)
Molybdène (Mo)		< LD	-	-	Non
Mercure (Hg)		< LD = 2	-	4	Non
Chrome (VI)		7,6	-	-	Oui
Poussières					
Poussières d > 10 µm		20,4	-	-	Oui (potentiellement)
Poussières PM ₁₀	µg/m ³	18,6	19	-	Oui
Poussières PM _{2,5}		9,1	7	-	Oui
Dioxydes					
Nitrites (NO ₂)	µg/m ³	4,25	20	-	Non
Dioxyde de soufre (SO ₂)		3,29	0,77	5	Oui
Fluorure					
Fluorure d'hydrogène (HF)	µg/m ³	< LD	-	-	Non
COV					
Liste de 77 COV (dont benzène) *	µg/m ³	< LD	-	-	Non

* Liste des COV disponible en Annexe 3

< LD : sous le seuil de détection du laboratoire

Valeur en **gras** : valeur retenue car la plus pénalisante

Pour rappel, en l'absence de valeur ubiquiste et dans le cas de concentration en dessous de la limite de détection du laboratoire, la substance n'est pas retenue pour la suite de l'étude.

Cinq composés présentent des concentrations au-dessus de leur valeur ubiquiste : l'arsenic, le nickel, le chrome VI, les poussières PM₁₀ et PM_{2,5} ainsi que le dioxyde de soufre. Pour ces substances, **la zone est considérée comme dégradée**, ils sont retenus pour la seconde étape de l'interprétation IEM (cf. chapitre 6.2.6.2 suivant).

Le zinc, le fer et les poussières supérieures à 10 µm ne possèdent pas de valeur ubiquiste et ont été mesurés à des concentrations dépassant les limites de détection du laboratoire. Aucune conclusion ne peut être réalisée à ce stade, ils sont donc retenus pour la seconde étape de l'interprétation IEM.

Enfin, pour le plomb, la concentration obtenue est en-dessous de la limite de quantification du laboratoire, mais cette dernière est supérieure à la valeur ubiquiste de la substance. La substance est donc retenue pour l'étape suivante pour s'assurer de l'absence de risque sanitaire.

6.2.6.2 Comparaison aux valeurs de gestion

Les substances retenues à l'étape précédente, c'est-à-dire les substances pour lesquelles la zone peut être qualifiée de dégradée, sont comparées à des valeurs de gestion permettant de définir si le milieu est compatible avec les usages.

Pour rappel, les valeurs de gestion retenues sont dans l'ordre de priorité : les valeurs réglementaires (avec la valeur la plus basse car la plus contraignante) puis les valeurs guide de l'OMS, en l'absence de valeur réglementaire.

Le Tableau 8 en page suivante regroupe les substances retenues ainsi que leurs valeurs de gestion (si disponibles) et indique si le milieu est vulnérable ou compatible.

L'arsenic présente une comparaison dépassant légèrement sa valeur de gestion (respectivement 6,5 ng/m³ pour une valeur de gestion à 6 ng/m³), tout en restant dans la gamme « incertitude sur la comparaison ». Pour ce composé, d'après les seuils de comparaison donnés dans le Tableau 6, **le milieu est potentiellement vulnérable**.

Les poussières PM₁₀ et PM_{2,5} présentent des concentrations respectant les valeurs réglementaires mais dépassant la valeur guide de l'OMS 2021. **Le milieu est considéré vulnérable**.

Pour le zinc, le fer, le chrome VI et les poussières supérieures à 10 µm, aucune valeur de gestion n'est disponible. Ces composés sont donc retenus pour réaliser un calcul de risque sur la base des VTR (cf. chapitre 6.2.6.3).

Les autres composés ne dépassent pas leur valeur de gestion : **l'état des milieux est compatible avec les usages**.

Tableau 8 : Comparaison des concentrations mesurées aux valeurs de gestion – Milieu Air

Substance	Unité	Concentration	Valeur de gestion						Risque possible ?
			Objectif qualité	Valeur limite santé humaine	Seuil recommandation et information	Seuil alerte	Valeur cible	OMS	
			Moyenne annuelle	Moyenne annuelle	Moyenne horaire	Moyenne horaire	Moyenne annuelle	Moyenne annuelle	
Métaux									
Plomb (Pb)	ng/m ³	< LD = 12	250	500	-	-	-	500	Non
Arsenic (As)		6,5	-	-	-	-	6	-	Milieu vulnérable
Nickel (Ni)		4,1	-	-	-	-	20	25	Non
Zinc (Zn)		74,6	-	-	-	-	-	-	Non connu → Calcul VTR
Fer (Fe)		313	-	-	-	-	-	-	Non connu → Calcul VTR
Chrome (VI)		7,6	-	-	-	-	-	-	Non connu → Calcul VTR
Poussières									
Poussières d > 10 µm	µg/m ³	20,4	-	-	-	-	-	-	Non connu → Calcul VTR
Poussières PM _{2,5}		9,1	10	25	-	-	20	5	Milieu vulnérable
Poussières PM ₁₀		18,6	30	40	-	-	-	15	
Dioxydes									
Dioxyde de soufre (SO ₂)	µg/m ³	3,29	50	125	300	500	-	40	Non

< LD : sous le seuil de détection du laboratoire

Valeur en gras : valeur retenue car la plus pénalisante

6.2.6.3 Calculs de risques sanitaires

Le risque potentiel lié aux substances ne présentant pas de valeur de gestion est quantifié dans ce chapitre à l'aide de VTR, afin de définir si l'état des milieux est vulnérable ou non.

Un facteur d'exposition a été appliqué afin de rendre compte du temps où la population n'est pas exposée aux concentrations de la zone d'étude. Dans le cas présent, ce facteur d'exposition est basé sur le document de l'INERIS « Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel MODUL'ERS »⁵. Il a été considéré la somme du temps passé dans le logement (69 % du temps pour un adulte) et du temps passé à proximité de celui-ci (0,03 % du temps pour un adulte), soit un facteur de 0,72.

Le Tableau 9 suivant regroupe les substances retenues, leurs valeurs toxicologiques de référence (si disponibles, cf. également chapitre 7.1.4) et le calcul des indicateurs de risque sanitaire (QD et ERI). Il est également indiqué si le milieu est vulnérable ou compatible.

Tableau 9 : Calculs des indicateurs de risque sanitaire pour les substances sans valeur de gestion – Milieu Air

Substance	Unité	Concentration	Valeur de gestion				Risque possible ?
			VTR		Risques		
			À Seuil	Sans seuil	QD	ERI	
			$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$			
Métaux							
Zinc (Zn)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	7,46E-02	-	-	-	-	Sans objet
Fer (Fe)		3,13E-02	-	-	-	-	Sans objet
Chrome (VI)		7,60E-03	3,00E-02	4,00E-02	1,82E-01	9,37E-05	Vulnérable
Poussières							
Poussières d > 10 μm	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	20,4	-	-	-	-	Sans objet

Le zinc, le fer et les poussières supérieures à 10 μm ne présentent pas de VTR à seuil ou sans seuil, ce qui ne permet pas de définir un risque potentiel. Aucune conclusion n'est possible pour ces substances.

À noter cependant qu'UGI'RING met en place des mesures limitant les rejets de ces substances, notamment en étant conforme aux MTD listées dans le BREF applicable à la profession (respect des valeurs limites d'émission, mise en place de filtre à manches, ...).

Pour le chrome VI, le QD est inférieur à 0,2 (soit un milieu compatible) mais l'ERI est compris entre 10^{-6} et 10^{-4} . D'après les seuils de comparaison donnés dans le Tableau 6, **le milieu est potentiellement vulnérable**.

⁵ Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel MODUL'ERS, rapport INERIS, DRC – 14 – 144968 – 11173C, 23 juin 2017

6.2.7 Conclusion sur le milieu Air

Seuls l'arsenic et le chrome VI présentent des concentrations induisant un milieu vulnérable. Selon le guide de l'INERIS sur l'évaluation de l'état des milieux, cette zone d'incertitude nécessite une réflexion plus approfondie pour conclure si un risque est réellement présent, et si le milieu continue de se dégrader.

Tableau 10 : Synthèse de l'IEM Air

Substance	Unité	Concentration	Interprétation	
Métaux				
Arsenic (As)	ng/m ³	6,5	Concentration ≈ valeur de gestion → incertitude sur la comparaison	Milieu potentiellement vulnérable
Chrome (VI)		7,6	ERI compris entre 10 ⁻⁶ et 10 ⁻⁴ → incertitude sur la comparaison	Milieu vulnérable
Poussières PM _{2,5}	µg/m ³	9,1	Concentration < valeur réglementaire mais > valeur guide OMS	Milieu vulnérable
Poussières PM ₁₀		18,6	Concentration < valeur réglementaire mais > valeur guide OMS	Milieu vulnérable

Parmi ces composés, seuls le chrome VI et les poussières sont susceptibles de se retrouver dans les émissions du projet (il n'est pas attendu d'émission d'arsenic ; aucune suite n'est proposée par UGI'RING, le projet n'entraînera pas de dégradation du milieu pour ce composé).

Concernant le chrome VI, les PM₁₀ et les PM_{2,5}, UGI'RING propose de se rapprocher de ATMO Auvergne-Rhône-Alpes et/ou de l'ARS pour mettre en place une surveillance dans l'air après démarrage.

L'ensemble des mesures visant à limiter les rejets de ces substances est présenté dans l'étude d'impact (pièce n°4 du dossier) et dans la comparaison aux MTD (pièce n°8 du dossier). Il s'agit essentiellement de limiter au maximum les émissions diffuses (travail avec matières premières humides, stockages et process sous bâtiment, captation sur les convoyeurs, l'outil de fusion, le doghouse, ...) et de mettre en place des technologies de filtration éprouvée (filtres à manches).

6.3 Sols

Une campagne de prélèvements et d'analyses de la qualité des sols superficiels a été réalisée le 11 mai 2023 par EODD Ingénieurs Conseils. La campagne a consisté en des prélèvements manuels ponctuels d'échantillons composites, au droit des principaux enjeux à proximité du site.

À noter également qu'un suivi du plomb dans les sols a été mené par FERROPEM de 2006 à 2019. La synthèse des résultats de ce suivi est également intégrée dans cette IEM.

6.3.1 Polluants suivis

Les substances ciblées, traceurs de l'activité projetée d'UGI'RING et pouvant s'accumuler dans les sols, ont été les suivantes :

- 12 métaux lourds classiques (Plomb, Arsenic, Nickel, Cuivre, Zinc, Chrome, Manganèse, Étain, Antimoine, Fer, Molybdène, Mercure) ;
- métaux supplémentaires : Chrome VI (Cr VI).

6.3.2 Positionnement des points de prélèvement de sol

Le nombre et la localisation des points de prélèvement ont été définis afin de mailler la zone d'étude, et de privilégier les zones habitées ou occupées par des établissements sensibles à proximité du site.

Ainsi, 5 points de prélèvement ont été réalisés, dont 1 au droit de l'école communale.

La Figure 16 en page suivante localise les emplacements des sondages superficiels de sol.

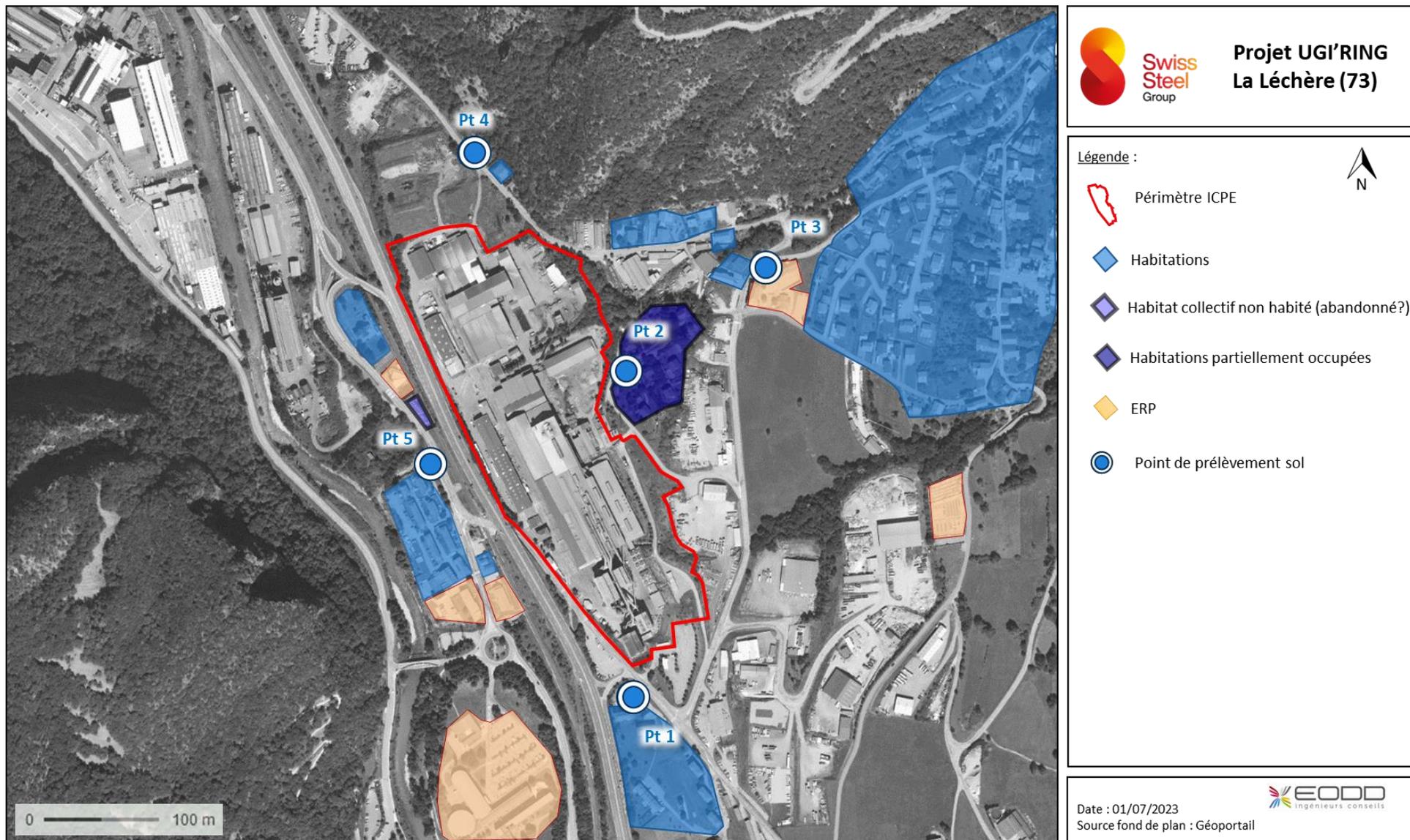


Figure 16 : Emplacement du point de prélèvement de sol

6.3.3 Description des méthodes de prélèvements et de mesures

Pour la matrice sol, la méthode mise en place a consisté en un prélèvement manuel de la couche superficielle du sol à l'aide d'un cylindre en INOX selon le déroulé suivant :

- un cylindre INOX est placé sur le sol puis enfoncé à l'aide d'un marteau sur une profondeur de 5 centimètres. Il est ensuite dégagé à l'aide d'un outil en veillant à empêcher la terre de ressortir du cylindre. La partie de terre qui dépasse du cylindre est arasée ;
- l'opération est répétée sur une surface d'environ 1m², jusqu'à ce que les bœaux soient remplis ;
- l'échantillonnage est réalisé après élimination de la fraction végétale superficielle (herbes et racines), des cailloux et autres éléments grossiers (> 2 cm) ;
- constitution d'un échantillon moyen à partir des sous-échantillons précédemment prélevés (mélange dans un sac plastique) ;
- conditionnement de l'échantillon moyen dans des pots en verre fournis par le laboratoire ;
- nettoyage des outils de prélèvement et d'échantillonnage avant déplacement sur le point de prélèvement suivant.

Les échantillons de sols ponctuels prélevés ont été conditionnés dans du flaconnage transmis par le laboratoire en fonction du programme analytique, stockés à basses températures (< 5 °C) et à l'abri de la lumière dans des boîtes isothermes. Ils ont été transportés au laboratoire dans les plus brefs délais par transporteur postal ou navette.



Figure 17 : Méthodologie de prélèvement des sols superficiels

Source : EODD

Chaque échantillon a également fait l'objet d'une mesure PID afin de détecter d'éventuelles traces de COV.

L'ensemble des analyses a été pris en charge par le laboratoire WESSLING disposant des accréditations nécessaires, notamment COFRAC.

Tableau 11 : Méthodes d'analyse du milieu sol

Substance	Méthode de prélèvement	Méthode d'analyse en laboratoire
12 métaux *	Prélèvement manuel du sol superficiel	Méthode interne métaux ICP/MS
Chrome VI		Méthode interne spectrométrie

* Plomb, Arsenic, Nickel, Cuivre, Zinc, Chrome, Manganèse, Étain, Antimoine, Fer, Molybdène, Mercure

6.3.4 Résultats d'analyse

6.3.4.1 Résultats de la campagne EODD

Chaque point de prélèvement a fait l'objet d'une fiche de terrain, présentée en Annexe 2. Les bordereaux d'analyses du laboratoire sont également disponibles en Annexe 4 de cette étude.

Seul le chrome VI présente une concentration en-dessous de la limite de quantification du laboratoire pour tous les points de mesures.

Le molybdène a été détecté aux points Pt1, Pt 2 et Pt 5.

L'étain a été détecté uniquement au point Pt 2.

Le mercure a été détecté uniquement au point Pt 5.

L'ensemble des autres composés a été retrouvé au droit de tous les points de prélèvement. Le point Pt 4 (à proximité de la décharge au Nord) présente des concentrations parmi les plus élevées des échantillons prélevés, avec possiblement des anomalies en zinc, en arsenic et en plomb.

Pour simplifier les calculs, il n'est retenu dans un premier temps que les concentrations les plus élevées des analyses en laboratoire.

Tableau 12 : Résultats des prélèvements de sol dans la zone d'étude

		Prélèvement du 11/05/2023					
Désignation d'échantillon	Unité	Pt 1	Pt 2	Pt 3	Pt 4	Pt 5	Valeurs retenues pour les calculs
Métaux							
Chrome (VI)	mg/kg MS	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Chrome (Cr)		24	26	22	39	24	39
Manganèse (Mn)		670	480	590	980	590	980
Fer (Fe)		29 000	18 000	25 000	28 000	23 000	29 000
Nickel (Ni)		40	32	36	35	34	40
Cuivre (Cu)		30	48	29	40	31	48
Zinc (Zn)		110	150	250	620	140	620
Arsenic (As)		16	13	14	38	20	38
Molybdène (Mo)		2	1	< LD	< LD	1	2
Étain (Sn)		< LD	4	< LD	< LD	< LD	4
Antimoine (Sb)		1	3	1	2	1	3
Mercure (Hg)		< LD	< LD	< LD	< LD	0,1	0,1
Plomb (Pb)		33	38	60	170	55	170
Mesures PID	ppm	0	0	0	0	0	0

< LD : sous le seuil de détection du laboratoire

6.3.4.2 Résultats des précédentes campagnes FERROPEM

Dans le cadre des anciennes activités de FERROPEM, un suivi de la concentration de plomb dans les sols autour du site était mené par prélèvement des couches superficielles.

Les données s'étendent de 2006 à 2019, par fréquence d'une fois tous les 2 ans, sur 4 zones de prélèvements. Ces zones sont identifiées sur la Figure 18 suivante.

Les résultats de ces prélèvements seront intégrés dans l'IEM.

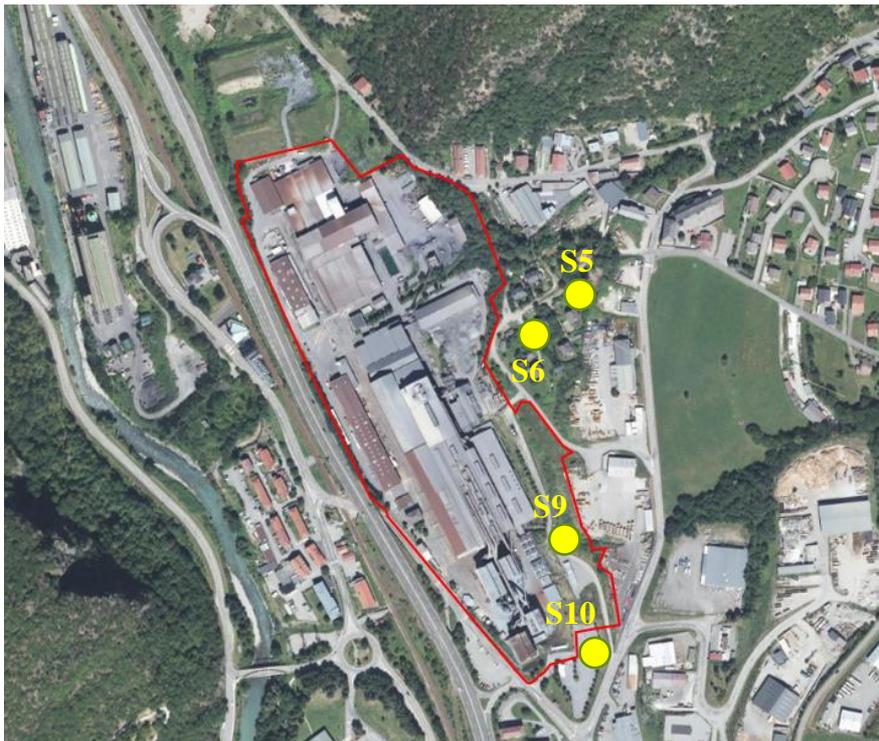


Figure 18 : Localisation des zones de prélèvement de sol des suivis de FERROPEM

Source : Rapport INGEOS n°D4357 du 25/10/2019

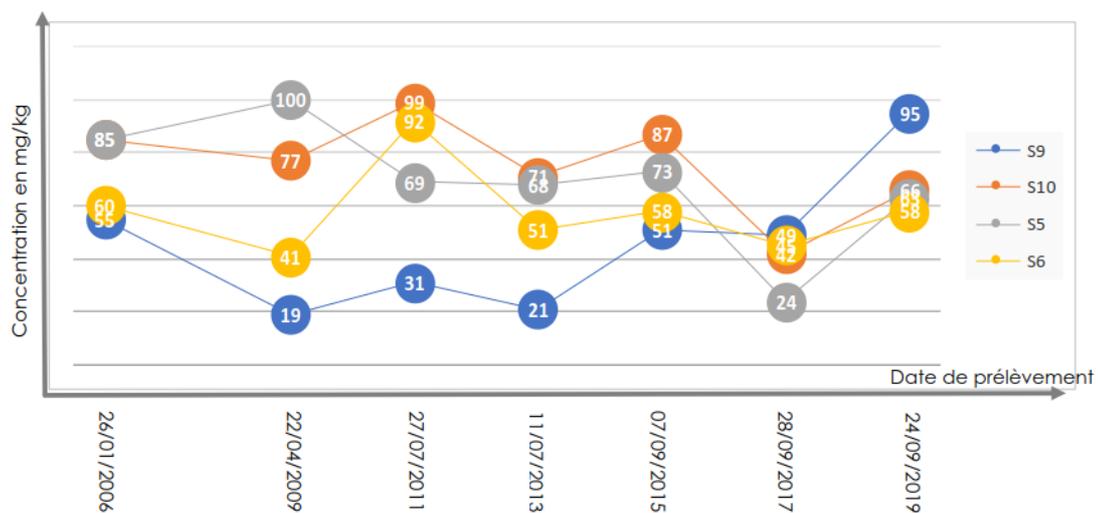


Figure 19 : Évolution des concentrations en plomb des sols sur les campagnes de 2006 à 2019

Source : Rapport INGEOS n°D4357 du 25/10/2019

L'évolution globale depuis 2006 montre une relative stabilité de la teneur en plomb au droit de chaque point de contrôle.

Les concentrations hors site, respectivement à 56 et 66 mg/kg MS pour les points S5 et S6, sont du même ordre de grandeur que les points prélevés en 2023 par EODD (compris entre 33 et 60 mg/kg MS, hors point Pt4).

6.3.5 Interprétation

La démarche d'interprétation du milieu sol est semblable à celle du milieu air :

1/ Les concentrations mesurées dans le sol sont comparées à des valeurs de gestion, c'est-à-dire des valeurs réglementaires ou, à défaut, des valeurs guides d'instances internationales (OMS, HCPS, ...). Dans le cas où la substance présente une concentration au-dessus de la limite de quantification du laboratoire et possède une valeur de gestion, alors il est regardé si cette concentration dépasse la valeur de gestion. Si c'est le cas, **le milieu peut être qualifié de vulnérable voire incompatible suivant le degré de dépassement de cette valeur de gestion** (cf. Tableau 6).

2/ Dans le cas où aucune valeur de gestion n'est disponible, comme pour le milieu air, un calcul de risque sanitaire sur la base de **Valeurs Toxicologiques de Référence** (VTR) doit être réalisé. Cette étape consiste en un calcul simplifié d'Évaluation des Risques Sanitaires (ERS), dont la méthodologie est développée aux chapitres 9 et 10. Les risques sont évalués à l'aide du **Quotient de Danger** (QD) et de **l'Excès de Risque Individuel** (ERI) suivant si la substance présente des risques à seuil et/ou sans seuil. Suivant les résultats, le milieu peut être considéré comme compatible, vulnérable ou incompatible (cf. Tableau 6).

6.3.5.1 Comparaison aux valeurs de gestion

Le milieu Sol ne possède pas de valeur seuil réglementaire pouvant être utilisée pour définir une valeur de gestion d'une substance. Des gammes de valeurs retrouvées « ordinairement » dans les sols, à une plus ou moins grande échelle, sont donc utilisées. Les quatre bases de données utilisées ici sont :

- échelle nationale :
 - « Apports d'une Stratification Pédologique pour l'Interprétation des Teneurs en Éléments Traces » (ASPITET), 2000 : gammes des valeurs pour les sols ordinaires, avec anomalies naturelles modérées et anomalies naturelles forte ;
 - « Base de données des éléments de traves métalliques » (BDETM) ;
- échelle locale (grosse maille) :
 - Réseau RMQS de l'INRA ;
 - Base BDSolU du Fond pédo-Géochimique Urbaine (FDU).

Si des données locales sont disponibles, elles sont privilégiées par rapport aux données nationales.

Ces valeurs couramment rencontrées sont complétées par les recommandations du Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP) qui donne pour l'arsenic et le plomb des seuils à ne pas dépasser.

Le Tableau 13 suivant regroupe donc les substances mesurées dans les sols ainsi que leurs valeurs de gestion (si disponibles) et indique si le milieu est vulnérable ou compatible.

Le molybdène, l'étain et l'antimoine ne possèdent pas de valeur de gestion. Ces composés sont donc retenus pour réaliser un calcul de risque sur la base des VTR (cf. chapitre 6.3.5.2 suivant).

Pour le nickel, le cuivre et l'arsenic, les concentrations dépassent les valeurs de gestion retenues. Toutefois, elles restent dans la gamme de valeur couramment observées en France dans le cas d'anomalies naturelles modérées. Ces composés sont donc retenus pour un calcul de risque, afin de valider cette vulnérabilité du milieu.

