

TRIMET

Saint Jean de Maurienne (73)

Volet sanitaire de l'usine de production d'aluminium primaire

Rapport

Réf : CACICE191596 / RACICE03949-04

LUSA / CV / CLD




10/11/2020



TRIMET

Saint Jean de Maurienne (73)

Volet sanitaire de l'usine de production d'aluminium primaire

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction Nom / signature	Vérification Nom / signature	Validation Nom / signature
DRAFT	20/12/2019	01	L. SARRABAYROUSE	C.LE DEVEHAT	C. LE DEVEHAT
01	04/02/2020	02	L. SARRABAYROUSE C. VIENNE	C.LE DEVEHAT	C. LE DEVEHAT
Intégration corrections du client	02/03/2020	03	L. SARRABAYROUSE	C.VIENNE	C.VIENNE
Rapport final	18/03/2020	04	L. SARRABAYROUSE	C.VIENNE	C.VIENNE
Intégration des commentaires de l'administration	10/11/2020	05	L. SARRABAYROUSE 	C.VIENNE 	C.VIENNE 

Numéro de contrat / de rapport :	Réf : CACICE191596 / RACICE03949-04
Numéro d'affaire :	A07826
Domaine technique :	IC06
Mots clé du thésaurus	EVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES

BURGEAP Agence Centre-Est • Bâtiment A "Hermès" - 2, rue du tour de l'eau – 38400 Saint-Martin-D'Herès

Tél : 04.76.00.75.50 • Fax : 04.76.00.75.69 • burgeap.grenoble@groupeginger.com

SOMMAIRE

1.	Introduction	11
2.	Evaluation des émissions atmosphériques	13
2.1	Présentation du site	13
2.1.1	Localisation du site.....	13
2.1.2	Principe de fonctionnement.....	15
2.2	Caractérisation des émissions atmosphériques	16
2.2.1	Inventaire des sources de rejets atmosphériques	16
2.2.2	Quantification des émissions atmosphériques	18
2.3	Conformités réglementaires.....	25
3.	Evaluation des enjeux et des voies d'exposition.....	28
3.1	Délimitation de la zone d'étude.....	28
3.2	Caractérisation des populations et des usages des milieux.....	30
3.2.1	Description de la population	30
3.2.2	Les usages des milieux.....	35
3.3	Sélection des substances d'intérêt	39
3.3.1	Potentiel de transfert	39
3.3.2	Toxicité des substances.....	40
3.3.3	Substances retenues	43
3.4	Schéma conceptuel.....	44
4.	Evaluation de l'état des milieux.....	47
4.1	Caractérisation de l'état des milieux.....	48
4.1.1	Données existantes sur l'état des milieux - fluor	48
4.1.2	Données existantes sur l'état des milieux – Surveillance de l'ATMO Auvergne- Rhône-Alpes	52
4.1.3	Campagne de mesures complémentaires.....	54
4.2	Évaluation de la compatibilité des milieux	59
4.2.1	Évaluation de la dégradation attribuable à l'installation.....	59
4.2.2	Comparaison aux valeurs réglementaires	64
4.2.3	Calculs d'interprétation de l'état des milieux	66
5.	Evaluation quantitative des risques sanitaires	69
5.1	Identification des dangers.....	69
5.1	Relation dose-réponse.....	69
5.1.1	Les valeurs toxicologiques de référence : VTR	69
5.1.2	Critères de choix des VTR	70
5.1.3	Tableau de synthèse des VTR retenues	71
5.2	Evaluation des niveaux d'exposition	73
5.2.1	Estimation dans les milieux d'exposition	73
5.2.2	Description des scénarios d'exposition	85
5.2.3	Calcul des doses d'exposition	85
5.3	Caractérisation des risques sanitaires	88
5.3.1	Méthodologie de calcul des risques	88
5.3.2	Caractérisation des risques pour les effets à seuil	89
5.3.3	Caractérisation des effets sans seuil.....	95
5.3.4	Comparaison aux valeurs de gestion	99
5.4	Synthèse de l'évaluation des risques	100
5.5	Analyse des incertitudes	101
5.5.1	Incertitudes relatives à la quantification des émissions de l'installation	101

5.5.2	Incertitudes relatives aux données d'entrée	104
5.5.3	Incertitudes relatives à la conceptualisation de l'exposition	105
5.5.4	Incertitudes relatives à l'évaluation quantitative du risque sanitaire	105

6.	Conclusion	107
-----------	-------------------------	------------

TABLEAUX

Tableau 1 :	Caractéristiques physiques des sources des rejets atmosphériques – rejets canalisés	16
Tableau 2 :	Caractéristiques physiques des sources des rejets atmosphériques – rejets diffus	17
Tableau 3 :	Valeurs Limites d'Emissions - arrêté du 26/03/2018	18
Tableau 4 :	Hypothèses retenues pour l'estimation des flux des substances	19
Tableau 5 :	Émissions atmosphériques du site – configuration actuelle - Flux annuel de polluants toutes installations comprises	20
Tableau 6 :	Répartition des COV	21
Tableau 7 :	Valeurs Limites d'Emissions proposées pour la configuration future du site	21
Tableau 8 :	Émissions atmosphériques du site – configuration future - Flux annuel de polluants toutes installations comprises	22
Tableau 9 :	Répartition future des COV	23
Tableau 10 :	Répartition du chrome VI et du chrome III	24
Tableau 11 :	Secteur Carbone	25
Tableau 12 :	Secteur Electrolyse	25
Tableau 13 :	Secteur Fonderie	26
Tableau 14 :	Chiffres clés des communes de l'aire rapprochée	30
Tableau 15 :	Environnement humain autour du site	33
Tableau 16 :	Sites industriels de la zone	38
Tableau 17 :	Voies de transfert considérées dans l'étude en fonction des usages identifiés	40
Tableau 18 :	Toxicité des substances émises à l'atmosphère	41
Tableau 19 :	Substances d'intérêt retenues	44
Tableau 20 :	Voies de transfert considérées dans l'étude en fonction des usages identifiés	45
Tableau 21 :	Concentrations en fluor dans les sols	50
Tableau 22 :	Concentrations moyennes annuelles ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	53
Tableau 23 :	Substances et milieux pertinents pour la caractérisation des milieux	54
Tableau 24 :	Caractéristiques des points de prélèvements choisis	55
Tableau 25 :	Paramètres météorologiques relevés au cours de la campagne de mesure	56
Tableau 26 :	Comparaison des roses des vents	58
Tableau 27 :	Comparaison des résultats aux valeurs de référence – sols superficiels	60
Tableau 28 :	Comparaison des résultats aux valeurs de référence – sols racinaires	61
Tableau 29 :	Comparaison des résultats aux valeurs de référence - air	63
Tableau 30 :	Comparaison aux valeurs de gestion - air	65
Tableau 31 :	Réglementation des PM10 - Décret 2010-1250 du 21 octobre 2010 et période de mesures	65
Tableau 32 :	Tableau d'interprétation des résultats de l'IEM	66
Tableau 33 :	Quotients de Danger et Excès de Risque Individuel calculés (milieu sol)	66
Tableau 34 :	Quotients de Danger et Excès de Risque Individuel calculés (milieu air)	67
Tableau 35 :	Quotients de Danger et Excès de Risque Individuel calculés (milieu légumes)	67
Tableau 36 :	Synthèse des VTR retenues pour l'exposition par inhalation	71
Tableau 37 :	Synthèse des VTR retenues pour l'exposition par ingestion	72
Tableau 38 :	Paramètres utilisés dans ADMS5 pour la modélisation	73
Tableau 39 :	Caractéristiques physiques des sources des rejets atmosphériques – rejets canalisés	79
Tableau 40 :	Caractéristiques des rejets modélisés	79

Tableau 41 : Comparaison modèle / mesure – dépôt de fluor - 2018	81
Tableau 42 : Comparaison modèle / mesure – concentration en fluorures et HF	82
Tableau 43 : Description des scénarios d'exposition retenus	85
Tableau 44 : Concentrations moyennes d'exposition par inhalation en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les effets à seuil au récepteur le plus impacté	86
Tableau 45 : Concentrations moyennes d'exposition par inhalation en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les effets sans seuil au récepteur le plus impacté	86
Tableau 46 : Doses moyennes d'exposition en $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j}$ pour les effets à seuil pour les récepteurs les plus impactés	87
Tableau 47 : Doses moyennes d'exposition en $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j}$ pour les effets sans seuil pour les récepteurs les plus impactés	88
Tableau 48 : Synthèse des organes cibles critiques (inhalation)	89
Tableau 49 : Quotients de danger par substance pour le récepteur le plus impacté (inhalation)	90
Tableau 50 : Synthèse des organes cibles critiques (ingestion)	93
Tableau 51 : Quotients de danger par substance – Voie ingestion	93
Tableau 52 : Excès de risque individuel pour le récepteur le plus impacté	95
Tableau 53 : Excès de risque individuel pour le récepteur le plus impacté	97
Tableau 54 : Excès de risque unitaire global – R4	97
Tableau 55 : Comparaison aux valeurs de guide	99
Tableau 56 : Synthèse de l'évaluation du risque sanitaire	100
Tableau 57 : Représentativité des données relatives à la quantification des émissions de l'installation	101
Tableau 58 : Estimation de l'émissions liées au trafic routier – situation actuelle	102
Tableau 59 : Estimation de l'émissions liées au trafic routier – situation future	103
Tableau 60 : Complexité des données d'entrée du modèle	104
Tableau 61 : Représentativité des données relatives à la conceptualisation de l'exposition	105
Tableau 62 : Incertitudes sur les données relatives à l'évaluation quantitative du risque sanitaire	105

FIGURES

Figure 1 : Méthodologie générale de l'étude	12
Figure 2 : Localisation du site	14
Figure 3 : Schéma de fonctionnement de l'usine	15
Figure 4 : Plan des émissaires du site TRIMET	17
Figure 5 : Localisation du site et de la zone d'étude	29
Figure 6 : Localisation des zones habitées les plus proches	32
Figure 7 : Localisation des ERP les plus proches	34
Figure 8 : Occupation des sols	35
Figure 9 : Occupation des sols – Zones de productions végétales	36
Figure 10 : Localisation des sites industriels de la zone	37
Figure 11 : Synthèse du schéma conceptuel	46
Figure 12 : Étapes et critères de l'IEM (adapté de MEDD 2007) (source : INERIS, 2013)	47
Figure 13 : Localisation des points de mesure de la concentration atmosphérique en fluor du système de mesure spécifique (SMS)	49
Figure 14 : Concentrations atmosphériques en fluor issus des postes dynamiques	49
Figure 15 : Localisation des points de mesure de la concentration en fluor dans les sols et les végétaux	50
Figure 16 : Concentrations en fluor dans les végétaux – salades	51
Figure 17 : Localisation des stations de surveillance de la qualité de l'air	52
Figure 18 : Evolution des concentrations dans l'air sur une année	53

Figure 19 : Localisation des points de mesure.....	55
Figure 20 : Localisation du site et de la zone d'étude	75
Figure 21 : Relief de la zone.....	76
Figure 22 : Rugosité de la zone.....	77
Figure 23 : Localisation des récepteurs.....	78
Figure 24 : localisation des points de mesures	80
Figure 25 : Cartes de résultats obtenus par modélisation pour le fluor (HF + fluor gazeux et particulaire)	83
Figure 26 : Carte du quotient de danger système osseux – voie inhalation	91
Figure 27 : Carte du quotient de danger système respiratoire – voie inhalation	92
Figure 28 : Carte du quotient de danger système osseux – voie ingestion	94
Figure 29 : Carte de l'excès de risque individuel sommé – voie inhalation.....	96
Figure 30 : Carte de l'excès de risque individuel sommé – global	98

ANNEXES

- Annexe 1. Base de données des émissions atmosphériques du site
- Annexe 2. Données toxicologiques
- Annexe 3. Choix des traceurs
- Annexe 4. Méthodologie et détails de la campagne de mesure sol et air
- Annexe 5. Bordereau d'analyses du laboratoire TERA
- Annexe 6. Bordereaux d'analyses du laboratoire MICROPOLLUANTS
- Annexe 7. Valeurs de référence
- Annexe 8. Principes généraux de calculs d'IEM
- Annexe 9. Présentation du logiciel ADMS
- Annexe 10. Hypothèses et détails des calculs des doses d'exposition
- Annexe 11. Résultats aux récepteurs

MODIFICATIONS APPORTEES SUITE AUX REMARQUES DE L'ADMINISTRATION

Mise en cohérence des flux de dioxines et d'arsenic entre l'annexe 1 et le tableau 5 (p20)

Intégration du paragraphe « Données existantes sur l'état des milieux – Surveillance de l'ATMO Auvergne-Rhône-Alpes » (p52)

Comparaison des roses des vents lors des campagnes de mesures avec la rose des vents annuelle de 2018 (p58)

Tableau 29 : mise à jour du tableau avec les mesures de la station ATMO Auvergne-Rhône-Alpes et complément apporté à l'analyse de ces mesures (p63).

Intégration du paragraphe 5.5.1 : Incertitudes relatives à la quantification des émissions de l'installation : ajout du paragraphe relatif à l'évolution des émissions liées au trafic routier (p102)

Modification du tableau « choix de traceurs de risque – ingestion – actuel) en annexe 3 – non prise en compte de la voie ingestion pour les substances gazeuses.

LES PRINCIPALES ABREVIATIONS

A

ADI : Acceptable Daily Intake – USEPA

AFSSA : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments

AFSSET : Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail

ANSES : Agence Nationale de Sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'Environnement et du travail

ATSDR Toxicological Profiles: US Agency for Toxic Substances and Disease Registry

C

CAA : Concentration dans l'Air Admissible – OMS

CI : concentration inhalée

CIRC : centre international de recherche contre le cancer

COV : Composés organiques volatils

COVNM : Composés organiques volatils non méthaniques

CSHPF : Conseil supérieur d'hygiène publique de France

D

DGS : Direction Générale de la Santé

E

EHPAD : Etablissement d'Hébergement pour Personnes Agées Dépendantes

EPA : Environmental Protection Agency

ERI : Excès de Risque Individuel, probabilité d'apparition d'un excès de cancer pour un individu exposé à une dose ou une concentration de substance, durant sa vie entière

ERP : Etablissement Recevant du Public

ERS : Evaluation des Risques Sanitaires

ERU : Excès de Risque Unitaire

ERUi : Excès de Risque Unitaire par Inhalation, correspond à la probabilité d'excès de risque cancer pour une exposition vie entière à une concentration standard de 1 µg/m³ dans l'air ambiant

I

INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, France

INSEE : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques

InVS : Institut de Veille Sanitaire, France

IPCS : International Programme on Chemical Safety

IR : indice de risque

IRIS US-EPA : Integrated Risk Information System ; US Environmental Protecting Agency

J

JECFA : Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, comité mixte d'experts OMS et ONU relatif aux additifs alimentaires et par extension aux apports de substances par cette voie

L

LOAEC : Lowest Observed Adverse Effect Critic

LOAEL : Lowest Observed Adverse Effect Level, plus petit effet toxique observé, correspond en français à DMENO, dose minimale pour laquelle un effet nocif est observé

LOEL : lowest observed effect level

M

MRL : Minimal Risk Level, terminologie de l'ATSDR, comprenant les MRL or. relatifs à l'exposition par voie orale et les MRL inh. Relatifs à l'exposition par voie respiratoire, avec 3 durées d'exposition possibles : acute (ac) : 1-14 jours, intermediate (int) : 15-364 jours et chronic (ch) : 365 jours et plus

N

NOAEL : No Observed Adverse Effect Level, niveau de concentration d'une substance ou dose expérimentale n'ayant pas entraîné d'effet nocif ou adverse, correspond en français à DSENO

NOEC : No Observed Effects Concentration

NOEL : No Observed Effect Level

O

OEHHA : Office of Environmental Health Hazard Assessment

OMS : Organisation Mondiale pour la Santé

P

PM : Particule en suspension (Particulate Matter)

Q

QD : Quotient de Danger

R

REL : Reference Exposure Level – OEHHA

RfC : Reference Concentration, terminologie de US-EPA, estimation de l'exposition continue par inhalation qui ne présente pas de risque appréciable d'effets néfastes durant une vie entière ; elle est exprimée en masse de substance par m3 inhalé

RIVM : Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (Institut National Hollandais pour la santé et l'environnement)

S

Sfo : Oral Slope Factor

T

TDI : Tolerable Daily Intake –RIVM

TERA : Société sans but lucratif, pour le meilleur usage des données toxicologiques, USA

TLV-TWA : Threshold Limit Value - Time Weighted Average, concentration sans effet sur la santé pour une exposition répétée 8 heures par jour, 40 heures par semaine

TRD : Total Resorbierte Dosis – UBA Umweltbundesamt

U

UE : Union Européenne

US EPA : United States Environmental Protection Agency, agence nationale de protection de l'environnement,

V

VLEP : Valeur Limite d'exposition professionnelle

VTR : Valeur Toxicologique de Référence, valeur exprimée en dose journalière ou en concentration dans l'air ambiant qui matérialise une relation dose-effet dans le cas d'une exposition par l'environnement ; les VTR sont établies par diverses instances nationales ou internationales

1. Introduction

► Contexte et objectifs

La société TRIMET exploite un site de production d'aluminium primaire transformé principalement en fil, de lingots d'alliage, de plaques et de tés en aluminium sur la commune de St Jean de Maurienne (73).

Dans le cadre de modifications qui vont être apportées au site (projet d'optimisation de capacité de production) la société TRIMET souhaite caractériser et quantifier l'impact de ces modifications sur les risques sanitaires générés par l'activité. Ce rapport présente l'évaluation quantitative des risques sanitaires actuels du site ainsi que celle des évolutions envisagées.

L'analyse des effets sur la santé a pour objectif :

- **d'identifier les principaux polluants** émis par l'installation ;
- **d'identifier les principales voies de transfert** de ces polluants dans l'environnement et les éventuels mécanismes de contamination des populations ;
- **d'identifier les zones particulièrement impactées et les enjeux à surveiller** (école, zone de culture...).

L'objectif de ce présent dossier est d'étudier les risques chroniques liés à une exposition à long terme des populations riveraines aux polluants émis dans l'atmosphère par le site. Elle sera réalisée dans le respect de la **circulaire 9 août 2013** relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations classées soumises à autorisation et **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 d'août 2013**.

L'analyse des effets sur la santé s'intègre dans le cadre d'une démarche intégrée IEM¹/EQRS² qui a pour but d'apporter des éléments d'appréciation pour la gestion des émissions de l'installation classée et de son impact sur son environnement.

Afin d'atteindre les objectifs fixés, les outils méthodologiques sont appliqués dans les étapes successives suivantes :

- Étape 1 : Évaluation des émissions de l'installation ;
- Étape 2 : Évaluation des enjeux et des voies d'exposition ;
- Étape 3 : Interprétation de l'Etat des milieux ;
- Étape 4 : Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires du projet d'optimisation de capacité.

Les documents de référence qui seront utilisés pour mener à bien cette étude sont :

- INERIS, 2013 - Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires - Démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées ;
- InVS, 2000 - Analyse du volet sanitaire des études d'impact (guide de lecture) ;
- MEDD, 2007 - La démarche d'Interprétation d'Etat des Milieux ;
- La note d'information N° 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.

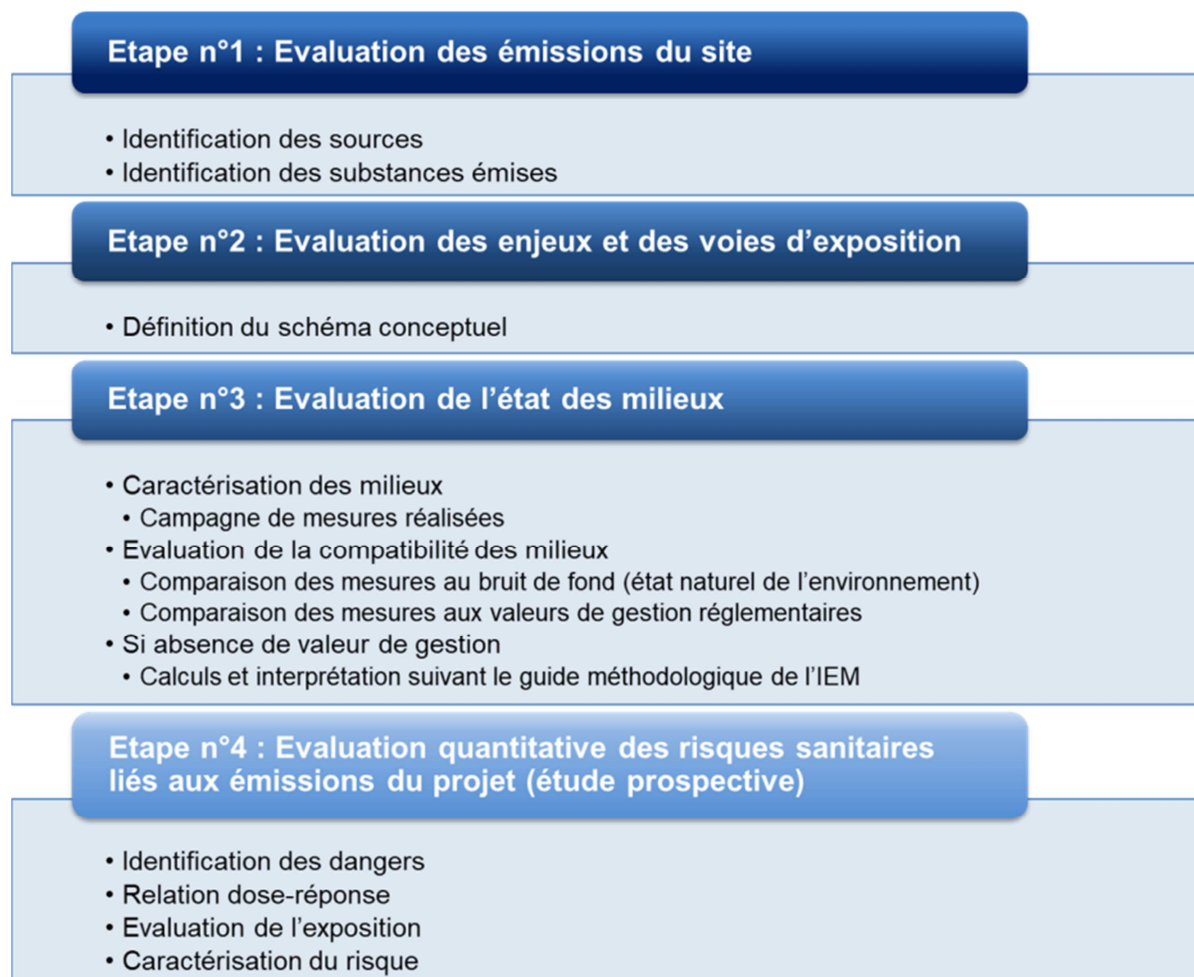
¹ IEM : Interprétation de l'état des milieux

² EQRS : Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires

► Méthodologie

La méthodologie associée à cette étude est présentée sur le diagramme ci-après :

Figure 1 : Méthodologie générale de l'étude



2. Evaluation des émissions atmosphériques

Cette phase d'étude permet de caractériser les émissions actuelles et d'estimer les émissions futures du site en précisant :

- **l'origine des émissions** (procédé, manipulation, stockage, etc.) ;
- le **type de source** : canalisée, diffuse ou fugitive ;
- les **caractéristiques des sources** (emplacement, dimensions, etc.) ;
- les différentes **phases de rejets** (intermittents ou variables, périodes d'arrêts, etc.) ;
- les **substances émises** en concentrations et en flux.

2.1 Présentation du site

2.1.1 Localisation du site

Le site de TRIMET est localisé sur la commune de Saint-Jean de Maurienne, dans la région Auvergne-Rhône-Alpes, dans le département de la Savoie (73). Sa localisation précise est présentée sur la figure ci-après.

Figure 2 : Localisation du site



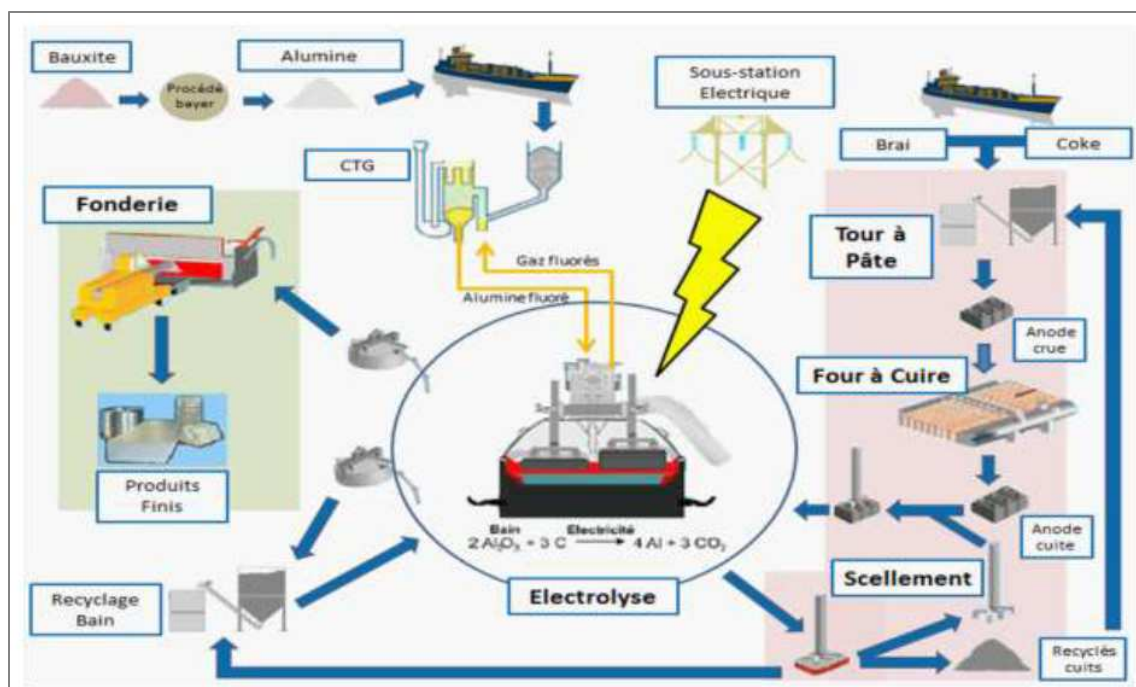
2.1.2 Principe de fonctionnement

La production de l'aluminium primaire est réalisée grâce au procédé d'électrolyse : réduction de l'alumine dans des cuves d'électrolyse par le passage d'un courant électrique. Le procédé d'électrolyse requiert l'utilisation d'anodes. Ces anodes sont fabriquées sur site, à partir de brai de houille et de coke de pétrole.

Le schéma ci-dessous représente les différents circuits des matières premières, les différents services connexes nécessaires à la production de l'aluminium, ainsi que les 3 secteurs principaux du site :

- Le secteur carbone : production des anodes avec notamment les équipements tour à pâte, four à cuire et le scellement ;
- Le secteur électrolyse : production de l'aluminium primaire
- Le secteur fonderie : transformation de l'aluminium primaire en produits finis (fil, lingots, tés et plaques).

Figure 3 : Schéma de fonctionnement de l'usine



Source : TRIMET

La capacité maximale de production de l'usine est de 150 000 tonnes d'aluminium liquide à l'année et 160 000 tonnes d'aluminium solide (arrêté préfectoral du 26 mars 2019).

► Secteur carbone

3 ateliers constituent le secteur carbone, qui permet de livrer les anodes utiles au procédé d'électrolyse :

- La tour à pâte (TAP), permettant la fabrication des anodes (mélange de coke, brai et anodes recyclées) ;
- Le four à cuire (FAC), pour la cuisson des anodes qui pourront assurer l'électrolyse. Le combustible utilisé pour le chauffage des anodes est le gaz naturel ;
- L'atelier scellement, dans lequel une tige d'aluminium et acier est scellée à l'anode cuite.