Deux composés présentent des valeurs nettement supérieures aux valeurs de gestions considérées, et sont dans les gammes de valeurs observées dans le cas de fortes anomalies naturelles : le zinc et le plomb. Comme pour les autres composés, un calcul de risque a été mené sur ces deux composés.

Tableau 13 : Comparaison des concentrations mesurées aux valeurs de gestion – Milieu Sol

Substance	Unité	Concentration	Valeur de gestion								Risque possible ?
			Données nationales				Données locales		Données nationales		
			Gammes de valeurs couramment observées dans les sols « ordinaires »	Gammes de valeurs observées dans le cas d'anomalies naturelles modérées	Gammes de valeurs observées dans le cas de fortes anomalies naturelles	BDETM France entière Médiane	INRA	FGU-ETS	Recommandation de l'HCSF		
							Seuil d'évaluation des risques	Seuil de dépistage			
Métaux											
Chrome (VI)		< LD	-	-	-	-	-	-	-	-	Non
Chrome (Cr)		39	10 à 90	90 à 150	150 à 3180	38,3	60,21	39,5	-	-	Non
Manganèse (Mn)		980	-	-	-	-	944	-	-	-	Non
Fer (Fe)		29 000	-	-	-	-	35 900	-	-	-	Non
Nickel (Ni)	mg / kg MS	40	2 à 60	60 à 130	130 à 2076	19,5	27,98	29,5	-	-	Vulnérable possible (BDETM, INRA, FGU)
Cuivre (Cu)		48	2 à 20	20 à 62	65 à 160	13,3	19,57	70	-	-	Vulnérable possible (anomalie modérée, BDETM, INRA)
Zinc (Zn)		620	10 à 100	100 à 250	250 à 11426	56,4	83,57	244,31	-	-	Vulnérable possible (anomalie forte, BDETM, INRA, FGU)
Arsenic (As)		38	1 à 25	30 à 60	60 à 284	-	33,98	22,11	25	-	Vulnérable possible (anomalie modérée, INRA, FGU, HCSP)

Substance	Unité	Concentration	Valeur de gestion								Risque possible ?
			Données nationales				Données locales		Données nationales		
			Gammes de valeurs couramment observées dans les sols « ordinaires »	Gammes de valeurs observées dans le cas d'anomalies naturelles modérées	Gammes de valeurs observées dans le cas de fortes anomalies naturelles	BDETM France entière Médiane	INRA	FGU-ETS	Recommandation de l'HCSP		
							Seuil d'évaluation des risques	Seuil de dépistage			
Molybdène (Mo)		2	-	-	-	-	-	-	-	-	Non connu → Calcul VTR
Étain (Sn)		4	-	-	-	-	-	-	-	-	Non connu → Calcul VTR
Antimoine (Sb)		3	-	-	-	-	-	-	-	-	Non connu → Calcul VTR
Mercure (Hg)		0,1	0,02 à 0,1	0,15 à 2,3	-	0,046	0,037	0,85	-	-	Non
Plomb (Pb)		170	9 à 50	60 à 90	100 à 10180	21,7	27,96	195,7	100	300	Vulnérable possible (anomalie forte, BDETM, INRA, HCSP)

6.3.5.2 Calculs de risques sanitaires

Le risque potentiel lié aux substances présentes dans les sols est quantifié dans ce chapitre à l'aide de VTR, afin de définir si l'état des milieux est vulnérable ou non.

La quantité de sols ingérés est calculée sur la base du guide de l'INERIS « Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel MODUL'ERS »⁶, en prenant en compte le scénario le plus pénalisant soit le scénario « Enfant ». Ainsi, la quantité moyenne ingérée est 5,00E-05 kg/j pondérée par le poids moyen du récepteur, ici de 28,95 kg.

Le Tableau 14 suivant regroupe les substances retenues, leurs valeurs toxicologiques de référence (si disponibles) et le calcul des indicateurs de risque sanitaire (QD et ERI). Il est également indiqué si le milieu est vulnérable ou compatible.

Tableau 14 : Calculs des indicateurs de risque sanitaire – Milieu Sol

Substance	Unité	Concentration	Valeur de gestion				Risque possible ?
			VTR		Risques		
			À Seuil	Sans seuil	QD	ERI	
			mg/kg/j	(mg/kg/j) ¹			
Métaux							
Nickel (Ni)	mg/kg MS	40	2,80E-03	-	2,47E-02	-	Compatible
Cuivre (Cu)		48	1,50E-01	-	5,53E-04	-	Compatible
Zinc (Zn)		620	3,00E-01	-	3,57E-03	-	Compatible
Arsenic (As)		38	4,50E-04	1,50E+00	1,46E-01	2,53E-05	Milieu vulnérable
Molybdène (Mo)		2	5,00E-03	-	6,91E-04	-	Compatible
Étain (Sn)		4	2,00E-01	-	3,45E-05	-	Compatible
Antimoine (Sb)		3	6,00E-03	-	8,64E-04	-	Compatible
Plomb (Pb)		170	6,30E-04	8,50E-03	4,66E-01	6,42E-07	Milieu vulnérable

L'ensemble des composés qui présentait un doute sur la vulnérabilité des milieux avec l'approche par la valeur de gestion présentent maintenant une comptabilité du milieu avec l'approche par VTR, hormis pour l'arsenic et le plomb.

Pour ces deux composés, une analyse plus fine sur l'ensemble des 5 points de prélèvement est disponible au Tableau 9 suivant.

⁶ Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel MODUL'ERS, rapport INERIS, DRC – 14 – 144968 – 11173C, 23 juin 2017

Tableau 15 : Calculs des indicateurs de risque sanitaire – Milieu Sol – Analyse détaillée du plomb et de l'arsenic

Substance	Pt 1				Pt 2				Pt 3			
	Concentration mg/kg MS	QD	ERI	Usage ?	Concentration mg/kg MS	QD	ERI	Usage ?	Concentration mg/kg MS	QD	ERI	Usage ?
Arsenic (As)	16	6,14E-02	1,07E-05	Vulnérable	13	4,99E-02	8,66E-06	Vulnérable	14	5,37E-02	9,33E-06	Vulnérable
Plomb (Pb)	33	9,05E-02	1,25E-07	Compatible	38	1,04E-01	1,43E-07	Compatible	60	1,64E-01	2,26E-07	Compatible

Substance	Pt 4				Pt 5			
	Concentration mg/kg MS	QD	ERI	Usage ?	Concentration mg/kg MS	QD	ERI	Usage ?
Arsenic (As)	38	1,46E-01	2,53E-05	Vulnérable	20	7,68E-02	1,33E-05	Vulnérable
Plomb (Pb)	170	4,66E-01	6,42E-07	Vulnérable	55	1,51E-01	2,08E-07	Compatible

Pour l'arsenic, l'ensemble des points présente des concentrations induisant une vulnérabilité du milieu.

À l'inverse, pour le plomb, seul le point Pt 4 présente une vulnérabilité du milieu. Les concentrations observées aux autres points de prélèvement démontrent une compatibilité du milieu.

6.3.6 Conclusion sur le milieu Sol

Seuls l'arsenic et le plomb présentent des concentrations induisant un milieu vulnérable. Selon le guide de l'INERIS sur l'évaluation de l'état des milieux, cette zone d'incertitude nécessite une réflexion plus approfondie pour conclure si un risque est réellement présent, et si le milieu continue de se dégrader.

Tableau 16 : Synthèse de l'IEM Sol

Substance	Unité	Concentration la plus élevée observée	Interprétation	
Métaux				
Arsenic (As)	mg/kg MS	38	ERI compris entre 10^{-6} et 10^{-4} sur les 5 points de prélèvement → incertitude sur la comparaison	Milieu vulnérable
Plomb (Pb)		170	ERI compris entre 10^{-6} et 10^{-4} uniquement sur le point Pt 4 → incertitude sur la comparaison	Milieu vulnérable

Aucun de ces deux composés n'est susceptible de se retrouver dans les émissions du projet (il n'est pas attendu d'émission d'arsenic et de plomb ; aucune suite n'est proposée par UGI'RING, le projet n'entraînera pas de dégradation du milieu pour ces composés).

À noter que FERROPEM reste en charge du suivi des concentrations en plomb dans la zone d'étude, suite à l'exploitation de la décharge au Nord du site. L'évolution des niveaux de plomb dans le sol continuera d'être suivie dans ce cadre-là.

7. SÉLECTION DES RELATIONS DOSE-RÉPONSE

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

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

L'identification du potentiel dangereux d'une substance consiste à :

- dresser la liste des effets sur l'organisme et en particulier :
 - les effets cancérigènes ;
 - les effets systémiques ;
 - les effets mutagènes ;
 - les effets sur la reproduction et le développement ;
- quantifier, pour chaque substance, la fréquence d'exposition, la durée, la voie d'exposition de l'organisme humain et surtout la concentration de ce composé au contact de l'organisme.

Ce chapitre se propose de présenter :

- **pour les substances disposant de valeur toxicologique de référence (VTR) : les VTR retenues ;**
- **pour les substances ne disposant pas de VTR : les valeurs réglementaires et les valeurs guides disponibles dans la bibliographie.**

À noter que :

- les substances disposant d'une VTR sont présentées au chapitre 7.1.4 ;
- le fer, le méthane, le thallium et le tellure n'ont pas de VTR, ni de valeurs réglementaires/guides ; ils sont donc exclus de la suite de l'ERS ;
- les poussières PM_{2,5} et PM₁₀, les NO_x, le SO₂ et le CO ne disposent pas de VTR mais disposent de valeurs réglementaires/guides ; ces valeurs sont présentées au chapitre 7.2 ;
- le plomb, le cadmium, l'arsenic, le nickel et le benzène disposent de VTR (présentées au chapitre 7.1.4) mais également de valeurs guides/réglementaires (présentées au chapitre 7.2).

7.1 Substances disposant d'une valeur toxicologique de référence

7.1.1 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** (principalement les effets non cancérogènes) ;
- **les effets sans seuil de dose** (principalement les effets cancérogènes génotoxiques).

Une même substance peut produire ces deux types d'effets.

➤ *VTR avec effet de seuil*

Les effets toxiques à effet à seuil peuvent apparaître après une exposition aiguë ou chronique. Une dose minimale de toxique (ou seuil) dans l'organisme est nécessaire pour provoquer l'apparition d'un effet. La gravité des effets dépend de la dose reçue. En dessous d'un certain seuil de dose, l'effet considéré ne peut donc pas se produire. Les toxiques à seuil d'effet sont pour l'essentiel des agents non cancérogènes.

Pour ces toxiques, la VTR représente la quantité maximale théorique pouvant être administrée à un sujet, issu d'un groupe sensible ou non, sans provoquer d'effet nuisible à sa santé. Pour une exposition par voie respiratoire, les VTR recensées sont généralement exprimées en microgramme par mètre cube d'air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) et les VTR pour une exposition par voie orale sont exprimées en $\text{mg}/\text{kg}/\text{j}$.

➤ *VTR sans effet de seuil*

Les effets sans seuil peuvent apparaître quelle que soit la dose reçue par l'organisme (absence de seuil). Plus la dose de toxique reçue est élevée, plus la probabilité (risque) de survenue d'apparition du cancer (danger) augmente, mais la gravité de l'effet ne change pas.

Les VTR des toxiques cancérogènes représentent la probabilité de survenue d'un effet cancérogène pour une exposition vie entière à une unité de dose donnée. Elles sont le plus souvent exprimées sous forme d'Excès de Risque Unitaire (ERU)⁷. Les ERU par voie respiratoire sont exprimés en inverse de dose et de concentration ($(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$) et les ERU par voie orale sont exprimés en inverse de dose ingérée ($(\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$).

7.1.2 Organismes consultés et bases de données

Pour chaque substance, les VTR 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) ;
- European Food Safety Authority (EFSA) ;
- Santé Canada.

Des recueils de données sont également consultés car ils regroupent les VTR des différents organismes :

- INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des risques) qui propose des fiches de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques ;

⁷ Bien que de nature strictement identique, les VTR pour les effets cancérogènes prennent des appellations différentes selon l'instance qui les recommande. Néanmoins, pour faciliter la lecture et la compréhension des ERS, il est conseillé d'utiliser une appellation commune = Excès de Risque Unitaire (ERU).

- ITER (International Toxicity Estimates for Risk) ;
- TERA (Toxicology Excellence for Risk Assessment).

7.1.3 Méthodologie de sélection 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 2014⁸ (cf. Figure 20 ci-après).

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 note d'information de la DGS, les VTR élaborées et présentées de manière provisoire par les instances internationales ou proposées au travers de documents provisoires ont été écartées.

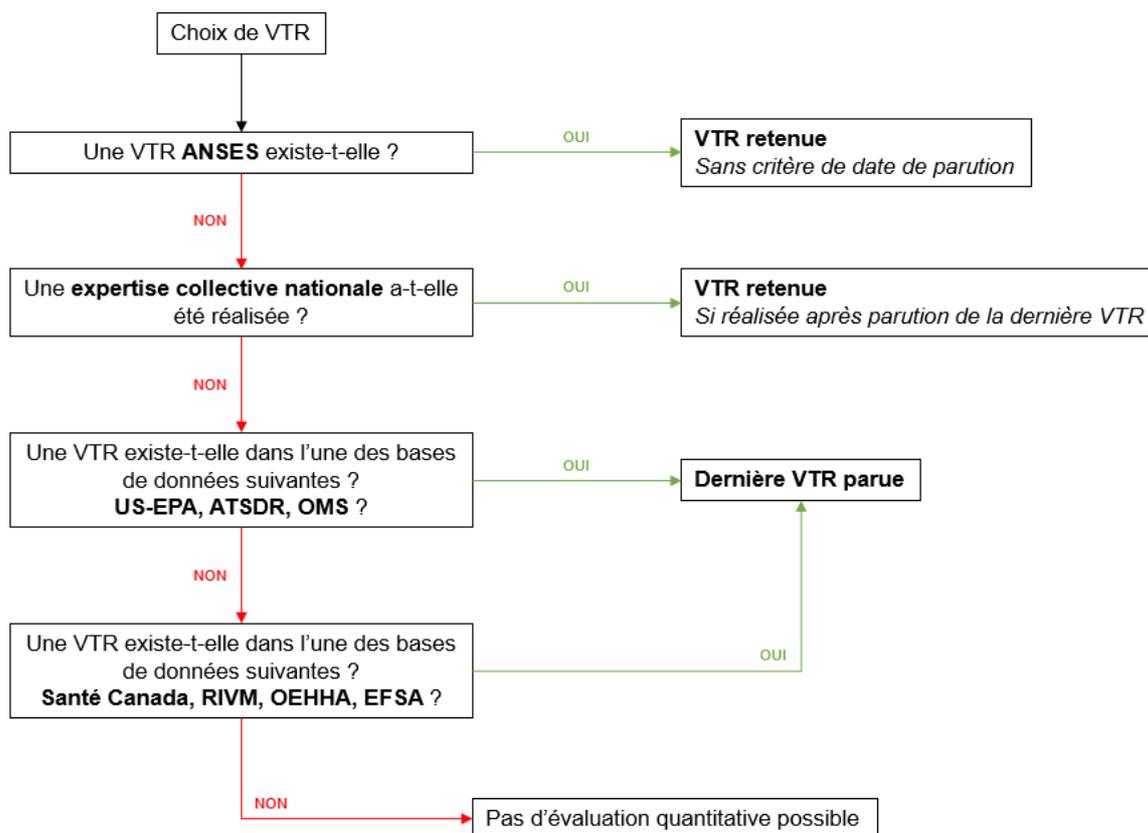


Figure 20 : Choix des VTR lorsqu'il existe plusieurs VTR pour une voie et une durée d'exposition

Source : Note d'information n° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014

⁸ 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

7.1.4 Présentation des VTR

L'analyse des VTR a été effectuée le 22 juin 2023.

Les VTR sont présentées dans le Tableau 17 ci-après où figurent :

- le nom de la substance et son n° CAS ;
- la valeur de la VTR des effets à seuil de dose pour l'inhalation et pour l'ingestion et la valeur numérique de la VTR des effets sans seuil pour l'inhalation et pour l'ingestion ;
- l'effet critique observé ;
- la source d'information et l'année de l'évaluation ou de la dernière révision.

À noter que toutes les substances n'ont pas systématiquement de VTR, que ce soit pour les voies d'exposition (inhalation, ingestion) ou pour les types d'effet (à seuil, sans seuil).

À noter les points suivants pour le choix de certaines VTR :

- **Dioxines-Furanes** : Pour les effets à seuils, la VTR retenue est celle de l'équivalent toxique (ITEQ). Pour les effets sans seuil, en l'absence de VTR ITEQ, il a été retenu la VTR du dioxine-furane le plus pénalisant (démarche sécuritaire).
- **Formaldéhyde** : La VTR inhalation à seuil est fondée sur les mêmes effets et concentrations critiques que la VTR aiguë mais protégeant des effets cancérogènes au niveau du nasopharynx considéré comme un effet à seuil. Ainsi, l'ANSES ne retient pas de VTR inhalation sans seuil, car déjà compris dans la VTR à seuil. Dans une démarche sécuritaire, il a été décidé de retenir quand même une VTR inhalation sans seuil : celle de Santé Canada.
- **Cadmium** : L'INERIS propose de ne pas retenir de VTR sans seuil en supplément de celle de l'ANSES pour la voie d'exposition inhalation et des effets cancérogènes à seuil. Dans une démarche sécuritaire, il a été décidé de retenir quand même une VTR inhalation sans seuil : celle de l'OEHA.
- **Mercur**e : Le mercure est émis très majoritairement sous forme gazeuse sans que la répartition entre les formes chimiques (élémentaire, inorganique (HgCl₂ par exemple) ou organique (méthylmercure par exemple) ne soit déterminée. Ainsi, en l'absence de données plus précises, la forme la plus pénalisante est retenue pour l'ERS. Cette forme dépend du milieu dans lequel se trouve la substance à savoir, la forme élémentaire du mercure dans le milieu air (gaz), et la forme organique dans le sol (méthylmercure).
- **As+Se+Te** : La VTR de cette somme sera assimilée à l'arsenic (VTR la plus pénalisante, quelle que soit la voie d'exposition et le type d'effet).
- **Cd+Hg+Tl** : La VTR de cette somme sera assimilée au mercure pour l'ingestion et l'inhalation à seuil, et au cadmium pour l'inhalation sans seuil (VTR la plus pénalisante selon la voie d'exposition et le type d'effet).

Tableau 17 : VTR pour les effets à seuil et sans seuil, via l'inhalation et l'ingestion

Substances	Voie d'exposition	Type d'effets	VTR chronique	Unité	Facteur de sécurité	Source et date de la dernière révision	Effet critique
Poussières PM₁₀	Substance sans VTR						
Poussières PM_{2,5}	Substance sans VTR						
Monoxyde de carbone (CO)	Substance sans VTR						
Dioxyde de soufre (SO₂)	Substance sans VTR						
Oxydes d'azote (NOx)	Substance sans VTR						
Acide chlorhydrique (HCl)	Inhalation	À seuil	2,00E+01	µg/m ³	300	US-EPA 1995	Système respiratoire
		Sans seuil	-	-	-	-	-
	Ingestion	À seuil	-	-	-	-	-
		Sans seuil	-	-	-	-	-
Acide fluorhydrique (HF)	Inhalation	À seuil	1,40E+01	µg/m ³	1	OEHHA 2003	Système osseux
		Sans seuil	-	-	-	-	-
	Ingestion	À seuil	4,00E-02	mg/kg/j	1	OEHHA 2003	Système osseux
		Sans seuil	-	-	-	-	-
Benzène	Inhalation	À seuil	1,00E+01	µg/m ³	10	ANSES 2008	Système circulatoire, immunitaire, neurologique
		Sans seuil	2,60E-05	(µg/m ³) ⁻¹	/	ANSES 2014	Leucémie
	Ingestion	À seuil	5,00E-04	mg/kg/j	300	ATSDR 2007	Système immunologique, hématologique, neurologique
		Sans seuil	5,50E-02	(mg/kg/j) ⁻¹	/	US-EPA 2000	Leucémie
Formaldéhyde	Inhalation	À seuil	1,23E+02	µg/m ³	3	ANSES 2017	Irritation oculaire (VTR cancérogène)
		Sans seuil	5,26E-06	(µg/m ³) ⁻¹	/	Santé Canada 2000	Tumeurs nasales
	Ingestion	À seuil	1,50E-01	mg/kg/j	100	OMS IPCS 2006	Système digestif
		Sans seuil	-	-	-	-	-
Méthane (CH₄)	Substance sans VTR						

Substances	Voie d'exposition	Type d'effets	VTR chronique	Unité	Facteur de sécurité	Source et date de la dernière révision	Effet critique
Fer (Fe)	<i>Substance sans VTR</i>						
Plomb (Pb)	Inhalation	À seuil	9,00E-01	µg/m ³	-	ANSES 2013	Système rénal, plombémie
		Sans seuil	1,20E-05	(µg/m ³) ⁻¹	/	OEHHA 2011	Système rénal
	Ingestion	À seuil	6,30E-04	mg/kg/j	-	ANSES 2013	Système rénal, plombémie
		Sans seuil	8,50E-03	(mg/kg/j) ⁻¹	/	OEHHA 2011	Système rénal
Cadmium (Cd)	Inhalation	À seuil	3,00E-01	µg/m ³	25	ANSES 2012	Système respiratoire (VTR cancérogène)
		Sans seuil	4,20E-03	(µg/m ³) ⁻¹	/	OEHHA 2002	Système respiratoire
	Ingestion	À seuil	3,50E-04	mg/kg/j	-	ANSES 2019	Système osseux
		Sans seuil	-	-	-	-	-
Mercure (Hg)	Inhalation	À seuil	3,00E-02	µg/m ³	300	OEHHA 2008	Système neurologique
		Sans seuil	-	-	-	-	-
	Ingestion	À seuil	1,86E-04	mg/kg/j	-	EFSA 2012	Système rénal
		Sans seuil	-	-	-	-	-
Thallium (Tl)	<i>Substance sans VTR</i>						
Arsenic (As)	Inhalation	À seuil	1,50E-02	µg/m ³	-	OEHHA 2008	Système reproductif, cardiovasculaire, nerveux, respiratoire, cutané
		Sans seuil	1,50E-04	(µg/m ³) ⁻¹	/	TCEQ 2012	Système respiratoire
	Ingestion	À seuil	4,50E-04	mg/kg/j	5	Fobig 2009	Système cutané
		Sans seuil	1,50E+00	(mg/kg/j) ⁻¹	/	US-EPA 2009 / OEHHA 1998	Système cutané
Sélénium (Se)	Inhalation	À seuil	2,00E+01	-	-	OEHHA 2001	Foie, système cardiovasculaire, système nerveux
		Sans seuil	-	-	-	-	-
	Ingestion	À seuil	5,00E-03	-	3	US-EPA 1991	Système nerveux
		Sans seuil	-	-	-	-	-
Tellure (Te)	<i>Substance sans VTR</i>						

Substances	Voie d'exposition	Type d'effets	VTR chronique	Unité	Facteur de sécurité	Source et date de la dernière révision	Effet critique
Chrome III (CrIII)	Inhalation	À seuil	2,00E+00		-	ATSDR 2012	Système respiratoire
		Sans seuil	-	-	-	-	-
	Ingestion	À seuil	3,00E-01		1 000	EFSA 2014	Reproduction et développement
		Sans seuil	-	-	-	-	-
Chrome VI (CrVI)	Inhalation	À seuil	3,00E-02		300	OMS CICAD 2013	Système respiratoire
		Sans seuil	4,00E-02		/	OMS - IPCS 2013	Système respiratoire
	Ingestion	À seuil	1,00E-03		-	ATSDR 2008	-
		Sans seuil	5,00E-01		/	OEHHA 2011	Système gastro-intestinal
Manganèse (Mn)	Inhalation	À seuil	3,00E-01		100	ATSDR 2012	Système neurologique
		Sans seuil	-	-	-	-	-
	Ingestion	À seuil	5,50E-02		450	INSPQ 2017	Système neurologique
		Sans seuil	-	-	-	-	-
Nickel (Ni)	Inhalation	À seuil	2,30E-01		15	TCEQ 2011	Système respiratoire
		Sans seuil	1,70E-04		/	TCEQ 2011	Système respiratoire
	Ingestion	À seuil	2,80E-03		100	EFSA 2015	Effets reprotoxiques
		Sans seuil	-	-	-	-	-
Zinc (Zn)	Inhalation	À seuil	-	-	-	-	-
		Sans seuil	-	-	-	-	-
	Ingestion	À seuil	3,00E-01		3	US-EPA 2005	Système sanguin et immunitaire
		Sans seuil	-	-	-	-	-
Dioxines-Furanes	Inhalation	À seuil	4,00E-05		-	OEHHA 2000	Système hépatique et pulmonaire, thyroïde
		Sans seuil	3,80E+00		/	OEHHA 2011	Adénome et carcinome hépatique
	Ingestion	À seuil	7,00E-10		30	US-EPA 2012	Système reproductif

Substances	Voie d'exposition	Type d'effets	VTR chronique	Unité	Facteur de sécurité	Source et date de la dernière révision	Effet critique
		Sans seuil	1,30E+05		/	OEHHA 2003	Adénome et carcinome hépatiques de souris
Ammoniac (NH₃)	Inhalation	À seuil	5,00E+02		10	ANSES 2017	Système respiratoire
		Sans seuil	-	-	-	-	-
	Ingestion	À seuil	-	-	-	-	-
		Sans seuil	-	-	-	-	-

7.2 Substances ne disposant pas de valeur toxicologique de référence

Des valeurs réglementaires et/ou guides existent pour les substances suivantes : CO, NO_x, SO₂, PM_{2,5}, PM₁₀, benzène et certains métaux.

À noter que pour les substances ne disposant pas de VTR, il ne sera pas réalisé de calcul de risque sanitaire mais seulement une comparaison entre les concentrations modélisées dans l'air et les valeurs réglementaires et/ou guides.

Le Tableau 18 présente les valeurs réglementaires et les valeurs guides existantes dans la bibliographie :

- Valeurs réglementaires françaises, R. 221-1 du Code de l'Environnement :
 - Valeur limite (niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble) ;
 - Objectif de qualité (niveau à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble) ;
 - Valeur cible (niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble) ;
- Valeurs guides de l'OMS : valeurs guides de 2005 et nouvelles valeurs guides parues en septembre 2021, beaucoup plus restrictives et qui constituent des objectifs à atteindre à terme. À noter que l'OMS établit également des cibles intermédiaires entre les valeurs de 2005 et celles de 2021, dans le but de promouvoir une transition graduelle vers ces nouveaux objectifs et dont l'atteinte de ces cibles intermédiaires permettrait de « *réduire significativement les risques d'affections aiguës et chroniques dues à la pollution de l'air.* »

Les concentrations en moyennes annuelles ont été retenues dès que possible (analyse des effets chroniques).

À noter que dans le cas particulier du SO₂, l'INERIS recommande de comparer les concentrations moyennes annuelles estimées à la valeur fixée par l'OMS pour une exposition aiguë (40 µg/m³ sur 24 heures) également pour des expositions chroniques, à défaut de VTR et de valeur guide correspondante, plutôt que la valeur réglementaire (50 µg/m³ en moyenne annuelle) ; cette dernière étant moins protectrice.