Plusieurs anodes sont nécessaires au fonctionnement d'une cuve et sont changées de façon régulière au cours de l'année.

► Secteur électrolyse

Deux séries de cuves se trouvent dans ce secteur (F et G, pour un total de 180 cuves). L'alumine est injectée dans ces cuves et est recouverte d'un bain électrolytique composé de cryolithe afin notamment de diminuer la température de fusion. Lors du passage du courant électrique de l'anode vers la cathode, la réduction de l'alumine se produit dans le bain électrolytique et le métal se dépose en fond de cuve. Le métal est ensuite soutiré des cuves régulièrement et envoyé dans le secteur fonderie.

► Secteur fonderie

La fonderie permet la mise en forme des produits finis en fil d'aluminium, lingots tés, plaques et lingots d'aluminium.

Pour cela l'atelier comprend :

- 11 fours à gaz naturel dont les capacités sont de 20 à 60 tonnes chacun : ils permettent de maintenir en température le métal liquide et élaborer le produit selon les caractéristiques clients avant solidification
- Les installations permettant d'obtenir la forme du produit fini souhaité : 3 machines à fil ; 2 CCV (Coulée Continue Verticale) ; 1 machine à lingots.

En complément, le secteur comprend également le laboratoire, les zones de finition et les zones de stockage et d'expédition.

2.2 Caractérisation des émissions atmosphériques

2.2.1 Inventaire des sources de rejets atmosphériques

Les rejets atmosphériques présents sur le site sont répertoriés dans le tableau ci-après.

Tableau 1 : Caractéristiques physiques des sources des rejets atmosphériques – rejets canalisés

Source		Diamètre (m)	Vitesse (m)	Hauteur de rejet (m)
Secteur carbone	Cheminée CTF-FAC*	1,6	21,7	40,5
	Cheminée tour à pâte	0,51	22,8	10,55
Secteur électrolyse	CTG** F (4 rejets)	1,5	16,7	12,51
	CTG** G (12 rejets)	1,4	20,9	17,1
Secteur fonderie	Four 0	0,95	9,4	11
	Four 8/9	0,8	8,4	19
	Four 10/11	1,3	6,7	28

*CTF – FAC : Centre de Traitement des Fumées – Four à Cuire

**CTG F et G : Centre de Traitement des Gaz des séries F et G

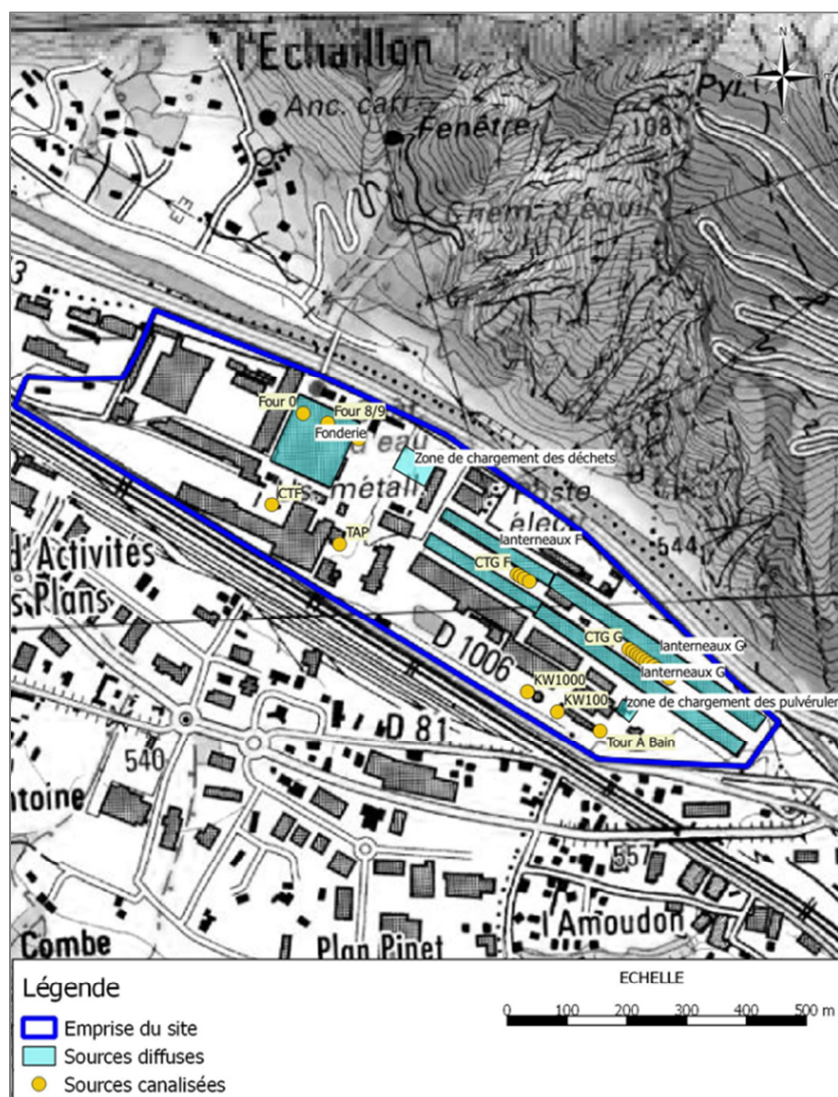
A tour à bain est

Tableau 2 : Caractéristiques physiques des sources des rejets atmosphériques – rejets diffus

Source		Vitesse (m)	Hauteur de rejet (m)	Longueur bâtiment (m)	Largeur bâtiment (m)	Surface/volume d'émission
Bâtiment fonderie	Fours 1 à 6	-	10	60	50	26 745 m ³
Bâtiment électrolyse	Lanterneaux G	Faible	15,4	-	-	180 m ²
	Lanterneaux F		14			365 m ²
Zone de chargement des pulvérulents		Emissions lors de chargement des camions				
Zone d'évacuation des déchets						

Nous considérerons dans la suite de l'étude que l'ensemble des émissions atmosphériques du four à cuire est capté et envoyé vers le centre de traitement des fumées.

Les émissions de chargement des pulvérulents et d'évacuation des déchets sont émises de façon diffuses et ne peuvent être quantifiées.

Figure 4 : Plan des émissaires du site TRIMET


Les installations fonctionnent en continu, 24h/24, 365 j/an.

2.2.2 Quantification des émissions atmosphériques

2.2.2.1 Émissions actuelles

Les émissions actuelles du site et les VLE associées sont définies et reprises dans l'arrêté préfectoral du 26/03/2018.

Tableau 3 : Valeurs Limites d'Émissions - arrêté du 26/03/2018

Substance	Secteur Carbone	Secteur Fonderie	Secteur électrolyse
	VLE actuelle	VLE actuelle	VLE actuelle
NOx	100 t/an sur l'ensemble du secteur	100 t/an sur l'ensemble du secteur	0,35 kg/t d'Al
COV	110 mg/Nm ³ au niveau des rejets canalisés		
HCT	10 mgC/m ³ au niveau des rejets canalisés		
SO ₂			2 250 t/an sur l'ensemble du secteur
CO			150 kg/t d'Al
COVnm éq. C	110 mg/Nm ³ au niveau des rejets canalisés	110 mg/Nm ³ sur les rejets canalisés	
Poussières	5 mg/Nm ³ au niveau des rejets canalisés	10 t/an sur l'ensemble du secteur	150 t/an sur l'ensemble du secteur
Indice Hydrocarbure éq. C			
Cd+Hg+Ti	0,1 mg/Nm ³ au niveau des rejets canalisés	0,1 mg/Nm ³ sur les rejets canalisés	
As+Se+Te	1 mg/Nm ³ au niveau des rejets canalisés	1 mg/Nm ³ sur les rejets canalisés	
Sb+Cr+Co+Cu+Sn+Mn+Ni+V+Zn	5 mg/Nm ³ au niveau des rejets canalisés	5 mg/Nm ³ sur les rejets canalisés	
HF	0,5 mg/Nm ³ au niveau du CTF	1 mg/Nm ³ sur les rejets canalisés	
HCl		5 mg/Nm ³ sur les rejets canalisés	
Pb	1 mg/Nm ³ au niveau des rejets canalisés	1 mg/Nm ³ sur les rejets canalisés	
PCDD/PCDF	0,05 g/an au niveau des rejets canalisés	0,05 g/an sur les rejets canalisés	
Fluor			100 t/an sur l'ensemble du secteur
PFC			4 t/an sur l'ensemble du secteur
Somme des 8 HAP	0,150 t/an au niveau des rejets canalisés		

La quantification des émissions est réalisée sur la base des mesures réalisées dans le cadre de la surveillance annuelle des émissions du site.

Le tableau suivant présente pour chaque rejet, les hypothèses considérées :

Tableau 4 : Hypothèses retenues pour l'estimation des flux des substances

Source d'émissions		Polluants	Hypothèses pour l'estimation des flux
Secteur carbone	Cheminée CTF-FAC*	Dioxyde d'azote, COV nm, Poussières, Hydrocarbures, Métaux, PCDD/F, HAP (Somme des 8 HAP)	Moyennes réalisées à partir des mesures 2016 à 2018 Flux estimés sur la base des durées de fonctionnement de chaque installation en 2018
	Cheminée tour à pâte	Dioxyde d'azote, COV nm, Poussières, Hydrocarbures, Métaux, PCDD/F, HAP (Somme des 8 HAP)	Moyennes réalisées à partir des mesures 2016 à 2018 Flux estimés sur la base des durées de fonctionnement de chaque installation en 2018
Secteur électrolyse	Cheminées CTG G**	Dioxyde d'azote, Dioxyde de soufre, Monoxyde de carbone, Poussières, Fluor	Flux estimé sur un fonctionnement continu des installations. Fluor et les poussières : mesures 2016 à 2018 (émissions calculées à partir du flux de polluant considéré (en kg/t Al) et de la production d'aluminium)
	Cheminées CTG F**		
	Lanterneaux G	Dioxyde de soufre, Monoxyde de carbone, Poussières, Fluor	Le fluor émis étant fourni dans sa totalité pour le secteur électrolyse, un ratio de 0,54/0,6 pour les rejets des lanterneaux et un ratio de 0,06/0,6 pour les rejets des cheminées a été appliqué (donnée exploitant) NO₂ et CO : Moyennes réalisées à partir des mesures 2016 à 2018 SO₂ : données obtenues sur la période 2016 - 2018 par la méthode du bilan massique fourni par Trimet
	Lanterneaux F		
Secteur fonderie	Fours 0, 10/11 et 8/9	Dioxyde d'azote, COV nm, Poussières, Fluorure d'hydrogène, Acide chlorhydrique, Métaux, PCDD/F	Moyenne des mesures 2016 à 2018 (2018 seulement pour les fours 8 et 9) Flux estimés sur la base des durées de fonctionnement de chaque installation en 2018
	Fours 1 à 6		Extrapolation à partir des données disponibles pour les fours 0, 8, 9, 10 et 11 et de leurs capacités respectives. Hypothèse : flux émis par les fours 1 à 6 > 0,65 x somme des flux émis par les fours 0, 8/9 et 10/11 en 2018
Stockages Matière Première Alumine	Dégazage	Poussières	Non quantifié en l'absence de données
Zone de chargement des pulvérulents et des déchets	-	Poussières	Non quantifié en l'absence de données

*CTF – FAC : Centre de Traitement des Fumées – Four à Cuire

**CTG F et G : Centre de Traitement des Gaz issus des séries d'électrolyse F et G

Le tableau suivant présente le bilan des émissions atmosphériques quantifiées sur le site.

Pour rappel, le détail des émissions du site est présenté en **Annexe 1**.

Tableau 5 : Émissions atmosphériques du site – configuration actuelle - Flux annuel de polluants toutes installations comprises

Substance	Canalisés (t/an)	Diffus (t/an)	Flux moyen (t/an)
NO ₂	132,6	3,3	135,9
SO ₂	1 650,9	63,7	1 714,5
CO	7 269,0	0,05	7 269,0
COVnm éq. C	35,1	1,4	36,5
Poussières	48,0	118,7	166,7
Indice Hydrocarbure éq. C	5,1	-	5,1
HF	3,3	3,0	6,2
HCl	1,2	0,4	1,6
As	0,0005	0,00005	0,0006
Cd	0,002	0,002	0,004
Co	0,0001	<0,00001	0,0001
Cr	0,006	0,002	0,008
Cu	0,004	0,001	0,006
Mn	0,005	0,003	0,008
Ni	0,004	0,001	0,005
Pb	0,009	0,002	0,011
Sb	0,0002	< 0,00001	0,0002
Sn	0,007	0,002	0,009
Se	0,002	0,001	0,003
Te	0,00001	<0,000001	0,00001
Tl	0,0001	0,00004	0,0001
V	0,0082	0,0057	0,0140
Zn	0,0478	0,0095	0,0573
Hg	0,0035	0,0000	0,0035
PCDD/PCDF	1.10 ⁻⁰⁸	2.10 ⁻⁰⁹	1.10 ⁻⁰⁸
Fluor	8,0	71,7	79,6
Somme des 8 HAP	0,029	-	0,029

Source : TRIMET

- Les émissions de COV sont liées à la combustion du gaz naturel pour le four à cuire et les fours de fonderie. Ces installations représentent à elles seules 83 % des émissions de COV du site.

En l'absence de spéciation à la mesure pour cette famille de composés, nous utiliserons les facteurs de répartition de l'AP 42 (*Compilation of Air Emissions Factors* de l'US-EPA) liés à la combustion de gaz naturel (Chap1: *External Combustion Sources* ; §1.4 *Natural Gas Combustion*). Sur la base de ces facteurs d'émission, une répartition des substances est réalisée et cette dernière est affectée aux flux de COV émis par l'usine. Le tableau ci-dessous indique les flux en COV retenus pour la suite de l'étude.

Tableau 6 : Répartition des COV

Polluant	Facteur d'émission		Part	Flux retenu (t/an)
	lb/10 ⁶ scf	kg/10 ⁶ m ³		
Benzène	2,10E-03	3,36E-02	0,02%	0,007
Butane	2,10E+00	3,36E+01	18,6%	6,8
Ethane	3,10E+00	4,96E+01	27,5%	10,0
Formaldéhyde	7,50E-02	1,20E+00	0,66%	0,24
Hexane	1,80E+00	2,88E+01	16,0%	5,8
Naphtalène	6,10E-04	9,76E-03	0,01%	0,002
Pentane	2,60E+00	4,16E+01	23,0%	8,4
Propane	1,60E+00	2,56E+01	14,2%	5,2
Toluène	3,40E-03	5,44E-02	0,03%	0,01

2.2.2.2 Emissions futures

Dans le cadre de son projet d'optimisation de capacité, passage d'une quantité produite autorisée de 150 000 tonnes d'aluminium à 160 000 tonnes par an, TRIMET souhaite une révision de ses émissions totales annuelles autorisées sur la base des 10 000 tonnes annuelles d'aluminium primaire supplémentaires produites. .

Ainsi, la projection du fonctionnement futur des installations, au regard des émissions et VLE associées est la suivante :

Tableau 7 : Valeurs Limites d'Emissions proposées pour la configuration future du site

Substance	Secteur Carbone	Secteur Fonderie	Secteur électrolyse
	VLE retenue	VLE retenue	VLE retenue
NOx	120 t/an* sur l'ensemble du secteur	100 t/an sur l'ensemble du secteur	0,35 kg/t d'Al
COV	110 mg/Nm ³ au niveau des rejets canalisés		
HCT	10 mgC/m ³ au niveau des rejets canalisés		
SO₂			2 400 t/an* sur l'ensemble du secteur
CO			150 kg/t d'Al
COVnm éq. C	110 mg/Nm ³ au niveau des rejets canalisés	110 mg/Nm ³ sur les rejets canalisés	
Poussières	5 mg/Nm ³ au niveau des rejets canalisés	10 t/an sur l'ensemble du secteur	200 t/an* sur l'ensemble du secteur
Indice Hydrocarbure éq. C			
Cd+Hg+Ti	0,1 mg/Nm ³ au niveau des rejets canalisés	0,1 mg/Nm ³ sur les rejets canalisés	
As+Se+Te	1 mg/Nm ³ au niveau des rejets canalisés	1 mg/Nm ³ sur les rejets canalisés	
Sb+Cr+Co+Cu+Sn+Mn+Ni+V+Zn	5 mg/Nm ³ au niveau des rejets canalisés	5 mg/Nm ³ sur les rejets canalisés	

Substance	Secteur Carbone	Secteur Fonderie	Secteur électrolyse
	VLE retenue	VLE retenue	VLE retenue
HF	0,5 mg/Nm ³ au niveau du CTF	1 mg/Nm ³ sur les rejets canalisés	
HCl		5 mg/Nm ³ sur les rejets canalisés	
Pb	1 mg/Nm ³ au niveau des rejets canalisés	1 mg/Nm ³ sur les rejets canalisés	
PCDD/PCDF	0,05 g/an au niveau des rejets canalisés	0,05 g/an sur les rejets canalisés	
Fluor	0,8 mg/Nm ³ au niveau du CTF		100 t/an sur l'ensemble du secteur
PFC			4 t/an sur l'ensemble du secteur
Somme des 8 HAP	150 kg/an au niveau des rejets canalisés		

*Valeur limites d'émissions ayant évolué entre la configuration actuelle et future

Le tableau suivant présente le bilan des émissions atmosphériques futures du site, après d'optimisation de capacité de production à 160 000 tonnes d'aluminium par an.

Les hypothèses suivantes ont été considérées :

- Durées de fonctionnement de 8760 heures pour l'ensemble des installations,
- Débits identiques par rapport au fonctionnement actuel,
- Fonctionnement continu des installations.

Tableau 8 : Émissions atmosphériques du site – configuration future - Flux annuel de polluants toutes installations comprises

Substance	Canalisés (t/an)	Diffus (t/an)	Flux moyen (t/an)
NO ₂	237,3	38,7	276
SO ₂	2 310,9	89,1	2 400
CO	23 999,8	0,155	24 000
COVnm éq. C	162,2	1,6	163,8
Poussières	60,7	155,9	216,6
Indice Hydrocarbure éq. C	11,5	-	11,5
Cd+Hg+Ti	0,15	0,003	0,150
As+Se+Te	1,5	0,001	1,5
Sb+Cr+Co+Cu+Sn+Mn+Ni+V+Zn	7,4	0,03	7,4
HF	0,8	3,3	4,1
HCl	1,6	0,4	2,1
As	0,6	0,00005	0,6
Cd	0,06	0,003	0,06
Co	0,005	0,000004	0,005
Cr	0,5	0,003	0,5
Cu	0,4	0,002	0,4
Mn	0,5	0,003	0,5
Ni	0,4	0,0009	0,4

Substance	Canalisés (t/an)	Diffus (t/an)	Flux moyen (t/an)
Pb	1,5	0,002	1,5
Sb	0,015	0,00002	0,015
Sn	0,7	0,002	0,7
Se	0,9	0,001	0,9
Te	0,01	-	0,01
Tl	0,003	0,00004	0,003
V	0,3	0,006	0,3
Zn	4,4	0,01	4,4
Hg	0,09	-	0,09
PCDD/PCDF	9,4E-08	6,5E-09	1,0E-07
Fluor	10,8	90,0	100,8
PFC	0,400	3,6	4,0
Somme des 8 HAP	0,15	-	0,15

Concernant la spéciation pour les métaux (pour lesquels les VLE sont indiquées par familles de composés) et pour les COV, les méthodes retenues sont les mêmes que pour les flux actuels.

- Les émissions de COV sont liées à la combustion du gaz naturel pour le four à cuire et les fours de fonderie. Les facteurs de répartition de l'AP 42 sont utilisés (*Compilation of Air Emissions Factors de l'US-EPA*) liés à la combustion de gaz naturel (Chap1: *External Combustion Sources ; §1.4 Natural Gas Combustion*). Sur la base de ces facteurs d'émission, une répartition des substances est réalisée et cette dernière est affectée aux flux de COV émis par l'usine. Le tableau ci-dessous indique les flux en COV retenus dans la configuration future du site.

Tableau 9 : Répartition future des COV

Polluant	Facteur d'émission		Part	Flux retenu (t/an)
	lb/10 ⁶ scf	kg/10 ⁶ m ³		
Benzène	2,10E-03	3,36E-02	0,02%	0,03
Butane	2,10E+00	3,36E+01	18,60%	30,5
Ethane	3,10E+00	4,96E+01	27,50%	45,0
Formaldéhyde	7,50E-02	1,20E+00	0,66%	1,1
Hexane	1,80E+00	2,88E+01	16,00%	26,1
Naphtalène	6,10E-04	9,76E-03	0,01%	0,009
Pentane	2,60E+00	4,16E+01	23,00%	37,7
Propane	1,60E+00	2,56E+01	14,20%	23,2
Toluène	3,40E-03	5,44E-02	0,03%	0,05

- Il est à noter que pour le chrome, nous considérerons, dans une approche très majorante, que 10 % du chrome total sont du chrome VI. En effet, le chrome est un métal dont les principales formes chimiques correspondent à un état trivalent (Cr III) ou hexavalent (Cr VI) ; la forme la plus toxique étant le chrome hexavalent (chrome VI). A titre d'information, un certain nombre d'études ont été réalisées sur différentes activités industrielles. Il en ressort que le pourcentage maximum est de 10 %. Le tableau ci-après indique les flux en Cr VI et Cr III retenus dans la configuration future du site.

Tableau 10 : Répartition du chrome VI et du chrome III

Métal	Flux retenu (t/an)
Chrome VI (Cr VI)	0,05
Chrome III (Cr III)	0,46

- Les composés de la famille des HAP présentent une toxicité variable d'une substance à l'autre, Concernant les HAP, la position de l'OMS dans différents ouvrages ou publications et aussi celle de l'US-EPA est de considérer que le B(a)P a valeur d'indicateur pour les HAP potentiellement cancérigènes, qui ont plus de 3 noyaux aromatiques. Différentes possibilités sont laissées à l'initiative³ de l'évaluateur de risque, en particulier celle de recourir à la méthode des équivalents toxiques³ (méthode proposée par l'OMS). Toutefois, dans le cas présent, les différentes campagnes de mesures réalisées sur la tour à pâte montrent une certaine variabilité quant aux concentrations et à la répartition des différents congénères. Le pourcentage de benzo(a)pyrène varie entre 0,01 % et 2,9 % de l'ensemble des composés de la famille sur les 3 dernières campagnes. En approche majorante l'ensemble des HAP sera considéré comme du B(a)P.

³ Les facteurs d'équivalence toxique ou « toxic equivalent factor (TEF) » sont des coefficients de pondération qui expriment la toxicité relative de chaque substance (appelée congénère) de manière individuelle par rapport à la substance de référence de la famille. Ces coefficients de pondération se fondent sur les similarités structurales entre les molécules et l'hypothèse d'un mécanisme d'action commun.

2.3 Conformités réglementaires

Les tableaux ci-dessous évaluent le respect des VLE auxquelles est soumis le site.

Tableau 11 : Secteur Carbone

Paramètres	Unité	TaP	CTF	Ensemble du secteur	Respect VLE 2016 - 2018
NO ₂	mg/m ³	150	150		Conforme
	t/an			100	Conforme
COVnm éq. C	mg/m ³	110	110		Conforme
Poussières	mg/m ³	5	5		Conforme pour TaP Non conforme sur CTF en 2017/2018
Indice Hydrocarbure éq. C	mg/m ³	10	10		Conforme
Cd+Hg+Ti	mg/m ³	0,1	0,1		Conforme
As+Se+Te	mg/m ³	1	1		Conforme
Sb+Cr+Co+Cu+Sn+Mn+Ni+V+Zn	mg/m ³	5	5		Conforme
HF	mg/m ³		0,5		Conforme
Pb	mg/m ³	1	1		Conforme
Fluor	mg/m ³		0,8		Conforme
PCDD/PCDF	µg/m ³	0,0002	0,0002		Conforme
	kg/an			0,00005	Conforme
B(a)P	µg/m ³	0,5	0,4		Conforme
Somme des 8 HAP	kg/an	150		150	Conforme

Tableau 12 : Secteur Electrolyse

Paramètres	Unité	CTGF	CTGG	Stockage alumine	Ensemble du secteur	Respect VLE 2016 - 2018
NO ₂	kg/t Al				0,35	Conforme
SO ₂	kg/t Al				15	Conforme
	t/an				2 250	Conforme
CO	kg/t Al				150	Conforme
Poussières	kg/t Al				1,25	Conforme
	mg/m ³	5	5	10		Conforme
	t/an				150	Non conforme (2016/2017/2018)
Fluor	kg/t Al				0,6	Conforme
	t/an				100	Conforme
PFC	t/an				4	Conforme

Tableau 13 : Secteur Fonderie

Paramètres	Unité	Four 0	Four 10/11	Four 8/9	Four 1 à 6	Ensemble du secteur	Respect VLE 2016 -2018
NO ₂	mg/m ³	50	180	180			Conforme
	t/an					100	Conforme
COVnm éq. C	mg/m ³	110	110	110			Conforme
Poussières	mg/m ³	5	5	25			Non conforme sur les rejets des fours 0 (2016/2017/2018) et 10/11 (2016) Conforme sur les rejets des fours 8/9
	t/an					10	Conforme
Cd+Hg+Ti	mg/m ³	0,1	0,1	0,1			Conforme
As+Se+Te	mg/m ³	1	1	1			Conforme
Sb+Cr+Co+Cu+Sn+Mn+Ni+V+Zn	mg/m ³	5	5	5			Conforme
HF	mg/m ³	1	1	1			Non conforme sur les rejets des four 0 (2017/2018) et 8/9 (2018) Conforme sur les rejets des fours 10/11
HCl	mg/m ³	5	5	5			Non conforme sur les rejets des four 8/9 (2018) et 10/11 (2017) Conforme sur le rejet du fours 0
Pb	mg/m ³	1	1	1			Conforme
PCDD/PCDF	µg/m ³	0,0002	0,0002	0,0002			Conforme
	kg/an					0,00005	Conforme

L'analyse de la conformité réglementaire du site permet de conclure :

- Pour le secteur Carbone :
 - à une non-conformité sur les concentrations en poussières en 2017 et 2018 au niveau du CTF,
 - à une conformité pour l'ensemble des autres substances.
- Pour le secteur Electrolyse :
 - à une non-conformité sur les flux en poussières en 2016, 2017 et 2018,
 - à une conformité pour l'ensemble des autres substances.
- Pour le secteur Fonderie :
 - à une non-conformité sur les concentrations en poussières des fours 0 (2016/2017/2018) et 10/11 (2016),
 - à une non-conformité sur les concentrations en acide fluorhydrique des fours 0 (2017/2018) et 8/9 (2018),
 - à une non-conformité sur les concentrations en acide chlorhydrique des fours 8/9 (2018) et 10/11 (2017),
 - à une conformité pour l'ensemble des autres substances.

3. Evaluation des enjeux et des voies d'exposition

L'évaluation doit être adaptée au contexte environnemental et populationnel de l'installation pour que la gestion le soit aussi. Cette étape consiste donc à recenser et analyser les données pertinentes sur la zone d'étude, notamment les populations et usages des milieux.