Tableau 18 : Valeurs réglementaires du Code de l'Environnement et valeurs guides de l'OMS

Substances	Valeur réglementaire R. 221-1 CE	Valeur guide OMS 2005	Cible int. OMS				Valeur guide OMS 2021	Durée d'exposition
			1	2	3	4		
µg/m ³								
PM _{2,5}	25 (VL)	10	35	25	15	10	5	Moyenne annuelle
PM ₁₀	40 (VL)	20	70	50	30	20	15	Moyenne annuelle
NO ₂	40 (VL)	40	40	30	20	-	10	Moyenne annuelle
SO ₂	50 (OQ)	50	125	50	-	-	40	Moyenne annuelle pour la valeur CE et moyenne sur 24h pour les valeurs OMS
CO	10 000 (VL)	10 000	7 000	-	-	-	4 000	Maximum journalier de la moyenne sur 8h pour la valeur CE et moyenne sur 24h pour les valeurs OMS

Substances	Valeur réglementaire R. 221-1 CE	Valeur guide OMS 2005	Cible int. OMS				Valeur guide OMS 2021	Durée d'exposition
			1	2	3	4		
			µg/m ³					
Plomb	0,5 (VL) / 0,25 (OQ)	-	-	-	-	-	-	Moyenne annuelle
Cadmium	0,005 (VC)	-	-	-	-	-	-	-
Arsenic	0,006 (VC)	-	-	-	-	-	-	-
Nickel	0,02 (VC)	-	-	-	-	-	-	-
Benzène	5 (VL) / 2 (OQ)	-	-	-	-	-	-	Moyenne annuelle

VL : valeur limite / OQ : objectif de qualité / VC : valeur cible / CE : Code de l'Environnement

7.3 Synthèse des voies d'exposition retenues

Le Tableau 19 présente, pour chaque substance, les voies d'exposition retenues dans le cadre de cette étude.

Tableau 19 : Voies d'exposition à considérer (en vert), par composés traceurs des risques

Substances	Type de valeur de référence disponible	Dangers connus pour une exposition chronique			
		Effet à seuil		Effet sans seuil	
		Par inhalation	Par ingestion	Par inhalation	Par ingestion
Poussières PM ₁₀	VR + VG	✓			
Poussières PM _{2,5}	VR + VG	✓			
Monoxyde de carbone (CO)	VR + VG	✓			
Dioxyde de soufre (SO ₂)	VR + VG	✓			
Oxydes d'azote (NOx)	VR + VG	✓			
Acide chlorhydrique (HCl)	VTR	✓			
Acide fluorhydrique (HF)	VTR	✓	✓		
Benzène	VTR + VR	✓	✓	✓	✓
Formaldéhyde	VTR	✓	✓	✓	
Plomb	VTR + VR	✓	✓	✓	✓
Chrome III	VTR	✓	✓		
Chrome VI	VTR	✓	✓	✓	✓
Manganèse	VTR	✓	✓		
Nickel	VTR + VR	✓	✓	✓	
Zinc	VTR		✓		
Cd+Hg+Tl	VTR + VR	✓	✓	✓	
As+Se+Te	VTR + VR	✓	✓	✓	✓
Dioxines-Furanes	VTR	✓	✓	✓	✓
Ammoniac (NH ₃)	VTR	✓			

VTR : valeur toxicologique de référence / VR : valeur réglementaire / VG : valeur guide

8. MODÉLISATION DE DISPERSION ATMOSPHÉRIQUE

Le fichier de synthèse ARIA Impact™ est présenté en Annexe 5 de cette ERS.

8.1 Modèle utilisé

Le modèle utilisé pour la réalisation de la modélisation de dispersion atmosphérique est le logiciel ARIA Impact™, version 1.8.2.

ARIA Impact™ est un modèle de dispersion gaussien rectiligne, qui permet notamment d'élaborer des statistiques météorologiques et de déterminer l'impact des émissions rejetées par une ou plusieurs sources ponctuelles, linéiques ou surfaciques.

Le logiciel permet de simuler la dispersion à long terme des polluants atmosphériques (gazeux ou particulaires) issus de tout type de sources émettrices et de calculer des concentrations et dépôts (secs et humides) exprimés en moyenne annuelle ou en centiles. Il dispose d'un module de calcul pour les vents faibles et peut également prendre en compte le phénomène de blocage par la couche de mélange.

Le logiciel n'est pas limité en nombre de polluants, ni en nombre de sources. Plusieurs types de sources et de polluants peuvent être pris en compte en même temps dans une même modélisation.

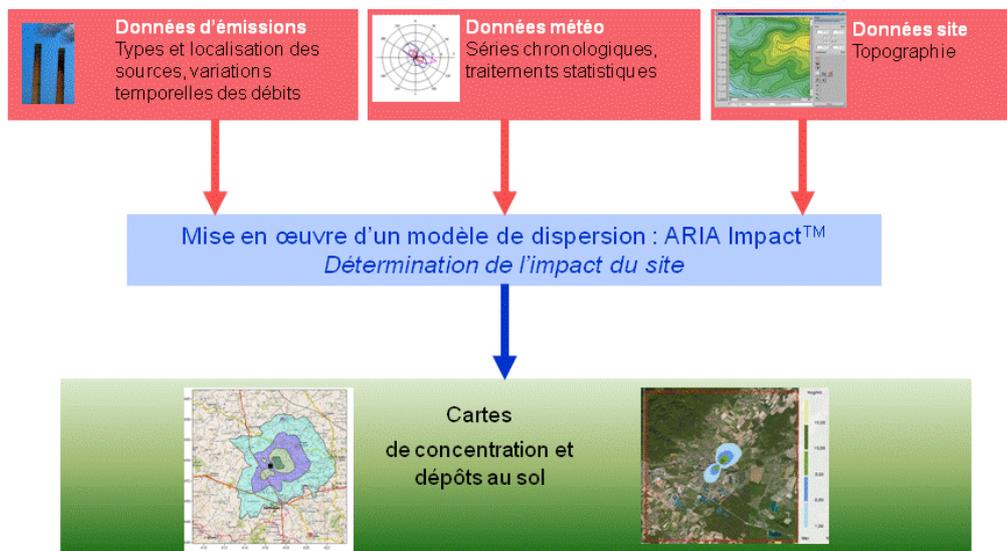


Figure 21 : Démarche générale du logiciel ARIA

Source : ARIA Technologies

ARIA Impact™ permet de modéliser la dispersion :

- de polluants gazeux (NOx, SO₂, ...) : dispersion passive pure sans vitesse de chute ;
- de polluants particulaires (PM₁₀, métaux lourds, dioxines, ...) : dispersion passive et prise en compte des effets gravitaires en fonction de la granulométrie. Les poussières sont représentées sur un nombre arbitraire de classes de taille : si la granulométrie des émissions est connue, des calculs détaillés peuvent être effectués ;
- des odeurs : mélange de molécules odorantes dont la composition est inconnue, exprimée en unité d'odeur ;
- de polluants radioactifs.

Plusieurs types de sources et de polluants peuvent être pris en compte en même temps dans une même modélisation :

- des **sources ponctuelles** (cheminées, ...) ;
- des **sources diffuses ou volumiques** (carrière, casiers, ...) ;
- des **sources linéiques** (trafic automobile).

Plusieurs types de calcul de modélisation sont possibles avec le logiciel ARIA Impact™ :

- **Calcul académique** : il s'agit de modéliser la dispersion des polluants atmosphériques pour une situation météorologique fixée par l'utilisateur (modélisation pour une vitesse de vent et une direction de vent données).
- **Calcul depuis une rose des vents** : il s'agit de modéliser la dispersion des polluants atmosphériques en prenant en compte les fréquences d'occurrence d'une rose des vents générale. Il est alors possible de calculer des moyennes annuelles, le centile 100 ou des fréquences de dépassement de seuil.
- **Calcul statistique** : il s'agit de modéliser la dispersion des polluants atmosphériques en prenant en compte une base complète de données météorologiques. Dans ce cas, un calcul académique est réalisé pour chaque échéance météorologique de la base de données puis des statistiques sont calculées en tenant compte de tous les calculs académiques associés à chaque situation météo de la base de données. Il est alors possible de calculer des moyennes annuelles, des centiles (98, 99,5, ...) ou des fréquences de dépassement de seuil.
→ **Mode de calcul choisi pour cette étude**

ARIA Impact™ permet de calculer les grandeurs suivantes :

- moyennes mensuelles et/ou annuelles de polluant autour du site, en concentrations et dépôts au sol ;
- fréquences de dépassement de seuils en moyennes journalières ou horaires ;
- centiles 98, 99,8, 100 ou autres valeurs de centiles sur une base de calcul prédéfinie (horaire, journalière, 8 heures, ...).

À noter qu'ARIA Impact™ répond aux prescriptions de l'INERIS pour la modélisation de la dispersion de la pollution atmosphérique des rejets des installations industrielles (cf. Annexe 2 du Guide méthodologique INERIS : « *Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions des substances chimiques par les installations classées* » publié par l'INERIS en septembre 2021).

8.2 Paramètres de la modélisation

Les hypothèses de calcul suivantes ont été prises en compte :

- une prise en compte simplifiée de la topographie ;
- un modèle de dispersion selon les écarts-types de Pasquill (modèle standard adapté pour les sites ruraux) ;
- un calcul de la stabilité à partir des classes de Pasquill, obtenues via la longueur de Monin Obukhov ;
- une surélévation du panache due à la vitesse d'éjection et à la température des fumées suivant la formulation de Holland ;
- le calcul des dépôts au sol et un lessivage du panache par la pluie ;
- une maille de calcul de 50 mètres ;
- les sources et émissions présentées au chapitre 8.3 en page 74 ci-après.

8.2.1 Domaine d'étude

Le domaine d'étude est un carré de **6 km x 6 km**, centré sur le site du projet.

Il est adapté aux types de rejets modélisés.

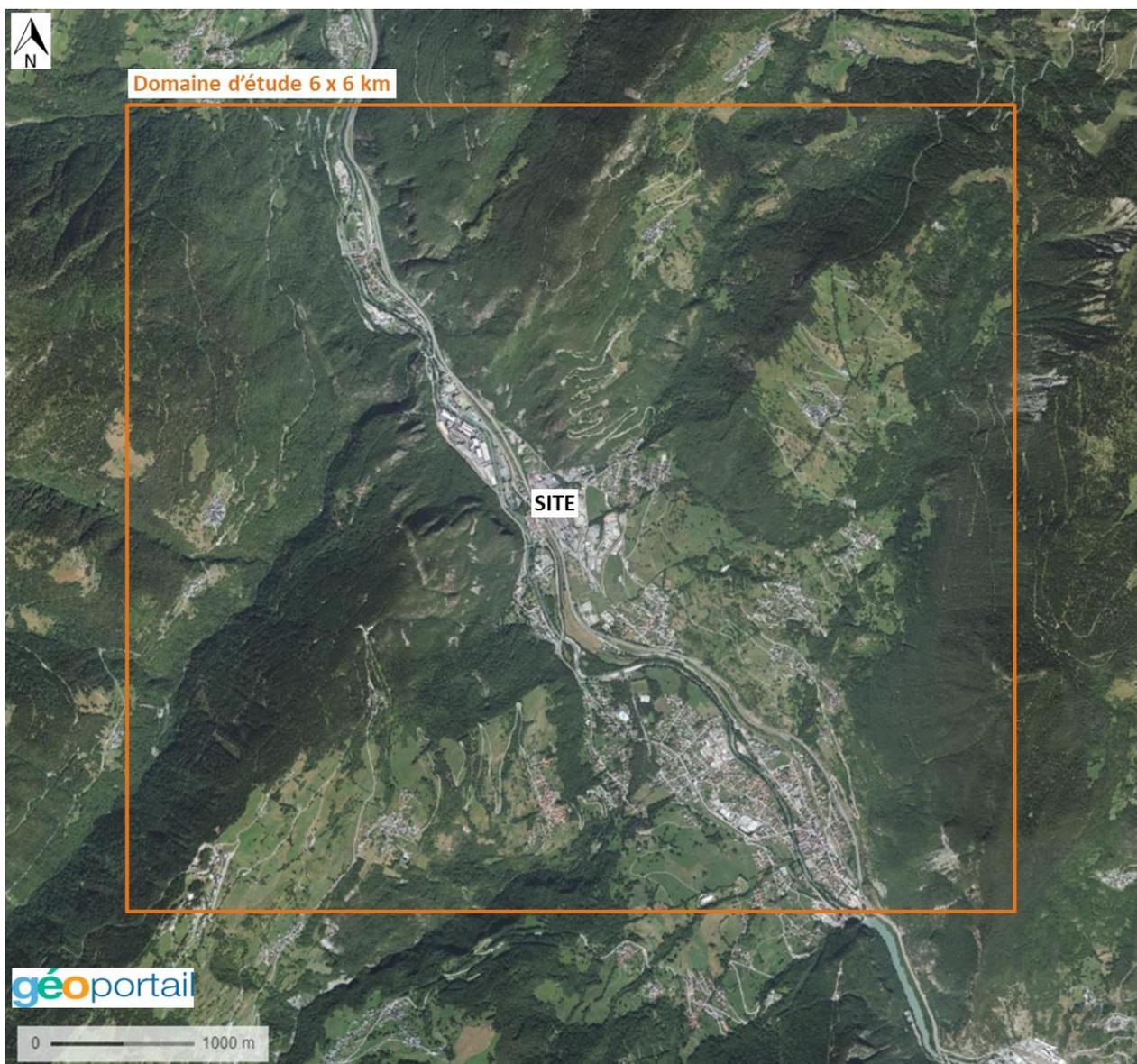


Figure 22 : Domaine d'étude

8.2.2 Données météorologiques

➤ Source des données

Compte-tenu de la localisation du site (en zone de montagne, en fond de vallée, vents canalisés) et de l'absence de stations météorologiques représentatives à proximité, les données utilisées pour la modélisation sont issues d'une simulation à haute résolution et extraites à proximité du site, avec :

- le modèle WRF : longueur de Monin Obukhov, température, direction et vitesse du vent ;
- le modèle AROME : pluviométrie (paramètre non disponible avec WRF).

Cette simulation a été réalisée par la société NUMTECH.

Les données ont été obtenues à un **pas de temps horaire, sur une période de 3 ans** :

- du 1^{er} janvier 2015 au 31 décembre 2017 avec le modèle WRF ;
- du 1^{er} janvier 2019 au 31 décembre 2021 pour le modèle AROME.

Le choix des modèles et de la période a été discuté avec NUMTECH.

Le choix a notamment été guidé par la sélection de données cohérentes pour la direction du vent, paramètre important pour la dispersion atmosphérique (cf. paragraphe suivant).

Le modèle AROME n'ayant pas de données disponibles pour la pluviométrie sur la période retenue pour les vents, la période modélisée pour ce paramètre n'est pas la même que pour les autres.

➤ *Rose des vents*

La rose des vents, en un lieu donné, est la représentation graphique des fréquences des vents classés par direction et vitesse. Les intersections de la courbe avec les cercles d'une fréquence donnée fournissent les fréquences d'apparition des vents en fonction de la direction d'où vient le vent.

La rose des vents sur la période 2015-2017 est présentée sur la Figure 23 suivante.

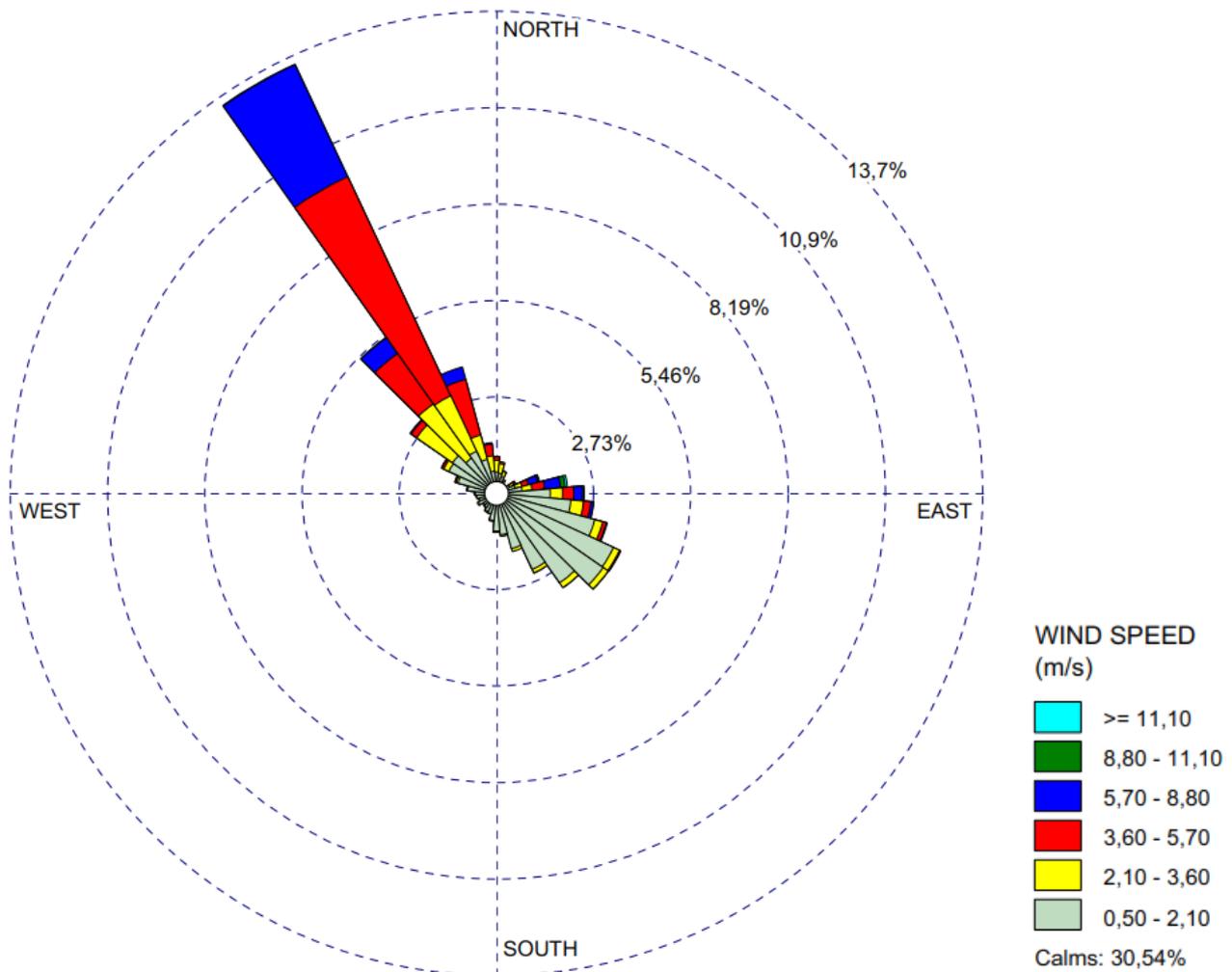


Figure 23 : Rose des vents utilisée dans la modélisation

Sources : WRPLOT, NUMTECH

Les vents dominants suivent la vallée, et proviennent principalement du Nord-Ouest. Des vents de vitesse plus faible proviennent également du Sud-Est.

La vitesse moyenne des vents est de 1,7 m/s. et les vents calmes (< 1 m/s) représentent 30 % des occurrences, ce qui est pénalisant pour la dispersion des polluants (cf. Figure 24).

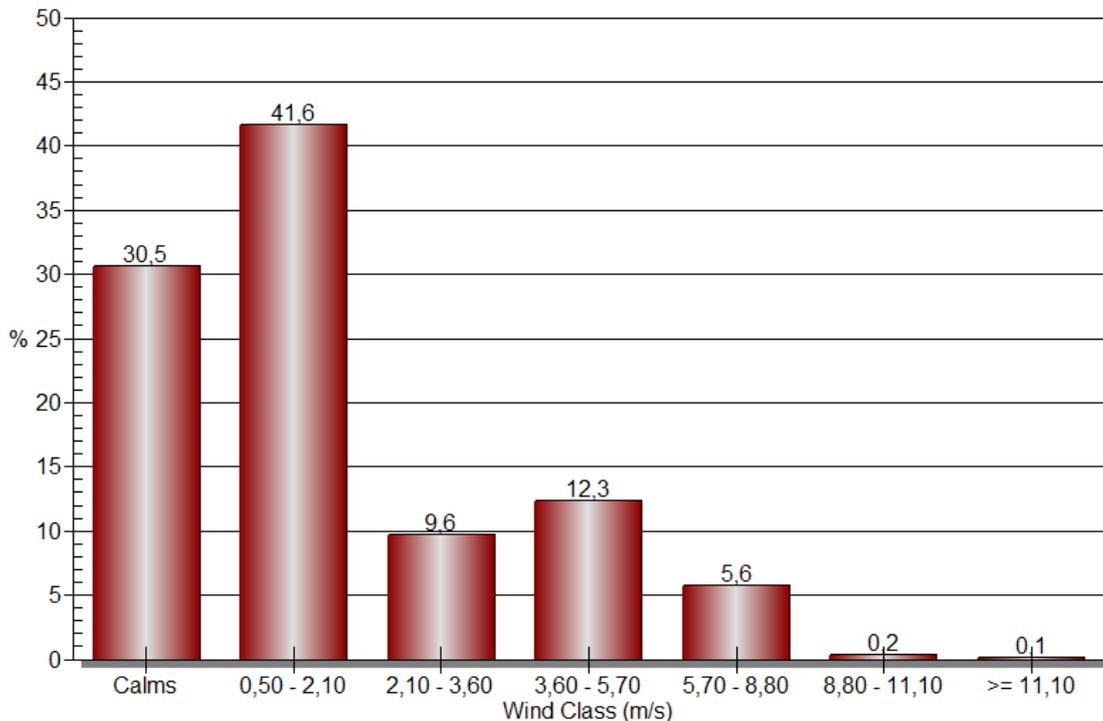


Figure 24 : Répartition de la vitesse des vents considérés dans la modélisation

Source : WRPLOT, NUMTECH

La rose des vents est identique à celle considérée par FERROPEM dans sa dernière évaluation des risques sanitaires (septembre 2020).

Toutefois, il est à noter que les observations/ressentis sur site font état de vitesses de vent plus élevées que celles modélisées (souvent beaucoup de vent sur le site du projet), ce qui permet en réalité une meilleure dispersion des polluants.

➤ Température

La température de l'air est en moyenne de 9 °C sur la période retenue pour la modélisation (WRF).

À noter qu'à la station de Moûtiers, la température moyenne annuelle était de 9,7 °C sur la période 1971-2000 et 11,9 °C sur la période 1991-2020. À noter également que les services de Météo France estiment que les températures au niveau du site du projet seraient légèrement inférieures à celles de Moûtiers.

➤ Pluviométrie

La pluviométrie annuelle est en moyenne de 1 150 mm sur la période retenue pour la modélisation (AROME). À noter qu'à la station de Moûtiers, la pluviométrie annuelle était d'en moyenne 930 mm sur la période 1991-2020.

➤ Stabilité atmosphérique

La stabilité de l'atmosphère est destinée à quantifier les propriétés diffuses de l'air dans les basses couches. Elle est souvent associée à la structure thermique de l'atmosphère : par exemple, les situations d'inversion thermique se produisent lorsque l'atmosphère est stable. Elle permet ainsi d'estimer la « turbulence » de l'atmosphère.

Les classes de stabilité de Pasquill, entrées en données d'entrée dans la modélisation, ont été obtenues à partir de la longueur de Monin Obukhov (donnée WRF), en appliquant la correspondance suivante :

- Très instable : $-200 < LMO < 0$;
- Instable : $-1\,000 < LMO \leq -200$;
- Neutre : $LMO \geq 1\,000$;
- Stable : $200 \leq LMO < 1\,000$;
- Très stable : $0 \leq LMO < 200$.

Avec LMO : longueur de Monin Obukhov en mètres

Les conditions de dispersion de la modélisation sont assez défavorables puisque plus de 65 % des occurrences présentent une atmosphère très stable. Les vents ont une vitesse moyenne de 0,8 m/s en situation très stable, 5 m/s en situation neutre et 2,2 m/s en situation très instable.

Tableau 20 : Fréquence d'apparition de chaque classe de stabilité de l'atmosphère

Classe de stabilité	A	B	C	D	E	F
	Très instable	Instable	Légèrement instable	Neutre	Stable	Très stable
Fréquence (%)	21,8	8,2	0	1,2	3,3	65,5
Vitesse de vent moyenne (m/s)	2,2	5,0	-	4,6	4,7	0,8

➤ Influence des paramètres météorologiques pour la diffusion des polluants

La dispersion atmosphérique des polluants est conditionnée par différents paramètres⁹.

Conditions pour une diffusion importante des polluants dans l'atmosphère :

- vitesse du vent élevée (bon transport horizontal) ;
- 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.

Conditions pour une faible diffusion des polluants dans l'atmosphère :

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

⁹ B. P.A. GRANDJEAN - Pollution atmosphérique et traitements des émissions – Département de génie chimique – Université Laval (Québec)

8.2.3 Formulation des écarts-types

La formulation de l'écart-type prise 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.

Le logiciel de modélisation ARIA Impact™ utilise différentes formulations de l'écart-type. **L'écart-type de Pasquill** a été considéré dans l'étude (site en zone rural).

8.2.4 Topographie

La topographie influe sur les caractéristiques de l'air et donc sur la dispersion atmosphérique des polluants.

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.

Le domaine à l'étude présente des altitudes variant de 405 à 1 703 m NGF. Le site du projet est localisé à environ 450 m NGF (point bas du domaine, **site localisé en fond de vallée à proximité de l'Isère**).