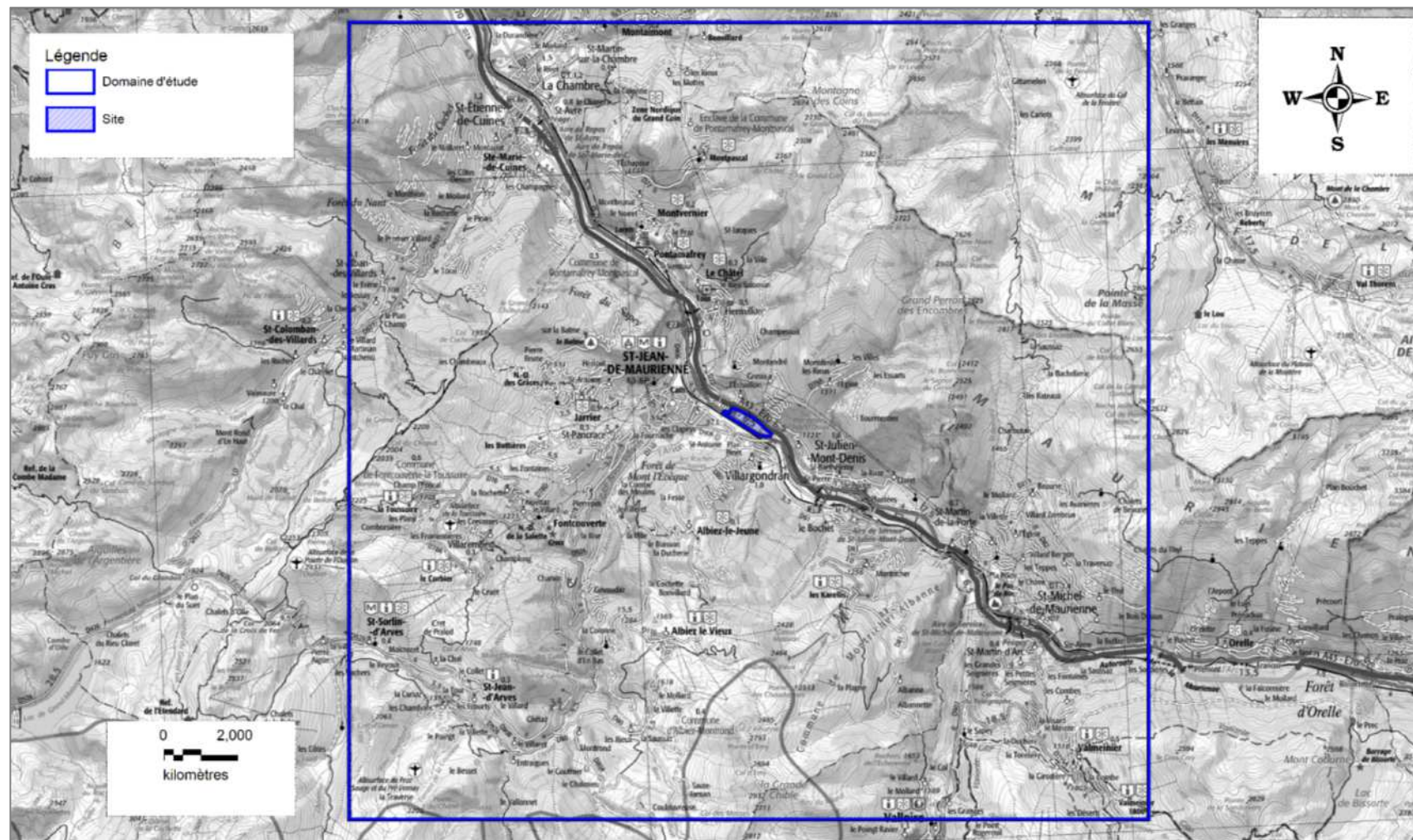
Cette partie permet :

- de recenser la population sur le domaine d'étude en s'appuyant sur les données INSEE (répartition par tranche d'âge, sexe, etc.) ;
- d'identifier et de localiser les populations sensibles (écoles, maisons de retraite, établissements sanitaires, crèches, haltes-garderies) ;
- de recenser les usages des milieux potentiellement impactés par les émissions du site.

3.1 Délimitation de la zone d'étude

Le domaine d'étude retenu est **un carré de 20 km de côté, centré sur le site**. Ce domaine regroupe les principaux centres de populations et autres enjeux d'importance locale et correspond à la zone couverte par le plan de surveillance actuel. Cette surface permet de plus de n'écarter aucune zone potentiellement impactée.

Figure 5 : Localisation du site et de la zone d'étude



3.2 Caractérisation des populations et des usages des milieux

3.2.1 Description de la population

3.2.1.1 Population générale

A partir des données INSEE (population légale 2015 en vigueur le 1^{er} janvier 2017)⁴, nous décrivons les populations en termes d'effectif total, de répartition par tranche d'âge et par sexe. L'effectif populationnel des communes est décrit ci-après.

Tableau 14 : Chiffres clés des communes de l'aire rapprochée

Commune	Population totale	Superficie (km ²)	Densité de population (hab/km ²)
Albiez-le-Jeune	146	12	12
Albiez-Montrond	382	49	8
Fontcouverte-la-Toussuire	534	22	25
Hermillon	572	14	41
Jarrier	497	18	28
La Chambre	1 148	3,2	359
Le Châtel	195	15	13
Les Belleville	2 975	167	18
Les Chavannes-en-Maurienne	255	4,7	54
Montricher-Albanne	477	28	17
Montvernier	223	6,7	33
Notre-Dame-du-Cruet	223	1,9	117
Pontamafrey-Montpascal	312	12	27
Saint-Alban-des-Villards	103	24	4
Saint-Avre	868	3,6	238
Sainte-Marie-de-Cuines	812	15	54
Saint-Etienne-de-Cuines	1 190	21	58
Saint-Jean-d'Arves	265	76	4
Saint-Jean-de-Maurienne	7 809	12	678
Saint-Julien-Mont-Denis	1 629	33	49
Saint-Martin-d'Arc	359	4,9	73
Saint-Martin-de-la-Porte	686	19	36
Saint-Martin-sur-la-Chambre	541	4,7	115
Saint-Michel-de-Maurienne	2 472	36	68
Saint-Pancrace	295	5,6	53
Saint-Rémy-de-Maurienne	1 282	44	29
Valloire	1 135	137	8
Valmeinier	510	54	9
Villarembert	249	10	26
Villargondran	873	6,1	143
Total	29 017	859	34

Source : INSEE, 2015

⁴ Source : Site internet <http://www.insee.fr>

Les communes sont très faiblement peuplées sur la zone d'étude. Toutefois la commune de Saint-Jean-de-Maurienne est la plus peuplée et sa densité de population (678 habitants / km²) est caractéristique d'une zone densément peuplée. Cette population est quasi constante depuis 2014.

Les caractéristiques des populations sont comparables aux chiffres nationaux : 31 % a moins de 30 ans, 58 % de 30 à 75 ans et 11% de la population a plus de 75 ans.

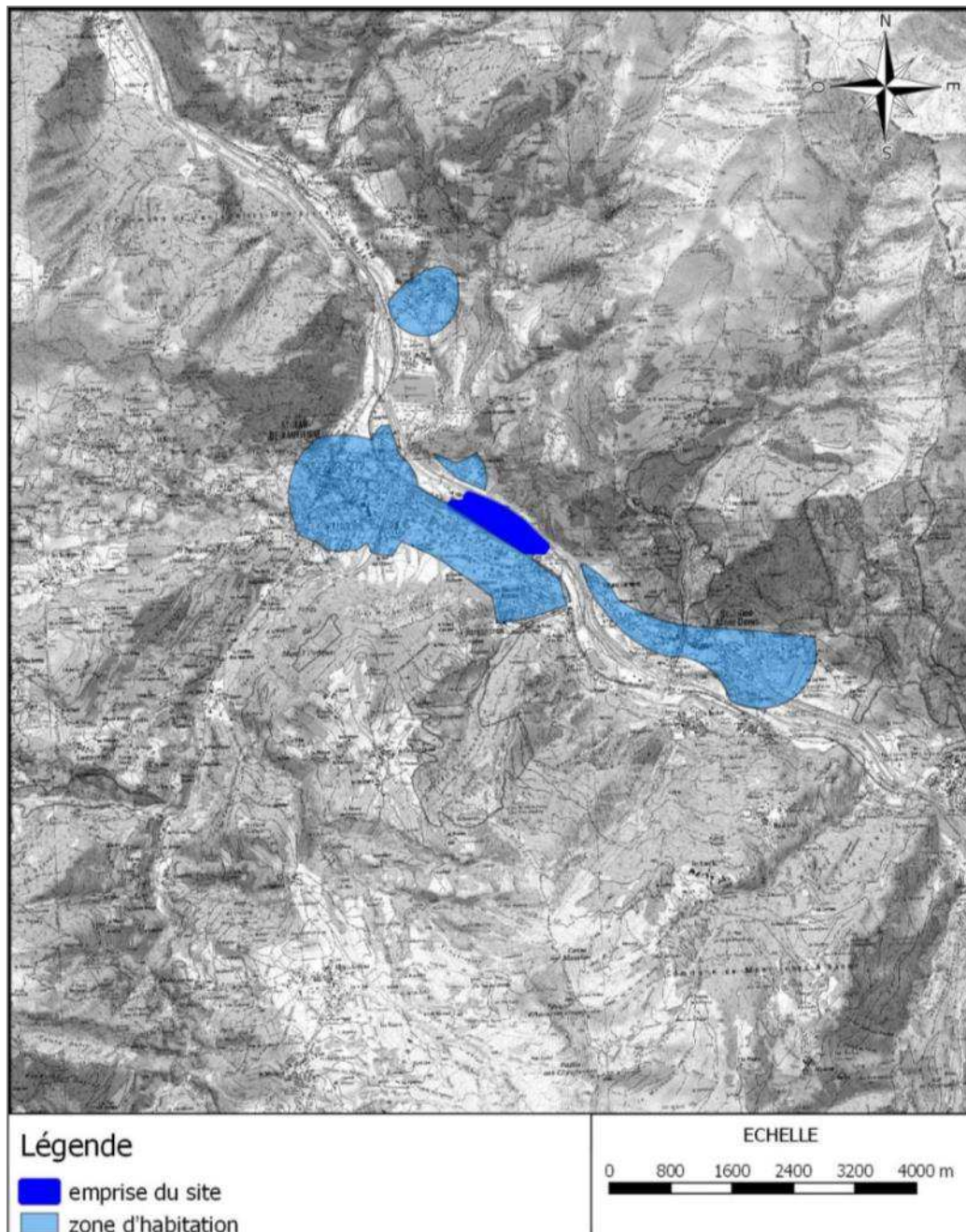
En ce qui concerne le type d'habitations sur la zone, le nombre de résidences principales est très faible (32 % pour une moyenne nationale de 83 %), le nombre de résidences secondaires est très important (64 %) et 5 % des logements sont vacants.

Sur la zone, le pourcentage d'actifs est de 75 % dont 5 % de chômeurs.

3.2.1.2 Riverains, ERP⁵ et populations sensibles

La figure ci-après recense les zones habitées et les riverains les plus proches du site.

Figure 6 : Localisation des zones habitées les plus proches



⁵ Etablissement recevant du public

Les habitants les plus proches sont situés à environ 150 - 200 m des limites de propriété du site au sud-est (commune de Villargondran) et au nord (commune d'Hermillon – lieu-dit de l'Echaillon) du site et à plusieurs centaines de mètres dans les autres directions.

Le site TRIMET se trouve au Nord d'une zone d'activités commerciales. L'environnement humain proche de l'usine est conditionné en grande partie par la présence de cette zone d'activités comme indiqué dans le tableau ci-après.

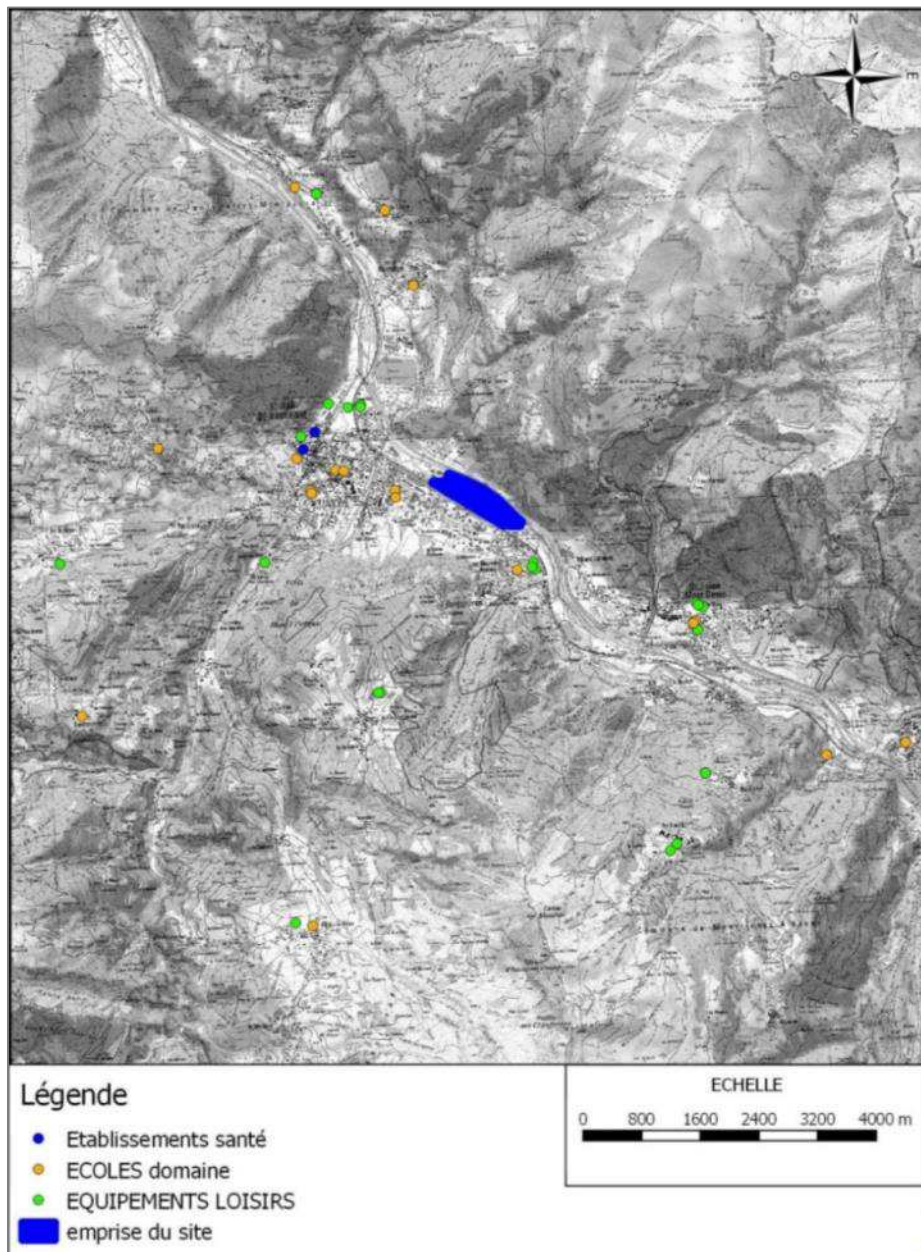
Tableau 15 : Environnement humain autour du site

Direction	Distance et localisation par rapport au site	Environnement humain
Nord	150 m	Commune d'Hermillon
Sud	200 m	Zone d'activités de la ville de Saint-Jean de Maurienne, commune de Villargondran
Est	/	Pas d'habitations à l'est. Présence d'un massif montagneux.
Ouest	500 m	Zone d'activités, ville de Saint-Jean de Maurienne

La localisation des ERP les plus proches du site TRIMET est représentée sur la figure suivante.

On dénombre sur le domaine d'étude plusieurs établissements recevant du public (E.R.P.) ou de zones dites sensibles (établissements scolaires, hôpitaux, maisons de retraite, centres de formation, etc).

Figure 7 : Localisation des ERP les plus proches



Source des informations : www.data.gouv.fr/fr

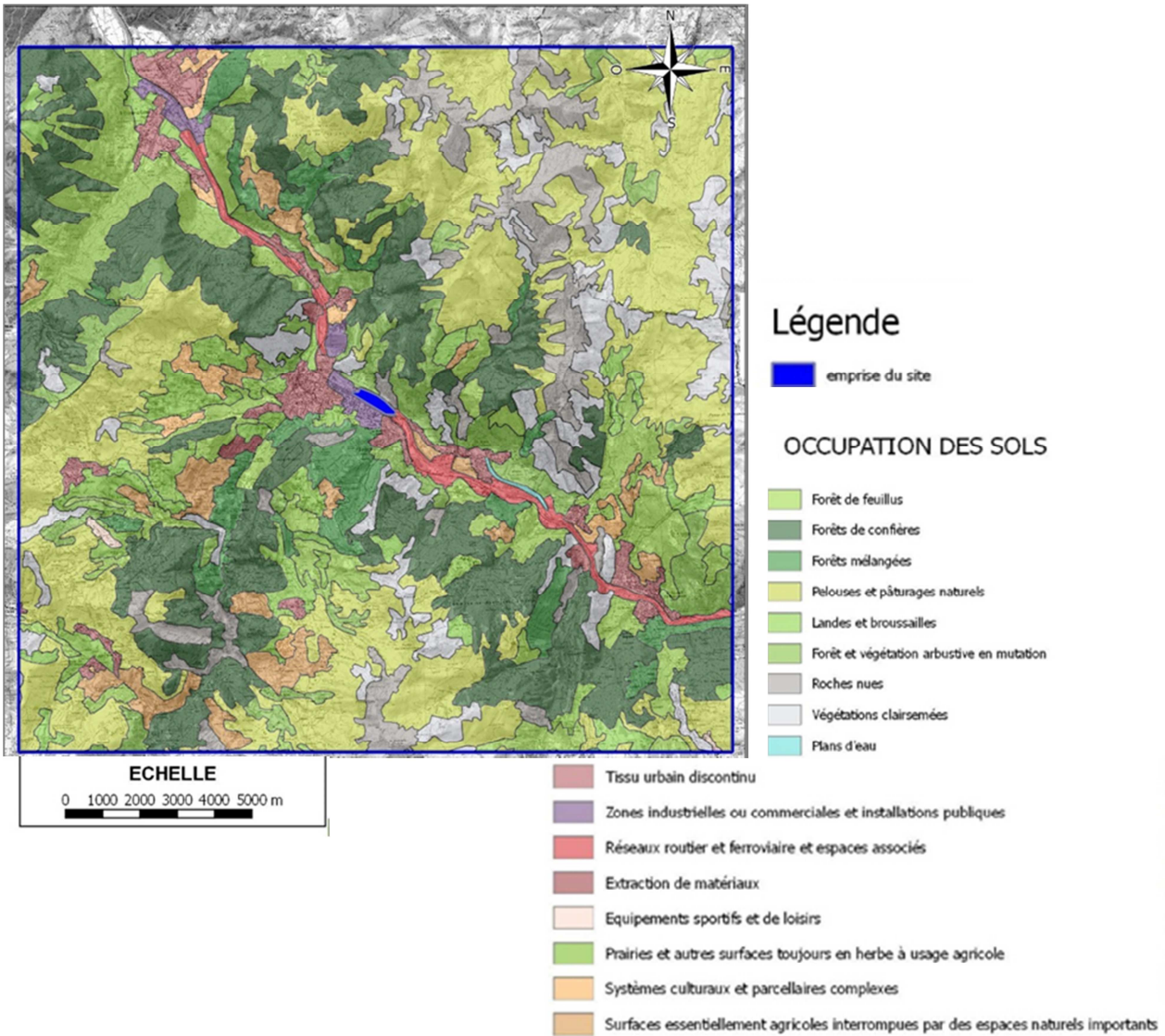
3.2.2 Les usages des milieux

3.2.2.1 Occupation des sols

L'occupation des sols de la zone d'étude est présentée sur la carte suivante. L'environnement immédiat du site est urbanisé aux abords sud-ouest à sud-est et davantage végétalisé autour.

La zone d'étude retenue est située dans un périmètre de 20 km de côté par rapport au centre de l'installation. Ce domaine, regroupe les principaux centres de populations et autres enjeux d'importance locale ainsi que l'ensemble des points de mesures du plan de surveillance actuel.

Figure 8 : Occupation des sols



Source des informations : CLC⁶

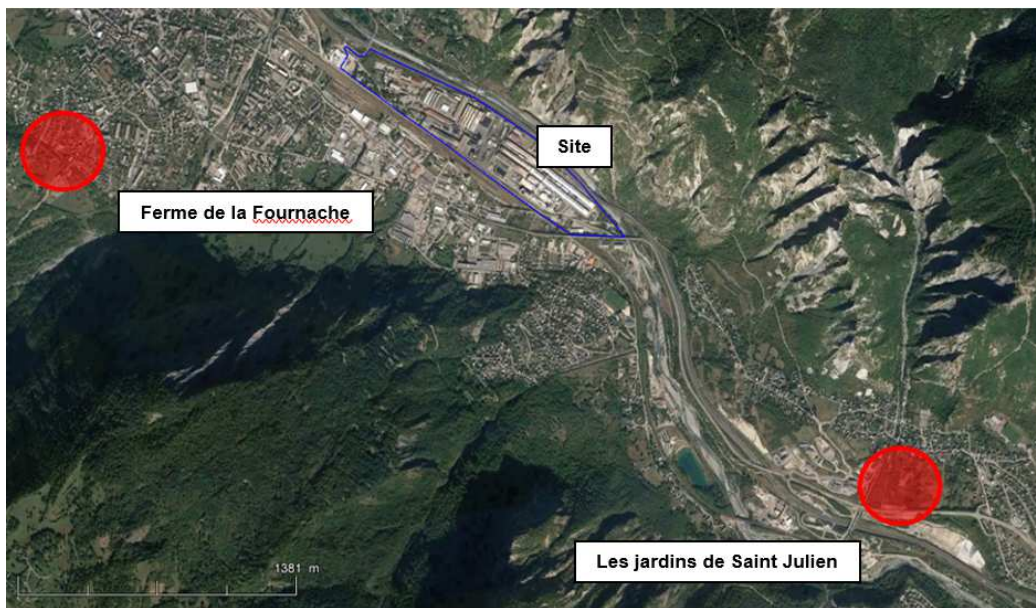
⁶ CORINE Land Cover est un inventaire biophysique de l'occupation des sols en France et de son évolution selon une nomenclature en 44 postes. Cet inventaire est produit par interprétation visuelle d'images satellite. L'échelle de production est le 1/100 000. CLC permet

3.2.2.2 Usage agricole

Le site est bordé au nord par des terrains agricoles en partie non exploités. La figure ci-après localise, en partie sud, deux zones de production de fruits et légumes professionnelles à proximité du site. Enfin de nombreux potagers de particuliers sont présents sur la zone d'étude.

Des élevages sont présents dans la vallée notamment sur la commune de Saint-Julien-Montdenis (à environ 4 km au sud-est du site), où un élevage de petits ruminants (chèvres et moutons) est présent. De plus, l'exploitant a connaissance de deux zones de pâtures à Pontamafrey et Saint Jean de Maurienne (en intersaison).

Figure 9 : Occupation des sols – Zones de productions végétales



Source des informations : TRIMET

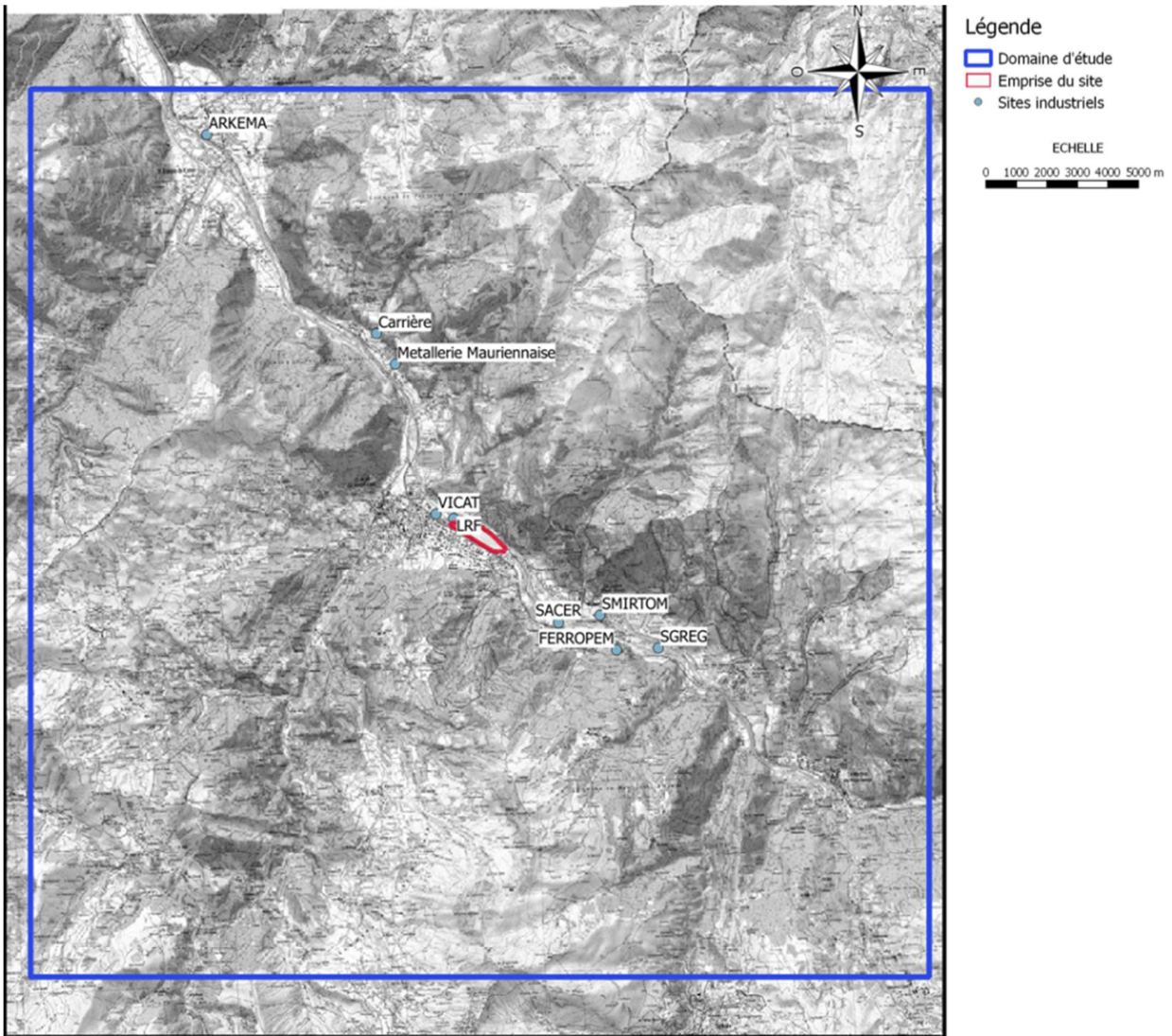
de cartographier des unités homogènes d'occupation des sols d'une surface minimale de 25 hectares. Cette base de données accessible à tous via internet a été mise à jour en 2012.

3.2.2.3 Usage industriel et réseau de transport

L'usine se situe en zone industrielle de Saint-Jean-de-Maurienne et s'inscrit dans un tissu industriel accueillant des petites et moyennes entreprises. Il existe de nombreux sites industriels, en activité ou à l'arrêt, dans les environs proches du site.

La carte ci-après identifie les principales activités industrielles sur l'aire d'étude.

Figure 10 : Localisation des sites industriels de la zone



Source des informations : Site BASOL

Tableau 16 : Sites industriels de la zone

Industriels	Localisation	Activité
Béton VICAT	Saint Jean de Maurienne	Exploitation de gravières et sablières, extraction d'argiles et de kaolin
Métallerie Mauriennaise	Hermillon	Fabrication menuiseries et de charpentes
ARKEMA	La Chambre	Industrie chimique - produit des solvants oxygénés pour les applications peintures et vernis, additifs de lubrification, cosmétique, hygiène corporelle, pharmacie et des amines
SACER / SGREG	Saint Julien Mont-Denis	Production d'enrobé
Syndicat Intercommunal de Traitement des Ordures Ménagères de la moyenne Maurienne	Saint Julien Mont-Denis	Usine de broyage des ordures ménagères et épandage des résidus Déchetterie
FERROPEM	Montricher-Albanne	Usine électrométallurgique production de carbure de calcium, ferro-alliages et électrodes.
LRF	St-Jean-de-Maurienne	Centre de recherche du groupe Rio Tinto Alcan sur la production d'aluminium

Les autres activités industrielles présentes dans le domaine d'étude et susceptibles d'émettre des substances similaires à celles de TRIMET, sont :

- les centrales d'enrobage notamment pour les HAP et COV,
- les activités liées à la fusion et au travail des métaux pour les métaux,
- les activités liées à l'exploitation de matériaux (carrières, centrales à béton) pour les poussières mais également certains métaux.

En l'absence de données précises disponibles pour les émissions atmosphériques de ces industries, l'hypothèse est faite que les futures mesures réalisées dans le cadre de la surveillance pourraient être influencées par d'autres sources d'émissions que celles de TRIMET.

Le site se trouve à proximité d'axes de circulation importants comme :

- une voie ferrée pour les voyageurs et le fret en bordure Sud ;
- l'autoroute A43 en bordure Nord ;
- la route départementale 1006.

3.3 Sélection des substances d'intérêt

Les substances d'intérêt peuvent être:

- **des traceurs d'émission** : les traceurs d'émission sont les substances spécifiques au site étudié susceptibles de révéler une contribution de l'installation aux concentrations mesurées dans l'environnement, et éventuellement une dégradation des milieux attribuable à ces émissions. Ils sont considérés pour le diagnostic et l'analyse des milieux et lors de la surveillance environnementale ;
- **des traceurs de risque** : les traceurs de risque sont les substances émises susceptibles de générer des effets sanitaires chez les personnes qui y sont exposées. Elles sont considérées pour l'évaluation quantitative des risques ;
- Toutes substances, même émises de façon minime par les installations du site, pour lesquelles il existe une vulnérabilité avérée de l'environnement local.

Le choix des substances d'intérêt est basé sur :

- les flux émis de la substance vers les milieux environnementaux (Cf. paragraphe 2.2) ;
- la vulnérabilité des populations et ressources à protéger (Cf. paragraphes 3.2.1 et 3.2.2) ;
- le potentiel de transfert vers les milieux d'exposition liés aux usages constatés (Cf. paragraphe 3.3.1) ;
- la toxicité de la substance (Cf. paragraphe 3.3.2).

3.3.1 Potentiel de transfert

Le potentiel de transfert des substances dans les milieux d'exposition dépend principalement de leurs caractéristiques physico-chimiques.

L'ensemble des composés chimiques émis par le site vont dans un premier temps être dispersés par l'intermédiaire du vent. Les composés émis par le site se dispersent en suivant le relief de la vallée, selon l'axe nord-ouest / sud-ouest. Ensuite, de par leur densité, les composés particuliers vont se déposer au sol.

Les substances hydrosolubles auront une capacité plus importante à s'accumuler dans les végétaux, grâce à leur passage par la voie racinaire. Les composés liposolubles auront une affinité particulière pour les matrices riches en graisse. On les retrouvera donc plus spécifiquement dans les matrices animales, notamment les viandes grasses, les œufs et le lait.

Au regard des sources de contamination potentielles et des caractéristiques des composés émis par le site les voies de transfert potentielles jugées pertinentes pour les composés identifiés sont les suivantes :

- dispersion atmosphérique des rejets gazeux ;
- **dépôts au sol** des composés particuliers et **transfert** des composés présents dans les sols :
 - vers les **végétaux** par la **voie racinaire** pour les composés hydrosolubles (Eléments Traces Métalliques (ETM) et Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)).
 - vers les **matrices animales** pour les composés liposolubles (dioxines).

Au regard des sources potentielles de contamination et du contexte environnemental du site, les voies de transfert considérées comme pertinentes pour les composés identifiés sont décrites dans le tableau suivant.

Tableau 17 : Voies de transfert considérées dans l'étude en fonction des usages identifiés

Rejets atmosphériques	Vecteur ou voie de transfert possible			
	Dispersion atmosphérique	Dépôt au sol	Passage via la chaîne alimentaire : végétaux	Passage via la chaîne alimentaire : produits animaux
Gazeux	OUI	NON Composés restant à l'état gazeux		
Particulaires	OUI	OUI	OUI	OUI (Dioxines uniquement)

3.3.2 Toxicité des substances

En termes sanitaires, un danger désigne tout effet toxique, c'est-à-dire un dysfonctionnement cellulaire ou organique lié à l'interaction entre un organisme vivant et un agent chimique, physique ou biologique. La toxicité d'un composé dépend de la durée et de la voie d'exposition de l'organisme humain. Différents effets toxiques peuvent être considérés.

Pour l'ensemble des substances identifiées lors de la phase précédente, les effets toxiques ont été collectés et notamment les effets cancérogènes (apparition de tumeurs), les effets mutagènes (altération du patrimoine génétique), les effets sur la reproduction (reprotoxicité). Tous les modes d'exposition ont été traités en effets chroniques, correspondant à de longues durées d'exposition (supérieures à 7 ans pour l'US-EPA et supérieures à 1 an pour l'ATSDR).

* Toxicité	+++	VTR ⁷ < 0,1	µg/m ³	+++	VTR < 0,001	mg/kg/j
	++	0,1 < VTR < 1	µg/m ³	++	0,001 < VTR < 0,01	mg/kg/j
	+	1 < VTR < 10	µg/m ³	+	0,01 < VTR < 0,1	mg/kg/j
	-	10 < VTR < 100	µg/m ³	-	0,1 < VTR < 1	mg/kg/j
	--	100 < VTR	µg/m ³	--	1 < VTR	mg/kg/j
	NA	Non Adéquat		ND	Non Disponible	

Le tableau suivant présente la toxicité de chaque substance (classement cancérogène et VTR) pour les composés gazeux et particulaires émis par voie atmosphérique. La signification des classes de cancérogénicité est consultable en **Annexe 2**.

⁷ VTR : Valeur toxicologique de référence

Tableau 18 : Toxicité des substances émises à l'atmosphère

Type d'agent	Substances	N°CAS	Classements cancérogènes			Toxicité / effets à seuil*	
			UE (CLP) ⁸	CIRC ⁹	EPA ¹⁰	Inhalation	Ingestion
Particulaire	Poussières	-				n.d.	n.a.
	Cadmium (Cd)	7440-43-9	C1B/C2	1	Cancérogène probable	++	+++
	Thallium (Tl)	7440-28-0			D	-	-
	Arsenic (As)	7440-38-2	C1A	1	A	+++	+++
	Sélénium (Se)	7782-49-2		3	D	-	++
	Tellure (Te)	13494-80-9				n.d.	n.d.
	Plomb (Pb)	7439-92-1	R1B	2B	B2	n.d.	+++
	Antimoine (Sb)	7440-36-0	C2			++	++
	Chrome III (Cr III)	1308-38-9		3	D	-	-
	Chrome VI (Cr VI)	1333-82-0	C1/M1B/R2	1	A (inhalation)	++	+++
					D (oral)		
	Cobalt (Co)	7440-48-4	C1B	2B		++	++
	Cuivre (Cu)	7440-50-8		3	D	+	-
	Etain (Sn)	-				n.d.	
	Manganèse (Mn)	-			D	++	+
	Nickel (Ni)	7440-02-0	C2	2B	A	++	++
	Vanadium (V)	7440-62-2		3	D	++	
	Zinc (Zn)	7440-66-6			D	n.d.	-
	Mercure (Hg)	7439-97-6	R1B	3	C à D	++	+++
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) ¹¹	50-32-8	C1/M1/R1B	1	A	+++	+++	
Fluor	7782-41-4				-	+	
Dioxines et Furannes (PCDD/PCDF)	-		2,3,7,8 TCDD : 1 / Autres : 3		n.d.	+++	

⁸ Union Européenne / directive 67/548/CEE (règlement CLP)

⁹ Centre International de Recherche sur le Cancer (OMS)

¹⁰ Environmental Protection Agency (USA)

¹¹ Classements du Benzo-a-pyrène

Type d'agent	Substances	N°CAS	Classements cancérogènes			Toxicité / effets à seuil*	
			UE (CLP) ¹²	CIRC ¹³	EPA ¹⁴	Inhalation	Ingestion
Gazeux	Dioxydes d'azote (NO ₂)	10102-44-0				n.d.	n.a.
	Dioxydes de soufre (SO ₂)	7446-09-5				n.d.	n.a.
	Benzène	71-43-2	C1A/M1B	1	A	+	n.a.
	Butane	106-97-8				n.d.	n.a.
	Ethane	74-84-0				n.d.	n.a.
	Formaldéhyde	50-00-0	C2	1	B1	--	n.a.
	Hexane	110-54-3	R2	-	-	--	n.a.
	Naphtalène	91-20-3	C2	2B	C	-	n.a.
	Pentane	109-66-0				n.d.	n.a.
	Propane	74-98-6				n.d.	n.a.
	Toluène	108-88-3	R2	3	D	--	n.a.
	Hydrocarbures (HCT)	Voir spéciation					
	Fluorure d'hydrogène (HF)	7664-39-3				-	n.a.
	Acide chlorhydrique	7647-01-0				-	n.a.
	Perfluorocarbures (PFC)*	-				-	n.a.
Tetrafluorocarbène	75-73-0				-	n.a.	
Hexafluoroéthane	76-16-4				-	n.a.	

*Emissions futures principalement composées de CF₄ et C₂F₆

¹² Union Européenne / directive 67/548/CEE (règlement CLP)

¹³ Centre International de Recherche sur le Cancer (OMS)

¹⁴ Environmental Protection Agency (USA)

3.3.3 Substances retenues

3.3.3.1 Traceurs de risque

Lors de l'émission d'un mélange de composés chimiques à l'atmosphère, il est possible d'effectuer une sélection d'un nombre limité de substances et de réaliser l'évaluation quantitative du risque sanitaire sur ces substances choisies. La philosophie de la démarche implique donc un choix de « traceurs du risque sanitaire » parmi la liste, la plus complète possible, des substances émises. La prise en compte de chacun de ces traceurs et non de la liste complète de substance permet toutefois de conclure quant à l'acceptabilité ou non des risques. On entend par polluants « traceurs de risque » les substances qui font l'objet d'une évaluation quantitative de l'exposition et du risque (INERIS, Guide méthodologique pour l'évaluation du risque sanitaire, 2003).

Ainsi, nous avons estimé un « ratio brut » pour les effets à seuil de la façon suivante :

$$\text{Ratio brut} = \frac{\text{Flux de polluant (kg par an)}}{\text{VTR à seuil}^{15}}$$

On retiendra, par voie d'exposition pertinente identifiée pour chaque substance, toutes celles dont le ratio est $\geq 1\%$ du ratio max. La valeur de **1%** est retenue conformément aux indications du guide INERIS (Évaluation des Risques Sanitaires dans l'Étude d'impact des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement – 2003).

Sauf exception, les composés pour lesquels une valeur toxicologique de référence pour les effets sans seuil est disponible seront retenus comme traceurs de risque.

Il convient de noter que les traceurs de risques peuvent différer selon que l'on considère le risque lié à l'ingestion ou à l'inhalation, les valeurs toxicologiques de référence étant différentes.

Les substances retenues pour la situation actuelle sont donc les suivantes :

- fluor,
- benzène,
- naphthalène,
- dioxines et furannes,
- métaux : plomb, arsenic, chrome VI, nickel, cadmium ;
- acide fluorhydrique,
- somme des HAP.

Dans un premier niveau d'approche majorant, la somme des 8 HAP sera assimilée à du benzo-a-pyrène.

Dans le cadre du projet, à cette liste doit être rajoutée le vanadium, le sélénium et le manganèse.

Les détails de ces choix, pour les scénarios actuels et futurs, sont donnés en **Annexe 3**.

3.3.3.2 Traceurs d'émission

Lorsqu'un composé considéré présente un potentiel toxique avéré mais pour lequel on ne dispose pas de valeur repère, ce dernier peut toutefois être conservé comme traceur d'émission de façon à estimer les

¹⁵ Valeur Toxicologique de Référence à seuil de dose, c'est à dire quantité d'un produit, ou sa concentration dans l'air, à laquelle un individu peut être exposé sans constat d'effet néfaste sur une durée déterminée.

niveaux de concentrations de cette substance attendue dans l'environnement. Ainsi les poussières, SO₂ et le NO₂ seront retenus. En effet, ces substances sont connues pour leur impact potentiel sur le système respiratoire ; de plus elles disposent de valeur Guide pour la qualité de l'air.

3.3.3.3 Synthèse

Les composés retenus comme substances d'intérêt pour les **émissions atmosphériques** dans le cadre de cette étude sanitaire sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 19 : Substances d'intérêt retenues

Type agent	Substances	Traceur d'émissions	Traceur de risques Ingestion	Traceur de risques Inhalation
Particulaires	Poussières	X	-	-
	Fluor	X	X	X
	Benzo-a-pyrène	-	X (Cancérogène)	X (Cancérogène)
	Dioxines et furannes	-	X (Cancérogène)	-
	Plomb	-	X (Cancérogène)	X (Cancérogène)
	Arsenic	-	X (Cancérogène)	X (Cancérogène)
	Chrome VI	-	X (Cancérogène)	X (Cancérogène)
	Nickel	-	X	X (Cancérogène)
	Cadmium	-	X (Cancérogène)	X
	Sélénium	-	-	X
	Manganèse	-	-	X
	Vanadium	-	-	X
	HAP	-	X	X
Gazeux	NO ₂	X	-	-
	SO ₂	X	-	-
	Benzène	-	-	X (Cancérogène)
	Naphtalène	-	-	X (Cancérogène)
	Acide fluorhydrique	-	-	X

3.4 Schéma conceptuel

A partir des informations collectées lors des différentes étapes précédentes, le schéma conceptuel a pour objectif de préciser les relations entre :

- les sources de pollutions et les substances émises ;
- les différents milieux et vecteurs de transfert ;
- les usages, et les populations exposées.

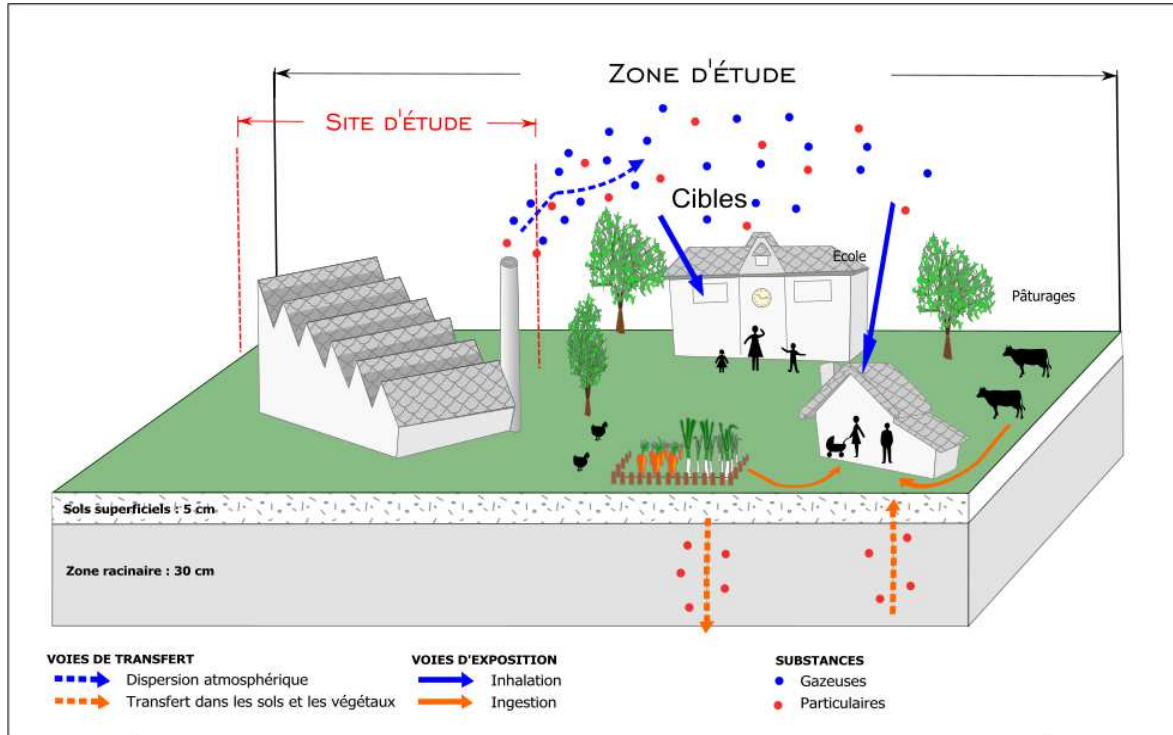
Dans la suite de l'étude, le schéma conceptuel oriente l'évaluation en précisant sur quelles substances, milieux, usages, voies d'exposition et populations elle doit porter. En outre, la compréhension de la nature et de l'importance des enjeux permet de proportionner l'évaluation et la gestion, et d'en fixer les priorités.

Tableau 20 : Voies de transfert considérées dans l'étude en fonction des usages identifiés

Sources = Rejets atmosphériques		Vecteur ou voie de transfert possible			
		Dispersion atmosphérique	Dépôt au sol	Passage via la chaîne alimentaire : végétaux	Passage via la chaîne alimentaire : produits animaux
Gazeux		OUI : Composé gazeux	NON : Composés restant à l'état gazeux	NON : Composés restant à l'état gazeux	NON : Composés restant à l'état gazeux
Particulaires	PM	OUI : Pour les substances atmosphériques particulaires, l'exposition par inhalation est considérée lorsque les particules sont « inhalables », c'est-à-dire que le diamètre des substances particulaires est inférieur à 10 µm	NON : Les particules « sans effet spécifique » ne présentent pas d'effet toxique par ingestion.	NON : Pas de transfert possible	NON : Pas de transfert possible
	Fluor		OUI : Pris à 100 % sous forme particulaire, ils vont se déposer au sol sous forme de dépôts secs et dépôts humides.	FAIBLE : Faible caractère hydrophile, faible possibilité de passage dans les végétaux par la voie racinaire.	NON : Composés peu ou pas lipophiles
	Métaux			OUI : Les ETM sont des composés hydrophiles capables de passer dans les végétaux par la voie racinaire.	
	HAP			FAIBLE : Bioaccumulation dans les végétaux mal connue.	
	PCDD/F			NON : Les Dioxines sont des composés lipophiles qui ne sont pas capables de passer dans les végétaux par la voie racinaire.	
Voies d'exposition		Inhalation	Ingestion		
Enjeux à protéger		Population sensible dans le périmètre d'étude Riverains proches	Zones de culture/pâture dans le périmètre d'étude		

Le schéma conceptuel relatif au site étudié est représenté par la figure suivante.

Figure 11 : Synthèse du schéma conceptuel



Dans le cas de la présente étude, l'évaluation devra porter :

- sur la voie d'exposition par inhalation et ingestion;
- sur les composés gazeux dans l'air et particulaires dans l'air, dans les sols, les végétaux et les matrices animales.

4. Evaluation de l'état des milieux

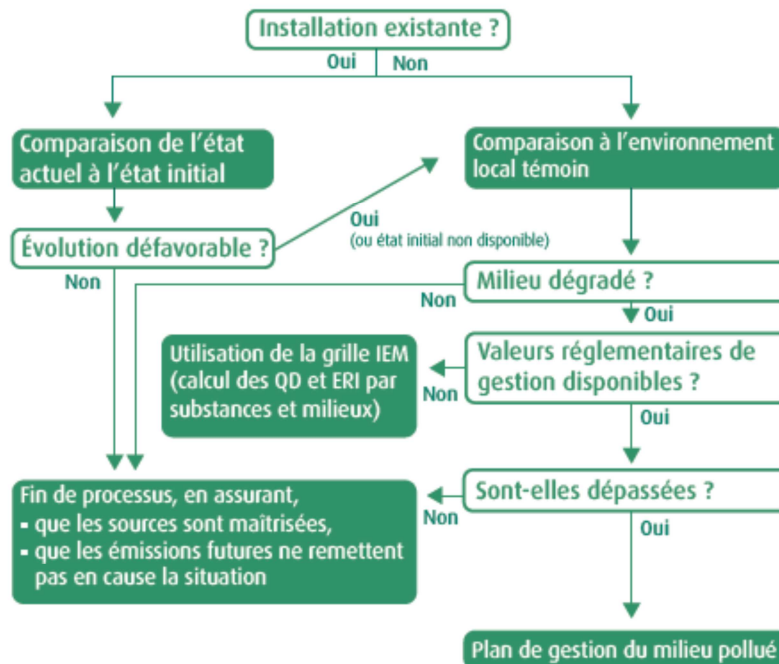
L'évaluation de l'état des milieux doit permettre de fixer des priorités pour la suite de l'étude et pour la gestion des émissions de l'installation contribuant à la protection des enjeux identifiés dans le schéma conceptuel.

Pour cela, l'évaluation se base sur les mesures réalisées dans les milieux d'exposition autour de l'installation pour :

- **Dans le cas des activités nouvelles/futures** : définir l'état initial des milieux, état de référence « historique » de l'environnement ;
- **Dans le cas des activités existantes** : déterminer si les émissions passées et présentes de l'installation contribuent à la dégradation des milieux ;
- **Dans tous les cas** : déterminer si l'état actuel des milieux est compatible avec les usages et apporter des indications sur une vulnérabilité potentielle vis-à-vis d'une ou plusieurs substances émises par l'installation.

Pour répondre à ces objectifs, et exploiter les résultats pour la suite de l'étude, l'évaluation s'appuie sur l'outil d'**Interprétation de l'état des milieux**, décrite dans le guide MEDD 2007 et dont le schéma suivant décrit les étapes successives.

Figure 12 : Étapes et critères de l'IEM (adapté de MEDD 2007) (source : INERIS, 2013)



4.1 Caractérisation de l'état des milieux

4.1.1 Données existantes sur l'état des milieux - fluor

Le plan de surveillance actuel permet de caractériser l'impact des émissions de fluor dans l'environnement. L'ensemble des moyens mis en œuvre permettent de caractériser les dépôts au sol et les concentrations environnementales dans différents compartiments : l'air, le sol et les végétaux.

Actuellement, le site surveille son impact dans l'environnement par le biais des systèmes suivants :

- Système de mesures spécifiques (SMS) : système permettant de déterminer un impact sur une période donnée par l'utilisation de matériel adapté, et notamment :
 - Les boîtes à soude permettant la caractérisation des dépôts de fluor ;
 - Les postes statiques permettant la caractérisation des dépôts de fluor ;
 - Les postes dynamiques permettant la caractérisation des concentrations de fluor dans l'air.
- L'utilisation des milieux environnants (UME) : basée sur des prélèvements au niveau de récepteurs adaptés (sols, lichens, denrées alimentaires...), notamment :
 - Prélèvements de sols ;
 - Prélèvements de végétaux :
 - Légumes de potagers ;
 - Aiguilles d'épicéa ;
 - Fourrages.

Les résultats pertinents de ces suivis sont présentés dans les sous-paragraphe suivants.

4.1.1.1 Suivi de la concentration atmosphérique en fluor

La figure ci-dessous localise les points de mesures de fluor dans l'air réalisés dans le cadre de la surveillance environnementale actuelle du site.

Figure 13 : Localisation des points de mesure de la concentration atmosphérique en fluor du système de mesure spécifique (SMS)

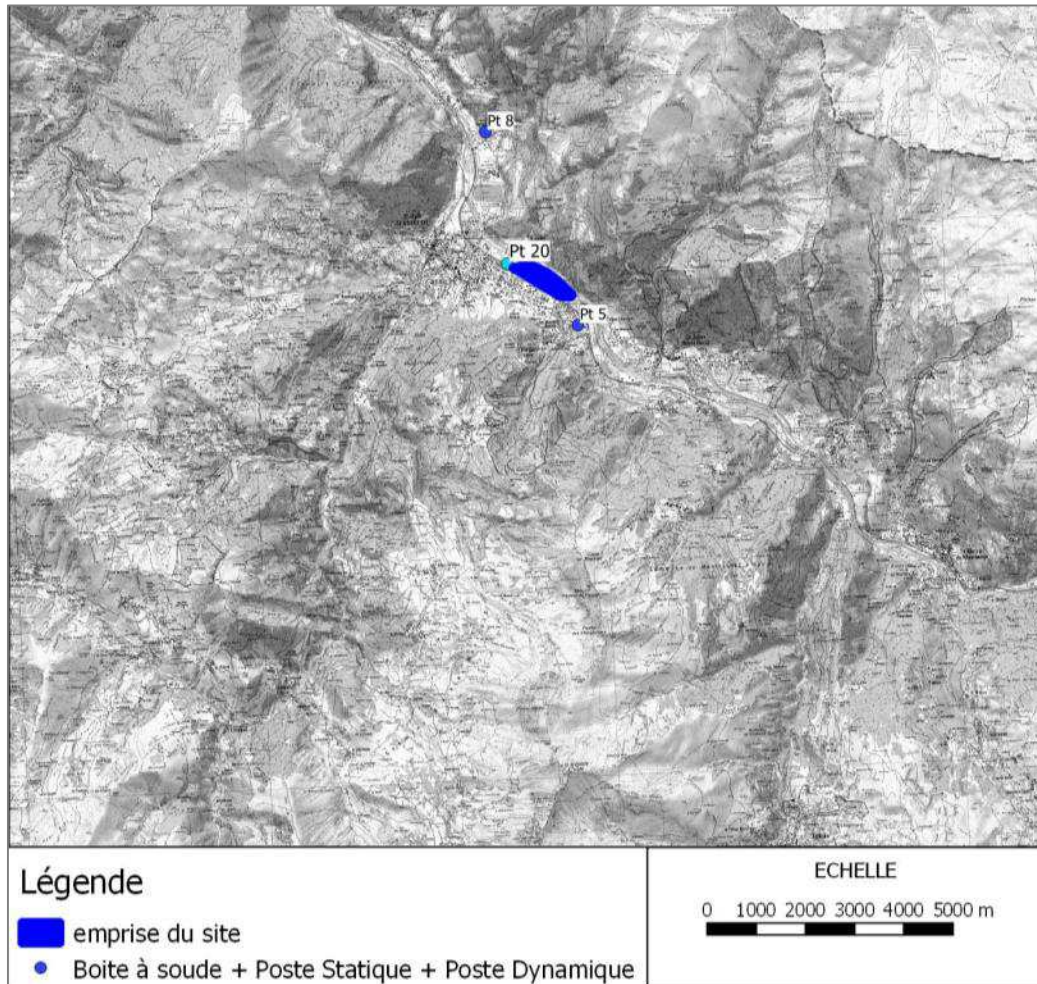


Figure 14 : Concentrations atmosphériques en fluor issus des postes dynamiques

Année	Unité	P5	P8	P20
2016	(µg/m ³)	0,33	0,41	0,46
2017		0,36	0,19	0,30
2018		0,29	0,08	0,35
Moyenne		0,33	0,23	0,37

Depuis 2016, on constate dans l'environnement du site des concentrations moyennes en fluor comparables sur les points P5 et P20 à proximité du site (0,33 à 0,37 µg/m³). Depuis 2017, on constate que les concentrations en P8 sont plus faibles que sur les autres points.

Les concentrations étant plus importantes au voisinage du site, ce dernier est à l'origine d'un impact dans l'air pour ce composé.

4.1.1.2 Suivi de la concentration de fluor dans les sols

La figure ci-dessous localise les points de prélèvements de sols et les végétaux réalisés dans le cadre de la surveillance environnementale du site.