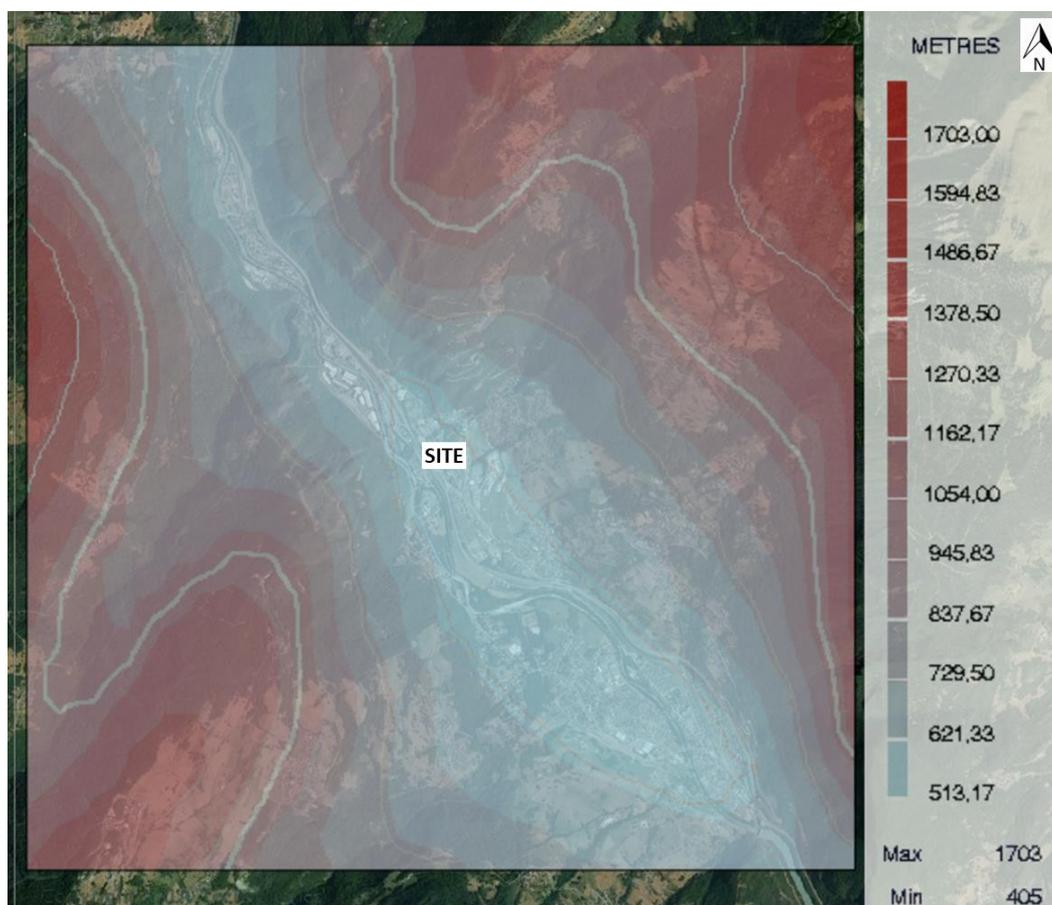


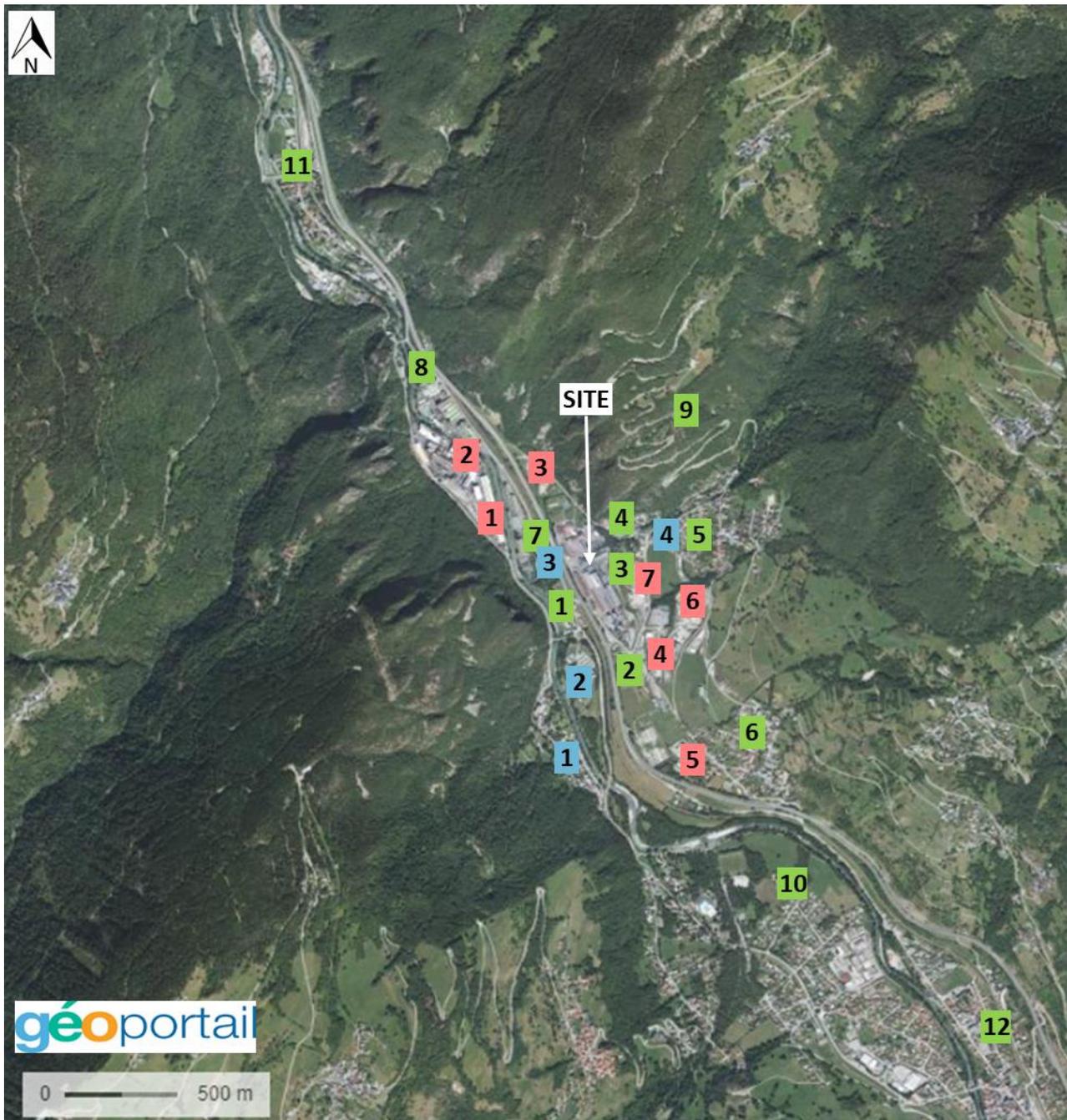
Figure 25 : Découpage topographique utilisé pour la modélisation

Sources : ARIA Relief, Google Earth

8.2.5 Récepteurs

Les récepteurs sont les points dans le modèle pour lesquels les concentrations dans l'air sont calculées.

Une grille réceptrice (d'une étendue de 6 x 6 km autour du site) est utilisée pour couvrir le domaine d'étude et évaluer les impacts. La distance entre chaque point récepteur a été fixée à 50 m. Les concentrations sont donc calculées en environ **14 600 points formant un maillage régulier répartis sur le périmètre autour du site**. Pour rendre compte plus particulièrement de l'impact au niveau des récepteurs autour du site, 23 récepteurs particuliers (discrets) ont également été ajoutés au modèle ; ils sont présentés sur la Figure 26 et couvrent les différents usages autour du site (habitation, industrie, établissement recevant du public).



En vert les habitations / En rouge les industries / En bleu les ERP (ERP1 : Hôtel Radiana – ERP2 : Village 92 – ERP3 : Chapelle – ERP4 : École)

Figure 26 : Récepteurs particuliers considérés dans la modélisation

8.2.6 Précision sur les substances partiellement particulières

Le mercure et les dioxines-furanes sont émis et présents dans l'atmosphère sous forme gazeuse et particulaire, dans des proportions variables. Ces proportions varient entre l'émission et le dépôt, vers plus de particulaire en général, car les substances gazeuses ont tendance à se condenser en se refroidissant et à s'adsorber sur les particules fines. Ces phénomènes sont connus mais non décrits avec précision et sont variables.

Dans le cadre de la présente modélisation de dispersion atmosphérique, les concentrations et les dépôts au sol seront estimés pour le mercure et les dioxines-furanes pour les deux formes (particulaire et gazeux), et la valeur la plus pénalisante sera systématiquement retenue.

À noter que la bibliographie reporte que la part de mercure particulaire dans l'air est inférieure à 10 %¹⁰.

L'approche retenue ici est donc majorante.

8.3 Caractéristiques des sources d'émission

Pour rappel, quatre sources d'émissions atmosphériques ont été retenues :

- Rejet 1 : rejet canalisé en cheminée, raccordé au four de fusion et au doghouse ;
- Rejet 2 : rejet surfacique par lanterneaux (réutilisation de l'équipement de l'ancienne activité de FERROPEM) ; raccordé au dépotage, au stockage et au transport des matières premières et secondes ;
- Rejet 3 : rejet canalisé en cheminée, raccordé au sécheur des produits préparés ;
- Rejet 4 : rejet canalisé en cheminée, raccordé au dispositif de solidification du métal.

Les caractéristiques de ces rejets sont présentées dans la suite de ce chapitre.

8.3.1 Rejet 1 (four/doghouse)

Tableau 21 : Caractéristiques du rejet 1 (four/doghouse)

Paramètres	Rejet 1	Commentaires
Équipements raccordés	Four et doghouse	-
Type de rejet	Canalisé	-
Direction du rejet	Verticale	-
Hauteur du rejet	33 m	Conforme à la réglementation sur la hauteur de cheminée
Débit à l'éjection	71 437 Nm ³ /h	Débit moyen calculé selon les débits par type et phase de process
Vitesse d'éjection	10 m/s	D'après données sur Ugine
Diamètre au débouché	1,85 m	Calculé d'après le débit et la vitesse à l'éjection
Température d'éjection	100 °C	-
Temps de fonctionnement annuel	5 760 h (65,8 %)	48 semaines x 5 jours x 24 heures

Tableau 22 : Rejets à l'émission du rejet 1 (four/doghouse)

¹⁰ US-EPA (1997) - Mercury study report to Congress, Vol III : Fate and Transport of Mercury in the Environment. EPA-452/R-97-005.

Substances	VLE (mg/Nm ³)	Rejet (kg/h)	Commentaires
Poussières totales	5	0,38	-
Poussières PM ₁₀	/	0,30	Rejet basé sur la VLE des poussières totales + répartition présentée au chapitre 5.2.3
Poussières PM _{2,5}	/	0,16	
CO	100	7,14	Rejet pris égal à la VLE
SO ₂	200	14,29	Rejet pris égal à la VLE
NOx	100	7,14	Rejet pris égal à la VLE
HCl	50	3,57	Rejet pris égal à la VLE
HF	5	0,36	Rejet pris égal à la VLE
COV	20	1,43	-
Benzène	/	0,08	Rejet basé sur la VLE des COV + répartition présentée au chapitre 5.2.1
Formaldéhyde	/	0,18	
Plomb	1	7,1E-04	Flux basé sur 1 % de la VLE (pas censé en retrouver dans les rejets)
Cd+Hg+Tl	0,05	3,6E-05	Flux basé sur 1 % de la VLE (pas censé en retrouver dans les rejets)
As+Se+Te	1	7,1E-04	Flux basé sur 1 % de la VLE (pas censé en retrouver dans les rejets)
Sb+Cr+Co+Cu+Sn+Mn+Ni+V+Zn	5	0,36	-
Manganèse	/	0,012	Rejet basé sur la VLE de la somme Sb+Cr+Co+Cu+Sn+Mn+Ni+V+Zn + répartition présentée au chapitre 5.2.2
Nickel	/	3,7E-03	
Zinc	/	0,33	
Chrome III	/	0,01	
Chrome VI	/	9,9E-05	Rejet basé sur le rejet du chrome III + répartition présentée au chapitre 5.2.2
Dioxines-Furanes	5,0E-08	3,6E-09	Rejet pris égal à la VLE

8.3.2 Rejet 2 (matières premières/secondes)

Tableau 23 : Caractéristiques du rejet 2 (matières premières/secondes)

Paramètres	Rejet 2	Commentaires
Équipements raccordés	Dépotage, stockage et transport des matières	-
Type de rejet	Surfacique (≈ 2 x 100 m ²)	
Direction du rejet	Horizontale	-
Hauteur du rejet	Entre 23 et 27 m	Réutilisation des lanterneaux existants
Débit à l'éjection	300 000 Nm ³ /h	317 000 Nm ³ /h à température ambiante
Vitesse d'éjection	0,5 m/s	Calculé d'après la surface de rejet et le débit
Température d'éjection	20 °C	-
Temps de fonctionnement annuel	5 760 h	48 semaines x 5 jours x 24 heures

Tableau 24 : Rejets à l'émission du rejet 2 (matières premières/secondes)

Substances	VLE (mg/Nm ³)	Rejet (kg/h)	Commentaires
Poussières totales	5	1,5	-
Poussières PM₁₀	/	1,245	Rejet basé sur la VLE des poussières totales + répartition présentée au chapitre 5.2.3
Poussières PM_{2,5}	/	0,675	

8.3.3 Rejet 3 (sécheur)

Tableau 25 : Caractéristiques du rejet 3 (sécheur)

Paramètres	Rejet 3	Commentaires
Équipements raccordés	Sécheur	-
Type de rejet	Canalisé	-
Direction du rejet	Verticale	-
Hauteur du rejet	33 m	Conforme à la réglementation sur la hauteur de cheminée
Débit à l'éjection	80 000 Nm ³ /h	Valeur fournisseur : 120 000 m ³ /h à 150 °C
Vitesse d'éjection	12 m/s	D'après données sur Ugine
Diamètre au débouché	1,88 m	Calculé d'après le débit et la vitesse à l'éjection
Température d'éjection	150 °C	-
Temps de fonctionnement annuel	3 686 h (42,1 %)	48 semaines x 5 jours x 24 heures x 80 % (campagne coproduits)
	2 208 h (25 %)	Fonctionnement du sécheur avec le brûleur propane

Tableau 26 : Rejets à l'émission du rejet 3 (sécheur)

Substances	VLE (mg/Nm ³)	Rejet (kg/h)	Commentaires
Poussières totales	5	0,4	-
Poussières PM₁₀	/	0,33	Rejet basé sur la VLE des poussières totales + répartition présentée au chapitre 5.2.3
Poussières PM_{2,5}	/	0,18	
CO	100	8	Rejet pris égal à la VLE
NOx	300	24	Rejet pris égal à la VLE
COV	20	1,6	-
Benzène	/	0,09	Rejet basé sur la VLE des COV + répartition présentée au chapitre 5.2.1
Formaldéhyde	/	0,2	
Ammoniac	50	4	Rejet pris égal à la VLE

8.3.4 Rejet 4 (procédé de solidification du métal)

Tableau 27 : Caractéristiques du rejet 4 (procédé de solidification du métal)

Paramètres	Rejet 4	Commentaires
Équipements raccordés	Procédé de solidification du métal	-
Type de rejet	Canalisé	-
Direction du rejet	Verticale	-
Hauteur du rejet	33 m	Conforme à la réglementation sur la hauteur de cheminée
Débit à l'éjection	20 000 Nm ³ /h	Valeur fournisseur
Vitesse d'éjection	8 m/s	Vitesse minimale d'après réglementation
Diamètre au débouché	1 m	Calculé d'après le débit et la vitesse à l'éjection
Température d'éjection	50 °C	-
Temps de fonctionnement annuel	440 h (5 %)-	

Tableau 28 : Rejets à l'émission du rejet 4 (procédé de solidification du métal)

Substances	VLE (mg/Nm ³)	Rejet (kg/h)	Commentaires
<i>Poussières totales</i>	5	0,1	-
Poussières PM ₁₀	/	0,083	Rejet basé sur la VLE des poussières totales + répartition présentée au chapitre 5.2.3
Poussières PM _{2,5}	/	0,045	

8.3.5 Contribution des sources d'émission aux rejets de polluants

Le rejet 1 contribue à 100 % des émissions de SO₂, HCl, HF et métaux.

Le rejet 3 contribue à 100 % des émissions d'ammoniac.

La répartition des émissions de poussières, de COV (formaldéhyde et benzène), de monoxyde de carbone (CO) et d'oxydes d'azote (NOx), selon le point de rejet, est présentée sur la Figure 27 ci-après.

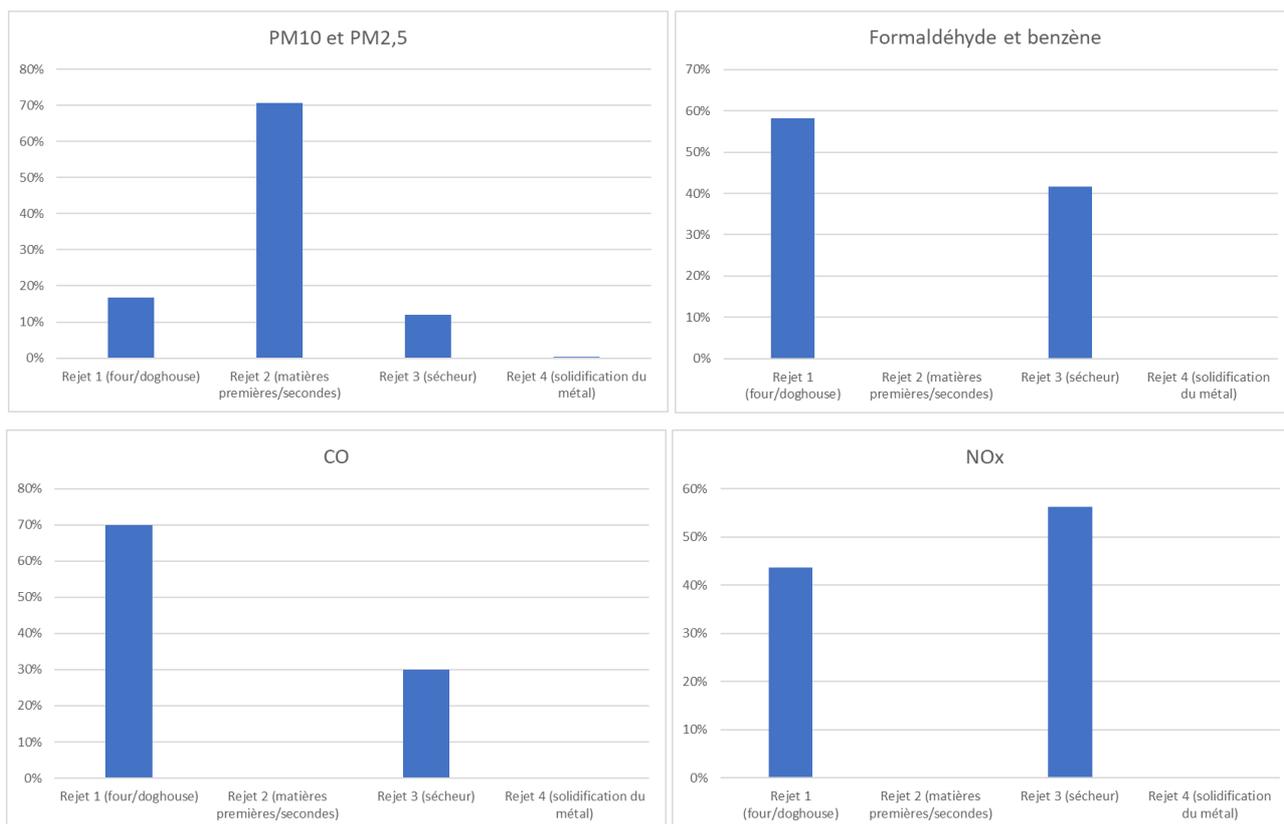


Figure 27 : Répartition des flux de polluants rejetés, selon le point de rejet

8.4 Résultats de la modélisation

Les résultats de la modélisation de dispersion atmosphérique sont indiqués dans les deux tableaux suivants (**concentration moyenne annuelle dans l'air et dépôts totaux annuels au sol**).

Les résultats sont présentés :

- au niveau du point maximal du domaine d'étude (qui ne correspond pas forcément à un usage, il s'agit de la concentration maximale modélisée par le logiciel mais qui permet de couvrir tous les scénarios possibles sur le secteur – hypothèse majorante pour les calculs de risques présentés au chapitre 10) ;
- mais également au niveau des récepteurs particuliers (pour obtenir des concentrations précises au niveau de chaque usage – présentés au chapitre 8.2.5).

Tableau 29 : Concentrations moyennes annuelles dans l'air au niveau du point maximal du modèle et au niveau des récepteurs pour les composés émis (µg/m³)

CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES DANS L'AIR (µg/m3)		Max domaine	Max récepteurs	Hab1	Hab2	Hab3	Hab4	Hab5	Hab6	Hab7	Hab8	Hab9	Hab10	Hab11	Hab12
1	PM10	1,98E+02	1,66E+01	1,66E+01	1,55E+01	2,77E+00	1,39E+00	6,45E-01	4,53E-01	4,29E+00	6,88E-01	2,07E-01	2,26E-01	1,38E-01	3,01E-02
2	PM2,5	1,12E+02	1,11E+01	1,11E+01	9,33E+00	2,11E+00	1,18E+00	5,08E-01	3,98E-01	3,67E+00	6,42E-01	2,04E-01	1,95E-01	1,09E-01	2,04E-02
3	CO	1,89E+01	1,23E+01	4,16E-01	1,07E+00	9,62E-01	8,29E-01	3,29E+00	5,29E-01	3,49E-01	7,91E+00	2,31E+00	2,48E-01	3,70E+00	1,94E-01
4	SO2	2,94E+01	2,03E+01	6,41E-01	1,86E+00	1,43E+00	1,30E+00	5,32E+00	7,17E-01	5,23E-01	1,18E+01	2,89E+00	3,47E-01	4,37E+00	2,95E-01
5	NOx	2,65E+01	1,61E+01	6,03E-01	1,34E+00	1,45E+00	1,18E+00	4,46E+00	8,65E-01	5,20E-01	1,09E+01	3,63E+00	3,93E-01	5,42E+00	2,79E-01
6	HCl	7,61E+00	5,22E+00	1,61E-01	4,67E-01	3,60E-01	3,27E-01	1,35E+00	1,81E-01	1,32E-01	3,22E+00	8,22E-01	8,75E-02	1,42E+00	7,60E-02
7	HF	7,61E-01	5,22E-01	1,61E-02	4,67E-02	3,59E-02	3,27E-02	1,35E-01	1,81E-02	1,32E-02	3,22E-01	8,21E-02	8,75E-03	1,42E-01	7,60E-03
8	Benzène	2,36E-01	1,49E-01	5,28E-02	1,32E-02	1,22E-02	1,03E-02	4,00E-02	6,84E-03	4,50E-03	9,74E-02	2,96E-02	3,21E-03	4,67E-02	2,44E-03
9	Formaldéhyde	5,45E-01	3,43E-01	1,22E-02	3,05E-02	2,81E-02	2,38E-02	9,23E-02	1,58E-02	1,04E-02	2,25E-01	6,82E-02	7,40E-03	1,08E-01	5,62E-03
10	Plomb	1,52E-03	1,07E-03	3,24E-05	9,39E-05	7,22E-05	6,80E-05	2,74E-04	3,62E-05	2,63E-05	6,28E-04	1,53E-04	1,76E-05	2,48E-04	1,63E-05
11	Chrome III	2,10E-02	1,48E-02	4,52E-04	1,31E-03	1,01E-03	9,50E-04	3,81E-03	5,05E-04	3,68E-04	8,51E-03	2,04E-03	2,45E-04	3,17E-03	2,25E-04
12	Chrome VI	2,09E-04	1,47E-04	4,49E-06	1,31E-05	1,00E-05	9,44E-06	3,78E-05	5,01E-06	3,65E-06	8,45E-05	2,03E-05	2,43E-06	3,14E-05	2,24E-06
13	Manganèse	2,60E-02	1,83E-02	5,61E-04	1,63E-03	1,25E-03	1,18E-03	4,72E-03	6,26E-04	4,55E-04	1,05E-02	2,50E-03	3,04E-04	3,82E-03	2,78E-04
14	Nickel	7,75E-03	5,47E-03	1,67E-04	4,84E-04	3,71E-04	3,50E-04	1,40E-03	1,86E-04	1,35E-04	3,16E-03	7,61E-04	9,03E-05	1,19E-03	8,31E-05
15	Zinc	6,99E-01	4,93E-01	1,50E-02	4,35E-02	3,34E-02	3,15E-02	1,26E-01	1,67E-02	1,22E-02	2,86E-01	6,90E-02	8,12E-03	1,09E-01	7,49E-03
16	As+Se+Te	1,52E-03	1,07E-03	3,24E-05	9,39E-05	7,22E-05	6,80E-05	2,74E-04	3,62E-05	2,63E-05	6,35E-04	1,55E-04	1,76E-05	2,57E-04	1,63E-05
17	Cd+Hg+Tl	7,40E-05	5,09E-05	1,60E-06	4,66E-06	3,57E-06	3,25E-06	1,33E-05	1,79E-06	1,31E-06	3,00E-05	7,39E-06	8,67E-07	1,15E-05	7,37E-07
18	Dioxines / Furanes	7,61E-09	5,22E-09	1,61E-10	4,67E-10	3,59E-10	3,27E-10	1,35E-09	1,81E-10	1,32E-10	3,22E-09	8,21E-10	8,75E-11	1,42E-09	7,60E-11
19	Ammoniac	3,60E+00	1,63E+00	8,22E-02	1,41E-01	2,02E-01	1,49E-01	4,91E-01	1,35E-01	7,56E-02	1,27E+00	5,41E-01	6,04E-02	7,28E-01	3,62E-02

CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES DANS L'AIR (µg/m3)		Ind1	Ind2	Ind3	Ind4	Ind5	Ind6	Ind7	ERP1	ERP2	ERP3	ERP4
1	PM10	2,43E+00	1,66E+00	1,25E+00	4,28E+00	1,37E+00	1,22E+00	3,74E+00	7,04E-01	3,15E+00	6,94E+00	1,00E+00
2	PM2,5	2,20E+00	1,47E+00	1,22E+00	2,78E+00	1,05E+00	8,86E-01	2,62E+00	6,19E-01	2,27E+00	5,54E+00	8,10E-01
3	CO	7,73E+00	1,23E+01	3,08E-01	2,09E+00	9,01E-01	9,56E-01	1,00E+00	4,69E-01	1,14E-01	4,84E-01	1,06E+00
4	SO2	1,33E+01	2,03E+01	4,81E-01	3,30E+00	1,29E+00	1,43E+00	1,55E+00	7,94E-01	1,73E-01	7,38E-01	1,69E+00
5	NOx	9,81E+00	1,61E+01	4,40E-01	2,96E+00	1,41E+00	1,43E+00	1,44E+00	6,11E-01	1,67E-01	7,09E-01	1,49E+00
6	HCl	3,35E+00	5,22E+00	1,21E-01	8,26E-01	3,23E-01	3,59E-01	3,90E-01	1,99E-01	4,35E-02	1,86E-01	4,24E-01
7	HF	3,35E-01	5,22E-01	1,21E-02	8,26E-02	3,23E-02	3,59E-02	3,90E-02	1,99E-02	4,34E-03	1,85E-02	4,23E-02
8	Benzène	9,29E-02	1,49E-01	3,87E-03	2,61E-02	1,17E-02	1,21E-02	1,25E-02	5,73E-03	1,45E-03	6,20E-03	1,31E-02
9	Formaldéhyde	2,14E-01	3,43E-01	8,93E-03	6,01E-02	2,70E-02	2,79E-02	2,89E-02	1,32E-02	3,35E-03	1,43E-02	3,02E-02
10	Plomb	7,09E-04	1,07E-03	2,54E-05	1,66E-04	6,47E-05	7,22E-05	7,86E-05	4,18E-05	8,70E-06	3,71E-05	8,81E-05
11	Chrome III	9,90E-03	1,48E-02	3,55E-04	2,33E-03	9,05E-04	1,01E-03	1,10E-03	5,85E-04	1,22E-04	5,19E-04	1,23E-03
12	Chrome VI	9,83E-05	1,47E-04	3,52E-06	2,31E-05	8,98E-06	1,00E-05	1,09E-05	5,81E-06	1,21E-06	5,15E-06	1,22E-05
13	Manganèse	1,23E-02	1,83E-02	4,40E-04	2,88E-03	1,12E-03	1,25E-03	1,36E-03	7,25E-04	1,51E-04	6,43E-04	1,53E-03
14	Nickel	3,64E-03	5,47E-03	1,31E-04	8,56E-04	3,33E-04	3,71E-04	4,04E-04	2,15E-04	4,47E-05	1,91E-04	4,53E-04
15	Zinc	3,28E-01	4,93E-01	1,18E-02	7,70E-02	3,00E-02	3,34E-02	3,64E-02	1,94E-02	4,03E-03	1,72E-02	4,08E-02
16	As+Se+Te	7,09E-04	1,07E-03	2,54E-05	1,66E-04	6,48E-05	7,22E-05	7,86E-05	4,18E-05	8,71E-06	3,72E-05	8,81E-05
17	Cd+Hg+Tl	3,32E-05	5,09E-05	1,20E-06	8,24E-06	3,22E-06	3,57E-06	3,88E-06	1,98E-06	4,31E-07	1,84E-06	4,21E-06
18	Dioxines / Furanes	3,35E-09	5,22E-09	1,21E-10	8,26E-10	3,23E-10	3,59E-10	3,90E-10	1,99E-10	4,34E-11	1,85E-10	4,23E-10
19	Ammoniac	9,33E-01	1,63E+00	5,72E-02	3,75E-01	2,17E-01	1,98E-01	1,87E-01	6,52E-02	2,34E-02	1,00E-01	1,79E-01