Figure 15 : Localisation des points de mesure de la concentration en fluor dans les sols et les végétaux

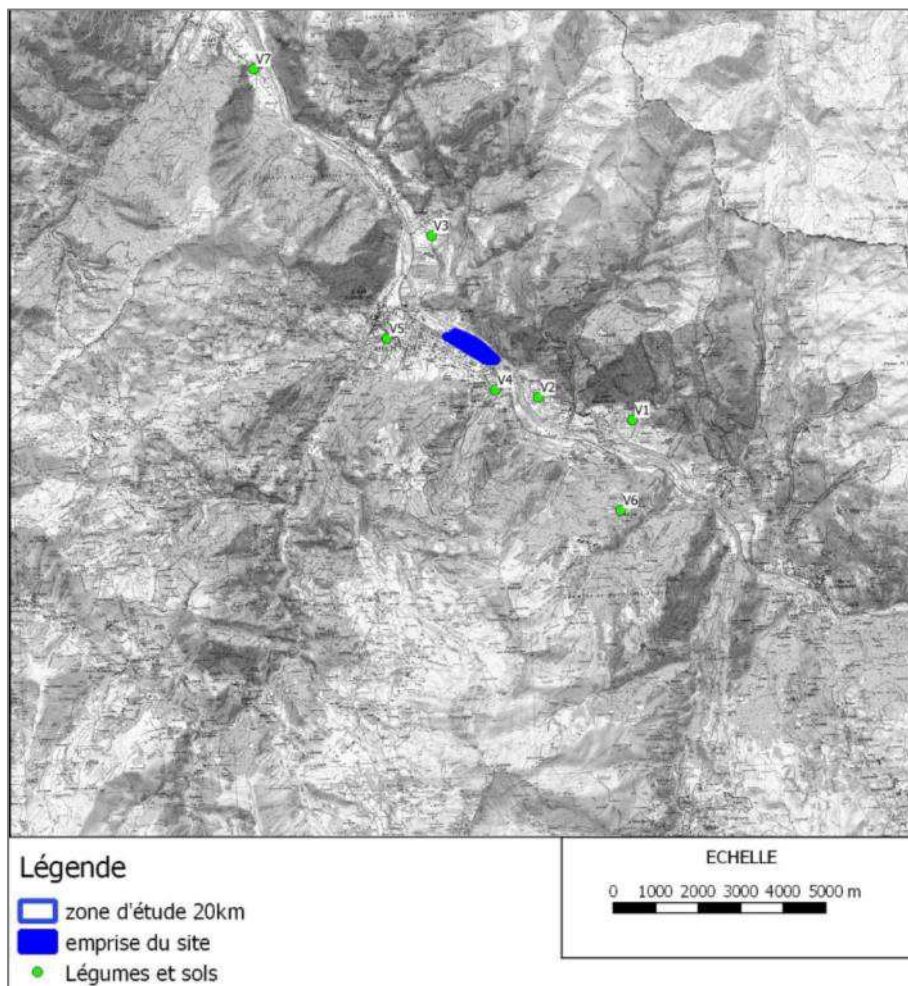


Tableau 21 : Concentrations en fluor dans les sols

Année	Unité	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
2016	mg/kg MS	262	209	237	328	280	n.p.	220
2017		320	300	147	320	181		208
2018		352	348	174	320	220		217
Moyenne		311	286	186	323	227	-	215

n.p. : non prélevé

Les concentrations relevées en fluor dans les sols sont relativement homogènes d'une année sur l'autre sur chacun des points respectifs.

La comparaison entre les concentrations relevées sur les points les proches du site (V2, V4 et V5) et les plus éloignés (V1 et V7) ne montre pas de différence significative. Toutefois le fluor étant un traceur spécifique de l'activité, il est fort probable que le site ait un impact sur ce milieu pour cette substance.

4.1.1.3 Suivi de la concentration de fluor dans les végétaux

Le tableau suivant présente les concentrations en fluor dans les végétaux sur la période 2016 à 2018. Seuls les prélèvements sur les salades, qui est la seule espèce à avoir été prélevée sur de multiples points, ont été considérés.

Figure 16 : Concentrations en fluor dans les végétaux – salades

Année	Unité	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
2016	mg/kg MS	80	n.p.	110	70	80	n.p.	190
2017		160		180	260	70		140
2018		60		n.p.	n.p.	< 10		n.p.
Moyenne		100	-	145	165	53	-	165

n.p. : non prélevé

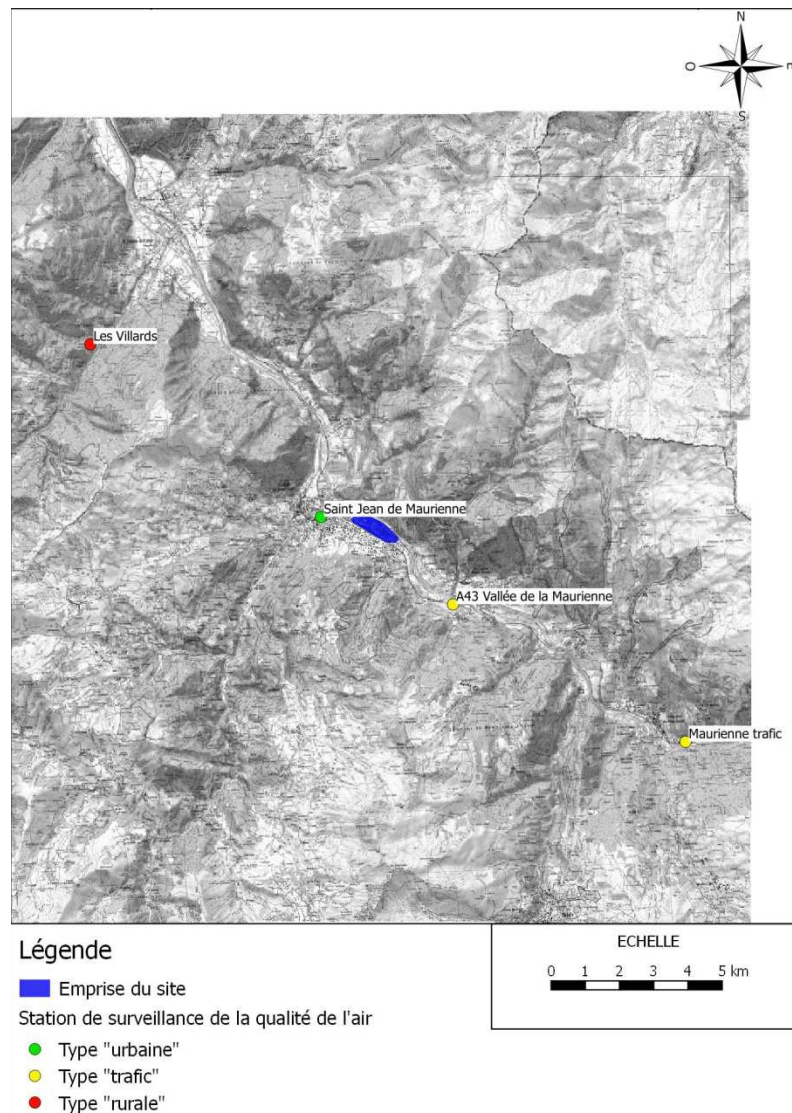
En moyenne, on constate des concentrations en fluor relativement homogènes sur les points V1, V3, V4 et V7. Seule la moyenne au point V5 est légèrement plus faible.

En comparant les résultats des points localisés à proximité du site (notamment V3, V4 et V5) avec les résultats du point V7, plus éloigné, il n'apparaît pas de différence significative entre les points. Toutefois la surveillance qualitative (observation des végétaux : arbres fruitiers et vignes) réalisée tous les ans (surveillance réalisée par un expert) montre des signes de nécroses sur les végétaux, nécroses attribuées au fluor. L'impact de cette substance sur les végétaux est donc retenu.

4.1.2 Données existantes sur l'état des milieux – Surveillance de l'ATMO Auvergne-Rhône-Alpes

En France, la surveillance de la qualité de l'air est réalisée par les associations agréées de surveillance de la qualité de l'air (AASQA). La surveillance sur la région est réalisée par ATMO Auvergne-Rhône-Alpes. La carte ci-après répertorie les principales stations de surveillance de la qualité de l'air présentes autour du site.

Figure 17 : Localisation des stations de surveillance de la qualité de l'air



Quatre stations se trouvent dans la vallée de la Maurienne :

- deux stations de type trafic
- une station de fond urbaine
- une station de fond rurale.

Les stations « Les Villards » (station de type rurale) et « Maurienne trafic » n'ont été mises en service qu'en janvier 2019. L'analyse des données s'arrêtant à décembre 2018, les données de ces stations ne sont pas présentées.

La station « A43 Vallée de la Maurienne » est une station de type trafic et ne peut être utilisée pour caractériser l'environnement autour du site. La station de « Saint-Jean-De-Maurienne » est quant à elle de type « urbain » et localisée à environ 1 km à l'ouest du site.

Les substances mesurées par cette station sont notamment le SO₂, le NO₂ et les PM.

Le tableau ci-après présente les moyennes annuelles mesurées pour les polluants retenus dans le cadre de cette étude sur les 3 dernières années (dernières données disponibles pour l'ensemble des polluants).

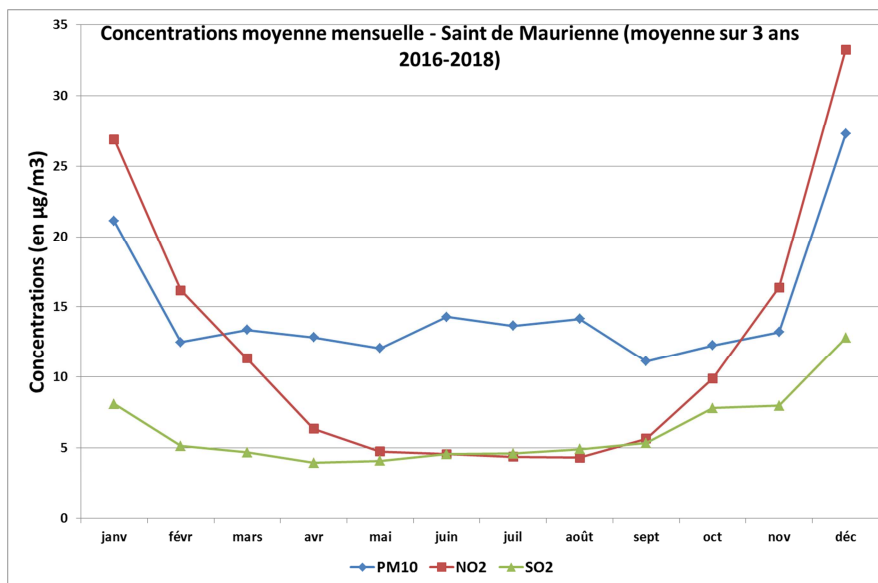
Tableau 22 : Concentrations moyennes annuelles (µg/m³)

Station de mesure	PM10	SO ₂	NO ₂
	Saint Jean de Maurienne	Saint Jean de Maurienne	Saint Jean de Maurienne
2016	14,0	7,0	11,9
2017	14,8	5,2	10,1
2018	15,9	6,7	12,6

L'analyse des concentrations annuelles pour les 3 substances surveillées de façon continue dans la vallée de la Maurienne met en évidence une augmentation de la concentration moyenne sur la zone depuis ces 3 dernières années.

Le graphique suivant présente l'évolution des concentrations de cette substances au cours d'une année.

Figure 18 : Evolution des concentrations dans l'air sur une année



Sur la station Saint Jean de Maurienne, on observe une augmentation des concentrations pour l'ensemble des substances entre octobre et janvier. Cette tendance peut s'expliquer par la mise en route des chauffages résidentiels et tertiaires et l'augmentation des émissions liées au fonctionnement de ces sources ainsi que des conditions météorologiques moins dispersives en hiver.

4.1.3 Campagne de mesures complémentaires

En l'absence de données en polluants autre que le fluor sur la caractérisation de l'air, des sols et des végétaux exploitables, il a paru indispensable d'intégrer des mesures concernant les matrices air et sol.

Les substances et milieux pertinents ont été définis en fonction des caractéristiques des émissions, de l'environnement et des activités à l'aide du schéma conceptuel. La caractérisation des milieux porte sur les traceurs d'émission et de risque sélectionnés préalablement.

Il s'agit ici d'un premier niveau d'approche et en considérant le principe de proportionnalité, toutes les matrices n'ont pas été investiguées (particules dans l'air et matrices végétales et animales).

La caractérisation des milieux porte donc sur les milieux « air » et « sol ».

4.1.3.1 Substances et milieux pertinents

Tableau 23 : Substances et milieux pertinents pour la caractérisation des milieux

Composés		Air	Sols superficiels (0 – 5 cm)	Sols racinaires (5 - 30 cm)
HCT*		X	-	-
Benzène		X	-	-
Naphtalène		X	-	-
SO ₂		X	-	-
NO ₂		X	-	-
HF		X	-	-
PM ₁₀		X	-	-
HAP		-	X	X
Métaux	As	-	X	X
	Cd			
	Ni			
	Pb			
	Cr VI			
Dioxines/furannes**	PCDD/PCDF	-	X	-

* Coupes aliphatiques et aromatiques légères (<C12)

** Les dioxines et furanes sont des composés lipophiles. Ce sont des composés pour lesquels le passage dans les végétaux par la voie racinaire est très limité. Ainsi, dans un premier niveau d'approche, elles ont été recherchées sur tous les sols superficiels (0 à 5 cm) qui constituent une voie de transfert majeure et sur la moitié des sols profonds (0 - 30 cm).

4.1.3.2 Localisation des points de mesure

Un plan d'échantillonnage réalisé en 7 points de mesure a été élaboré.

Le choix du nombre et de l'implantation des points de prélèvements a suivi les recommandations du guide INERIS « Surveillance dans l'air autour des installations classées – Retombées des émissions atmosphériques » de novembre 2016.

Ce choix est fonction des spécificités du site d'étude et notamment :

- De la nature des émissions atmosphériques (chronique dans le cas présent) ;

- De la météorologie locale ;
- Des résultats d'une première modélisation (réalisée dans le cadre de la mise à jour du plan de surveillance, cf. rapport BURGEAP référencé RACICE03817 du 16/10/2019),
- De l'occupation des sols (usages et riverains).

Figure 19 : Localisation des points de mesure

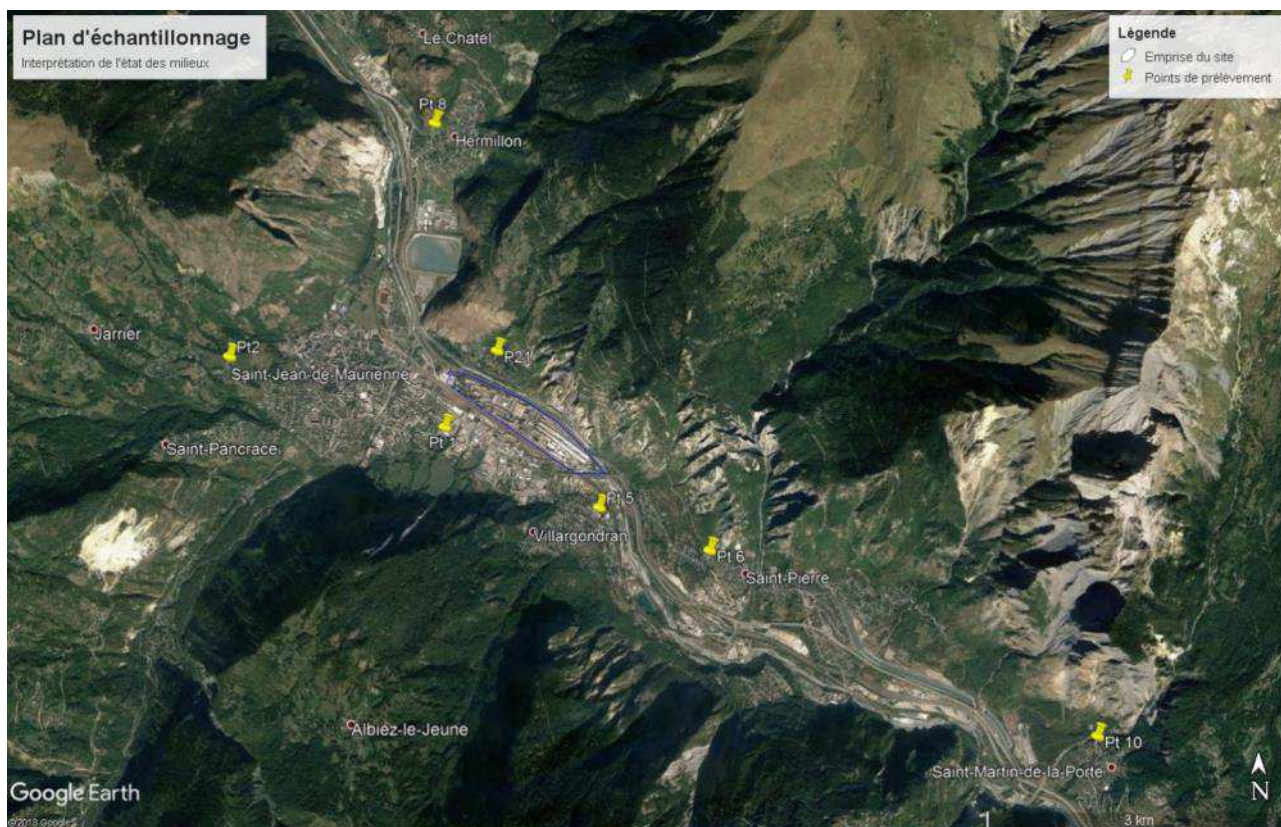


Tableau 24 : Caractéristiques des points de prélèvements choisis

Point	Justification de la localisation des points de mesure
P1	Populations les plus proches au sud-ouest sous les vents dominants
P5	Populations les plus proches au sud-est sous les vents dominants
P21	Populations les plus proches au nord sous les vents dominants
P6	Point sous les vents du site
P8	Point sous les vents du site
P10	Point sous les vents du site Présence de jardins potagers

Point	Justification de la localisation des points de mesure
P2	Présence de zones de culture / maraichage

La numérotation des points est reprise, si existants, de leur appellation dans le plan de surveillance historique du site (P1, P2, P6, P8, P10).

4.1.3.3 Prélèvements et analyses

Les prélèvements d'air ont été réalisés sur support passif Radiello® sur une période de 14 jours entre le 5 et le 19 septembre 2019.

La campagne de prélèvement de sols a été réalisée le 19 septembre 2019.

Les prélèvements de poussières ont été réalisés sur plaquettes adhésives sur une période de 14 jours entre le 28 novembre et le 12 décembre 2019.

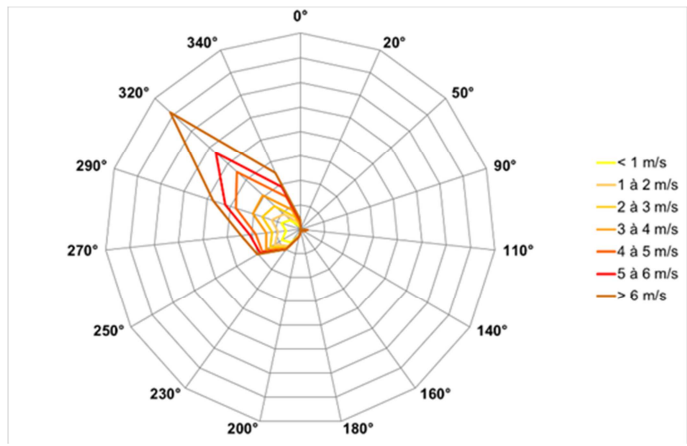
La méthodologie mise en œuvre et le détail des prélèvements sont consultables en **Annexe 4**.

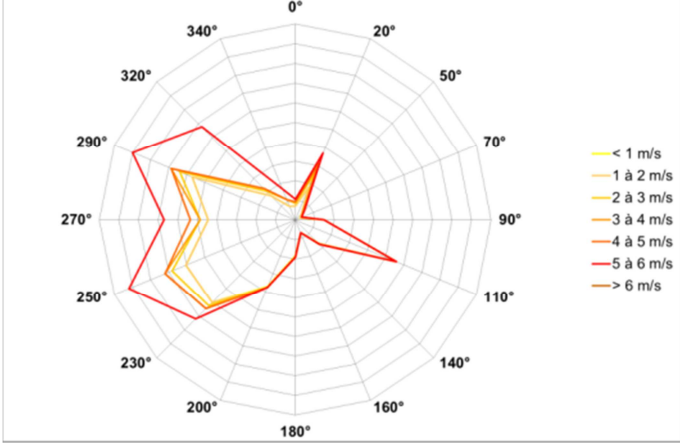
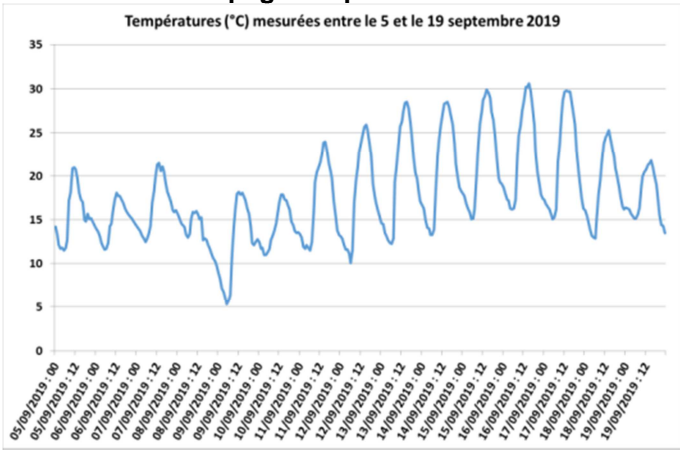
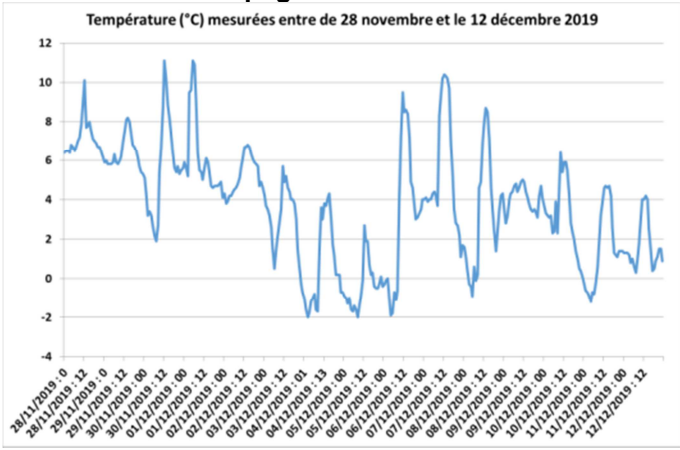
Les bulletins d'analyse du laboratoire TERA pour les analyses d'air et du laboratoire MICROPOLLUANT pour les sols sont consultables en **Annexe 5** et **Annexe 6** respectivement.

4.1.3.4 Conditions météorologiques durant la campagne

Les données de la station météorologique, présente sur le site TRIMET, ont été utilisées pour caractériser les conditions de vent pendant la campagne de prélèvement d'air. La station météo France de Saint-Jean-de-Maurienne a été utilisée pour collecter les données de pluviométrie et température.

Tableau 25 : Paramètres météorologiques relevés au cours de la campagne de mesure

Paramètre	Données	Observations
Vents		<p>Campagne sept 2019 : Vents majoritairement originaires d'un quart nord-ouest. Exposition aux éventuelles émissions du site attendue sur le secteur sud-est (points P5, P6, P10).</p> <p>Campagne nov-déc 2019 Lors de la campagne hivernale les vents inférieurs à 1 m/s représente 70 % des conditions météorologiques enregistrées sur la station du site</p>

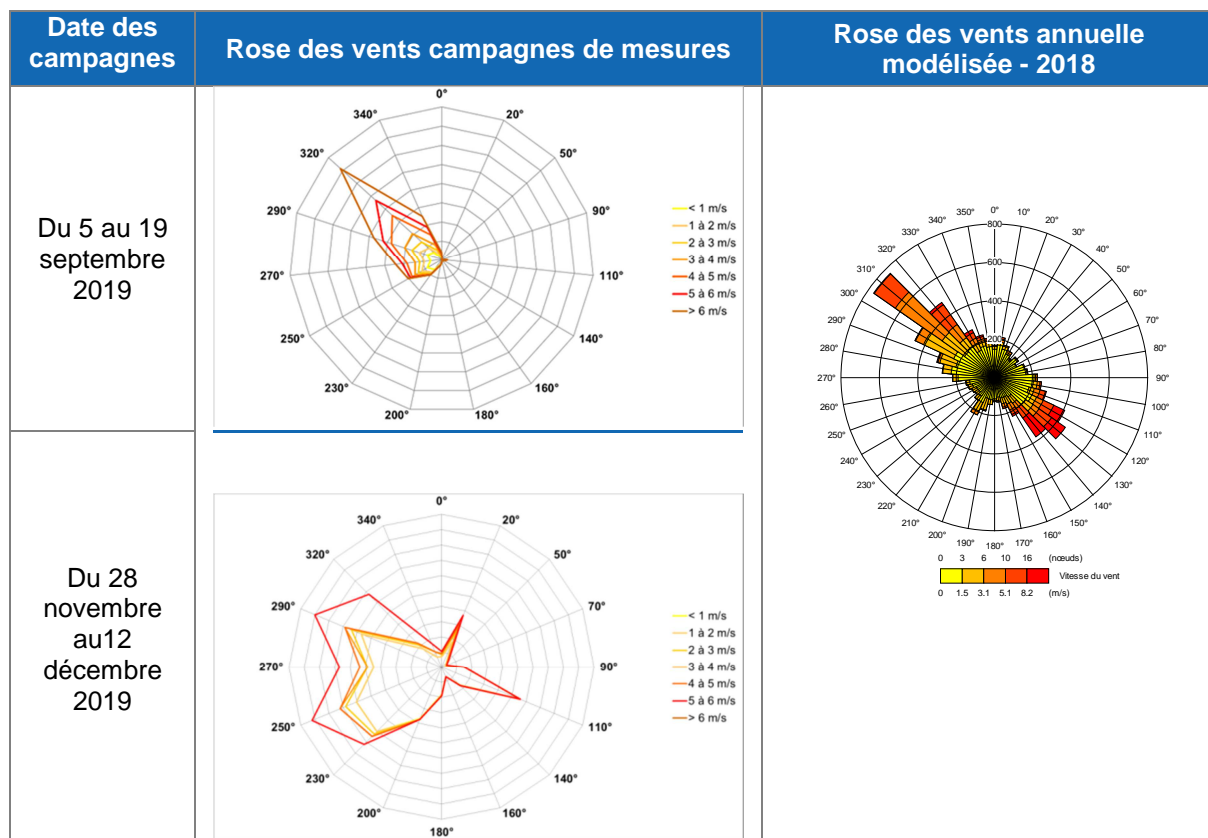
Paramètre	Données	Observations
		
<p>Pluviométrie</p>	<p>Aucune précipitation relevée sur les données disponibles.</p>	<p>Faibles précipitations constatées sur place par l'opérateur BURGEAP le 5 septembre 2019.</p>
<p>Température</p>	<p style="text-align: center;">Campagne septembre 2019</p> <p style="text-align: center;">Températures (°C) mesurées entre le 5 et le 19 septembre 2019</p>  <p style="text-align: center;">Campagne nov-déc 2019</p> <p style="text-align: center;">Température (°C) mesurées entre le 28 novembre et le 12 décembre 2019</p> 	<p>Les températures mesurées lors de la campagne de septembre ont été comprises entre 5,3°C et 30,6°C.</p> <p>Les conditions de températures ont été 9,5 % comprises dans la plage d'utilisation optimale des capteurs passifs (de 5 à 30 °C).</p> <p>Sur la période du 28 novembre au 12 décembre, les températures journalières ont été comprises entre -1 et 12°C.</p> <p>La température n'a pas d'influence sur les prélèvements de poussières (contrairement aux capteurs passifs pour les gaz).</p>

L'analyse des conditions météorologiques ayant été mesurée au cours de la campagne de prélèvement, conclut à :

- Des vents majoritairement originaires du nord-ouest suivant le sens de la vallée sur la campagne de septembre et des vents majoritairement très faible lors de la campagne de novembre-décembre 2019 ;
- Un cumul de précipitation de pluie quasi nul ;
- Des températures comprises entre 5,3°C et 30,6°C, optimales pour l'utilisation de préleveurs passifs sur la période du 5 au 19 septembre et entre -1 et 12 °C sur la campagne du 28 novembre au 12 décembre 2019. Ces températures basses sur la campagne hivernale a certainement entraîné une augmentation de l'utilisation du chauffage. Le chauffage au bois (ou assimilé) étant à l'origine notamment de poussières.