Tableau 30 : Dépôts totaux annuels au sol au niveau du point maximal du modèle et au niveau des récepteurs pour les composés émis (g/m²/an)

DEPOTS TOTAUX ANNUELS AU SOL (g/m ² /an)		Max domaine	Max récepteurs	Hab1	Hab2	Hab3	Hab4	Hab5	Hab6	Hab7	Hab8	Hab9	Hab10	Hab11	Hab12
1	PM10	8,45E+01	7,13E+00	7,13E+00	6,81E+00	1,27E+00	6,50E-01	2,93E-01	2,28E-01	1,90E+00	2,98E-01	9,33E-02	1,14E-01	6,05E-02	1,96E-02
2	PM2,5	2,17E+01	2,15E+00	2,15E+00	1,82E+00	4,29E-01	2,42E-01	1,04E-01	8,42E-02	7,25E-01	1,27E-01	4,19E-02	4,19E-02	2,22E-02	5,80E-03
3	CO	3,19E-01	4,54E-02	4,01E-02	4,10E-02	3,60E-02	2,53E-02	1,21E-02	1,06E-02	3,53E-02	1,01E-02	5,80E-03	6,87E-03	6,09E-03	3,56E-03
4	SO2	5,71E+00	3,88E+00	1,80E-01	4,16E-01	3,15E-01	2,77E-01	1,02E+00	1,48E-01	1,48E-01	2,25E+00	5,58E-01	7,47E-02	8,39E-01	6,34E-02
5	NOx	4,76E-01	7,03E-02	6,09E-02	5,96E-02	6,12E-02	4,16E-02	1,90E-02	1,75E-02	5,64E-02	1,60E-02	9,33E-03	1,12E-02	9,62E-03	5,74E-03
6	HCl	1,35E-01	1,64E-02	1,47E-02	1,59E-02	1,16E-02	8,61E-03	4,35E-03	3,60E-03	1,23E-02	3,60E-03	2,02E-03	2,36E-03	2,17E-03	1,25E-03
7	HF	1,35E-02	1,64E-03	1,47E-03	1,59E-03	1,16E-03	8,61E-04	4,35E-04	3,60E-04	1,23E-03	3,60E-04	2,02E-04	2,36E-04	2,17E-04	1,25E-04
8	Benzène	4,10E-03	5,93E-04	5,20E-04	5,33E-04	4,67E-04	3,28E-04	1,58E-04	1,38E-04	4,57E-04	1,32E-04	7,57E-05	8,96E-05	7,98E-05	4,67E-05
9	Formaldéhyde	9,46E-03	1,37E-03	1,20E-03	1,23E-03	1,08E-03	7,57E-04	3,66E-04	3,19E-04	1,06E-03	3,05E-04	1,74E-04	2,07E-04	1,84E-04	1,08E-04
10	Plomb	1,49E-04	1,05E-04	1,27E-05	1,93E-05	1,43E-05	1,19E-05	2,86E-05	5,68E-06	1,04E-05	6,18E-05	1,57E-05	3,14E-06	2,47E-05	2,37E-06
11	Chrome III	3,44E-03	2,42E-03	2,74E-04	4,26E-04	3,15E-04	2,62E-04	6,56E-04	1,26E-04	2,23E-04	1,39E-03	3,47E-04	6,91E-05	5,20E-04	5,23E-05
12	Chrome VI	3,41E-05	2,40E-05	2,72E-06	4,23E-06	3,13E-06	2,60E-06	6,50E-06	1,25E-06	2,22E-06	1,38E-05	3,44E-06	6,87E-07	5,17E-06	5,17E-07
13	Manganèse	4,76E-03	3,34E-03	3,50E-04	5,58E-04	4,13E-04	3,47E-04	9,02E-04	1,68E-04	2,85E-04	1,90E-03	4,73E-04	9,15E-05	7,00E-04	7,00E-05
14	Nickel	1,14E-03	8,07E-04	9,81E-05	1,49E-04	1,10E-04	9,11E-05	2,19E-04	4,35E-05	8,01E-05	4,64E-04	1,17E-04	2,40E-05	1,77E-04	1,79E-05
15	Zinc	9,43E-02	6,65E-02	8,64E-03	1,29E-02	9,49E-03	7,79E-03	1,82E-02	3,69E-03	7,03E-03	3,85E-02	9,74E-03	2,06E-03	1,48E-02	1,51E-03
16	As+Se+Te	1,37E-04	8,01E-05	1,67E-05	2,22E-05	1,62E-05	1,28E-05	2,30E-05	5,87E-06	1,36E-05	4,73E-05	1,26E-05	3,41E-06	1,94E-05	2,26E-06
17	Cd+Hg+Tl	6,78E-06	1,97E-06	7,76E-07	9,30E-07	6,75E-07	5,14E-07	6,31E-07	2,26E-07	6,31E-07	1,18E-06	3,41E-07	1,37E-07	5,08E-07	8,10E-08
18	Dioxines / Furanes	1,38E-10	8,80E-11	1,73E-11	2,32E-11	1,73E-11	1,37E-11	2,56E-11	6,40E-12	1,44E-11	5,42E-11	1,49E-11	3,72E-12	2,42E-11	2,50E-12
19	Ammoniac	9,05E-02	1,10E-02	9,27E-03	8,64E-03	9,87E-03	6,53E-03	2,96E-03	2,76E-03	8,83E-03	2,49E-03	1,46E-03	1,77E-03	1,50E-03	9,02E-04

DEPOTS TOTAUX ANNUELS AU SOL (g/m ² /an)		Ind1	Ind2	Ind3	Ind4	Ind5	Ind6	Ind7	ERP1	ERP2	ERP3	ERP4
1	PM10	1,08E+00	7,19E-01	5,74E-01	1,97E+00	6,40E-01	5,68E-01	1,71E+00	3,47E-01	1,37E+00	3,04E+00	4,64E-01
2	PM2,5	4,38E-01	2,91E-01	2,51E-01	5,58E-01	2,13E-01	1,80E-01	5,27E-01	1,34E-01	4,45E-01	1,09E+00	1,65E-01
3	CO	2,45E-02	1,67E-02	2,17E-02	4,04E-02	1,74E-02	1,59E-02	3,63E-02	1,14E-02	1,24E-02	4,54E-02	1,48E-02
4	SO2	2,56E+00	3,88E+00	1,08E-01	6,62E-01	2,68E-01	2,89E-01	3,34E-01	1,57E-01	4,98E-02	2,05E-01	3,34E-01
5	NOx	3,85E-02	2,70E-02	3,53E-02	6,87E-02	2,81E-02	2,65E-02	6,50E-02	1,73E-02	2,00E-02	7,03E-02	2,45E-02
6	HCl	8,83E-03	5,77E-03	7,44E-03	1,30E-02	6,05E-03	5,33E-03	1,11E-02	4,19E-03	4,32E-03	1,64E-02	4,98E-03
7	HF	8,80E-04	5,77E-04	7,44E-04	1,30E-03	6,05E-04	5,33E-04	1,10E-03	4,19E-04	4,32E-04	1,64E-03	4,98E-04
8	Benzène	3,22E-04	2,17E-04	2,84E-04	5,20E-04	2,29E-04	2,07E-04	4,64E-04	1,49E-04	1,64E-04	5,93E-04	1,92E-04
9	Formaldéhyde	7,41E-04	5,01E-04	6,56E-04	1,20E-03	5,27E-04	4,79E-04	1,07E-03	3,44E-04	3,78E-04	1,37E-03	4,42E-04
10	Plomb	7,28E-05	1,05E-04	6,75E-06	2,38E-05	1,00E-05	1,02E-05	1,45E-05	6,40E-06	3,63E-06	1,41E-05	1,14E-05
11	Chrome III	1,68E-03	2,42E-03	1,43E-04	5,36E-04	2,24E-04	2,29E-04	3,22E-04	1,42E-04	7,79E-05	3,03E-04	2,58E-04
12	Chrome VI	1,67E-05	2,40E-05	1,43E-06	5,33E-06	2,23E-06	2,27E-06	3,19E-06	1,41E-06	7,76E-07	3,01E-06	2,56E-06
13	Manganèse	2,31E-03	3,34E-03	1,85E-04	7,19E-04	2,99E-04	3,07E-04	4,23E-04	1,89E-04	9,97E-05	3,88E-04	3,47E-04
14	Nickel	5,61E-04	8,07E-04	5,11E-05	1,84E-04	7,73E-05	7,85E-05	1,12E-04	4,89E-05	2,80E-05	1,08E-04	8,80E-05
15	Zinc	4,64E-02	6,65E-02	4,48E-03	1,56E-02	6,56E-03	6,65E-03	9,62E-03	4,16E-03	2,47E-03	9,56E-03	7,41E-03
16	As+Se+Te	5,77E-05	8,01E-05	8,36E-06	2,39E-05	1,03E-05	1,01E-05	1,61E-05	6,65E-06	4,79E-06	1,84E-05	1,08E-05
17	Cd+Hg+Tl	1,54E-06	1,97E-06	3,75E-07	8,89E-07	3,94E-07	3,69E-07	6,59E-07	2,59E-07	2,24E-07	8,48E-07	3,72E-07
18	Dioxines / Furanes	6,18E-11	8,80E-11	9,08E-12	2,57E-11	1,12E-11	1,09E-11	1,71E-11	7,13E-12	5,01E-12	1,93E-11	1,16E-11
19	Ammoniac	5,96E-03	4,26E-03	5,64E-03	1,10E-02	4,48E-03	4,23E-03	1,03E-02	2,66E-03	3,22E-03	1,09E-02	3,88E-03

9. QUANTIFICATION DE L'EXPOSITION POUR LE CALCUL DE RISQUE SANITAIRE (SUBSTANCES AVEC VTR)

Les **concentrations d'exposition par inhalation, par ingestion de sol et par ingestion de végétaux** sont présentées dans la suite de ce chapitre, pour le **scénario « maximum »** (qui, pour rappel, couvre de manière majorante l'ensemble des usages présents sur le domaine d'étude).

Pour rappel, ce chapitre ne traite que des substances disposant d'une VTR. Les autres substances sont traitées directement dans le chapitre 10.2.

9.1 Exposition par inhalation

9.1.1 Concentration dans l'air

Les concentrations dans l'air, présentées ci-avant, sont synthétisées dans le tableau ci-dessous au niveau du point maximal du domaine d'étude.

Tableau 31 : Concentrations dans l'air en moyenne annuelle au niveau du point maximal du domaine d'étude

Substances	Concentration dans l'air au point maximal du modèle d'étude ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
HCl	7,61E+00
HF	7,61E-01
Benzène	2,36E-01
Formaldéhyde	5,45E-01
Plomb	1,52E-03
Chrome III	2,10E-02
Chrome VI	2,09E-04
Manganèse	2,60E-02
Nickel	7,75E-03
Zinc	6,99E-01
As+Se+Te	1,52E-03
Cd+Hg+Tl	7,40E-05
Dioxines-Furanes	7,61E-09
Ammoniac	3,60E+00

9.1.2 Calcul de la concentration 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et calculée selon la formule générale suivante :

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

Avec :

- CMI : concentration moyenne inhalée en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- C : concentration du toxique dans l'air en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (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, 80 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.

9.2 Exposition par ingestion

9.2.1 Concentration dans les sols

Les substances émises par les activités du site sont plus ou moins susceptibles de se déposer au sol après dispersion atmosphérique dans l'environnement du site.

À partir des dépôts au sol estimés par la modélisation, il est possible de déduire les concentrations en polluants dans le sol, selon la méthode de l'US-EPA (HHRAP)¹¹. Dans cette approche, les dépôts modélisés sont supposés s'accumuler sur le sol au cours du temps sans aucun phénomène d'atténuation (lixiviation, érosion, dégradation, ...) et la concentration de polluants dans le sol est obtenue par calcul de la dilution dans le sol de la quantité de composés déposés dans la couche de sol considérée. Il s'agit donc d'une approche majorante simplifiée.

Les hypothèses suivantes ont été retenues :

- le mélange entre les éléments émis et le sol en place se fait dans le 1^{er} centimètre¹² ;
- 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 1 500 kg/m^3 .

Selon les hypothèses indiquées ci-dessus, on estime la concentration en polluant accumulée dans le sol au bout de 30 ans d'exposition de la manière suivante :

$$C_{sol}(\text{mg}/\text{kg}) = \frac{\text{dépôt}(\text{g}/\text{m}^2/\text{an}) \times 1\,000}{1\,500 \times 0,01} \times 30$$

Le Tableau 32 ci-après présente les concentrations théoriques dans le sol calculées pour les substances émises par les activités du site, au niveau du point maximal du domaine d'étude.

¹¹ EPA. Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion facilities. July 1998. EPA530-D-98-001A

¹² Évaluation 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

Tableau 32 : Dépôts totaux au sol et concentrations dans les sols au bout de 30 ans au niveau du point maximal du domaine d'étude

Substances	Dépôts totaux au sol (g/m ² /an)	Concentration dans les sols au bout de 30 ans (mg/kg) – 1 ^{er} cm
HCl	1,35E-01	2,69E+02
HF	1,35E-02	2,69E+01
Benzène	4,10E-03	8,20E+00
Formaldéhyde	9,46E-03	1,89E+01
Plomb	1,49E-04	2,98E-01
Chrome III	3,44E-03	6,87E+00
Chrome VI	3,41E-05	6,81E-02
Manganèse	4,76E-03	9,52E+00
Nickel	1,14E-03	2,29E+00
Zinc	9,43E-02	1,89E+02
As+Se+Te	1,37E-04	2,74E-01
Cd+Hg+Tl	6,78E-06	1,36E-02
Dioxines-Furanes	1,38E-10	2,76E-07
Ammoniac	9,05E-02	1,81E+02

9.2.2 Concentration dans les végétaux

La contamination des végétaux peut être la résultante de trois phénomènes :

- le dépôt particulaire ;
- l'absorption foliaire sous forme gazeuse par la partie aérienne des végétaux ;
- le transfert racinaire à partir du sol.

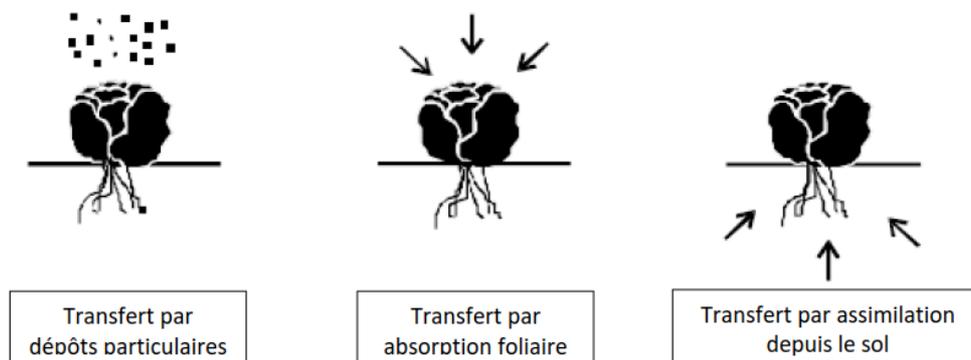


Figure 28 : Modes de contamination des végétaux

Source : US-EPA, 1998

La concentration totale de polluant dans la plante est alors la somme de ces trois sources de contamination :

$$C_{\text{plante}} = C_{dp} + C_{gp} + C_{rp}$$

Avec :

- Cp : concentration totale de polluant dans la plante (mg/kg de plante fraîche)
- Cdp : concentration de polluant dans la plante liée au dépôt particulaire (mg/kg de plante sèche)
- Cgp : concentration de polluant dans la plante liée à l'absorption foliaire (mg/kg de plante fraîche)
- Crp : concentration de polluant dans la plante liée au transfert racinaire / assimilation à partir du sol (mg/kg de plante fraîche)

➤ *Concentration de polluant dans la plante liée au dépôt particulaire*

L'US-EPA¹³ et l'INERIS¹⁴ utilisent la formule suivante pour calculer la concentration de polluant dans les végétaux due au dépôt particulaire :

$$C_{dp} = \theta_p \times \frac{\text{Dépôt}_{total} \times R_p \times (1 - e^{(-k_p \times T_p)})}{Y_p \times k_p}$$

Les valeurs des paramètres utilisés dans cette formule et définis dans le tableau suivant sont issus des rapports de l'INERIS^{15/16}.

Tableau 33 : Paramètres utilisés pour l'estimation des concentrations dans les végétaux liées au dépôt particulaire

Paramètres	Définition	Unité	Légume-racine	Légume-feuille	Légume-fruit
Dépôt_{total}	Dépôt annuel de la substance dû au dépôt sec et au dépôt humide	mg/m ² /an	Issu de la modélisation		
Rp	Fraction interceptée par les cultures	-	-	0,215	0,996
Kp	Coefficient de perte sur la surface de la plante	an ⁻¹	-	18	18
Tp	Durée de culture	an	-	0,164	0,164
Yp	Rendement de production	kg MS/m ²	-	0,246	10,52
θp	Taux de matière sèche	-	0,2	0,086	0,063

➤ *Concentration de polluant dans la plante liée au transfert racinaire / assimilation à partir du sol*

Selon les équations de l'US-EPA (HHRAP), la concentration dans la plante liée au transfert racinaire à partir du sol est calculée par la formule suivante :

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

Avec :

- Cs : concentration de polluant dans le sol (mg/kg de sol)
- Br : coefficient de biotransfert sol-plante (kg de plante fraîche / kg de sol sec)

¹³ US-EPA (1998) - Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion Facilities, peer Review Draft, July 1998

¹⁴ INERIS, Évaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion (Partie 2 : Exposition par voies indirectes). Mai 2003

¹⁵ INERIS. Évaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion, INERIS (mai 2003)

¹⁶ « Mise à jour de l'étude de l'évaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion », INERIS, Décembre 2004

La concentration de polluant dans le sol a été calculée à l'aide de la formule présentée au chapitre 9.2.1. Il a toutefois été considéré un mélange entre les éléments émis et le sol en place dans les 20 premiers centimètres d'épaisseur plutôt que dans le 1^{er} centimètre, compte-tenu de la nature des sols (sols cultivés).

Les coefficients de biotransfert ne sont disponibles que pour les métaux et les dioxines-furanes (absence de données disponibles pour les autres substances pour lesquelles seule la concentration dans la plante par déposition foliaire est donc prise en compte).

Les coefficients de biotransfert utilisés sont présentés dans le Tableau 34 ci-dessous et sont issus :

- Pour les métaux :
 - des valeurs de l'US-EPA (volume II, Appendix A, de la méthode HHRAP-2005) ;
 - des valeurs de l'IRSN (IRSN, Merle-Szeremera, Rommens - Description du calcul des activités dans les différents compartiments de l'environnement terrestre, Note technique SEGR/SAER/99 n°35) ;
 - des valeurs de l'IRSN (IRSN, Rommens – Étude bibliographique et choix des données par défaut pour les logiciels de calcul des impacts dosimétriques, Note Technique SEGR/SAER/97 – 25 Indice 2, Mai 1998) ;
- Pour les dioxines-furanes : des valeurs de l'INERIS (rapport d'étude INERIS-DRC-16-159776-09593A, 26/06/2017, Paramètres de transfert des polychlorodibenzodioxines, polychlorodibenzofurannes et des polychlorobiphényles, utilisés pour l'évaluation de l'exposition – Application dans le logiciel MODUL'ERS).

Les coefficients de biotransfert retenus pour les sommes de métaux sont les plus pénalisants de chaque somme, c'est-à-dire le mercure pour la somme Cd+Hg+Tl et le sélénium pour la somme As+Se+Te.

Les coefficients de biotransfert retenus pour les dioxines-furanes sont la moyenne des coefficients de l'ensemble des dioxines et furanes présentés dans le rapport de l'INERIS, puis extrapolés de la même manière que pour les données HHRAP 2005.

Tableau 34 : Coefficients de biotransfert retenus

Substances	Br (légume-racine)	Br (légume-feuille)	Br (légume-fruit)	Source
	kg de plante fraîche / kg de sol sec			
Mercure	3,00E-01	3,00E-01	3,00E-01	IRSN
Sélénium	4,40E-03	1,68E-03	1,23E-03	HHRAP 2005 *
Plomb	1,80E-03	1,17E-03	8,57E-04	HHRAP 2005 *
Chrome	9,00E-04	4,20E-04	3,07E-04	HHRAP 2005 *
Manganèse	1,50E-02	4,10E-02	4,80E-02	IRSN
Nickel	1,60E-03	8,01E-04	5,87E-04	HHRAP 2005 *
Zinc	1,80E-01	8,34E-03	6,11E-03	HHRAP 2005 *
Dioxines-Furanes **	3,30E-03	1,62E-04	9,94E-05	INERIS 2017

* Les données ont été extrapolées en (kg de plante fraîche / kg de sol sec) à partir des données HHRAP 2005 en kg de plante sèche / kg de sol sec, en utilisant le taux en matière sèche (Øp) du Tableau 33.

➤ Concentration de polluant dans la plante liée à l'absorption foliaire

La contamination des végétaux par absorption foliaire (C_{gp}) est considérée comme négligeable face aux deux autres phénomènes d'accumulation de polluant dans les végétaux.

➤ Synthèse des concentrations dans les végétaux au niveau du point maximal du domaine d'étude

Tableau 35 : Concentrations dans les végétaux au niveau du point maximal du domaine d'étude

Substances	Concentration dans les sols au bout de 30 ans (mg/kg) – 20 cm	Concentration dans la plante (mg/kg)								
		Légume-racine			Légume-feuille			Légume-fruit		
		Dépôt particulaire	Transfert racinaire	Concentration totale	Dépôt particulaire	Transfert racinaire	Concentration totale	Dépôt particulaire	Transfert racinaire	Concentration totale
HCl	1,35E+01	-	-	-	5,33E-01	-	5,33E-01	4,23E-02	-	4,23E-02
HF	1,35E+00	-	-	-	5,33E-02	-	5,33E-02	4,23E-03	-	4,23E-03
Benzène	4,10E-01	-	-	-	1,62E-02	-	1,62E-02	1,29E-03	-	1,29E-03
Formaldéhyde	9,46E-01	-	-	-	3,74E-02	-	3,74E-02	2,97E-03	-	2,97E-03
Plomb	1,49E-02	-	2,68E-05	2,68E-05	5,90E-04	1,75E-05	6,08E-04	4,68E-05	1,28E-05	5,96E-05
Chrome III	3,44E-01	-	3,09E-04	3,09E-04	1,36E-02	1,44E-04	1,37E-02	1,08E-03	1,06E-04	1,19E-03
Chrome VI	3,41E-03	-	3,07E-06	3,07E-06	1,35E-04	1,43E-06	1,36E-04	1,07E-05	1,05E-06	1,17E-05
Manganèse	4,76E-01	-	7,14E-03	7,14E-03	1,88E-02	1,95E-02	3,84E-02	1,50E-03	2,29E-02	2,44E-02
Nickel	1,14E-01	-	1,83E-04	1,83E-04	4,53E-03	9,17E-05	4,62E-03	3,60E-04	6,72E-05	4,27E-04
Zinc	9,43E+00	-	1,70E+00	1,70E+00	3,73E-01	7,86E-02	4,52E-01	2,96E-02	5,76E-02	8,72E-02
As+Se+Te	1,37E-02	-	6,04E-05	6,04E-05	5,43E-04	2,30E-05	5,66E-04	4,31E-05	1,69E-05	6,00E-05
Cd+Hg+Tl	6,78E-04	-	2,03E-04	2,03E-04	2,68E-05	2,03E-04	2,30E-04	2,13E-06	2,03E-04	2,06E-04
Dioxines-Furanes	1,38E-08	-	4,55E-11	4,55E-11	5,47E-10	2,24E-12	5,49E-10	4,34E-11	1,37E-12	4,48E-11
Ammoniac	9,05E+00	-	-	-	3,58E-01	-	3,58E-01	2,84E-02	-	2,84E-02

9.2.3 Calcul de la concentration d'exposition par ingestion

Pour chacun des agents dangereux, l'évaluation par voie orale consiste à calculer la Dose Journalière d'Exposition (DJE).

La DJE est exprimée en mg/kg/j et calculée selon la formule générale suivante :

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

Avec :

- DJE : dose journalière d'exposition exprimée en mg/kg/j
- C : concentration du toxique dans le sol ou les végétaux, exprimée en mg/kg
- Q : quantité de sol ou de végétaux 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, 80 ans) / *terme utilisé uniquement pour l'exposition aux substances sans seuil*

À noter que la durée de l'exposition n'intervient pas pour les effets chroniques réputés à seuil (principalement non cancérogènes) à partir du moment où elle dépasse un an. Cette condition est remplie puisqu'on utilise des moyennes annuelles de concentration atmosphérique et de dépôts au sol.

À noter également que pour les effets sans seuil, pour des raisons de cohérence avec les VTR, dérivées d'études où l'exposition est réalisée pour une durée « vie entière » (soit 80 ans = TP pour la durée de vie standard humaine), il est nécessaire ici de tenir compte du nombre d'années d'exposition. La dose estimée est alors proportionnelle au rapport « durée d'exposition / durée de vie entière ». Cette pondération est réalisée sous l'hypothèse d'un cumul de dose : autrement dit, le risque de cancer pour une unité de dose quotidienne reçue pendant 10 ans est égal au risque pour 2 unités de dose délivrées pendant 5 ans (InVS, 2000).

9.3 Paramètres de caractérisation et d'exposition des cibles

Le Tableau 36 ci-après présente les paramètres d'exposition pour le scénario d'exposition retenu dans l'ERS, soit le scénario « maximum ».

Tableau 36 : Paramètres d'exposition considérés pour le scénario retenu dans l'ERS

Paramètres	Unité	Scénario « maximum »		
		Adulte	Enfant	
F	Fréquence d'exposition	-	1 (365j/365)	1 -(365j/365)
TE	Taux d'exposition	-	1 (24h/24)	1 (24h/24)
DE	Durée d'exposition	an	30	18
TP	Temps de pondération	an	80	80
P	Poids du récepteur	kg	70,4	28,95

Paramètres	Unité	Scénario « maximum »		
		Adulte	Enfant	
Qsol	Quantité de sol ingérée	mg/j	20	50
Qra	Quantité de légumes-racines ingérée	g/j	12	12,1
Qfe	Quantité de légumes-feuilles ingérée	g/j	24	11,7
Qfr	Quantité de légumes-fruits ingérée	g/j	110	53,8

➤ *Fréquence d'exposition (F) et taux d'exposition (TE)*

Il a été considéré une exposition de l'adulte ou de l'enfant 365j/an et 24h/24.

➤ *Durée d'exposition (DE)*

La durée d'exposition a été prise à 30 ans pour les adultes. Cette durée correspond également à la durée moyenne de résidence des Français (valeur recommandée par l'US-EPA et également issue de l'étude Nedellec et al., 1998¹⁷, représentant le percentile 90 de la distribution des durées de résidence des français dans un même lieu). La durée d'exposition de l'enfant est quant à elle égale à leur âge (18 ans).

➤ *Temps de pondération (TP)*

Le temps de pondération est égal à la durée conventionnelle de la vie humaine, 80 ans¹⁸.

➤ *Poids du récepteur (P)*

D'après le guide l'INERIS de 2017¹⁹ :

- l'adulte est caractérisé par un poids de 70,4 kg ;
- l'enfant est assimilé à un individu ayant un poids de 28,95 kg (moyenne 0-18 ans).

Tableau 37 : Poids du récepteur, par tranche d'âge

Paramètres	Unité	Enfant						Adulte
		0-1 an	1-3 ans	3-6 ans	6-11 ans	11-15 ans	15-18 ans	+ 18 ans
Poids du récepteur	kg	7,6	12,4	17,8	28,7	47,2	60	70,4

➤ *Quantité de sol ingérée (Qsol)*

De nombreuses études traitent du paramètre Qsol. Sur la base du même guide de l'INERIS de 2017, 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 (pris à 50 mg/j pour l'ensemble des enfants) ;
- 20 mg/jour pour l'adulte.

¹⁷ Nedellec et al. (1998). La durée de résidence des Français et l'évaluation des risques liés aux sols pollués. *Energie Santé* 9 : 503-515.

¹⁸ INERIS (2017). Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel Modul'ERS. 23 juin 2017. 56 pages.

¹⁹ INERIS (2017). Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel Modul'ERS. 23 juin 2017. 56 pages.

➤ *Quantité de végétaux ingérée (Qra, Qfe, Qfr)*

Sur la base du même guide de l'INERIS de 2017, les valeurs retenues concernant l'ingestion de végétaux sont présentées dans le Tableau 38 suivant. Pour les enfants, il sera considéré une moyenne entre les quantités ingérées entre 0 et 18 ans.

Tableau 38 : Quantité de végétaux ingérée, par tranche d'âge

Paramètres	Unité	Enfant						Adulte
		0-1 an	1-3 ans	3-6 ans	6-11 ans	11-15 ans	15-18 ans	+ 18 ans
Quantité de légume-racine ingérée	g/j	15	26	7,1	7	8,6	8,9	12
Quantité de légume-feuille ingérée	g/j	6,6	22	7,6	10	12	12	24
Quantité de légume-fruit ingérée	g/j	11	40	66	64	70	72	110

9.4 Résultats de l'exposition

Les concentrations moyennes inhalées (CMI) et les doses journalières d'exposition (DJE) calculées sont présentées dans le Tableau 39 et le Tableau 40 ci-après, pour le scénario « maximum ». Elles ne sont présentées que pour les substances disposant de VTR (les substances sans VTR ne participant pas aux calculs de risques). Elles seront ensuite comparées aux valeurs toxicologiques de référence pour en déduire un niveau de risque présenté au chapitre 10 suivant.

Tableau 39 : Concentrations moyennes inhalées ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), pour le scénario maximum

Substances	CMI à seuil (adulte et enfant)	CMI sans seuil (adulte)	CMI sans seuil (enfant)
HCl	7,61E+00	2,85E+00	1,71E+00
HF	7,61E-01	2,85E-01	1,71E-01
Benzène	2,36E-01	8,85E-02	5,31E-02
Formaldéhyde	5,45E-01	2,04E-01	1,23E-01
Plomb	1,52E-03	5,70E-04	3,42E-04
Chrome III	2,10E-02	7,88E-03	4,73E-03
Chrome VI	2,09E-04	7,84E-05	4,70E-05
Manganèse	2,60E-02	9,75E-03	5,85E-03
Nickel	7,75E-03	2,91E-03	1,74E-03
Zinc	6,99E-01	2,62E-01	1,57E-01
As+Se+Te	1,52E-03	5,70E-04	3,42E-04
Cd+Hg+Tl	7,40E-05	2,78E-05	1,67E-05
Dioxines-Furanes	7,61E-09	2,85E-09	1,71E-09
Ammoniac	3,60E+00	1,35E+00	8,10E-01

Tableau 40 : Doses journalières d'exposition (mg/kg), pour le scénario maximum

Substances	Ingestion de sol				Ingestion de végétaux			
	DJE à seuil (adulte)	DJE à seuil (enfant)	DJE sans seuil (adulte)	DJE sans seuil (enfant)	DJE à seuil (adulte)	DJE à seuil (enfant)	DJE sans seuil (adulte)	DJE sans seuil (enfant)
HCl	7,65E-05	4,65E-04	2,87E-05	1,05E-04	2,48E-04	2,94E-04	9,29E-05	6,62E-05
HF	7,65E-06	4,65E-05	2,87E-06	1,05E-05	2,48E-05	2,94E-05	9,29E-06	6,62E-06
Benzène	2,33E-06	1,42E-05	8,74E-07	3,19E-06	7,54E-06	8,95E-06	2,83E-06	2,01E-06
Formaldéhyde	5,38E-06	3,27E-05	2,02E-06	7,35E-06	1,74E-05	2,07E-05	6,53E-06	4,65E-06
Plomb	8,48E-08	5,15E-07	3,18E-08	1,16E-07	3,05E-07	3,68E-07	1,14E-07	8,27E-08
Chrome III	1,95E-06	1,19E-05	7,32E-07	2,67E-06	6,59E-06	7,89E-06	2,47E-06	1,78E-06
Chrome VI	1,94E-08	1,18E-07	7,26E-09	2,65E-08	6,53E-08	7,82E-08	2,45E-08	1,76E-08
Manganèse	2,71E-06	1,64E-05	1,01E-06	3,70E-06	5,23E-05	6,38E-05	1,96E-05	1,43E-05
Nickel	6,50E-07	3,95E-06	2,44E-07	8,90E-07	2,27E-06	2,74E-06	8,53E-07	6,16E-07
Zinc	5,36E-05	3,26E-04	2,01E-05	7,33E-05	5,80E-04	1,05E-03	2,17E-04	2,37E-04
As+Se+Te	7,79E-08	4,74E-07	2,92E-08	1,07E-07	2,97E-07	3,65E-07	1,11E-07	8,22E-08
Cd+Hg+Tl	3,85E-09	2,34E-08	1,44E-09	5,27E-09	4,34E-07	5,60E-07	1,63E-07	1,26E-07
Dioxines-Furanes	7,85E-14	4,77E-13	2,94E-14	1,07E-13	2,65E-13	3,24E-13	9,93E-14	7,29E-14
Ammoniac	5,14E-05	3,13E-04	1,93E-05	7,03E-05	1,67E-04	1,98E-04	6,24E-05	4,45E-05

10. CARACTÉRISATION DU RISQUE SANITAIRE

La méthodologie d'évaluation du risque sanitaire n'est pas la même selon les substances. Ce chapitre est ainsi divisé comme suit :

- chapitre 10.1 : substances avec VTR ;
- chapitre 10.2 : substances sans VTR.

10.1 Substances avec VTR

10.1.1 Méthodologie

➤ Effets à 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 :

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

Avec :

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

La valeur numérique du QD n'exprime pas un risque (Au sens bio-statistique du terme, c'est à dire : la probabilité de survenue d'un effet délétère). 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 peuvent être additionnés à condition que l'organe cible des composés présents soit similaire, sous l'hypothèse d'une addition simple des effets.

Dans une démarche majorante, il a été considéré l'addition de tous les quotients de danger.

➤ 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 chaque substance à effets sans seuil de dose de la façon suivante :

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

Avec :

- CMI : Concentration Moyenne Inhalée (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
- DJE : Dose Journalière d'Exposition (en $\text{mg}/\text{kg}/\text{j}$)
- $ERI_{i,INH}$: Excès de Risque Individuel pour la substance i par inhalation
- $ERI_{i,ING}$: Excès de Risque Individuel pour la substance i par ingestion
- $ERU_{i,INH}$: Excès de Risque Unitaire pour la substance i par inhalation (en $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$)
- $ERU_{i,ING}$: Excès de Risque Unitaire pour la substance i par ingestion (en $(\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$)

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 valeur repère. Elle est citée dans la circulaire du 9 août 2013 relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations classées soumises à autorisation, et reprise dans le guide de l'INERIS de septembre 2021 (Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions des substances chimiques par les installations classées). 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.

L'ERI sera donc comparé à la valeur de 10^{-5} .

Les excès de risque en rapport avec une exposition simultanée à plusieurs cancérigènes peuvent être additionnés entre eux s'ils ont le même organe cible (et également lorsque plusieurs voies d'exposition sont possibles (respiratoire et digestive par exemple)). 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).

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

10.1.2 Évaluation des risques sanitaires

Les deux tableaux suivants présentent 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 « maximum » étudié, pour les adultes et pour les enfants.

Tableau 41 : Synthèse des niveaux de risque – Scénario « maximum » – Adulte

Scénario « maximum » Adulte	Effets à seuil				Effets sans seuil			
	QD inhalation	QD ingestion sol	QD ingestion végétaux	QD total	ERI inhalation	ERI ingestion sol	ERI ingestion végétaux	ERI total
HCl	3,81E-01	-	-	3,81E-01	-	-	-	-
HF	5,44E-02	1,91E-04	6,19E-04	5,52E-02	-	-	-	-
Benzène	2,36E-02	4,66E-03	1,51E-02	4,33E-02	2,30E-06	4,80E-08	1,56E-07	2,50E-06

Scénario « maximum » Adulte	Effets à seuil				Effets sans seuil			
	QD inhalation	QD ingestion sol	QD ingestion végétaux	QD total	ERI inhalation	ERI ingestion sol	ERI ingestion végétaux	ERI total
Formaldéhyde	4,43E-03	3,58E-05	1,16E-04	4,58E-03	1,08E-06	-	-	1,08E-06
Plomb	1,69E-03	1,35E-04	4,84E-04	2,31E-03	6,84E-09	2,70E-10	9,72E-10	8,08E-09
Chrome III	1,05E-02	6,51E-06	2,20E-05	1,05E-02	-	-	-	-
Chrome VI	6,97E-03	1,94E-05	6,53E-05	7,05E-03	3,14E-06	3,63E-09	1,22E-08	3,15E-06
Manganèse	8,67E-02	4,92E-05	9,52E-04	8,77E-02	-	-	-	-
Nickel	3,37E-02	2,32E-04	8,12E-04	3,47E-02	4,94E-07	-	-	4,94E-07
Zinc	-	1,79E-04	1,93E-03	2,11E-03	-	-	-	-
As+Se+Te	1,01E-01	1,73E-04	6,60E-04	1,02E-01	8,55E-08	4,38E-08	1,67E-07	2,96E-07
Cd+Hg+Tl	2,47E-03	2,07E-05	2,34E-03	4,82E-03	1,17E-07	-	-	1,17E-07
Dioxines-Furanes	1,90E-04	1,12E-04	3,78E-04	6,81E-04	1,08E-08	3,83E-09	1,29E-08	2,76E-08
Ammoniac	7,20E-03	-	-	7,20E-03	-	-	-	-
TOTAL	7,14E-01	5,81E-03	2,35E-02	7,43E-01	7,22E-06	9,96E-08	3,49E-07	7,67E-06
Valeur de référence	1,00E+00				1,00E-05			

Tableau 42 : Synthèse des niveaux de risque – Scénario « maximum » – Enfant

Scénario « maximum » Enfant	Effets à seuil				Effets sans seuil			
	QD inhalation	QD ingestion sol	QD ingestion végétaux	QD total	ERI inhalation	ERI ingestion sol	ERI ingestion végétaux	ERI total
HCl	3,81E-01			3,81E-01				
HF	5,44E-02	1,16E-03	7,35E-04	5,63E-02				
Benzène	2,36E-02	2,83E-02	1,79E-02	6,98E-02	1,38E-06	1,75E-07	1,11E-07	1,67E-06
Formaldéhyde	4,43E-03	2,18E-04	1,38E-04	4,79E-03	6,45E-07			6,45E-07
Plomb	1,69E-03	8,18E-04	5,84E-04	3,09E-03	4,10E-09	9,85E-10	7,03E-10	5,79E-09
Chrome III	1,05E-02	3,96E-05	2,63E-05	1,06E-02				
Chrome VI	6,97E-03	1,18E-04	7,82E-05	7,16E-03	1,88E-06	1,32E-08	8,79E-09	1,90E-06
Manganèse	8,67E-02	2,99E-04	1,16E-03	8,81E-02				
Nickel	3,37E-02	1,41E-03	9,78E-04	3,61E-02	2,96E-07			2,96E-07
Zinc		1,09E-03	3,51E-03	4,60E-03				
As+Se+Te	1,01E-01	1,05E-03	8,12E-04	1,03E-01	5,13E-08	1,60E-07	1,23E-07	3,35E-07
Cd+Hg+Tl	2,47E-03	1,26E-04	3,01E-03	5,60E-03	6,99E-08			6,99E-08
Dioxines-Furanes	1,90E-04	6,82E-04	4,63E-04	1,33E-03	6,51E-09	1,40E-08	9,48E-09	2,99E-08
Ammoniac	7,20E-03			7,20E-03				
TOTAL	7,14E-01	3,53E-02	2,94E-02	7,78E-01	4,33E-06	3,63E-07	2,53E-07	4,95E-06
Valeur de référence	1,00E+00				1,00E-05			

En synthèse, sur la base des hypothèses considérées, les niveaux de risques du scénario « maximum » restent en-dessous des valeurs de référence :

- Adultes :
 - le QD est de 0,743, pour une valeur de référence fixée à 1 ;
 - l'ERI est de 7,67E-06, pour une valeur de référence fixée à 1,00E-05 ;
- Enfants :
 - le QD est de 0,778, pour une valeur de référence fixée à 1 ;
 - l'ERI est de 4,95E-06, pour une valeur de référence fixée à 1,00E-05 .

Les niveaux de risques sont portés principalement par les voies d'exposition suivantes (cf. Figure 29) :

- Effets à seuil :
 - Adultes : inhalation à 96 %, ingestion de végétaux à 3 % et ingestion de sols à 1 % ;
 - Enfants : inhalation à 92 %, ingestion de végétaux à 4 % et ingestion de sols à 4 % ;
- Effets sans seuil :
 - Adultes : inhalation à 94 %, ingestion de végétaux à 5 % et ingestion de sols à 1 % ;
 - Enfants : inhalation à 88 %, ingestion de végétaux à 5 % et ingestion de sols à 7 %.

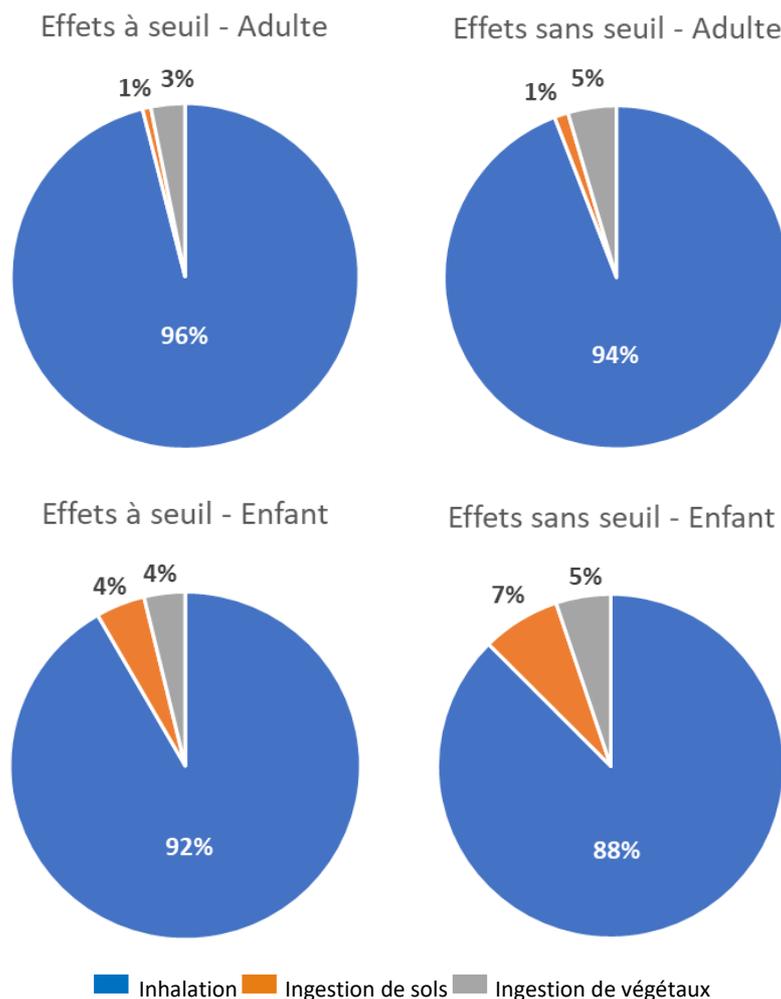


Figure 29 : Voies d'exposition porteuses du risque

Les niveaux de risques sont portés principalement par les substances suivantes (cf. Figure 30) :

- Effets à seuil :
 - Adultes : acide chlorhydrique à 51 %, As+Se+Te à 14 %, manganèse à 12 %, acide fluorhydrique à 7 % et benzène à 6 % ;
 - Enfant : acide chlorhydrique à 49 %, As+Se+Te à 13 %, manganèse à 11 %, benzène à 9 % et acide fluorhydrique à 7 % ;
- Effets sans seuil :
 - Adultes : chrome VI à 41 %, benzène à 33 %, formaldéhyde à 14 %, nickel à 6 % et As+Se+Te à 4 % ;
 - Enfants : chrome VI à 38 %, benzène à 34 %, formaldéhyde à 13 %, AS+Se+Te à 7 % et nickel à 6 %.

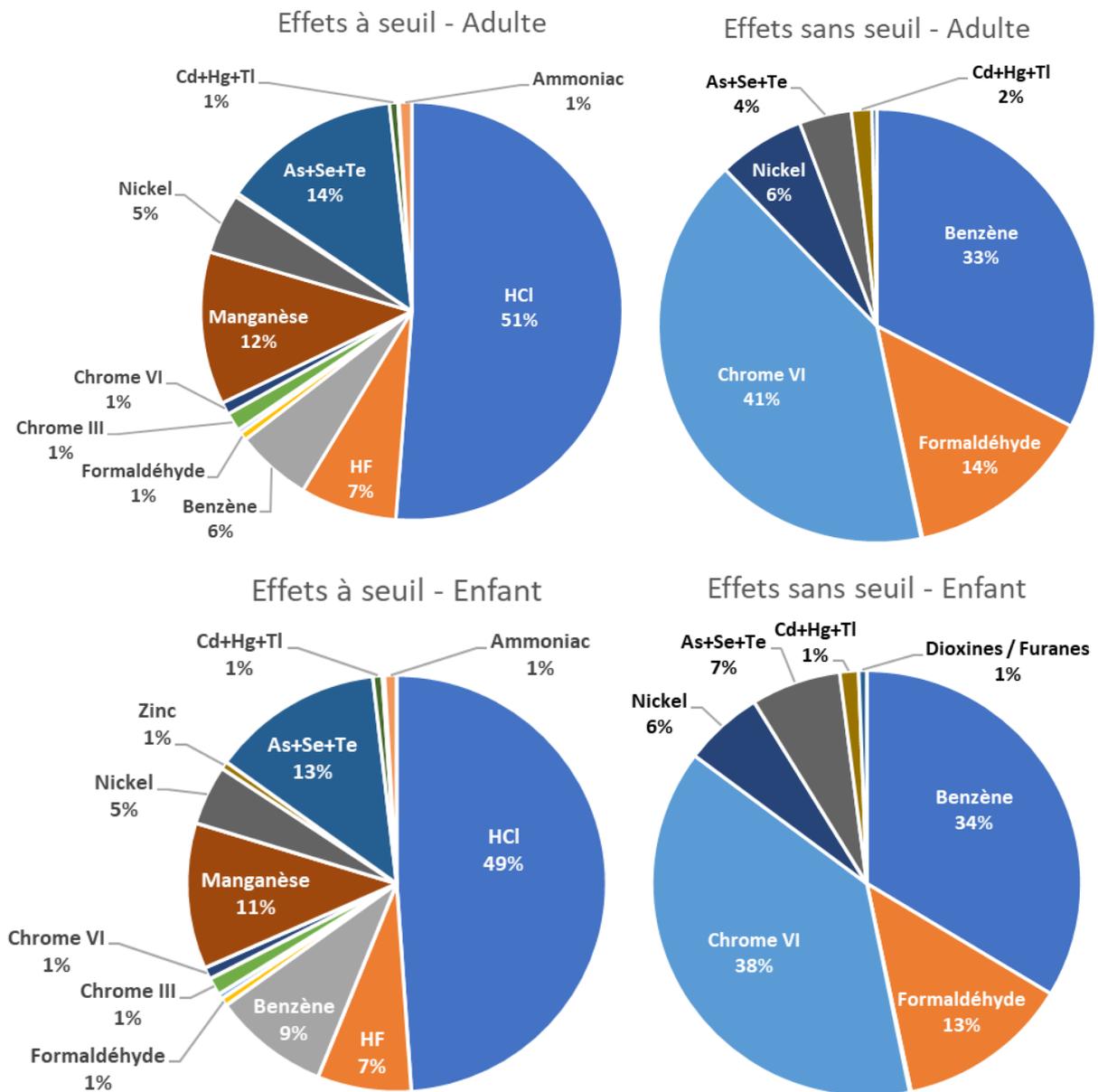


Figure 30 : Substances porteuses du risque

En conclusion, les risques sanitaires liés au projet sont acceptables et ce, même pour le point le plus impacté du domaine d'étude et exposé 365j/365 et 24h/24.

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 $1,00E-05$.

À noter que les hypothèses retenues tout au long de l'évaluation des risques sanitaires présentent un **caractère globalement majorant**.

10.2 Substances sans VTR

Conformément aux exigences de la note d'information de la DGS du 31 octobre 2014²⁰, pour les substances ne disposant pas de VTR, seule une comparaison des concentrations modélisées aux valeurs guides et aux valeurs réglementaires est réalisée.

À noter que ce type de comparaison n'exprime pas une quantification de risque sanitaire.

De plus, les paramètres d'exposition des récepteurs n'interviennent pas.

La suite de ce chapitre présente, pour chaque substance, la comparaison de la concentration moyenne sur le domaine d'étude aux valeurs guides/réglementaires, et les fréquences de dépassement à ces valeurs repères (% de points du maillage où la concentration aux valeurs repères est dépassée en moyenne annuelle).

➤ Dioxyde de soufre (SO₂)

La concentration moyenne en SO₂ sur le domaine d'étude est de $2,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ce qui est inférieur aux valeurs repères. Les fréquences de dépassement aux valeurs guides/réglementaires sont les suivantes :

- 0 % des points du maillage ont une concentration moyenne annuelle supérieure à $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (recommandation OMS 2021) et de fait $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (OMS 2005 et objectif qualité du Code de l'Environnement).

Tableau 43 : Concentration moyenne en SO₂ et fréquences de dépassement aux valeurs repères

Substance	Concentration moyenne sur le domaine d'étude	Fréquences de dépassement	
		40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
SO ₂	2,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0 %	0 %

➤ Oxydes d'azote (NOx)

La concentration moyenne en NOx sur le domaine d'étude est de $2,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ce qui est inférieur aux valeurs repères. Les fréquences de dépassement aux valeurs guides/réglementaires sont les suivantes :

- 4,5 % des points du maillage ont une concentration moyenne annuelle supérieure à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (recommandation OMS 2021) ;

²⁰ 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

- 0 % des points du maillage ont une concentration moyenne annuelle supérieure à 40 µg/m³ (recommandation OMS 2005 et valeur limite du Code de l'Environnement).

Tableau 44 : Concentration moyenne en NOx et fréquences de dépassement aux valeurs repères

Substance	Concentration moyenne sur le domaine d'étude	Fréquences de dépassement	
		10 µg/m ³	40 µg/m ³
NOx	2,7 µg/m ³	4,5 %	0 %

➤ *Monoxyde de carbone (CO)*

La concentration moyenne en CO sur le domaine d'étude est de 1,8 µg/m³, ce qui est inférieur aux valeurs repères. Les fréquences de dépassement aux valeurs guides/réglementaires sont les suivantes :

- 0 % des points du maillage ont une concentration moyenne annuelle supérieure à 4 000 µg/m³ (recommandation OMS 2021) et de fait 10 000 µg/m³ (OMS 2005 et valeur limite du Code de l'Environnement).

Tableau 45 : Concentration moyenne en CO et fréquences de dépassement aux valeurs repères

Substance	Concentration moyenne sur le domaine d'étude	Fréquences de dépassement	
		4 000 µg/m ³	10 000 µg/m ³
CO	1,8 µg/m ³	0 %	0 %

➤ *Poussières PM₁₀*

La concentration moyenne en PM₁₀ sur le domaine d'étude est de 0,3 µg/m³, ce qui est inférieur aux valeurs repères. Les fréquences de dépassement aux valeurs guides/réglementaires sont les suivantes :

- 0,2 % des points du maillage ont une concentration moyenne annuelle supérieure à 15 µg/m³ (OMS 2021) ;
- 0,15 % des points du maillage ont une concentration moyenne annuelle supérieure à 20 µg/m³ (OMS 2005) ;
- 0,07 % des points du maillage ont une concentration moyenne annuelle supérieure à 40 µg/m³ (valeur limite du Code de l'Environnement).

Tableau 46 : Concentration moyenne en PM₁₀ et fréquences de dépassement aux valeurs repères

Substance	Concentration moyenne sur le domaine d'étude	Fréquences de dépassement		
		15 µg/m ³	20 µg/m ³	40 µg/m ³
PM₁₀	0,3 µg/m ³	0,2 %	0,15 %	0,07 %

➤ *Poussières PM_{2,5}*

La concentration moyenne en PM_{2,5} sur le domaine d'étude est de 0,24 µg/m³, ce qui est inférieur aux valeurs repères. Les fréquences de dépassement aux valeurs guides/réglementaires sont les suivantes :

- 0,5 % des points du maillage ont une concentration moyenne annuelle supérieure à 5 µg/m³ (OMS 2021) ;

- 0,2 % des points du maillage ont une concentration moyenne annuelle supérieure à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (OMS 2005) ;
- 0,07 % des points du maillage ont une concentration moyenne annuelle supérieure à $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (valeur limite du Code de l'Environnement).