Les graphiques suivants représentent les roses des vents lors des campagnes de mesures et celle modélisée au droit du site pour l'année 2018 :

Tableau 26 : Comparaison des roses des vents



- On constate que lors de la première campagne, le vent a été exclusivement de secteur nord-ouest. Ce secteur des vents correspond à l'un des secteurs principaux des vents présents sur la zone. La campagne de mesures réalisée en septembre sur les composés gazeux est donc représentative d'un des 2 secteurs de vents majoritaires sur la zone.
- Durant la campagne hivernale, on constate que les vents sont majoritairement très faibles (plus de 50 % du temps lors de la campagne de mesures). Les conditions de vents étaient particulièrement peu dispersives lors de cette campagne de mesures. Ces conditions peu dispersives (vitesse de vents < 1 m/s) représentent 45 % des conditions de vents présents sur la zone sur une année. Cette campagne hivernale est donc représentative de conditions présentes presque la moitié du temps dans l'année sur la zone.

4.2 Évaluation de la compatibilité des milieux

L'interprétation de l'état des milieux (IEM) est réalisée dans le présent rapport suivant les recommandations méthodologiques du guide « La démarche d'Interprétation de l'Etat des Milieux » du Ministère en charge de l'environnement version 0 mis en application le 8/02/07.

L'interprétation des mesures réalisées repose donc sur une comparaison successive :

- à l'état naturel de l'environnement, celui-ci se composant d'un bruit de fond géochimique et d'un bruit de fond anthropique lié à l'activité humaine non spécifique au site pour les sols ;
- aux valeurs réglementaires pour la gestion pertinente des milieux.

Lorsque la comparaison à l'état des milieux naturels montre une dégradation des milieux et que les valeurs de gestion ne sont pas disponibles, la question de savoir dans quelle mesure cet état dégradé des milieux peut compromettre ou non son usage se pose.

Dans ce cas, l'interprétation repose sur la réalisation d'un calcul d'EQRS (évaluation quantitative des risques sanitaires) tel que décrit dans le guide du Ministère chargé de l'environnement avec une grille de calcul et une interprétation des résultats spécifique.

Les valeurs de référence sur lesquelles s'appuie l'évaluation de la dégradation des milieux sont décrites en **Annexe 7**.

4.2.1 Évaluation de la dégradation attribuable à l'installation

Si l'installation étudiée est en exploitation et que ses émissions sont maîtrisées, l'interprétation des résultats de mesures dans l'environnement peut permettre de déterminer si ses émissions (passées et présentes) ont un impact significatif sur les teneurs de polluants dans les milieux.

4.2.1.1 Milieu sol

Les tableaux ci-après présentent la comparaison des concentrations mesurées dans les sols aux valeurs de comparaison disponibles.

Tableau 27 : Comparaison des résultats aux valeurs de référence – sols superficiels

Composé	N° CAS	Unité	Teneurs totales en éléments traces dans les sols (France) Données issues du programme ASPITET de l'INRA ¹	ATSDR ² , 1995 Teneurs naturelles dans les sols ruraux ou agricoles	Concentrations ubiquitaires (France) Données issues du Bureau de recherches géologiques et minières (2013)	Campagne de prélèvements						
						Points proches du site (- de 500m)			Points éloignés du site (> 1000m)			
						P5S*	P21S	P1S	P6S	P10S	P2S	
PCCDD/DF	PCDD/DF	pgTEQ/g MS	-	-	2 - 8	0.23	3.9	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	1.0	<i>n.a.</i>	
Métaux	Arsenic (As)	7440-38-2	mg/kg MS	1-25	-	-	19	12	12	14	16	22
	Cadmium (Cd)	7440-43-9	mg/kg MS	0,7-2	-	-	0.14	0.61	0.26	0.42	0.28	0.28
	Chrome VI (Cr)	7440-47-3	mg/kg MB	-	-	-	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	0.88	<0,25
	Nickel (Ni)	7440-02-0	mg/kg MS	60-130	-	-	63	38	59	50	33	58
	Plomb (Pb)	7439-92-1	mg/kg MS	9-50	-	-	22	62	24	28	48	37
HAP	Fluoranthène	206-44-0	mg/kg MS	-	<0,21	-	0.13	3.0	0.36	0.59	0.29	0.17
	Benzo(a)anthracène	56-55-3	mg/kg MS	-	<0,11	-	0.09	2.6	0.19	0.38	0.15	0.08
	Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	mg/kg MS	-	<0,22	-	0.24	13	0.45	0.89	0.34	0.19
	Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	mg/kg MS	-	<0,25	-	0.07	3.1	0.13	0.28	0.09	0.05
	Benzo(a)pyrène	50-32-8	mg/kg MS	-	<1,3	-	0.14	5.1	0.23	0.43	0.19	0.09
	Dibenzo(ah)anthracène	53-70-3	mg/kg MS	-	<0,01	-	0.04	1.2	0.06	0.11	0.05	0.02
	Indeno(123cd)pyrène	193-39-5	mg/kg MS	-	<0,1	-	0.09	4.8	0.15	0.28	0.12	0.05
Benzo(ghi)pérylène	191-24-2	mg/kg MS	-	<0,07	-	0.09	5.0	0.15	0.29	0.12	0.06	
						Concentrations maximales - Suivis annuels 2016 à 2018						
						V1	V2	V3	V4	V5	V7	
	Fluor	7782-41-4	mg/kg MS	-	-	-	352	348	237	328	280	220

En gras : valeur analytique supérieure à la valeur de comparaison

* S pour Superficiel

n.a. : non analysé

¹ ASPITET : Apports d'une Stratification Pédologique pour l'Interprétation des Teneurs en Eléments Traces de l'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique). « Teneurs totales en éléments traces dans les sols - Gammes de valeurs "ordinaires" et d'anomalies naturelles » (<http://etm.oreans.inra.fr/gammes3.htm>).

Caractérisation des sols d'après la base de données "Geochemical Atlas of Europe" <http://weppi.gtk.fi/publ/foregsatlas/>

² Agency for Toxic Substances and Disease Registry, USA

Tableau 28 : Comparaison des résultats aux valeurs de référence – sols racinaires

Composé	N° CAS	Unité	Teneurs totales en éléments traces dans les sols (France) Données issues du programme ASPITET de l'INRA ¹	ATSDR ² , 1995 Teneurs naturelles dans les sols ruraux ou agricoles	Campagne de prélèvements						
					Points proches du site (- de 500m)			Points éloignés du site (> 1000m)			
					P5P*	P21P	P1P	P6P	P10P	P2P	
PCCDD/DF	PCDD/DF	pg/g MS	-	-	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>
Métaux	Arsenic (As)	7440-38-2	mg/kg MS	1-25	-	17	18	15	14	17	21
	Cadmium (Cd)	7440-43-9	mg/kg MS	0,7-2	-	<0,1	0.51	0.40	0.28	0.32	0.35
	Chrome VI (Cr)	7440-47-3	mg/kg MB	-	-	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
	Nickel (Ni)	7440-02-0	mg/kg MS	60-130	-	59	46	55	47	34	60
	Plomb (Pb)	7439-92-1	mg/kg MS	9-50	-	21	64	36	30	50	45
HAP	Fluoranthène	206-44-0	mg/kg MS	-	<0,21	0.11	4.1	0.58	0.51	0.42	1.1
	Benzo(a)anthracène	56-55-3	mg/kg MS	-	<0,11	0.061	2.9	0.29	0.3	0.25	0.15
	Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	mg/kg MS	-	<0,22	0.15	14	0.64	0.75	0.47	0.41
	Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	mg/kg MS	-	<0,25	0.04	3.7	0.19	0.21	0.14	0.15
	Benzo(a)pyrène	50-32-8	mg/kg MS	-	<1,3	0.09	5.8	0.34	0.35	0.28	0.13
	Dibenzo(ah)anthracène	53-70-3	mg/kg MS	-	<0,01	0.02	1.2	0.09	0.088	0.07	0.03
	Indeno(123cd)pyrène	193-39-5	mg/kg MS	-	<0,1	0.06	5.5	0.21	0.22	0.17	0.09
Benzo(ghi)pérylène	191-24-2	mg/kg MS	-	<0,07	0.06	5.70	0.22	0.23	0.16	0.08	

En gras : valeur analytique supérieure à la valeur de comparaison

* P pour Profond

n.a. : non analysé

¹ ASPITET : Apports d'une Stratification Pédologique pour l'Interprétation des Teneurs en Eléments Traces de l'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique). « Teneurs totales en éléments traces dans les sols - Gammes de valeurs "ordinaires" et d'anomalies naturelles » (<http://etm.orleans.inra.fr/gammes3.htm>).

Caractérisation des sols d'après la base de données "Geochemical Atlas of Europe" <http://weppi.gtk.fi/publ/foregsatlas/>

² Agency for Toxic Substances and Disease Registry, USA

L'analyse des concentrations mesurées comparées aux valeurs de bruit de fond nationales et internationales permet de conclure que pour les sols superficiels, comme pour les sols racinaires:

- Il n'y a pas de dégradation du milieu sol en lien avec le site pour les dioxines et furannes, l'arsenic, le cadmium et le nickel ;
- Pour le plomb, on constate que les concentrations mesurées se situent dans la gamme de concentrations rencontrées dans les sols français, excepté au point P21 situé au nord-ouest du site.
- Pour les HAP, on constate que les concentrations mesurées sur l'ensemble de la zone sont supérieures à la gamme de concentrations rencontrées dans les sols ruraux et agricoles au moins sur un point. Seul le point P5, situé à moins de 500 m du site et sous influence de ce dernier, présente des concentrations inférieures à celles habituellement mesurées dans les sols agricoles.

Le point P21 situé à 200 m des limites de propriété du site, au nord-est de ce dernier présente les concentrations les plus fortes dans les sols superficiels.

- Une dégradation vis-à-vis du plomb et des HAP est possible au droit du point P21, et vis-à-vis des HAP uniquement, au droit des autres points qu'ils soient proches ou éloignés (excepté le point P5).

Aucune valeur de comparaison pour le chrome VI dans les sols n'est disponible dans la littérature. Toutefois ce composé n'a été détecté au-delà de la limite de quantification qu'au droit du point P10S, le plus éloigné au sud-est du site. On peut donc raisonnablement écarter un impact du site sur ce point.

Aucune valeur de référence pour le fluor n'est disponible dans les sols. Dans une approche majorante, un calcul de risques utilisant la grille de calcul IEM sera effectué en s'appuyant sur la valeur toxicologique de référence applicable.

Ces dépassements des valeurs de comparaison indiquent une contamination anthropique, mais pas forcément une préoccupation sanitaire. A défaut de valeurs réglementaires dans les sols, l'impact de ces dépassements pourra être apprécié au regard des résultats des calculs de risques sanitaires.

4.2.1.2 Milieu air

Le tableau ci-après présente la comparaison des concentrations mesurées dans l'air aux valeurs de référence.

Tableau 29 : Comparaison des résultats aux valeurs de référence - air

Composé	Unité	Bruit de fond - synthèse données AASQA ¹	Bruit de fond logements - extérieur ²	Mesures AASQA		Campagne de mesures							
		INERIS, 2009	OQAI, 2006	Saint Jean de Maurienne		Points proches du site (- de 500m)				Points éloignés du site (> 1000m)			
				2018	Moyenne lors de la campagne de mesures	P5	P21	P1	P20	P6	P8	P10	P2
Acide Fluorhydrique (HF)	µg/m ³	-	-	-	-	2,4	0,31	0,12	<i>n.a.</i>	0,66	0,33	0,47	0,17
Dioxyde d'azote (NO ₂)		Rural : 1-18	-	12,6	4,3	9,66	7,56	9,76	<i>n.a.</i>	7,2	7,2	7,91	5,25
Dioxyde de soufre (SO ₂)		Rural : 2-5	-	6,7	4,7	13,6	2,26	1,15	<i>n.a.</i>	4,34	3,03	3,82	0,92
PM10		Rural : 16	-	15,9	14,3	23,3	32,3	20,8	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	15,0	<i>n.a.</i>
Naphtalène		Urbain : 0,009	-	-	-	0,05	0,04	0,05	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	0,01	<i>n.a.</i>
Benzene	µg/m ³	Rural : 0,5-1,2	2,2	-	-	0,4	0,37	0,4	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	0,5	<i>n.a.</i>
Toluene		Urbain : 1,2-15	9	-	-	0,65	0,59	0,72	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	0,61	<i>n.a.</i>
m+p - Xylène		Urbain : 1-3,1	5,6	-	-	0,63	0,38	0,54	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	0,49	<i>n.a.</i>
Décane		-	4,6	-	-	2,3	2,08	1,93	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	0,91	<i>n.a.</i>
Dodécane		-	-	-	-	1,91	1,53	0,82	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	0,44	<i>n.a.</i>
1-Nonene		-	-	-	-	0,38	0,67	0,31	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	0,47	<i>n.a.</i>
Aliphatiques C6-C7	µg/m ³	-	-	-	-	1,01	0,93	0,93	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	0,97	<i>n.a.</i>
Aliphatiques >C7-C8		-	-	-	-	0,87	1,14	0,79	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	0,94	<i>n.a.</i>
Aliphatiques >C8-C10		-	-	-	-	4,25	4,3	4,39	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	2,65	<i>n.a.</i>
Aliphatiques >C10-C12		-	-	-	-	3,06	2,67	1,46	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	0,63	<i>n.a.</i>
Aromatiques C6-C7		-	-	-	-	0,4	0,37	0,4	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	0,5	<i>n.a.</i>
Aromatiques >C7-C8		-	-	-	-	0,65	0,59	0,72	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	0,61	<i>n.a.</i>
Aromatiques >C8-C10		-	-	-	-	2,26	1,6	2,15	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	1,87	<i>n.a.</i>
Aromatiques >C10-C12		-	-	-	-	0,81	0,81	0,77	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	0,47	<i>n.a.</i>
Concentrations maximales - Suivis annuels 2016 à 2018													
Fluor	µg/m ³	-	-	-	-	0,36	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>	0,46	<i>n.a.</i>	0,41	<i>n.a.</i>	<i>n.a.</i>

En gras : valeur analytique supérieure à la valeur de comparaison

n.a. : non analysé

¹ Décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 (transposition directive 2008/50/CE du 21 mai 2008)

² Air Quality Guideline for Europe 2001 & 2005

¹ Inventaire des données dans l'air ambiant, l'air intérieur, les eaux de surfaces et les produits destinés à la consommation humaine en France, rapport DRC-08-94882-15772A. INERIS, 2009

² Observatoire de la qualité de l'air intérieur, campagne nationale Logements : Etat de la qualité de l'air dans les logements français, 2006

³ COV spécifiés sur la base des fractions hydrocarbures détectées

L'analyse des concentrations mesurées montre que :

- Il n'y a pas de dégradation du milieu air en lien avec le site pour le benzène, le toluène, les xylènes, les hydrocarbures aliphatiques en C10-C12 ainsi que le dioxyde d'azote ;
- Lors de la campagne des composés gazeux, le point P5 a été majoritairement sous l'influence des vents du site et présente les teneurs maximales mesurées en acide fluorhydrique et dioxyde de soufre.
- Pour le dioxyde de soufre, on constate que les mesures réalisées par BURGEAP et celles de la station ATMO se situent dans la gamme de concentrations de ce qui est mesuré en milieu rural excepté au point P5 (commune de Villargondran). Ce point a majoritairement été sous l'influence des vents du site pendant la campagne.
- Pour les poussières, les concentrations mesurées lors de la campagne de mesures sont supérieures à la valeur du bruit de fond rural excepté au point 10. Lors de cette campagne de mesures (réalisée en décembre), les vents très faibles n'ont pas permis une bonne dispersion des poussières. Les capteurs ont pu être sous l'influence de plusieurs sources présentes sur la zone dont celles du site mais également par l'ensemble des autres sources telles que le chauffage urbain (période froide lors de la campagne de mesures de poussières), le trafic routier ou encore les installations d'exploitation des matériaux. On constate que les concentrations mesurées par a station ATMO lors de cette campagne sont du même ordre de grandeur que ce qui est mesuré au point 10.

La comparaison aux valeurs de référence permet de conclure que :

- Il n'y a pas de dégradation du milieu air en lien avec le site concernant les COV (benzène, toluène, xylène, HCT), les NOx et pour lesquels une valeur de comparaison existe.
- Une dégradation est possible uniquement pour l'acide fluorhydrique, le naphthalène et le dioxyde de soufre au droit du point P5 et sur l'ensemble des points de mesures pour les PM10 excepté le point situé sur la commune de Saint Martin la Porte.

Aucune valeur de comparaison pour les hydrocarbures dans l'air (non spécifiés) n'est disponible dans la littérature excepté pour les aliphatique en C10-C12, ni pour le HF.

4.2.1.3 Milieu légumes

L'impact du site en fluor dans la matrice végétale n'est pas démontré par les résultats récents du suivi environnemental. Toutefois, le fluor étant un marqueur des activités de l'usine et en l'absence de données complémentaires sur ce milieu, un calcul de risques selon la grille de calcul IEM sera mené. La valeur toxicologique de référence applicable pour la voie ingestion sera utilisée.

4.2.2 Comparaison aux valeurs réglementaires

La comparaison aux valeurs réglementaires permet de juger de la qualité des milieux au regard des références relatives à la protection de la santé des populations et en fonction des usages.

Pour le milieu sol et le milieu légumes, il n'existe pas de valeur de gestion ni de valeur règlementaire.

Pour le milieu air, le tableau suivant présente la comparaison des concentrations mesurées aux valeurs de gestion pour les composés ayant entraîné une dégradation du milieu.

Tableau 30 : Comparaison aux valeurs de gestion - air

Polluants	Concentration moyenne annuelle ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	Valeur de référence	Concentration maximale mesurée
Acide fluorhydrique	Valeur guide ¹ = 1	2,4
Dioxyde de soufre (SO₂)	Valeur réglementaire ² = 50	13,6

En gras : Valeur analytique dépassant la valeur réglementaire

¹ OMS, *Air Quality Guideline for Europe 2001 & 2005*

² Décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 (transposition directive 2008/50/CE du 21 mai 2008)

Pour le SO₂, la concentration maximale mesurée est inférieure à la valeur réglementaire.

Pour l'acide fluorhydrique, la concentration maximale mesurée dépasse la valeur guide de l'OMS au point P5 uniquement. Il faut toutefois noter, que cette valeur guide de 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ est construite pour prévenir des effets sur le bétail et les végétaux (cf Air Quality guidelines for Europe – 2000 - OMS). Cette valeur guide protège également la population.

L'état du milieu pour ce composé est incompatible avec les usages actuels en ce seul point.

Tableau 31 : Réglementation des PM10 - Décret 2010-1250 du 21 octobre 2010 et période de mesures

Période de référence	Objectif de qualité	Date d'application
Année civile (1er janvier au 31 décembre)	Moyenne annuelle : 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
Période de référence	Valeur limite pour la protection de la santé humaine	Date d'application
Année civile (1er janvier au 31 décembre)	Centile 90,4 : (à partir des valeurs moyennes journalières) : 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (35 jours de dépassements autorisés)	2005
Année civile (1er janvier au 31 décembre)	Moyenne annuelle : 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2005
Période de référence	Concentration maximale mesurée ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-
Mesure (Nov déc 2019)	32,5	

Pour les particules, la concentration maximale mesurée dépasse l'objectif de qualité de l'air mais est inférieure à la valeur limite pour la protection de la santé humaine. Cette valeur est dépassée au point 21, implanté au niveau du lieu-dit Echaillon (commune d'Hermillon). L'état du milieu pour ce composé est incompatible avec les usages actuels en ce seul point.

4.2.3 Calculs d'interprétation de l'état des milieux

Les principes généraux des calculs d'IEM sont reportés en **Annexe 8**.

Les niveaux de risques sont exprimés sous la forme d'un quotient de danger (QD) pour les effets à seuil, et d'un excès de risque individuel (ERI) pour les effets sans seuil. Le mode de calcul de ces indicateurs et les valeurs de référence associées sont détaillés en **Annexe 8** également. Les paramètres d'exposition retenus y sont également exposés. Les calculs présentés ci-après ne concernent que les enfants (calcul majorant en termes de voie d'exposition par ingestion). Concernant les sols, seuls les sols superficiels susceptibles d'être ingérés ont été considérés.

Les résultats de la comparaison aux valeurs de quantification partielle des risques sont interprétés selon les critères définis dans le guide IEM (2007), repris dans le tableau ci-dessous. L'interprétation est faite substance par substance et milieu par milieu, les conclusions pouvant être différentes selon les substances et les voies d'exposition :

Tableau 32 : Tableau d'interprétation des résultats de l'IEM

Intervalle de gestion des risques	Interprétation
QD < 0,2 ERI < 1. 10 ⁻⁶	L'état des milieux est compatible avec les usages
0,2 < QD < 5 1.10 ⁻⁶ < ERI < 1.10 ⁻⁴	Milieu vulnérable. Zone d'incertitude nécessitant une réflexion plus approfondie
QD > 5 ERI > 1.10 ⁻⁴	L'état des milieux n'est pas compatible avec les usages

NB : Les couleurs présentées dans ce tableau sont celles reprises dans le tableau suivant.

Les niveaux de risques pour les substances pour lesquelles une dégradation des milieux est observée sont présentés ci-dessous :

Tableau 33 : Quotients de Danger et Excès de Risque Individuel calculés (milieu sol)

Composé	Concentration maximale de la substance dans le sol	VTR (seuil d'effet)	VTR (sans seuil d'effet)	QD	ERI
	mg/kg	mg/kg/j	(mg/kg/j) ⁻¹	(Quotient de danger)	(Excès de risque individuel)
METAUX ET METALLOIDES					
Chrome VI (Cr)	0,9	0,0009	5,00E-01	0,01	2,1E-07
Plomb (Pb)	61,5	0,00063	8,50E-03	0,5	2,5E-07
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES					
Fluoranthène	3,0	0,04	1,00E-03	0,0004	1,4E-09
Benzo(a)anthracène	2,6	-	1,00E-01		1,2E-07
benzo(b)fluoranthène	13,0	-	1,00E-01		6,1E-07
benzo(k)fluoranthène	3,1	-	1,00E-01		1,5E-07
Benzo(a)pyrène	5,1	0,0003	1,00E+00	0,09	2,4E-06
Dibenzo(ah)anthracène	1,2	-	1,00E+00		5,6E-07
indeno(123cd)pyrène	4,8	-	1,00E-01		2,3E-07
benzo(ghi)pérylène	5,0	0,03	1,00E-02	0,001	2,4E-08

Les calculs de risques effectués sur le milieu sol mettent en évidence :

- des niveaux de risques conduisant à la compatibilité des milieux avec les usages actuels pour **8 des 10 composés considérés** ($QD < 0,2$ et $ERI < 10^{-6}$).
- des niveaux de risques conduisant à une incertitude quant à la compatibilité des milieux avec les usages actuels pour :
 - le plomb** ($0,2 < QD < 5$) ;
 - le benzo (a) pyrène** ($10^{-4} > ERI > 10^{-6}$).

Cette incertitude sur la compatibilité est présente uniquement en 1 point situé au niveau du lieu-dit de l'Echaillon (commune d'Hermillon). Il est à noter que le prélèvement est localisé en bord de route, et il est fort probable que les concentrations mesurées en ce point dans les sols, ne soient pas liées au site mais plutôt à des remblais présentant de fortes concentrations en métaux et HAP.

Tableau 34 : Quotients de Danger et Excès de Risque Individuel calculés (milieu air)

Composé	Concentration maximale de la substance dans l'air extérieur	VTR (seuil d'effet)	VTR (sans seuil d'effet)	QD (Quotient de danger)	ERI (Excès de risque individuel)
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$		
Aliphatiques C6-C7	1,01	3000	-	0,0003	
Aliphatiques >C7-C8	1,14	3000	-	0,0003	
Aliphatiques >C8-C10	4,39	1000	-	0,004	
Aliphatiques >C10-C12	3,06	1000	-	0,003	
Aromatiques >C8-C10	2,26	200	-	0,01	
Aromatiques >C10-C12	0,81	200	-	0,004	
Fluor	0,5	13	-	0,04	
Naphtalène	0,05	37	$5,6 \cdot 10^{-6}$	0,001	$2,2 \cdot 10^{-8}$

Les calculs de risques effectués sur le milieu air mettent en évidence des niveaux de risques conduisant à la compatibilité des milieux avec les usages actuels pour l'ensemble des composés considérés ($QD < 0,2$ et $ERI < 10^{-6}$).

Tableau 35 : Quotients de Danger et Excès de Risque Individuel calculés (milieu légumes)

Composé	Concentration maximale de la substance dans les salades	VTR (seuil d'effet)	VTR (sans seuil d'effet)	QD	ERI
	$\text{mg}/\text{kg PF}$	$\text{mg}/\text{kg/j}$	$(\text{mg}/\text{kg/j})^{-1}$	(Quotient de danger)	(Excès de risque individuel)
COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLICIQUES					
Fluor et fluorures	19	0,05	-	0,2	

Les calculs de risques effectués sur le milieu légumes mettent en évidence des niveaux de risques conduisant à la compatibilité des milieux avec les usages actuels pour le fluor ($QD < 0,2$).

Ce qu'il faut retenir

Milieu SOLS

L'état des milieux est compatible avec les usages identifiés pour 12 des 14 composés recherchés (As, Cd, Cr, Ni, dioxines, HAP (9 congénères) hors Benzo(a)pyrène.

Les niveaux de risques pour le plomb et le benzo(a)pyrène conduisent à une incertitude quant à la compatibilité des milieux avec les usages actuels ($0,2 < QD < 5$ et/ou $10^{-4} > ERI > 10^{-6}$) pour un point uniquement situé au nord-est du site sur le lieu-dit l'Echaillon. Pour rappel, les mesures sont réalisées sur des milieux intégrateurs de la pollution de l'ensemble des sources de la zone et pas uniquement que du site TRIMET.

Milieu AIR

L'état des milieux est compatible avec les usages identifiés pour 12 composés (NO₂, SO₂, benzène, toluène, xylènes, naphthalène, décane, dodécane et nonène, fluor, hydrocarbures aromatiques, hydrocarbures aliphatiques), sur les 14 composés analysés.

Pour l'acide fluorhydrique, les niveaux de risques pour la santé calculés sur la zone pour ce composé sont compatibles avec la présence de riverains. Toutefois la valeur guide de l'OMS construite pour protéger le bétail et les végétaux, est dépassée en 1 point. Cette concentration mesurée en ce point est non compatible par rapport aux usages d'élevages et de cultures.

La concentration de poussières mesurée au nord du site au lieu-dit de l'Echaillon (commune d'Hermillon) n'est pas compatible avec l'usage des milieux en ce point. A noter que la campagne de mesure a été réalisée dans des conditions météorologiques défavorables à la dispersion et en période froide (avec notamment les émissions de poussières liées au chauffage).

La mise en place de la surveillance des poussières et de l'acide fluorhydrique dans le cadre de la surveillance environnementale du site permettra d'évaluer plus finement les concentrations moyennes annuelles.

Milieu LEGUMES

L'état des milieux est compatible avec les usages identifiés.

5. Evaluation quantitative des risques sanitaires

L'Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) est une démarche visant à décrire et quantifier les risques sanitaires consécutifs à l'exposition de personnes à des substances toxiques. Elle s'applique depuis 2000 à l'analyse des effets potentiels liés à la toxicité des substances chimiques émises par les ICPE dans leur environnement. Elle est décrite dans le guide méthodologique de l'INERIS (2003) reprise dans la version de 2013) intitulé « Substances chimiques – évaluation des risques sanitaires dans les études d'impact des installations classées ».

Les 4 étapes fondamentales de l'évaluation quantitative des risques sanitaires ont été identifiées par le National Research Council (NRC) en 1983 :

- L'identification des dangers
- L'évaluation des relations dose-réponse
- L'évaluation de l'exposition
- La caractérisation du risque

Cette évaluation quantitative des risques sanitaires est réalisée pour le mode de fonctionnement futur de l'usine TRIMET en tenant compte des évolutions des installations mises en œuvre.