Tableau 47 : Concentration moyenne en $\text{PM}_{2,5}$ et fréquences de dépassement aux valeurs repères

Substance	Concentration moyenne sur le domaine d'étude	Fréquences de dépassement		
		$5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$25 \mu\text{g}/\text{m}^3$
$\text{PM}_{2,5}$	$0,24 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0,5 %	0,2 %	0,07 %

➤ Plomb

La concentration moyenne en plomb sur le domaine d'étude est de $0,1 \text{ ng}/\text{m}^3$, ce qui est inférieur aux valeurs repères. Les fréquences de dépassement aux valeurs guides/réglementaires sont les suivantes :

- 0 % des points du maillage ont une concentration moyenne annuelle supérieure à $250 \text{ ng}/\text{m}^3$ (objectif qualité du Code de l'Environnement) et de fait $500 \text{ ng}/\text{m}^3$ (valeur limite du Code de l'Environnement).

Tableau 48 : Concentration moyenne en plomb et fréquences de dépassement à la valeur repère

Substance	Concentration moyenne sur le domaine d'étude	Fréquence de dépassement	
		$0,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Plomb	$0,0001 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0 %	0 %

➤ Cadmium

La concentration moyenne en cadmium sur le domaine d'étude est de $0,006 \text{ ng}/\text{m}^3$, ce qui est inférieur aux valeurs repères. Les fréquences de dépassement aux valeurs guides/réglementaires sont les suivantes :

- 0 % des points du maillage ont une concentration moyenne annuelle supérieure à $5 \text{ ng}/\text{m}^3$ (valeur cible du Code de l'Environnement).

Tableau 49 : Concentration moyenne en cadmium et fréquence de dépassement à la valeur repère

Substance	Concentration moyenne sur le domaine d'étude	Fréquence de dépassement
		$0,005 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Cadmium	$0,000006 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0 %

➤ Arsenic

La concentration moyenne en arsenic sur le domaine d'étude est de $0,1 \text{ ng}/\text{m}^3$, ce qui est inférieur aux valeurs repères. Les fréquences de dépassement aux valeurs guides/réglementaires sont les suivantes :

- 0 % des points du maillage ont une concentration moyenne annuelle supérieure à $6 \text{ ng}/\text{m}^3$ (valeur cible du Code de l'Environnement).

Tableau 50 : Concentration moyenne en arsenic et fréquence de dépassement à la valeur repère

Substance	Concentration moyenne sur le domaine d'étude	Fréquence de dépassement	
		0,006 µg/m ³	
Arsenic	0,0001 µg/m ³	0 %	

➤ *Nickel*

La concentration moyenne en nickel sur le domaine d'étude est de 0,6 ng/m³, ce qui est inférieur aux valeurs repères. Les fréquences de dépassement aux valeurs guides/réglementaires sont les suivantes :

- 0 % des points du maillage ont une concentration moyenne annuelle supérieure à 20 ng/m³ (valeur cible du Code de l'Environnement).

Tableau 51 : Concentration moyenne en nickel et fréquence de dépassement à la valeur repère

Substance	Concentration moyenne sur le domaine d'étude	Fréquence de dépassement	
		0,02 µg/m ³	
Nickel	0,0006 µg/m ³	0 %	

➤ *Benzène*

La concentration moyenne en benzène sur le domaine d'étude est de 0,02 µg/m³, ce qui est inférieur aux valeurs repères. Les fréquences de dépassement aux valeurs guides/réglementaires sont les suivantes :

- 0 % des points du maillage ont une concentration moyenne annuelle supérieure à 2 µg/m³ (objectif qualité du Code de l'Environnement) et de fait 5 µg/m³ (valeur limite du Code de l'Environnement).

Tableau 52 : Concentration moyenne en nickel et fréquences de dépassement à la valeur repère

Substance	Concentration moyenne sur le domaine d'étude	Fréquence de dépassement	
		2 µg/m ³	5 µg/m ³
Benzène	0,02 µg/m ³	0 %	0 %

➤ *Conclusion*

En conclusion, seuls les NO_x, les PM₁₀ et les PM_{2,5} présentent des points du maillage où la concentration moyenne annuelle dépasse certaines valeurs guides/réglementaires.

Toutefois, les fréquences de dépassement à ces valeurs repères restent très faibles :

- Pour les NO_x : respect des valeurs réglementaires et des recommandations de l'OMS 2005 sur l'ensemble du domaine, 4,5 % de points dépassent les recommandations de l'OMS 2021 (10 µg/m³) ;
- Pour les PM₁₀ : au maximum 0,2 % des points du domaine dépassent les valeurs guides/réglementaires ;
- Pour les PM_{2,5} : au maximum 0,5 % des points du domaine dépassent les valeurs guides/réglementaires.

Pour rappel, les valeurs considérées à l'émission dans le modèle de dispersion sont les valeurs limites fixées par la réglementation (ce sont des valeurs maximales à ne pas dépasser, la grande majorité des émissions du site sera en-dessous de ces valeurs limites) :

- Pour les NOx : 100 mg/Nm³ pour le rejet du four (d'après arrêté ministériel de prescriptions générales associé à la rubrique 47XX) et 300 mg/Nm³ pour le rejet du sécheur (d'après arrêté ministériel de prescriptions générales associé à la rubrique 2910) ;
- Pour les poussières : 5 mg/Nm³ pour l'ensemble des rejets (d'après les conclusions sur les meilleures techniques disponibles du BREF NFM).

De plus, les émissions de poussières seront principalement dues au rejet n°2 (dépoussiérage des émissions diffuses du dépotage, stockage et transport des matières). Ce rejet n°2 est un rejet surfacique : il s'agit du filtre à manche qui était déjà utilisé pendant l'exploitation du site par FERROPEM. Ce filtre sera nettoyé et adapté au projet UGI'RING, dans un objectif de réutiliser au maximum les infrastructures existantes tout en respectant la réglementation, et notamment le BREF NFM.

De plus, les valeurs repères utilisées pour les NOx concernent en réalité le NO₂. Les NOx ont été assimilés au NO₂ dans le cadre de cette étude (majorant).

Enfin, rappelons que les hypothèses considérées dans cette ERS sont globalement majorantes. Le chapitre 11 en page suivante se propose de présenter les principales incertitudes sur les résultats obtenus dans cette ERS, en présentant au maximum des éléments quantitatifs et un plan d'action pour le début de l'exploitation.

11. DISCUSSION SUR LES INCERTITUDES

Conformément à la méthodologie de l'évaluation 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 dans quel sens l'ensemble des différentes hypothèses, facteurs ou termes de calcul pris en compte dans l'étude peuvent influencer l'évaluation des risques.

Certains éléments d'incertitude étant difficilement quantifiables, seul un jugement qualitatif sera rendu dans ce cas-là. Les hypothèses et paramètres déterminants sont discutés dans ce chapitre afin d'apprécier leur sensibilité et vérifier leur influence sur le résultat.

11.1 Choix des sources

Le Tableau 53 ci-dessous synthétise les sources d'émissions potentiellement présentes sur site et pouvant entrer en jeu dans le calcul de risques sanitaires. Pour les sources retenues, la durée de fonctionnement considérée est également présentée.

Tableau 53 : Inventaire des sources retenues et de leur durée de fonctionnement

Sources	Retenues ?	Durée de fonctionnement considérée	Incidence sur le niveau de risque
Rejet 1 (four de fusion et doghouse)	Oui	48 semaines x 5 jours x 24 heures	Réaliste
Rejet 2 (dépotage, stockage et transport des matières)	Oui	48 semaines x 5 jours x 24 heures	Réaliste
Rejet 3 (sécheur)	Oui	48 semaines x 5 jours x 24 heures x 80 % (que pour campagne coproduits) dont 2 200 heures avec le brûleur propane en fonctionnement	Réaliste
Rejet 4 (solidification du métal)	Oui	Environ 880 coulées par an, 30 minutes par coulée	Réaliste
Émissions diffuses de laitiers	Non	-	Sous-estimation négligeable (stockage sous bâtiment)
Émissions aqueuses	Non	-	Sous-estimation négligeable (faible volume, traitement des eaux avant rejet, respect des VLE, pas de cibles)
Circulation sur site	Non	-	Sous-estimation négligeable (trafic faible)

➤ *Incidence sur le niveau de risque*

Choix des sources : sous-estimation négligeable

Choix de la durée de fonctionnement : réaliste

11.2 Choix des caractéristiques des sources

Les caractéristiques des sources ont été considérées de la façon suivante :

- hauteur de cheminée : d'après calcul réglementaire (**réaliste**) ;
- débit à l'éjection et température : d'après données fournisseurs (**réaliste**) ;
- vitesse à l'éjection : d'après données sur UGITECH (**réaliste**), données du filtre réutilisé (**réaliste**) ou minimum réglementaire (**surestimation**).

11.3 Choix des polluants traceurs et flux à l'émission

L'inventaire des polluants susceptibles d'être émis par le projet a été réalisé sur la base :

- des sources retenues dans l'ERS ;
- des polluants réglementés dans les émissions atmosphériques (arrêtés ministériels, BREF, ...) ;
- de la connaissance des spécificités des produits/déchets mis en œuvre sur le site ;
- de l'identification des substances les plus toxiques d'un point de vue sanitaire, notamment celles classées Cancérogènes, Mutagènes ou toxiques pour la Reproduction (CMR), sur lesquelles une attention particulière sera portée.

Le Tableau 54 ci-après présente les substances retenues dans l'ERS et le flux à l'émission considéré. Les hypothèses ont été considérées soit réalistes, soit majorantes, soit inconnues. Elles seront vérifiées dans le cadre de la mise à jour de l'ERS une fois le site en exploitation.

Tableau 54 : Choix des substances prises en compte dans l'ERS et de leur flux à l'émission associé

Substances traceuses du projet	Substances considérées et analysées dans l'ERS	Flux considéré dans l'ERS
Poussières totales (PM)	PM ₁₀ et PM _{2,5}	Rejet basé sur la VLE des poussières totales, avec une répartition basée sur celle d'UGITECH en sortie de four (mesures 2001)
Monoxyde de carbone (CO)	Monoxyde de carbone (CO)	Rejet pris égal à la VLE
Dioxyde de soufre (SO ₂)	Dioxyde de soufre (SO ₂)	Rejet pris égal à la VLE
Oxydes d'azote (NO _x)	Oxydes d'azote (NO _x)	Rejet pris égal à la VLE
Acide chlorhydrique (HCl)	Acide chlorhydrique (HCl)	Rejet pris égal à la VLE
Acide fluorhydrique (HF)	Acide fluorhydrique (HF)	Rejet pris égal à la VLE
Composés Organiques Volatils (COV)	Benzène et Formaldéhyde	5 % de la VLE pour chaque COV (approche considérée comme majorante)
Méthane (CH ₄)	Aucune (pas de VTR ni de valeur guide)	-
Fer (Fe)	Aucune (pas de VTR ni de valeur guide)	-
Plomb (Pb)	Plomb	1 % de la VLE réglementaire (pas censé en avoir dans les rejets)
Cd+Hg+Tl	Métal le plus pénalisant pour le choix des VTR et des facteurs de bioconcentration	1 % de la VLE réglementaire (pas censé en avoir dans les rejets) À noter que les MTD imposent une VLE pour le mercure (0,01 mg/Nm ³) alors qu'ici, seule la somme a été considérée (0,05 mg/Nm ³) – Approche majorante.

Substances traceuses du projet	Substances considérées et analysées dans l'ERS	Flux considéré dans l'ERS
As+Se+Te	Métal le plus pénalisant pour le choix des VTR et des facteurs de bioconcentration	1 % de la VLE réglementaire (pas censé en avoir dans les rejets)
Sb+Cr+Co+Cu+Sn+Mn+Ni+V+Zn	Métaux possiblement retrouvés dans les rejets, sur la base de la composition attendue dans les poussières de fusion : Mn, Ni, Zn, Cr	Rejet pris égal à la VLE, avec application d'un facteur de répartition sur la base de la composition attendue dans les poussières de fusion. Répartition CrIII/CrVI basée sur la répartition dans l'environnement sur le site d'UGITECH.
Dioxines-Furanes (PCDD/F)	Prise en compte de l'équivalent toxique dès que disponible, sinon prise en compte de la VTR du dioxine-furane le plus pénalisant et prise en compte d'un facteur de bioconcentration moyen (guide INERIS)	Rejet pris égal à la VLE
Ammoniac (NH ₃)	Ammoniac (NH ₃)	Rejet pris égal à la VLE

Par exemple pour les poussières, si on considère comme flux à l'émission la moyenne des rejets sur les dernières années du site d'UGITECH à Ugine plutôt que la VLE de 5 mg/Nm³ (sur les rejets 1 et 2, rejets assimilables au site d'UGITECH), et en gardant la même répartition granulométrique, il ressort des concentrations et fréquences de dépassement plus faibles, tel que présenté dans les deux tableaux suivants.

Tableau 55 : Comparaison entre les résultats obtenus avec le flux PM₁₀ basé sur la VLE réglementaire et le flux PM₁₀ basé sur la moyenne des rejets réels d'UGITECH

Substance	Flux considéré	Concentration moyenne sur le domaine d'étude	Fréquences de dépassement		
			15 µg/m ³	20 µg/m ³	40 µg/m ³
PM ₁₀	Flux basé sur la VLE réglementaire	0,3 µg/m ³	0,2 %	0,15 %	0,07 %
	Flux basé sur les rejets réels d'UGITECH	0,24 µg/m ³	0,15 %	0,1 %	0,05 %

Tableau 56 : Comparaison entre les résultats obtenus avec le flux PM_{2,5} basé sur la VLE réglementaire et le flux PM_{2,5} basé sur la moyenne des rejets réels d'UGITECH

Substance	VLE considérée	Concentration moyenne sur le domaine d'étude	Fréquences de dépassement		
			5 µg/m ³	10 µg/m ³	25 µg/m ³
PM _{2,5}	Flux basé sur la VLE réglementaire	0,24 µg/m ³	0,5 %	0,2 %	0,07 %
	Flux basé sur les rejets réels d'UGITECH	0,18 µg/m ³	0,38 %	0,14 %	0,05 %

Enfin, des polluants dits « secondaires » n'ont pas été pris en considération. Leurs concentrations sont difficilement prévisibles en raison des équilibres chimiques complexes qui les régissent et qui se mettent en place à l'échelle régionale sur des périodes de temps assez longues (intensité du rayonnement solaire, concentrations atmosphériques de NO_x, particules ou hydrocarbures, proportion relative de ces différentes concentrations, présence d'autres sources, déplacement des masses d'air, ...).

➤ *Incidence sur le niveau de risque*

Plutôt réaliste ou surestimation, selon les substances (à valider lors d'une mise à jour de l'ERS une fois le site en exploitation)

11.4 Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence (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 VTR pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués.

À noter que le choix des VTR s'est également orienté vers des choix majorants, notamment :

- **Dioxines-Furanes** : Pour les effets à seuils, la VTR retenue est celle de l'équivalent toxique (ITEQ). Pour les effets sans seuil, en l'absence de VTR ITEQ, il a été retenu la VTR du dioxine-furane le plus pénalisant (démarche sécuritaire).
- **Formaldéhyde** : La VTR inhalation à seuil est fondée sur les mêmes effet et concentration critiques que la VTR aiguë mais protégeant des effets cancérogènes au niveau du nasopharynx considéré comme un effet à seuil. Ainsi, l'ANSES ne retient pas de VTR inhalation sans seuil, car déjà compris dans la VTR à seuil. Dans une démarche sécuritaire, il a été décidé de retenir quand même une VTR inhalation sans seuil : celle de Santé Canada.
- **Cadmium** : L'INERIS propose de ne pas retenir de VTR sans seuil en supplément de celle de l'ANSES pour la voie d'exposition inhalation et des effets cancérogènes à seuil. Dans une démarche sécuritaire, il a été décidé de retenir quand même une VTR inhalation sans seuil : celle de l'OEHHA.
- **Mercuré** : Le mercure est émis très majoritairement sous forme gazeuse sans que la répartition entre les formes chimiques (élémentaire, inorganique (HgCl₂ par exemple) ou organique (méthylmercure par exemple) ne soit déterminée. Ainsi, en l'absence de données plus précises, la forme la plus pénalisante est retenue pour l'ERS. Cette forme dépend du milieu dans lequel se trouve la substance à savoir, la forme élémentaire du mercure dans le milieu air (gaz), et la forme organique dans le sol (méthylmercure).
- **As+Se+Te** : La VTR de cette somme sera assimilée à l'arsenic (VTR la plus pénalisante, quelle que soit la voie d'exposition et le type d'effet).
- **Cd+Hg+Tl** : La VTR de cette somme sera assimilée au mercure pour l'ingestion et l'inhalation à seuil, et au cadmium pour l'inhalation sans seuil (VTR la plus pénalisante selon la voie d'exposition et le type d'effet).

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, ...) 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.

Les VTR à seuil sont également pondérées de facteurs d'incertitude par les différents organismes. Les VTR présentées dans cette ERS, et de fait les QD calculés, sont donc plutôt surestimés. Le Tableau 57 ci-après présente, à titre informatif, les QD en ne considérant pas les facteurs d'incertitude des VTR. Cette comparaison permet d'avoir une « fourchette » de quotient de danger (valeur basse / valeur haute).

Tableau 57 : Comparaison des quotients de danger (QD), selon les facteurs d'incertitude associés aux VTR

Scénario « maximum »	QD total	
	Valeur haute du QD, présentée dans cette ERS	Valeur basse du QD, en ne considérant pas les facteurs d'incertitude des VTR
Adulte	7,43E-01	1,82E-01
Enfant	7,78E-01	1,86E-01
Valeur de référence	1,00E+00	1,00E+00

➤ *Incidence sur le niveau de risque*

Surestimation

11.5 Choix des voies d'exposition

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 et de végétaux. Ces voies d'exposition ont été prises en compte dans l'ERS.

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.

➤ *Incidence sur le niveau de risque*

Sous-estimation négligeable

11.6 Choix des scénarios d'exposition

Un seul scénario a été considéré dans l'ERS, un scénario « maximum ».

Les concentrations dans l'air et les dépôts au sol retenus dans les calculs de risques sanitaires, sont les valeurs maximales calculées par le logiciel de dispersion atmosphérique, sans forcément correspondre à un usage particulier (point maximum du maillage).

Ce scénario couvre ainsi largement l'ensemble des scénarios possibles du domaine d'étude (habitations, industries, établissements recevant du public).

➤ *Incidence sur le niveau de risque*

Surestimation

11.7 Choix des paramètres d'exposition

Le scénario « maximum » considère des adultes et enfants exposés à la concentration maximale modélisée par le modèle de dispersion (et non à la concentration modélisée au niveau d'une cible potentielle). Il considère une exposition 24h/24 et 365j/an aux rejets du site.

➤ *Incidence sur le niveau de risque*

Surestimation

11.8 Transfert des polluants vers l'intérieur des bâtiments

La non-prise en compte des transferts de pollution extérieur-intérieur apporte une part d'incertitude dans l'exposition par voie respiratoire. En l'absence de données sur les transferts de pollution et en accord avec la méthodologie de l'INERIS, cette ERS 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

11.9 Modélisation de la dispersion atmosphérique

Les concentrations des polluants dans l'air, 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, ...), on peut raisonnablement penser que les incertitudes liées à la modélisation sont faibles.

Les données utilisées pour la modélisation ont été obtenues via une simulation à haute résolution par la société NUMTECH, à un pas de temps horaire, sur une période de 3 ans :

- du 1^{er} janvier 2015 au 31 décembre 2017 avec le modèle WRF (longueur de Monin Obukhov, température, direction et vitesse du vent) ;
- du 1^{er} janvier 2019 au 31 décembre 2021 pour le modèle AROME (pluviométrie).

Les stations Météo France sont normalement privilégiées dans ce type d'étude. Toutefois, dans le cas présent, aucune station Météo France n'a pu être utilisée (aucune station n'était implantée à proximité du site et/ou était représentative des conditions de dispersion du site, notamment en termes de direction du vent). La simulation NUMTECH a donc été le choix le plus pertinent. À noter que les données de vents utilisées dans la modélisation sont identiques à celles considérées par FERROPEM dans sa dernière évaluation des risques sanitaires (septembre 2020).

Toutefois, la simulation NUMTECH a renvoyé des vitesses de vent faibles, alors que les ressentis des personnes présentes sur le site du projet font état de vitesses de vent plus élevées (souvent beaucoup de vent sur le site du projet), ce qui permettrait en réalité une meilleure dispersion des polluants.

Compte-tenu de ces éléments, la société UGI'RING prévoit d'installer une station météorologique au droit de son site au début de l'exploitation. Ces données permettraient de mettre à jour l'ERS avec des données météorologiques plus proches de la réalité.

➤ *Incidence sur le niveau de risque*

Sans doute surestimation (beaucoup de vents faibles, à vérifier suite à la pose d'une station météorologique sur le site)

11.10 Stratégie adoptée dans l'ERS

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, ...), d'autres sont des mélanges composites (poussières 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.

Dans une démarche majorante, il a été considéré l'addition de tous les quotients de danger et de tous les excès de risques individuels.

➤ *Incidence sur le niveau de risque*

Exposition simultanée à plusieurs substances : Inconnue

Addition de tous les QD et de tous les ERI : Surestimation

11.11 Périodes de fonctionnement en mode dégradé

Concernant les périodes d'arrêt/vidange et démarrage des fours, il ne s'agit pas d'un mode dégradé mais d'une étape de fonctionnement où les outils de captation sont en fonctionnement « normal ». Il n'est pas attendu d'émissions particulièrement impactantes sur ces étapes, dans la mesure où les outils de traitement de l'air seront en fonctionnement.

En cas de marche dégradée impliquant une défaillance par exemple sur un dépoussiéreur, il est possible dans certains cas d'intervenir sur un outil en fonctionnement selon une procédure définie (exemple : mise en place de bouchons dans le cas où des manches seraient percés). Dans d'autres cas où une défaillance ou panne sur un ou plusieurs organes de dépoussiérages occasionneraient un rejet ponctuellement supérieur à la VLE (exemple d'indicateur de contrôle : opacimètre sur rejet), l'outil de production pourra, après mise en sécurité de ce dernier, être arrêté en vue d'une intervention.

Les périodes de maintenance impliquent des travaux dont la nature des émissions apparaît sensiblement négligeable au regard des activités décrites en production, puisqu'elles ne mettent pas en œuvre d'émissions atmosphériques notables d'éléments traceurs de l'activité.

➤ *Incidence sur le niveau de risque*

Sous-estimation négligeable

12. CONCLUSION

Cette étude, réalisée dans le cadre de la demande d'autorisation environnementale du projet UGI'RING à La Léchère, a pour objectif d'évaluer quantitativement les impacts potentiels de ce projet vis-à-vis de la santé de la population locale.

Le cadre méthodologique a été réalisé conformément à la démarche préconisée par l'INERIS.

Plusieurs étapes ont donc été engagées :

- la première a consisté à évaluer les émissions du projet, les enjeux autour du site et les scénarios d'exposition ;
- la deuxième a permis d'évaluer si les milieux actuels étaient compatibles avec les usages, pour les substances traceuses du projet (mesures Air et Sol dans l'environnement) ;
- la troisième étape a permis de quantifier les risques sanitaires liés aux émissions du projet.

Les substances traceuses de l'activité ont été retenues sur la base des sources retenues (rejets atmosphériques du four électrique, du sécheur, du dispositif de solidification du métal et de la préparation de charge), des polluants réglementés dans les émissions atmosphériques (arrêtés ministériels, BREF, ...), de la connaissance des spécificités des produits/déchets mis en œuvre sur le site et de l'identification des substances les plus toxiques d'un point de vue sanitaire.

Il s'agit des poussières totales, monoxyde de carbone, dioxyde de soufre, oxydes d'azote, acide chlorhydrique, acide fluorhydrique, composés organiques volatils (COV), méthane, fer, plomb, Cd+Hg+Pb, As+Se+Te, Sb+Cr+Co+Cu+Sn+Mn+Ni+V+Zn, dioxines-furanes et ammoniac.

Des spéciations pour les poussières totales, pour les sommes de métaux et pour les COV ont dû être réalisées car l'évaluation des effets sur la santé ne peut être réalisée pour un mélange (absence de Valeur Toxicologique de Référence pour un mélange), mais substance par substance.

Une interprétation de l'état des milieux a été réalisée dans le cadre de la deuxième étape. Elle a consisté en la réalisation de mesures dans l'environnement autour du site : concentrations dans l'air et concentrations dans les sols pour les substances traceuses du projet. Les résultats ont permis de mettre en évidence la compatibilité des milieux avec les usages pour l'ensemble des substances, à l'exception du chrome VI, et des poussières PM₁₀ et PM_{2,5}, pour lesquels les résultats indiquent une vulnérabilité des milieux. UGI'RING propose de se rapprocher de ATMO Auvergne-Rhône-Alpes et/ou de l'ARS pour mettre en place une surveillance dans l'air après démarrage.

Compte tenu du contexte environnemental, des sources potentielles de contamination, des possibilités de transfert des substances, des récepteurs potentiels, les compartiments « air », « sol » et « végétaux » ont été retenus pour l'étude.

Ainsi, l'inhalation de polluants gazeux et particulaires, l'ingestion de sols et l'ingestion de végétaux ont été quantifiées dans l'évaluation des risques sanitaires.

L'étude a été réalisée pour une exposition chronique des populations riveraines. L'exposition des populations (adultes et enfants) a alors été évaluée en considérant un scénario d'exposition majorant et les concentrations atmosphériques et les dépôts au sol ont été estimés à l'aide du logiciel de dispersion atmosphérique ARIA Impact. Le scénario retenu a été volontairement choisi très majorant, permettant de couvrir largement l'ensemble des scénarios possibles du domaine d'étude (habitation, industrie, école). En effet, ce scénario a considéré des adultes et enfants exposés à la concentration maximale modélisée par le modèle de dispersion, ainsi qu'une exposition 24h/24 et 365j/365 aux rejets du site.

La dernière étape de l'étude a permis de quantifier les risques en comparant les niveaux d'exposition obtenus à des valeurs toxicologiques de référence (VTR). Pour les effets à seuil de dose, les indices de risque sont alors comparés à la valeur repère de 1. Pour les effets sans seuil de dose, les indices de risque sont comparés à la valeur repère de 1.10^{-5} . En dessous de ces valeurs repères, le risque est considéré comme non significatif.

Cette étude a ainsi montré que :

- les effets à seuil sont acceptables pour chacune des substances retenues et pour la somme des Quotients de Danger ($QD < 1$) ;
- les effets sans seuil sont acceptables pour chacune des substances retenues et pour la somme des Excès de Risque Individuel ($ERI < 1.10^{-5}$).

En conclusion, le projet est acceptable en termes d'impacts sanitaires.

Enfin, 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.

Les résultats de cette étude permettent ainsi de conclure que le risque sanitaire pour les populations riveraines du site est acceptable, et reste sous les valeurs cibles aussi bien pour les effets à seuil que pour les effets sans seuil.

À noter que cette ERS pourra être remise à jour après la première année d'exploitation du site en affinant certaines hypothèses considérées ici :

- *mise en place d'une station météorologique sur le site du projet (pour affiner les données météorologiques) ;*
- *mesures à l'émission des quatre sources de rejets atmosphérique (pour affiner les flux à l'émission).*

13. ANNEXES

- *Annexe 1 : Fiche de prélèvement Air*
- *Annexe 2 : Fiches de prélèvement Sol*
- *Annexe 3 : Bordereaux d'analyses laboratoire – Air*
- *Annexe 4 : Bordereaux d'analyses laboratoire – Sol*
- *Annexe 5 : Fichier de synthèse ARIA Impact™*

ARIA IMPACT V 1.8

D====> 5. 7.23

CALCUL STATISTIQUE A PARTIR DE DONNEES MESUREES

DATE DE DEBUT DE SIMULATION : 1/ 1/2015 1: 0: 0

DATE DE FIN DE SIMULATION : 1/ 1/2017 23: 0: 0

DATE DE DEBUT DE DONNEES DANS LA BASE DE DONNEES : 1/ 1/15

DATE DE FIN DE DONNEES DANS LA BASE DE DONNEES :31/12/17

NOM DE LA STATION :

SITE

POSITION DE LA STATION DE MESURE (Km):

X: 924.0000 Y: 2066.600

CARACTERISTIQUES DE LA GRILLE CIBLE :

Xor. = 921.000 Km Yor. = 2063.500 km

DX = 50.000 m DY = 50.000 m

NX = 121 NY = 121

OPTIONS DE CALCULS :

-
- PRISE EN COMPTE SIMPLIFIEE DU RELIEF
 - MODELISATION DES VENTS CALMES, SEUIL (M/S) : 0.90
 - BRUITAGE DE LA DIRECTION DU VENT, AMPLITUDE (DEG.) : 10.00
 - DUREE DE MOYENNAGE DE LA CONCENTRATION UNITAIRE (Sec.) : 3600
 - POURCENTAGE DE DONNEES VALIDES NECESSAIRES POUR LES CALCULS DE MOYENNES : 80.00
 - RECONSTITUTION DE PROFILS DE VENT A PARTIR DE LA STATIBILITE
 - RECONSTITUTION DE PROFILS DE TEMPERATURE A PARTIR DE LA STATIBILITE
 - PAS DE PRISE EN COMPTE DE LA COUCHE LIMITE ATMOSPHERIQUE
 - PAS DE PRISE EN COMPTE DE L'INFLUENCE DE LA COTE
 - MODELE DE SURHAUTEUR POUR LES SOURCES PONCTUELLES : HOLLAND
 - MODELE RABATTEMENT DU PANACHE PAR LA CHEMINEE :BRIGGS
 - MODELE DE CALCUL DES ECART-TYPES : PASQUIL
 - CLASSE DE STABILITE CALCULEE A PARTIR DE LA CLASSE DE PASQUILL
 - PRISE EN COMPTE DU LESSIVAGE PAR LA PLUIE

- PAS DE FILTRE SUR LES CHAMPS EN SORTIE

- DONNEES DE RUGOSITE PAR MOIS (M) :

* 1 * 2 * 3 * 4 * 5 * 6 * 7 * 8 * 9 * 10 * 11 * 12 *
* 0.80* 0.80* 0.80* 0.80* 0.80* 0.80* 0.80* 0.80* 0.80* 0.80* 0.80* 0.80*

- PAS DE CONVERSION DES NOx EN NO, NO2

OPTIONS DE SORTIES :

- CALCUL DE LA CONCENTRATION EN MOYENNE ANNUELLE

- CALCUL DES CENTILES SUIVANTS : 98.00

- CALCUL DES FREQUENCES DE DEPASSEMENT DES SEUILS SUIVANTS : 100.00

CARACTERISTIQUES DES ESPECES :

ESPECE INDEX : 1

NOM : PM10

VITESSE DE DEPOT SEC (M/S): 0.0130000

COEFFICIENT DE LESSIVAGE (1/S): 0.0004000

TEMPS DECROISSANCE RADIOACTIVE (S): .0000000E+00

VITESSE DE CHUTE PAR GRAVITE (M/S): 0.0089344

CONCENTRATIONS MOYENNES SUR UNE DUREES (SEC.) : 3600

BRUIT DE FOND DE L'ESPECE : 0.0 mcg/m3

ESPECE INDEX : 2

NOM : PM2_5

VITESSE DE DEPOT SEC (M/S): 0.0060000

COEFFICIENT DE LESSIVAGE (1/S): 0.0000800

TEMPS DECROISSANCE RADIOACTIVE (S): .0000000E+00

VITESSE DE CHUTE PAR GRAVITE (M/S): 0.0005584

CONCENTRATIONS MOYENNES SUR UNE DUREES (SEC.) : 3600

BRUIT DE FOND DE L'ESPECE : 0.0 mcg/m3

ESPECE INDEX : 3

NOM : CO

VITESSE DE DEPOT SEC (M/S): 0.0000000

COEFFICIENT DE LESSIVAGE (1/S): 0.0000100

TEMPS DECROISSANCE RADIOACTIVE (S): .0000000E+00

VITESSE DE CHUTE PAR GRAVITE (M/S): 0.0000000
CONCENTRATIONS MOYENNES SUR UNE DUREES (SEC.) : 3600
BRUIT DE FOND DE L'ESPECE : 0.0 mcg/m3

ESPECE INDEX : 4

NOM : SO2

VITESSE DE DEPOT SEC (M/S): 0.0060000
COEFFICIENT DE LESSIVAGE (1/S): 0.0000100
TEMPS DECROISSANCE RADIOACTIVE (S): .0000000E+00
VITESSE DE CHUTE PAR GRAVITE (M/S): 0.0000000
CONCENTRATIONS MOYENNES SUR UNE DUREES (SEC.) : 3600
BRUIT DE FOND DE L'ESPECE : 0.0 mcg/m3

ESPECE INDEX : 5

NOM : NOX

VITESSE DE DEPOT SEC (M/S): 0.0000000
COEFFICIENT DE LESSIVAGE (1/S): 0.0000100
TEMPS DECROISSANCE RADIOACTIVE (S): .0000000E+00
VITESSE DE CHUTE PAR GRAVITE (M/S): 0.0000000
CONCENTRATIONS MOYENNES SUR UNE DUREES (SEC.) : 3600
BRUIT DE FOND DE L'ESPECE : 0.0 mcg/m3

ESPECE INDEX : 6

NOM : HCL

VITESSE DE DEPOT SEC (M/S): 0.0000000
COEFFICIENT DE LESSIVAGE (1/S): 0.0000100
TEMPS DECROISSANCE RADIOACTIVE (S): .0000000E+00
VITESSE DE CHUTE PAR GRAVITE (M/S): 0.0000000
CONCENTRATIONS MOYENNES SUR UNE DUREES (SEC.) : 3600
BRUIT DE FOND DE L'ESPECE : 0.0 mcg/m3

ESPECE INDEX : 7

NOM : HF

VITESSE DE DEPOT SEC (M/S): 0.0000000
COEFFICIENT DE LESSIVAGE (1/S): 0.0000100
TEMPS DECROISSANCE RADIOACTIVE (S): .0000000E+00
VITESSE DE CHUTE PAR GRAVITE (M/S): 0.0000000
CONCENTRATIONS MOYENNES SUR UNE DUREES (SEC.) : 3600
BRUIT DE FOND DE L'ESPECE : 0.0 mcg/m3

ESPECE INDEX : 8

NOM : Benzene

VITESSE DE DEPOT SEC (M/S): 0.0000000
COEFFICIENT DE LESSIVAGE (1/S): 0.0000100
TEMPS DECROISSANCE RADIOACTIVE (S): .0000000E+00
VITESSE DE CHUTE PAR GRAVITE (M/S): 0.0000000
CONCENTRATIONS MOYENNES SUR UNE DUREES (SEC.) : 3600
BRUIT DE FOND DE L'ESPECE : 0.0 mcg/m3

ESPECE INDEX : 9

NOM : Formaldehyde

VITESSE DE DEPOT SEC (M/S): 0.0000000
COEFFICIENT DE LESSIVAGE (1/S): 0.0000100
TEMPS DECROISSANCE RADIOACTIVE (S): .0000000E+00
VITESSE DE CHUTE PAR GRAVITE (M/S): 0.0000000
CONCENTRATIONS MOYENNES SUR UNE DUREES (SEC.) : 3600
BRUIT DE FOND DE L'ESPECE : 0.0 mcg/m3

ESPECE INDEX : 10

NOM : Pb

VITESSE DE DEPOT SEC (M/S): 0.0030000
COEFFICIENT DE LESSIVAGE (1/S): 0.0000330
TEMPS DECROISSANCE RADIOACTIVE (S): .0000000E+00
VITESSE DE CHUTE PAR GRAVITE (M/S): 0.0022336
CONCENTRATIONS MOYENNES SUR UNE DUREES (SEC.) : 3600
BRUIT DE FOND DE L'ESPECE : 0.0 mcg/m3

ESPECE INDEX : 11

NOM : CrIII

VITESSE DE DEPOT SEC (M/S): 0.0050000
COEFFICIENT DE LESSIVAGE (1/S): 0.0000500
TEMPS DECROISSANCE RADIOACTIVE (S): .0000000E+00
VITESSE DE CHUTE PAR GRAVITE (M/S): 0.0022336
CONCENTRATIONS MOYENNES SUR UNE DUREES (SEC.) : 3600
BRUIT DE FOND DE L'ESPECE : 0.0 mcg/m3

ESPECE INDEX : 12

NOM : CrVi

VITESSE DE DEPOT SEC (M/S): 0.0050000
COEFFICIENT DE LESSIVAGE (1/S): 0.0000500
TEMPS DECROISSANCE RADIOACTIVE (S): .0000000E+00
VITESSE DE CHUTE PAR GRAVITE (M/S): 0.0022336
CONCENTRATIONS MOYENNES SUR UNE DUREES (SEC.) : 3600
BRUIT DE FOND DE L'ESPECE : 0.0 mcg/m3

ESPECE INDEX : 13

NOM : Mn

VITESSE DE DEPOT SEC (M/S): 0.0056000

COEFFICIENT DE LESSIVAGE (1/S): 0.0000500

TEMPS DECROISSANCE RADIOACTIVE (S): .0000000E+00

VITESSE DE CHUTE PAR GRAVITE (M/S): 0.0022336

CONCENTRATIONS MOYENNES SUR UNE DUREES (SEC.) : 3600

BRUIT DE FOND DE L'ESPECE : 0.0 mcg/m3

ESPECE INDEX : 14

NOM : Ni

VITESSE DE DEPOT SEC (M/S): 0.0045000

COEFFICIENT DE LESSIVAGE (1/S): 0.0000500

TEMPS DECROISSANCE RADIOACTIVE (S): .0000000E+00

VITESSE DE CHUTE PAR GRAVITE (M/S): 0.0022336

CONCENTRATIONS MOYENNES SUR UNE DUREES (SEC.) : 3600

BRUIT DE FOND DE L'ESPECE : 0.0 mcg/m3

ESPECE INDEX : 15

NOM : Zn

VITESSE DE DEPOT SEC (M/S): 0.0041000

COEFFICIENT DE LESSIVAGE (1/S): 0.0000500

TEMPS DECROISSANCE RADIOACTIVE (S): .0000000E+00

VITESSE DE CHUTE PAR GRAVITE (M/S): 0.0022336

CONCENTRATIONS MOYENNES SUR UNE DUREES (SEC.) : 3600

BRUIT DE FOND DE L'ESPECE : 0.0 mcg/m3

ESPECE INDEX : 16

NOM : As+Se+Te

VITESSE DE DEPOT SEC (M/S): 0.0022000

COEFFICIENT DE LESSIVAGE (1/S): 0.0000500

TEMPS DECROISSANCE RADIOACTIVE (S): .0000000E+00

VITESSE DE CHUTE PAR GRAVITE (M/S): 0.0022336

CONCENTRATIONS MOYENNES SUR UNE DUREES (SEC.) : 3600

BRUIT DE FOND DE L'ESPECE : 0.0 mcg/m3

ESPECE INDEX : 17

NOM : Cd+Hg+Tl_Hggazeux

VITESSE DE DEPOT SEC (M/S): 0.0045000

COEFFICIENT DE LESSIVAGE (1/S): 0.0000500

TEMPS DECROISSANCE RADIOACTIVE (S): .0000000E+00

VITESSE DE CHUTE PAR GRAVITE (M/S): 0.0000000
CONCENTRATIONS MOYENNES SUR UNE DUREES (SEC.) : 3600
BRUIT DE FOND DE L'ESPECE : 0.0 mcg/m3

ESPECE INDEX : 18

NOM : Cd+Hg+Tl_Hgparti

VITESSE DE DEPOT SEC (M/S): 0.0010000

COEFFICIENT DE LESSIVAGE (1/S): 0.0000500

TEMPS DECROISSANCE RADIOACTIVE (S): .0000000E+00

VITESSE DE CHUTE PAR GRAVITE (M/S): 0.0022336

CONCENTRATIONS MOYENNES SUR UNE DUREES (SEC.) : 3600

BRUIT DE FOND DE L'ESPECE : 0.0 mcg/m3

ESPECE INDEX : 19

NOM : DIOXINES_parti

VITESSE DE DEPOT SEC (M/S): 0.0005000

COEFFICIENT DE LESSIVAGE (1/S): 0.0000100

TEMPS DECROISSANCE RADIOACTIVE (S): .0000000E+00

VITESSE DE CHUTE PAR GRAVITE (M/S): 0.0000001

CONCENTRATIONS MOYENNES SUR UNE DUREES (SEC.) : 3600

BRUIT DE FOND DE L'ESPECE : 0.0 mcg/m3

ESPECE INDEX : 20

NOM : DIOXINES_gazeux

VITESSE DE DEPOT SEC (M/S): 0.0000000

COEFFICIENT DE LESSIVAGE (1/S): 0.0000100

TEMPS DECROISSANCE RADIOACTIVE (S): .0000000E+00

VITESSE DE CHUTE PAR GRAVITE (M/S): 0.0000000

CONCENTRATIONS MOYENNES SUR UNE DUREES (SEC.) : 3600

BRUIT DE FOND DE L'ESPECE : 0.0 mcg/m3

ESPECE INDEX : 21

NOM : AMMONIAC

VITESSE DE DEPOT SEC (M/S): 0.0000000

COEFFICIENT DE LESSIVAGE (1/S): 0.0000100

TEMPS DECROISSANCE RADIOACTIVE (S): .0000000E+00

VITESSE DE CHUTE PAR GRAVITE (M/S): 0.0000000

CONCENTRATIONS MOYENNES SUR UNE DUREES (SEC.) : 3600

BRUIT DE FOND DE L'ESPECE : 0.0 mcg/m3

CARACTERISTIQUES DES EMISSIONS :

CHRONIQUES DES EMISSIONS A PARTIR DES MODULATIONS

SOURCE NUMERO : 1

- GROUPE : AUTOROUTE

- SOUS-GROUPE : Rejet1

- NOM : S1

- SOURCE MODULEE, DEBIT NOMINAL (MCG/S) :

PROFIL DE MODULATION MENSUEL :

* J * Fb * Ma * Ap * M * J * J * A * S * O * N * D *
* 0.66* 0.66* 0.66* 0.66* 0.66* 0.66* 0.66* 0.66* 0.66* 0.66* 0.66* 0.66*

PROFIL DE MODULATION JOURNALIER :

* M * Tu * W * Th * F * Sa * Su *
* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00*

PROFIL DE MODULATION HORAIRE :

* 1 * 2 * 3 * 4 * 5 * 6 * 7 * 8 * 9 * 10 * 11 * 12 * 13 * 14 * 15 * 16 * 17 * 18 * 19 * 20 * 21 * 22 * 23 * 24 *
* 1.00*
1.00* 1.00* 1.00*

DAYLIGHT SAVING TIME (H) : 0

PM10 ==> 0.296E+00 kg/h

PM2_5 ==> 0.161E+00 kg/h

CO ==> 0.714E+01 kg/h

SO2 ==> 0.143E+02 kg/h

NOX ==> 0.714E+01 kg/h

HCL ==> 0.357E+01 kg/h

HF ==> 0.357E+00 kg/h

Benzene ==> 0.775E-01 kg/h

Formaldehyde ==> 0.179E+00 kg/h

Pb ==> 0.714E-03 kg/h
CrIII ==> 0.100E-01 kg/h
CrVi ==> 0.993E-04 kg/h
Mn ==> 0.124E-01 kg/h
Ni ==> 0.368E-02 kg/h
Zn ==> 0.331E+00 kg/h
As+Se+Te ==> 0.714E-03 kg/h
Cd+Hg+Tl_Hggazeux ==> 0.357E-04 kg/h
Cd+Hg+Tl_Hgparti ==> 0.357E-04 kg/h
DIOXINES_parti ==> 0.357E-08 kg/h
DIOXINES_gazeux ==> 0.357E-08 kg/h
AMMONIAC ==> 0.000E+00 kg/h
- POSITION DE LA SOURCE (X, Y EN KM) : 924.13 2066.37
- HAUTEUR DE CHEMINEE (M) : 33.0000000
- DIAMETRE DE CHEMINEE (M) : 1.8500000
- VITESSE D'EJECTION (M/S) : 10.0000000
- TEMPERATURE DES REJETS (DEG.C.): 100.0000000

SOURCE NUMERO : 2

- GROUPE : AUTOROUTE

- SOUS-GROUPE : Rejet3

- NOM : S2

- SOURCE MODULEE, DEBIT NOMINAL (MCG/S) :

PROFIL DE MODULATION MENSUEL :

* J * Fb * Ma * Ap * M * J * J * A * S * O * N * D *
* 0.42* 0.42* 0.42* 0.42* 0.42* 0.42* 0.42* 0.42* 0.42* 0.42* 0.42* 0.42*

PROFIL DE MODULATION JOURNALIER :

* M * Tu * W * Th * F * Sa * Su *
* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00*

PROFIL DE MODULATION HORAIRE :

* 1 * 2 * 3 * 4 * 5 * 6 * 7 * 8 * 9 * 10 * 11 * 12 * 13 * 14 * 15 * 16 * 17 * 18 * 19 * 20 * 21 * 22 * 23 * 24 *
* 1.00*
1.00* 1.00* 1.00*

DAYLIGHT SAVING TIME (H) : 0

PM10 ==> 0.332E+00 kg/h

PM2_5 ==> 0.180E+00 kg/h

CO ==> 0.000E+00 kg/h

SO2 ==> 0.000E+00 kg/h

NOX ==> 0.000E+00 kg/h

HCL ==> 0.000E+00 mcg/s

HF ==> 0.000E+00 mcg/s

Benzene ==> 0.868E-01 kg/h

Formaldehyde ==> 0.200E+00 kg/h

Pb ==> 0.000E+00 mcg/s

CrIII ==> 0.000E+00 mcg/s

CrVi ==> 0.000E+00 mcg/s

Mn ==> 0.000E+00 mcg/s

Ni ==> 0.000E+00 mcg/s

Zn ==> 0.000E+00 mcg/s

As+Se+Te ==> 0.000E+00 kg/h

Cd+Hg+Tl_Hggazeux ==> 0.000E+00 kg/h

Cd+Hg+Tl_Hgparti ==> 0.000E+00 mcg/s

DIOXINES_parti ==> 0.000E+00 mcg/s

DIOXINES_gazeux ==> 0.000E+00 kg/h

AMMONIAC ==> 0.400E+01 kg/h

- POSITION DE LA SOURCE (X, Y EN KM) : 924.16 2066.37

- HAUTEUR DE CHEMINEE (M) : 33.0000000

- DIAMETRE DE CHEMINEE (M) : 1.8800000

- VITESSE D'EJECTION (M/S) : 12.0000000

- TEMPERATURE DES REJETS (DEG.C.): 150.0000000

SOURCE NUMERO : 3

- GROUPE : AUTOROUTE

- SOUS-GROUPE : Rejet4

- NOM : S3

- SOURCE MODULEE, DEBIT NOMINAL (MCG/S) :

PROFIL DE MODULATION MENSUEL :

* J * Fb * Ma * Ap * M * J * J * A * S * O * N * D *
* 0.05* 0.05* 0.05* 0.05* 0.05* 0.05* 0.05* 0.05* 0.05* 0.05* 0.05* 0.05*

PROFIL DE MODULATION JOURNALIER :

* M * Tu * W * Th * F * Sa * Su *
* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00*

PROFIL DE MODULATION HORAIRE :

* 1 * 2 * 3 * 4 * 5 * 6 * 7 * 8 * 9 * 10 * 11 * 12 * 13 * 14 * 15 * 16 * 17 * 18 * 19 * 20 * 21 * 22 * 23 * 24 *
* 1.00*
1.00* 1.00* 1.00*

DAYLIGHT SAVING TIME (H) : 0

- PM10 ==> 0.830E-01 kg/h
- PM2_5 ==> 0.450E-01 kg/h
- CO ==> 0.000E+00 mcg/s
- SO2 ==> 0.000E+00 mcg/s
- NOX ==> 0.000E+00 mcg/s
- HCL ==> 0.000E+00 mcg/s
- HF ==> 0.000E+00 mcg/s
- Benzene ==> 0.000E+00 mcg/s
- Formaldehyde ==> 0.000E+00 mcg/s
- Pb ==> 0.000E+00 mcg/s
- CrIII ==> 0.000E+00 mcg/s
- CrVi ==> 0.000E+00 mcg/s
- Mn ==> 0.000E+00 mcg/s
- Ni ==> 0.000E+00 mcg/s
- Zn ==> 0.000E+00 mcg/s
- As+Se+Te ==> 0.000E+00 mcg/s
- Cd+Hg+Tl_Hggazeux ==> 0.000E+00 t/year
- Cd+Hg+Tl_Hgparti ==> 0.000E+00 mcg/s
- DIOXINES_parti ==> 0.000E+00 mcg/s
- DIOXINES_gazeux ==> 0.000E+00 mcg/s

AMMONIAC ==> 0.000E+00 mcg/s

- POSITION DE LA SOURCE (X, Y EN KM) : 924.06 2066.62

- HAUTEUR DE CHEMINEE (M) : 33.0000000

- DIAMETRE DE CHEMINEE (M) : 1.0000000

- VITESSE D'EJECTION (M/S) : 8.0000000

- TEMPERATURE DES REJETS (DEG.C.): 50.0000000

SOURCE NUMERO : 4

- GROUPE : POSIT

- SOUS-GROUPE : Rejet 3bis

- NOM : S4

- SOURCE MODULEE, DEBIT NOMINAL (MCG/S) :

PROFIL DE MODULATION MENSUEL :

```
*****
* J * Fb * Ma * Ap * M * J * J * A * S * O * N * D *
* 0.25* 0.25* 0.25* 0.25* 0.25* 0.25* 0.25* 0.25* 0.25* 0.25* 0.25* 0.25*
*****
```

PROFIL DE MODULATION JOURNALIER :

```
*****
* M * Tu * W * Th * F * Sa * Su *
* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00*
*****
```

PROFIL DE MODULATION HORAIRE :

```
*****
*****
* 1 * 2 * 3 * 4 * 5 * 6 * 7 * 8 * 9 * 10 * 11 * 12 * 13 * 14 * 15 * 16 * 17 * 18 * 19 * 20 * 21 * 22 * 23 * 24 *
* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00*
1.00* 1.00* 1.00*
*****
*****
```

DAYLIGHT SAVING TIME (H) : 0

PM10 ==> 0.000E+00 mcg/s

PM2_5 ==> 0.000E+00 mcg/s

CO ==> 0.800E+01 kg/h

SO2 ==> 0.000E+00 mcg/s

NOX ==> 0.240E+02 kg/h

HCL ==> 0.000E+00 mcg/s

HF ==> 0.000E+00 mcg/s

Benzene ==> 0.000E+00 kg/h
Formaldehyde ==> 0.000E+00 kg/h
Pb ==> 0.000E+00 mcg/s
CrIII ==> 0.000E+00 mcg/s
CrVi ==> 0.000E+00 mcg/s
Mn ==> 0.000E+00 mcg/s
Ni ==> 0.000E+00 mcg/s
Zn ==> 0.000E+00 mcg/s
As+Se+Te ==> 0.000E+00 mcg/s
Cd+Hg+Tl_Hggazeux ==> 0.000E+00 mcg/s
Cd+Hg+Tl_Hgparti ==> 0.000E+00 mcg/s
DIOXINES_parti ==> 0.000E+00 mcg/s
DIOXINES_gazeux ==> 0.000E+00 mcg/s
AMMONIAC ==> 0.000E+00 mcg/s
- POSITION DE LA SOURCE (X, Y EN KM) : 924.17 2066.37
- HAUTEUR DE CHEMINEE (M) : 33.0000000
- DIAMETRE DE CHEMINEE (M) : 1.8800000
- VITESSE D'EJECTION (M/S) : 12.0000000
- TEMPERATURE DES REJETS (DEG.C.): 150.0000000

SOURCE NUMERO : 5

- GROUPE : MER

- SOUS-GROUPE : Rejet2

- NOM : S1

- SOURCE MODULEE, DEBIT NOMINAL (MCG/S) :

PROFIL DE MODULATION MENSUEL :

* J * Fb * Ma * Ap * M * J * J * A * S * O * N * D *
* 0.66* 0.66* 0.66* 0.66* 0.66* 0.66* 0.66* 0.66* 0.66* 0.66* 0.66* 0.66*

PROFIL DE MODULATION JOURNALIER :

* M * Tu * W * Th * F * Sa * Su *
* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00*

PROFIL DE MODULATION HORAIRE :

```
*****  
*****  
* 1 * 2 * 3 * 4 * 5 * 6 * 7 * 8 * 9 * 10 * 11 * 12 * 13 * 14 * 15 * 16 * 17 * 18 * 19 * 20 * 21 * 22 * 23 * 24 *  
* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00* 1.00*  
1.00* 1.00* 1.00*  
*****  
*****
```

DAYLIGHT SAVING TIME (H) : 0

- PM10 ==> 0.125E+01 kg/h
- PM2_5 ==> 0.675E+00 kg/h
- CO ==> 0.000E+00 mcg/s
- SO2 ==> 0.000E+00 mcg/s
- NOX ==> 0.000E+00 mcg/s
- HCL ==> 0.000E+00 mcg/s
- HF ==> 0.000E+00 mcg/s
- Benzene ==> 0.000E+00 mcg/s
- Formaldehyde ==> 0.000E+00 mcg/s
- Pb ==> 0.000E+00 mcg/s
- CrIII ==> 0.000E+00 mcg/s
- CrVi ==> 0.000E+00 mcg/s
- Mn ==> 0.000E+00 mcg/s
- Ni ==> 0.000E+00 mcg/s
- Zn ==> 0.000E+00 mcg/s
- As+Se+Te ==> 0.000E+00 mcg/s
- Cd+Hg+Tl_Hggazeux ==> 0.000E+00 t/year
- Cd+Hg+Tl_Hgparti ==> 0.000E+00 mcg/s
- DIOXINES_parti ==> 0.000E+00 mcg/s
- DIOXINES_gazeux ==> 0.000E+00 mcg/s
- AMMONIAC ==> 0.000E+00 mcg/s

- SOURCE SURFACIQUE

- COORDONNEES DU BARYCENTRE DE LA SOURCE (X,Y KM): 924.12 2066.33