5.1 Identification des dangers

En termes sanitaires, un danger désigne tout effet toxique, c'est-à-dire un dysfonctionnement cellulaire ou organique lié à l'interaction entre un organisme vivant et un agent chimique, physique ou biologique. La toxicité d'un composé dépend de la durée et de la voie d'exposition de l'organisme humain. Différents effets toxiques peuvent être considérés.

Pour l'ensemble des substances identifiées lors de la phase précédente, les effets toxiques ont été collectés et notamment les effets cancérogènes (apparition de tumeurs), les effets mutagènes (altération du patrimoine génétique) ainsi que les effets sur la reproduction (reprotoxicité).

En ce qui concerne le potentiel cancérogène, différents organismes internationaux (l'OMS, l'Union Européenne et l'US-EPA) distinguent différentes catégories ou classes. Seule la classification de l'Union Européenne a un caractère réglementaire. C'est également la seule qui classe les substances chimiques quant à leur caractère mutagène et reprotoxique.

Tous les modes d'exposition ont été traités en effets chroniques, correspondant à de longues durées d'exposition (supérieures à 7 ans pour l'US-EPA et supérieures à 1 an pour l'ATSDR).

Pour rappel, l'ensemble des informations concernant le potentiel toxique des substances émises par le site sont reportées en **Annexe 2**.

5.1 Relation dose-réponse

5.1.1 Les valeurs toxicologiques de référence : VTR

La dose est la quantité d'agent dangereux mise en contact avec un organisme vivant. Elle s'exprime généralement en milligramme par kilo de poids corporel et par jour (mg/kg/j). Dans le cas de l'exposition par inhalation, la concentration s'exprime généralement en µg/m³.

L'évaluation quantitative de la relation entre la dose (ou la concentration) et l'incidence de l'effet néfaste permet d'élaborer la Valeur Toxicologique de Référence (VTR). Des VTR sont établies par diverses instances internationales ou nationales à partir de l'analyse des données toxicologiques expérimentales chez l'animal et/ou des données épidémiologiques. Ces VTR sont une appellation générique regroupant tous les types d'indices toxicologiques établissant une relation quantitative entre une dose et un effet (toxiques à seuil de dose) ou entre une dose et une probabilité d'effet (toxiques sans seuil de dose).

Selon les mécanismes toxicologiques en jeu, deux grands types d'effets toxiques peuvent être distingués :

- Les **effets à seuil** pour lesquels il existe un seuil d'exposition en dessous duquel l'effet néfaste n'est pas susceptible de se manifester. Il s'agit des effets toxiques non cancérogènes et des effets cancérogènes non génotoxiques.
- Les **effets sans seuil** (essentiellement les effets cancérogènes génotoxiques) pour lesquels il est difficile scientifiquement de définir de façon fiable un niveau d'exposition sans risque. La probabilité de survenue de l'effet néfaste croît avec l'augmentation de la dose.

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

Les VTR pour les **effets à seuil** sont exprimées en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour l'inhalation, avec des dénominations variables selon les pays et les organismes, les principales dénominations sont reprises ci-après :

- DJT (dose journalière tolérable - France)
- RfD (Reference Dose - US-EPA)
- RfC (Reference Concentration - US-EPA)
- ADI (Acceptable Daily Intake - US-EPA)
- MRL (Minimum Risk Level - ATSDR)
- REL (Reference Exposure Level - OEHHA)
- TDI (Tolerable Daily Intake - RIVM)
- CAA (Concentration dans l'Air Admissible - OMS)
- VTR : En France, la dénomination retenue par l'ANSES pour l'ensemble de ses valeurs est la dénomination générique « VTR » (Valeur Toxicologique de Référence).

Les **effets sans seuil de dose** sont exprimés au travers d'un indice représentant un excès de risque unitaire (ERU) qui traduit la relation entre le niveau d'exposition chez l'homme et la probabilité de développer l'effet. Les ERU sont définis à partir d'études épidémiologiques ou animales. Les niveaux d'exposition appliqués à l'animal sont convertis en niveaux d'exposition équivalents pour l'homme.

Cet ERU représente la probabilité supplémentaire de survenue de l'effet néfaste pour une exposition vie entière à une unité de dose donnée par rapport à une population non exposée. La dénomination proposée la plus classique est la suivante :

- L'excès de risque unitaire par inhalation : ERU_i en $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$.
- L'excès de risque unitaire par ingestion : ERU_o en $(\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$.

Pour chacune des substances, il est systématiquement pris en compte les effets à seuil et les effets sans seuil (cancérogènes), lorsqu'ils existent.

5.1.2 Critères de choix des VTR

La note d'information N° 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 est prise en compte pour la sélection des VTR.

- En l'absence de VTR établie par l'ANSES, en application de la note DGS/DGPR précitée, pour chaque substance, les différentes VTR actuellement disponibles seront recherchées de façon à discuter le choix réalisé sur les critères suivants :
- Les valeurs issues d'études chez l'homme par rapport à des valeurs dérivées à partir d'études sur les animaux. Par ailleurs, la qualité de l'étude pivot sera également prise en compte (protocole, taille de l'échantillon, ...)

- Les modes de calcul (degré de transparence dans l'établissement de la VTR) et les facteurs de sécurité appliqués constitueront également un critère de choix ;
- Les valeurs issues d'organismes reconnus (européens ou autres).
- Ainsi, en l'absence d'expertise nationale ou de VTR proposée par l'Anses, la VTR sera retenue selon l'ordre de priorité défini par la circulaire DGS/DGPR du 31/10/2014 à savoir :
 - La VTR la plus récente parmi les trois bases de données : US-EPA, ATSDR ou OMS sauf s'il est fait mention par l'organisme de référence que la VTR n'est pas basée sur l'effet survenant à la plus faible dose et jugé pertinent pour la population visée ;
 - Puis, si aucune VTR n'était retrouvée dans les 4 bases de données (Anses, US-EPA, ATSDR et OMS), la VTR la plus récente proposée par Santé Canada, RIVM, l'OEHHA ou l'EFSA.

5.1.3 Tableau de synthèse des VTR retenues

Les tableaux suivants regroupent les VTR associées à chaque composé, retenus pour l'étude avec le type, la cible, le facteur de risque, l'origine et la date de publication, pour les expositions par inhalation et par ingestion.

Tableau 36 : Synthèse des VTR retenues pour l'exposition par inhalation

Substance	Effet	Cible	Valeur	Source
Arsenic	A seuil	Système nerveux et cardiovasculaire	TCA = 0,015 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	OEHHA, 2008 retenu par INERIS, 2010
	Sans seuil	Effets reprotoxiques/Effets sur le développement	ERUi = $1,5 \cdot 10^{-4}$ $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	TCEQ, 2012 retenu par ANSES 2018
Cadmium	A seuil	Effets cancérigène	VTR = 0,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	ANSES -2012
		Système rénal	VTR = 0,45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Chrome VI	A seuil	Système respiratoire	Rfc = 0,03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	OMS, 2013
	Sans seuil	Cancer du poumon	ERUi = $4,0 \cdot 10^{-2}$ $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	IPCS, 2013 retenu par Anses, 2019
Manganèse	A seuil	Système nerveux	MRL = 0,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	ATSDR (2012)
Nickel	A seuil	Système respiratoire	MRL = 0,23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	TCEQ, 2011 retenu par Anses, 2018
	Sans seuil	Cancer du Poumon et du larynx	ERUi = $1,7 \cdot 10^{-4}$ $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	
Plomb	A seuil	Tumeurs rénales	ERUi = $1,2 \cdot 10^{-5}$ $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	OEHHA -2002
Sélénium	A seuil	Sélénose	REL = 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	OEHHA - 2001
Vanadium	A seuil	Système respiratoire	MRL = 0,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	ATSDR - 2012
Benzène	A seuil	Système immunitaire	MRL = 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	ANSES - 2008
	Sans seuil		ERUi = $2,6 \cdot 10^{-5}$ $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	ANSES - 2013
Naphtalène	A seuil	Système respiratoire et oculaire	VTR = 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	ANSES - 2013
	Sans seuil		ERUi = $5,6 \cdot 10^{-6}$ $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	

Substance	Effet	Cible	Valeur	Source
Acide Fluorhydrique	A seuil	Système osseux	REL = 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	OEHHA - 2003
Fluor	A seuil	Système osseux	REL = 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	OEHHA -2003
B(a)P	A seuil	Effets reprotoxiques/Effets sur le développement	RfC = 0,02 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	US-EPA - 2017
	Sans seuil		ERUi = 6,0.10 ⁻⁴ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	

Tableau 37 : Synthèse des VTR retenues pour l'exposition par ingestion

Substance	Effet	Cible	Valeur	Source
Arsenic	Sans seuil	Système cutané	ERUo = 1,5 (mg/kg/j) ⁻¹	USEPA - 1998
	A seuil		RfD = 0,00045 mg/kg/j	<i>Fobig 2009 retenu par INERIS, 2010</i>
Cadmium	A seuil	Système rénal	DHT = 2,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ soit 3,5.10 ⁻⁴ mg/kg/j	EFSA -2011
Chrome VI	A seuil	Système digestif	MRL = 9.10 ⁻⁴ mg/kg/j	ATSDR -2012
	Sans seuil	Carcinomes de l'estomac	ERUo= 0,42 (mg/kg/j) ⁻¹	OEHHA -2002
Nickel	A seuil	Diminution poids organes	RfD = 2,8.10 ⁻³ mg/kg/j	EFSA, 2015 retenu par Anses, 2018
Plomb	Sans seuil	Tumeurs rénales	ERUo =8,5 10 ⁻³ (mg/kg/j) ⁻¹	OEHHA -2002
	A seuil	Effets rénaux	Plombémie = 15 $\mu\text{g}/\text{l}$ soit une DJT de 0,63 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j}$	ANSES -2013
Sélénium	A seuil	Systèmes cutané et sanguin	MRL = 0,005 mg/kg/j	USEPA - 1993
Fluor	A seuil	Système osseux	MRL = 0,05 mg/kg/j	ATSDR -2003
B(a)P	Sans seuil	Effets reprotoxiques/Effets sur le développement	ERUo = 1,0 (mg/kg/j) ⁻¹	USEPA - 2017
	A seuil		RfD = 0,0003 mg/kg/j	
Dioxines / Furannes	A seuil	Effets reprotoxiques/Effets sur le développement	RfD = 7,0.10 ⁻¹⁰ mg/kg/j	USEPA - 1994

5.2 Evaluation des niveaux d'exposition

5.2.1 Estimation dans les milieux d'exposition

5.2.1.1 Modèle utilisé

L'objectif de la phase de modélisation est d'estimer les concentrations environnementales liées au fonctionnement du site, dans ses conditions d'exploitation futures, sur une période longue. L'expertise du site montre que les facteurs qui vont le plus jouer sur la dispersion des substances émises par le site sont la présence de relief et les conditions météorologiques rencontrées sur site, notamment la structure verticale de l'atmosphère. Il a donc été décidé de mettre en œuvre le modèle de dispersion ADMS 5, modèle gaussien spécialement développé pour évaluer l'impact des rejets atmosphériques d'une grande variété de sources industrielles sur des zones complexes. Développé depuis 15 ans par le Cambridge Environmental Research Consultant (CERC), cet outil numérique est largement utilisé et reconnu sur le territoire, en Europe et dans le monde entier. ADMS 5 est considéré par l'INERIS, l'InVS et l'US EPA comme la nouvelle génération (Advanced model) des modèles gaussiens de dispersion atmosphérique. Il a été validé par l'outil européen d'évaluation des modèles de dispersion : le « Model Validation Kit » [Hanna, 1999]. Il se base en effet sur les technologies et les connaissances les plus récentes dans le domaine. Une présentation des spécificités de ce logiciel est proposée en **Annexe 9**.

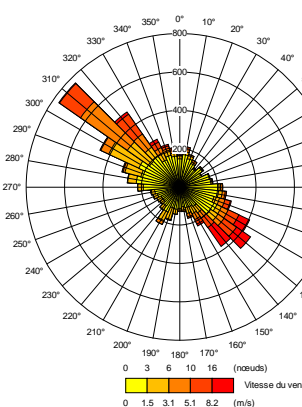
Compte tenu des caractéristiques des sources étudiées, du domaine d'étude et des objectifs de l'étude (étude d'impact sur du long terme), un modèle gaussien de nouvelle génération du type ADMS est un outil tout à fait adapté. Il est de plus couplé au modèle diagnostic linéarisé FLOWSTAR, qui permet de prendre en compte l'impact du relief et de l'occupation des sols sur les champs de vents et de turbulence.

5.2.1.2 Hypothèses de modélisation

Les différents paramètres retenus pour la modélisation de la dispersion atmosphérique des composés issus des différentes sources du site sont résumés dans le tableau ci-après :

Tableau 38 : Paramètres utilisés dans ADMS5 pour la modélisation

Paramètre	Données utilisées	Commentaire
Domaine de modélisation	<input checked="" type="checkbox"/> Domaine d'étude <input type="checkbox"/> Autre	Dimensions : Carré de 20 km de côté centré sur le site Résolution : 100 mètres
Données météorologiques locales	<input type="checkbox"/> Observations réelles <input checked="" type="checkbox"/> Données modélisées <input type="checkbox"/> Données statistiques	<input checked="" type="checkbox"/> Vitesse du vent <input checked="" type="checkbox"/> Direction du vent <input checked="" type="checkbox"/> Températures <input checked="" type="checkbox"/> Précipitations <input checked="" type="checkbox"/> Nébulosité totale <input type="checkbox"/> Paramètres de stabilité <input checked="" type="checkbox"/> Période considérée : 2018 <input checked="" type="checkbox"/> Fréquence des données : horaires
	Total des données utilisées	Nombre de données totales : 8 760 Nombre de données non utilisables : 0

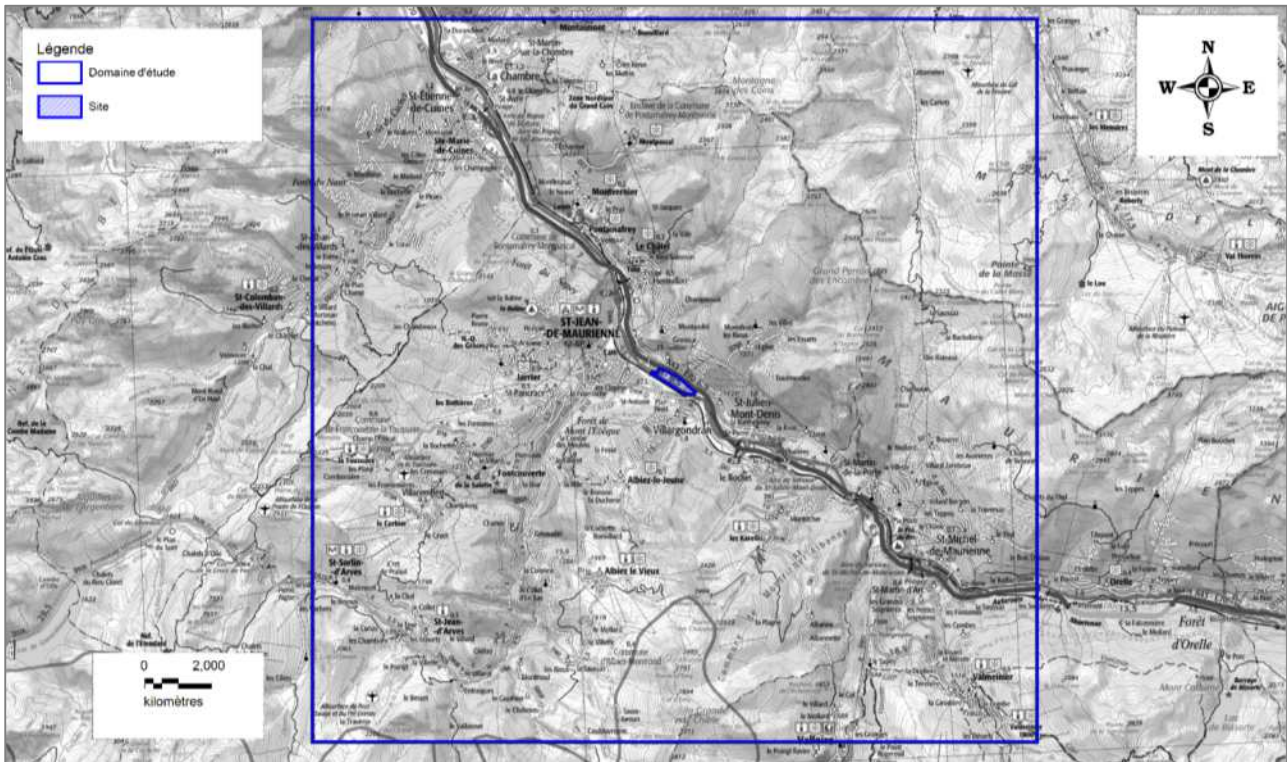


Paramètre	Données utilisées	Commentaire
	Conditions de vent calme : <input checked="" type="checkbox"/> Pris en compte <input type="checkbox"/> Non pris en compte	Vents réaffectés à la vitesse minimale prise en compte par le logiciel de modélisation (0,1 m/s)
Substances modélisées	<input checked="" type="checkbox"/> Gazeuses <input checked="" type="checkbox"/> Particulaires	Substances retenues (NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ , Fluor, HF, dioxines/furannes, HAP, Métaux) L'ensemble des particules sera considéré comme des PM ₁₀
Sources modélisées	<input checked="" type="checkbox"/> Ponctuelle : 21 <input type="checkbox"/> Linéique <input checked="" type="checkbox"/> Surfaccique : 2 <input checked="" type="checkbox"/> Volumique : 1 <input type="checkbox"/> Jet	<u>Caractéristiques des rejets</u> : voir tableaux 35 et 36 p70 « Caractéristiques physiques des rejets ». <u>Particularités des rejets</u> : les lanterneaux ont été considérés comme des rejets surfacciques avec une émission à 14 m de haut pour la série F et 15,4m pour la série G. Le bâtiment fonderie a été considéré comme une source volumique d'émissions pour les fours 1 à 6 En l'absence de mesures à l'émission, les vitesses d'éjection des émissions des lanterneaux ont été paramétrées à 0,8 m/s.
Variation temporelle	<input checked="" type="checkbox"/> Facteurs d'émissions annuels <input type="checkbox"/> Facteurs d'émissions horaires	Le site fonctionne 24h/24 et 7j/7. Les émissions annuelles ont été lissées sur l'année.
Nature des sols	<input type="checkbox"/> Fixe <input checked="" type="checkbox"/> Variable	Utilisation de données réelles
Topographie	<input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	La topographie a été intégrée dans la modélisation via les paramètres météorologiques locaux modélisés
Bâtiments obstacles	<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non	Non prise en compte des bâtiments comme obstacles.
Points récepteurs	<input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	Nombre : 7 Description : riverains les plus proches du site dans toutes les directions
Temps d'intégration	<input checked="" type="checkbox"/> Horaire <input type="checkbox"/> Autre	-
Paramètres calculés en sortie	<input checked="" type="checkbox"/> Concentration moyenne annuelle <input checked="" type="checkbox"/> Dépôt moyen annuel total (sec et humide)	Hauteur de calcul : 1,5 m au-dessus du sol pour les concentrations dans l'air ambiant au niveau des récepteurs. Dépôt moyen annuel total calculé au sol

► Définition du domaine d'étude

Le domaine d'étude retenu est **un carré de 20 km de côté, centré sur le site**. Ce domaine regroupe les principaux centres de populations et autres enjeux d'importance locale et correspond à la zone couverte par le plan de surveillance actuel. Cette surface permet de plus de n'écarter aucune zone potentiellement impactée.

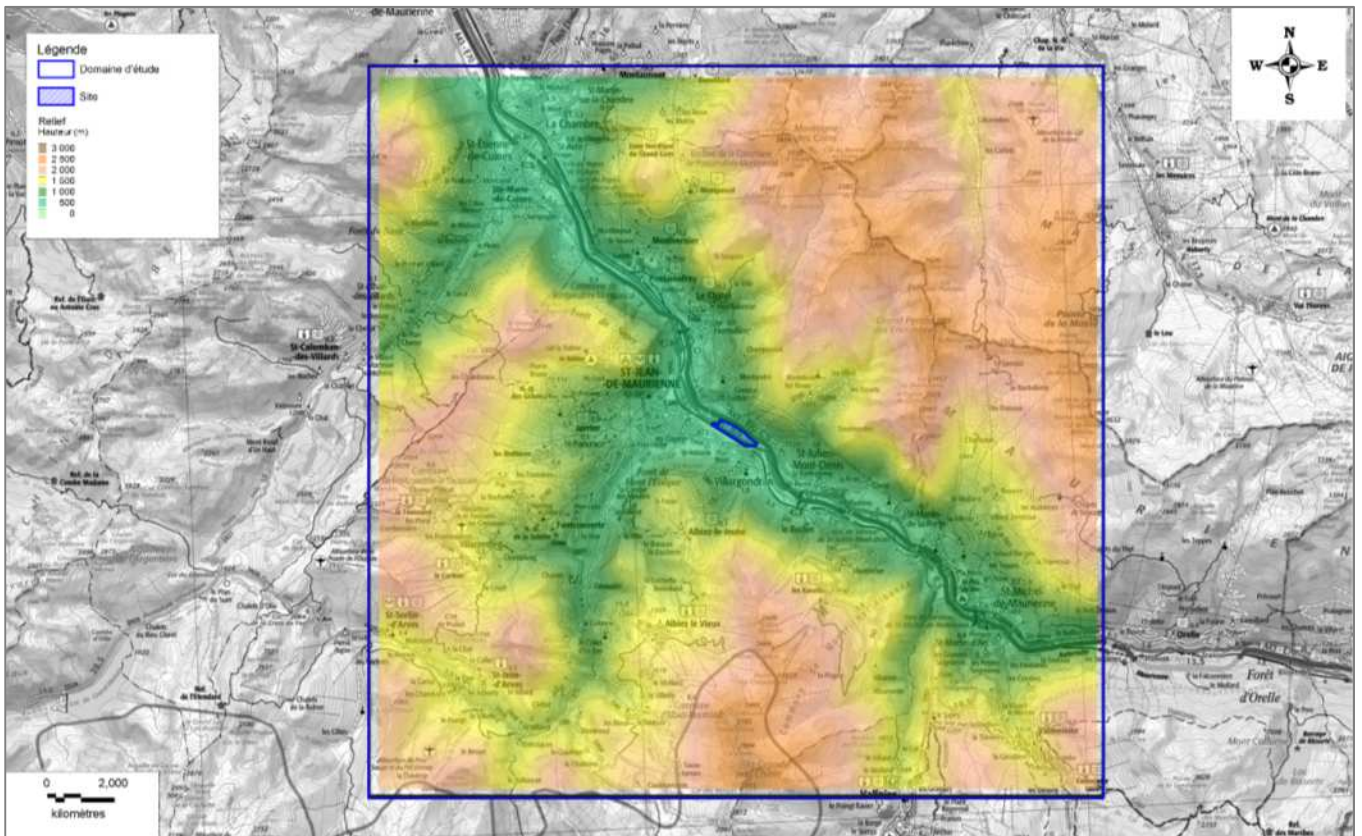
Figure 20 : Localisation du site et de la zone d'étude



► **Topographie et rugosité**

Le relief peut fortement influencer les champs de vent et de turbulence, et donc la répartition en surface des concentrations de polluants. La topographie de la zone va ainsi influencer la dispersion atmosphérique des polluants. Cette prise en compte est nécessaire du fait notamment des massifs bordant le site. Ce relief a été considéré au niveau de la modélisation des conditions météorologiques présentent au niveau du site.

Figure 21 : Relief de la zone



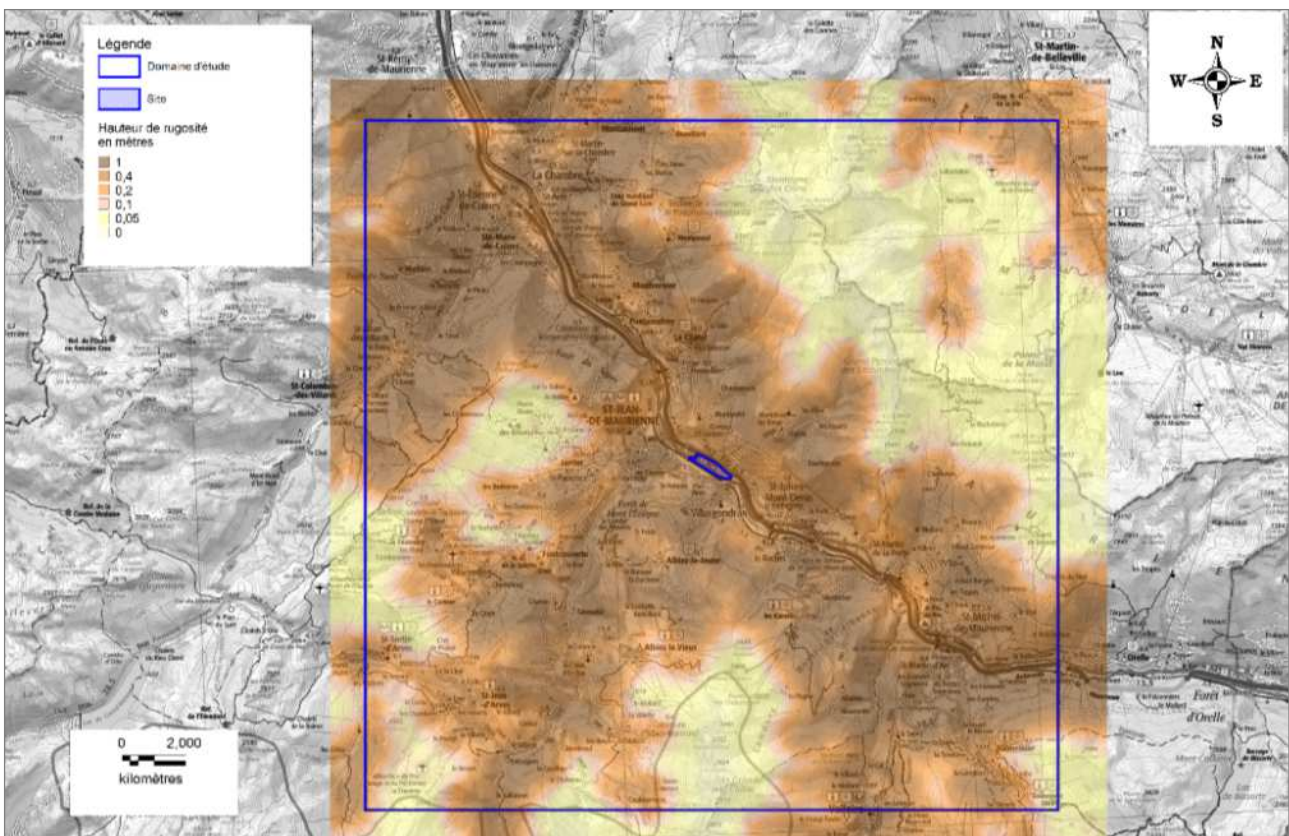
Source d'information : Institut national de l'information géographique et forestière

La nature des sols, pouvant influencer la progression des panaches, elle a été caractérisée grâce à un paramètre de rugosité. Ce paramètre, couramment utilisé dans les modèles de dispersion atmosphérique, représente la nature rugueuse des obstacles occupant le sol. Il a la dimension d'une longueur variant entre 10^{-3} mètres (surface désertique) et environ 1,5 m pour les sols urbains les plus denses.

Elle permet de tenir compte de la présence des différentes zones industrielles, urbaines, ou boisées (hauteur de rugosité jusqu'à 1 m).

La figure suivante illustre la rugosité utilisée sur le domaine pour cette étude.

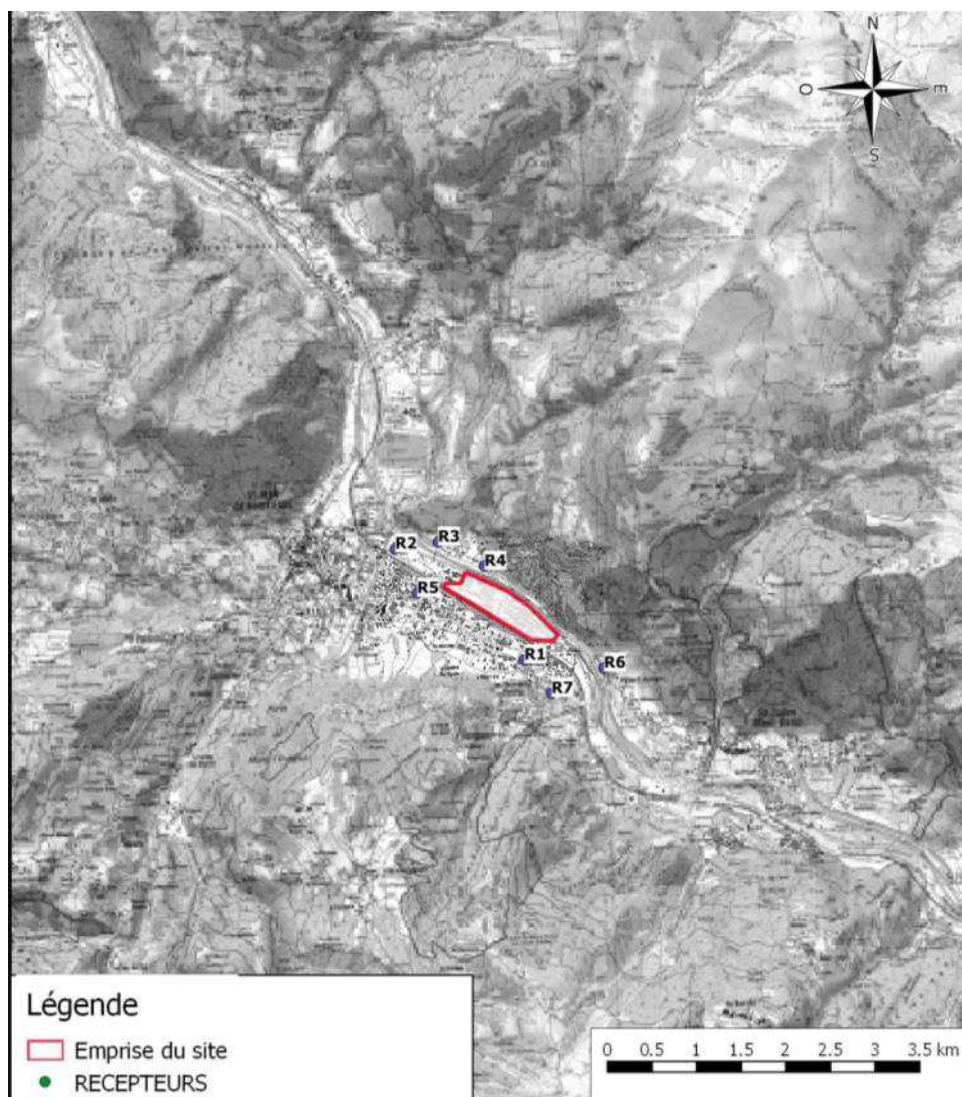
Figure 22 : Rugosité de la zone



Sourced'information : Institut national de l'information géographique et forestière

La figure ci-après indique la localisation des points récepteurs considérés dans l'étude :

Figure 23 : Localisation des récepteurs



► Caractéristiques physiques des rejets

Le tableau suivant résume les caractéristiques principales des rejets pris en compte dans la modélisation.

Tableau 39 : Caractéristiques physiques des sources des rejets atmosphériques – rejets canalisés

Source		Diamètre (m)	Vitesse (m)	Hauteur de rejet (m)
Secteur carbone	Cheminée CTF-FAC*	1,6	21,7	40,5
	Cheminée tour à pâte	0,51	22,8	10,55
Secteur électrolyse	CTG** F (4 rejets)	1,5	16,7	12,51
	CTG** G (12 rejets)	1,4	20,9	17,1
Secteur fonderie	Four 0	0,95	9,4	11
	Four 8/9	0,8	8,4	19
	Four 10/11	1,3	6,7	28

*CTF – FAC : Centre de Traitement des Fumées – Four à Cuire

**CTG F et G : Centre de Traitement des Gaz des séries F et G

Tableau 40 : Caractéristiques des rejets modélisés

Source	Diamètre (m)	Vitesse (m/s)	Hauteur de rejet (m)	Longueur (m)	Largeur (m)
CTF	1,6	21,7	40,5	-	-
TaP	0,55	22,6	10,55	-	-
CTG F (4 rejets)	1,5	16,7	12,5	-	-
CTG G (12 rejets)	1,4	20,9	17,1	-	-
Four 0	0,95	9,4	11	-	-
Four 8/9	0,8	8,4	19	-	-
Four 10/11	1,3	6,6	28	-	-
Bâtiments électrolyse (lanterneaux F et G)	-	0,8	14 et 15,4 respectivement	630 (au total)	25
Bâtiment fonderie	-	-	5	60	50

5.2.1.3 Résultats de la modélisation

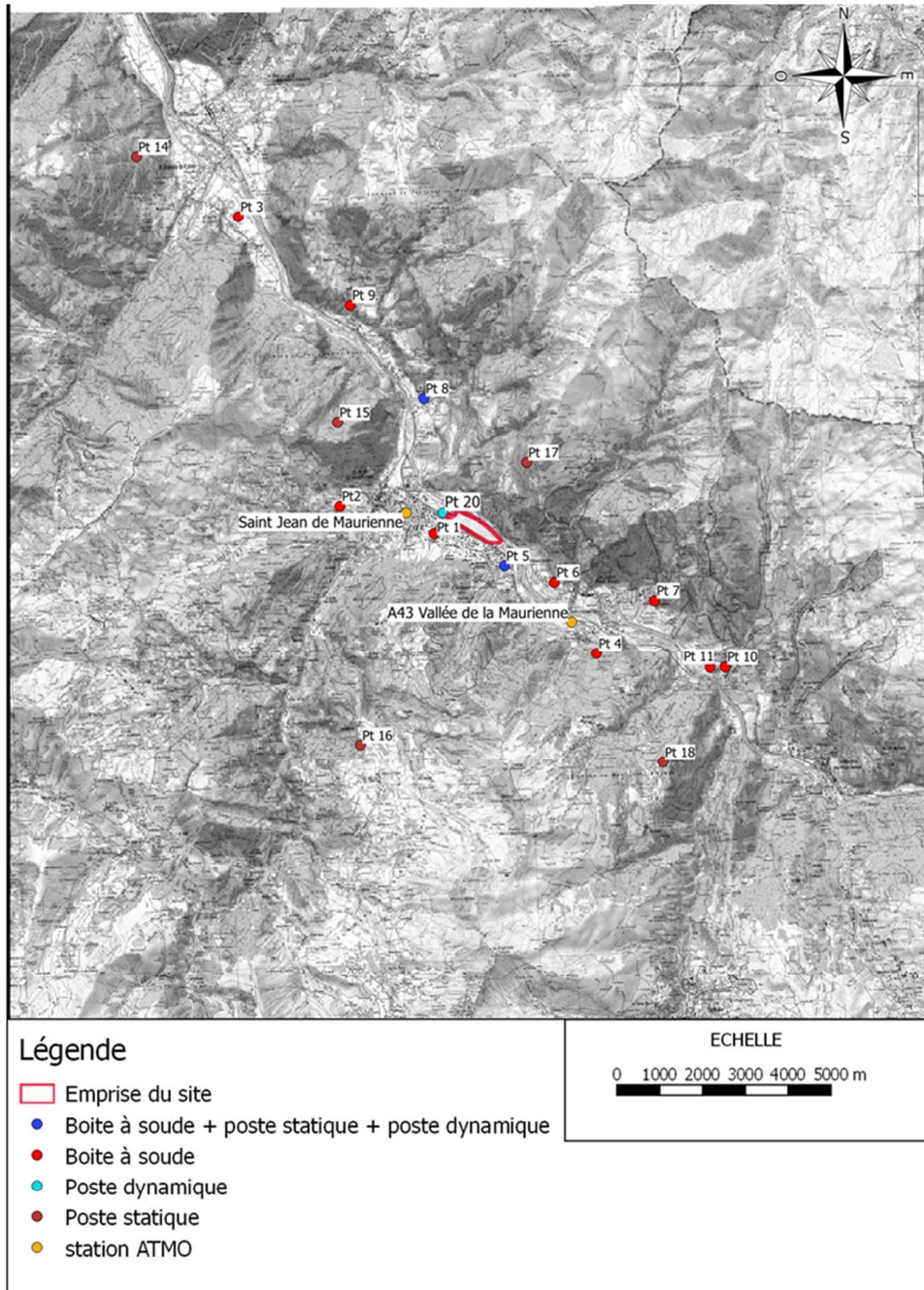
La modélisation de la dispersion atmosphérique des substances gazeuses et particulaires potentiellement émises par les différentes sources recensées sur le site a été réalisée à l'aide du logiciel ADMS 5,

Afin de s'assurer que les résultats fournis par le modèle soient cohérents avec la réalité, les résultats du modèle (intégrant les émissions actuelles du site) ont été comparés aux mesures disponibles dans l'environnement (plan de surveillance pour le fluor et campagne IEM pour les autres substances). Les tableaux suivant présentent ces comparaisons pour les concentrations de fluorures (Fluor inorganique + HF), de HF seul, et du SO₂ ainsi que pour les dépôts de fluor.

Les concentrations et dépôts de fluorures mesurés correspondent à la moyenne des mesures réalisées pour l'année 2018 dans le cadre de la surveillance environnementale du site (un prélèvement chaque mois de l'année) alors que les concentrations en HF et SO₂ correspondent aux mesures réalisées sur 2 semaines en septembre 2019.

Pour améliorer la lecture des tableaux, la figure ci-après localise les points de mesures cités dans les différents tableaux.

Figure 24 : localisation des points de mesures



Le tableau suivant présente les dépôts modélisés au niveau des points de surveillance environnementale du site pour le fluor :

Tableau 41 : Comparaison modèle / mesure – dépôt de fluor - 2018

Communes	Point de prélèvements	Dépôts de fluor ($\mu\text{g}/\text{dm}^2/\text{j}$)			
		Modélisé	Mesure Boîte à Soude	Mesure Statique	Ratio (modèle/mesure)
Saint-Jean-de-Maurienne	P1 (vallée)	8,6	1,6		5,4
Le Jarrier	P2 (vallée)	1,7	1,8		0,9
Villargondran	P5 (vallée)	24,2	12,4		2,0
Villarclement	P6 (vallée)	8,1	7,5		1,1
Montricher-Albanne	P4 (vallée)	2,6	1,5		1,7
Saint-Julien-Mont-Denis	P7 (vallée)	1,7	4,6		0,4
Saint-Martin-de-la-Porte	P10 (vallée)	0,9	3,2		0,3
Saint-Martin-de-la-Porte	P11 (vallée)	1	3,2		0,3
Hermillon	P8 (vallée)	1,5	3,6		0,4
Montvernier	P9 (vallée)	0,6	3,0		0,2
Sainte-Marie-de-Cuines	P3 (vallée)	0,3	2,0		0,2
Saint-Julien-Mont-Denis	P17 (altitude)	4,3		2,1	2
Jarrier	P15 (altitude)	1,8		1,0	1,8
Albiez-Montrond	P16 (altitude)	0,4		0,5	0,8
Montricher-Albanne	P18 (altitude)	0,8		0,7	1,3
Saint-Etienne-de-Cuines	P14 (altitude)	0,2		1,4	0,2

En gras : points pour lesquels une surestimation des dépôts modélisés est observée

Les dépôts modélisés au niveau des points de mesures du plan de surveillance du site montrent qu'en champ proche, ces derniers sont surestimés d'un facteur 1 à 2, excepté pour le point 1 pour lequel les dépôts sont surestimés d'un facteur 5 et les points 2 et 6 pour lesquels les dépôts modélisés sont cohérent avec la mesure. Par contre dès que l'on s'éloigne du site (à plus de 3 km), les dépôts modélisés en fond de vallée sont sous-estimés d'un facteur 3 voire plus. Il est fort probable que le modèle sous-estime les brises de fond de vallée et disperse moins les substances émises par le site d'où la surestimation des concentrations et dépôts en champ proche.

On constate la même tendance pour les points en altitude. Les points les plus proches sont surestimés d'un facteur 1 à 2, excepté pour le point 16 pour lequel le dépôt modélisé est cohérent avec la mesure. Le dépôt modélisé au point 14, situé à plus de 10 km du site, ne représente que 20 % de ce qui est mesuré.

Le tableau suivant présente les résultats du modèle et des mesures de concentrations pour les fluorures et le HF. Il est à noter que pour prendre en considération l'évolution de la forme chimique du fluor dans l'air, nous avons considéré que 75 % du fluor émis par les installations évoluait en HF dans l'air. Les autres 25 % restant sous forme de fluorures inorganiques¹⁶.

¹⁶ INERIS-DRC-08-83451-03119B.doc : la fiche relative à l'acide fluorhydrique spécifie que le fluor et les fluorures sont hydrolysés dans l'atmosphère pour former de l'acide de l'acide gazeux (Acide fluorhydrique ou HF). Il est reconnu que l'acide fluorhydrique réagit avec beaucoup de composés de l'atmosphère, présents sous forme d'aérosol ou de vapeur. Les différentes publications sur le sujet spécifient que la répartition respective acide fluorhydrique / fluorures inorganiques sous formes de particules dans l'air est estimée à 75% / 25%.

Tableau 42 : Comparaison modèle / mesure – concentration en fluorures et HF

Proximité au site	Point de mesures	Fluor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			HF ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
		Modélisée Moyenne 2018	Mesure dynamique année 2018	Ratio (modèle/mesure)	Modélisée – moyenne 2018	Capteur passif (campagne IEM) – sept 2019
Saint-Jean-de-Maurienne	P1 (vallée)	0,4	-	-	1,8	0,1
Saint Jean de Maurienne	P20 (vallée)	0,6	0,4	1,6	3,3	-
Le Jarrier	P2 (vallée)	0,1	-	-	0,4	0,2
L'Echaillon	P21 (vallée)	0,4	-	-	2,0	0,3
Villargondran	P5 (vallée)	0,7	0,3	2,4	1,8	2,4
Villarclément	P6 (vallée)	0,3	-	-	0,7	0,7
Hermillon	P8 (vallée)	0,06	0,1	0,7	0,2	0,3
Saint-Martin-de-la-Porte	P10 (vallée)	0,03	-	-	0,1	0,5

En gras : points pour lesquels une surestimation des dépôts modélisés est observée

Les résultats montrent que les concentrations modélisées de fluor sont surestimées d'un facteur 1 à 2 excepté pour le point P8 pour lequel on observe une sous-estimation de 30%.

Bien qu'il ne soit pas possible de comparer directement les concentrations modélisées sur 1 an et les mesures réalisées sur 15 jours, on peut toutefois constater des tendances entre les concentrations modélisées et celles mesurées. A la lecture de ces résultats, on constate que le modèle tend à surestimer les concentrations en HF sur les points P1, P2 et P21, et à être proche de ce qui est mesuré pour les points P5 et P8.

Le tableau suivant présente les concentrations en SO_2 modélisées au niveau des 2 stations de mesures du réseau de la surveillance de la qualité de l'air :

Point de mesures	SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	Modélisée 2018	Mesures
Station ATMO A43 (2017)*	3,1	10,7
Station ATMO St Jean de Maurienne (2018)	2,5	6,7

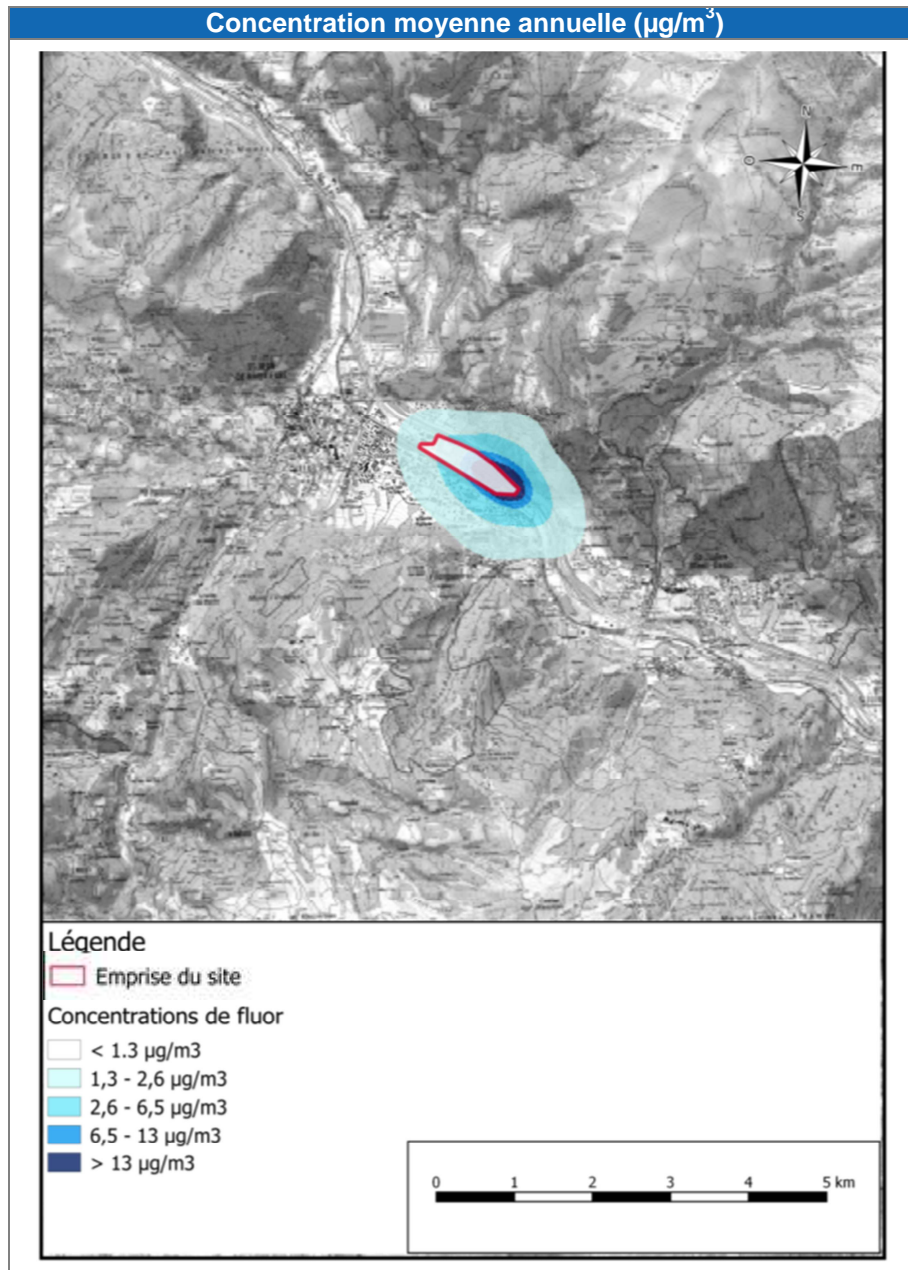
*Le SO_2 n'est plus mesuré sur cette station en 2018

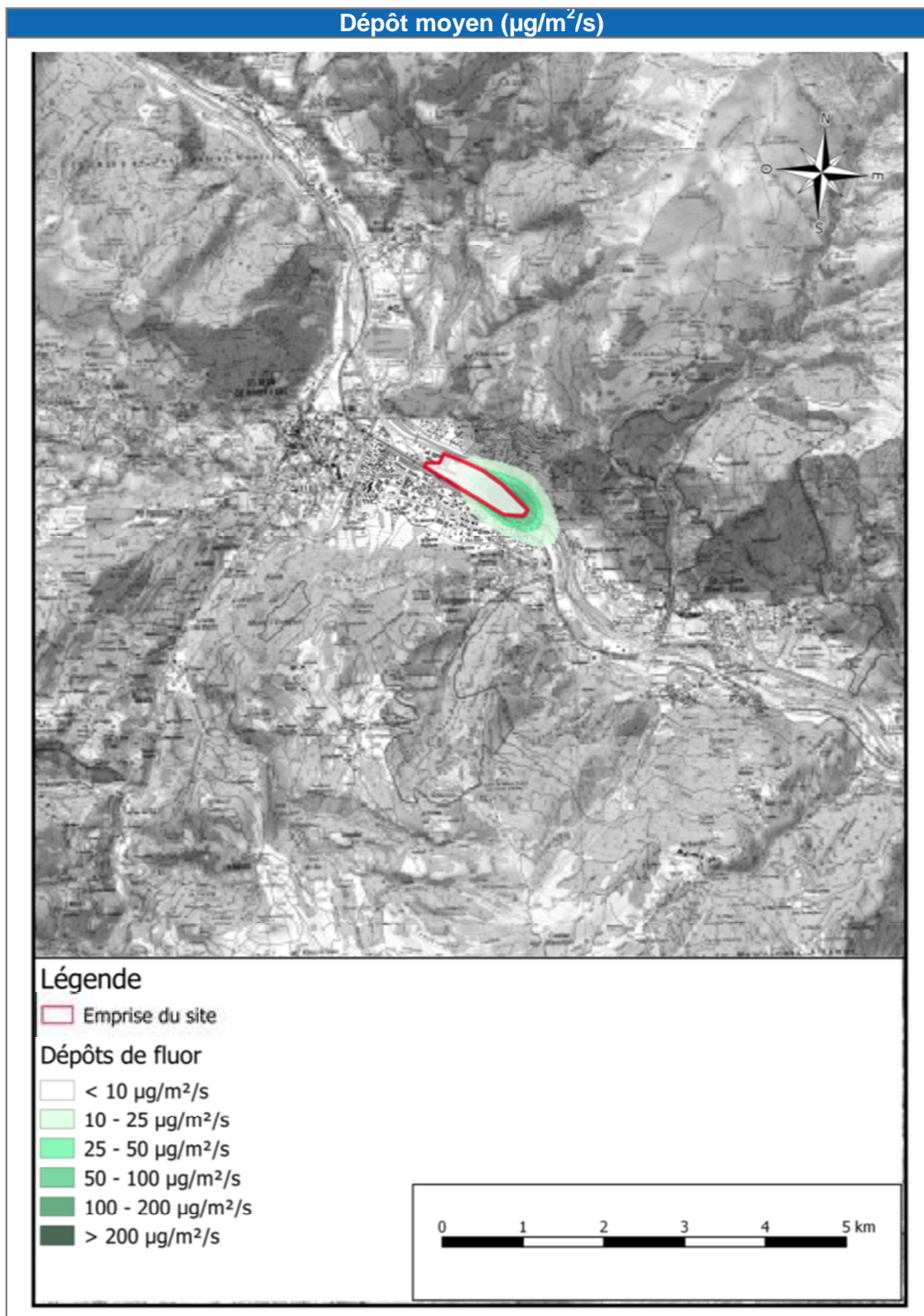
Les concentrations en SO_2 modélisées représentent 30 à 40 % des concentrations mesurées par les stations de mesures ATMO. Cette tendance peut s'expliquer par la présence des industries voisines et de l'autoroute qui sont également des sources d'émissions de SO_2 .

Les conclusions relatives aux résultats fournis du modèle seront discutées en incertitudes.

Les cartes ci-après présentent les résultats obtenus pour l'acide fluorhydrique (concentrations) et pour le fluor (dépôts au sol), traceurs spécifiques de l'activité du site.

Figure 25 : Cartes de résultats obtenus par modélisation pour le fluor (HF + fluor gazeux et particulaire)





La comparaison des concentrations et de dépôts modélisés et des mesures réalisées dans le cadre de la surveillance environnementale du site pour le fluor, tend à montrer que le modèle surestime en champ proche (d'un facteur 1 à 2 voire plus sur certains points tels que le P1 et P21) et sous-estime dès que les points de mesures sont éloignés de plus de 3 000 m.

5.2.2 Description des scénarios d'exposition

Les scénarios d'exposition ne pouvant être décrits pour chaque individu, il s'agit ici de construire des scénarios caractérisant de façon simplifiée l'exposition des populations concernées et identifiées dans le schéma conceptuel. Les caractéristiques spécifiques des différents scénarios d'exposition sont présentées ci-après :

Tableau 43 : Description des scénarios d'exposition retenus

Récepteur	Cible	Emplacement	Temps de présence	Durée d'exposition
Riverain	Adulte Enfant Vie entière	Domicile	100% domicile	Adulte : 30 ans Enfant : 6 ans Vie entière : 24 ans vie adulte et 6 ans vie enfant

L'ensemble des hypothèses retenues est reporté en **Annexe 10**.

5.2.3 Calcul des doses d'exposition

5.2.3.1 Exposition par inhalation

Les doses d'exposition ou quantités administrées représentent les quantités de polluant mises en contact des surfaces d'échange que sont les parois alvéolaires des poumons pour les polluants gazeux et à travers lesquels les polluants peuvent éventuellement pénétrer.

Pour la voie respiratoire, la dose d'exposition est généralement remplacée par la concentration inhalée. Lorsque l'on considère des expositions de longue durée, on s'intéresse à la concentration moyenne inhalée par jour, retranscrite par la formule suivante :

$$CI = \left(\sum (C_i \times t_i) \right) F \times \frac{T}{T_m}$$

Avec :

- CI : concentration moyenne d'exposition
- Ci : concentration de polluant dans l'air inhalé pendant la fraction de temps t_i (en mg/m^3)
- t_i : fraction du temps d'exposition à la concentration Ci pendant une journée
- T : durée d'exposition (années ; 30 ans pour les adultes et 6 ans pour les enfants)
- F : fréquence ou taux d'exposition (nombre annuel d'heures ou de jours d'exposition ramené au nombre total annuel d'heures ou de jours – sans dimension)
- T_m : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (en année, $T_m=70$ ans pour les effets sans seuil et $T_m=T$ pour les effets à seuil)

Le tableau ci-après indique les concentrations moyennes d'exposition par inhalation au récepteur le plus impacté dans la configuration future (production de 160 000 t d'aluminium) :

Tableau 44 : Concentrations moyennes d'exposition par inhalation en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les effets à seuil au récepteur le plus impacté

Polluants	Effets à seuil	Récepteur le plus impacté
	Adulte / Enfant	
Fluorures*	4,95	R1
benzène	0,0004	R4
naphtalène	0,0002	R4
As	0,0006	R1
Cd	0,002	R4
Cr VI	0,00008	R4
Mn	0,002	R4
Ni	0,0008	R1
Pb	0,005	R1
Se	0,004	R1
V	0,006	R1
benzo(a)pyrène	0,0007	R1

**les concentrations issues des émissions de fluor et de HF ont été additionnés sous le terme « fluorures » et seront comparées à la VTR pour les fluorures de l'OEHA. En effet, le fluor émis par le site se transforme en partie en HF dans l'air. En approche majorante, nous considérerons les différentes formes du fluor sous la terminologie fluorures.*

Tableau 45 : Concentrations moyennes d'exposition par inhalation en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les effets sans seuil au récepteur le plus impacté

Polluants	Effets sans seuil		Récepteur le plus impacté
	Adulte / Vie entière	Enfant	
benzène	0.0003	0.00005	R4
naphtalène	0.00008	0.00002	R4
As	0.0003	0.00005	R1
Cr VI	0.00004	0.000007	R4
Ni	0.0003	0.00007	R1
Pb	0.002	0.0004	R1
benzo(a)pyrène	0.0003	0.00006	R1

5.2.3.2 Exposition par ingestion

Pour tenir compte des contaminations induites par les transferts de pollution du milieu atmosphérique vers les autres media, un couplage du modèle de dispersion atmosphérique avec un modèle de transfert multi-compartiments (*air-sol-végétaux-animaux*) a été effectué. Il permet de quantifier les concentrations en polluants dans les différents milieux d'exposition.

Ainsi, pour les polluants particuliers (métaux, dioxines et HAP dans la présente étude) émis à l'atmosphère, l'apport par ingestion a été évalué à partir des estimations de dépôts surfaciques issus de la modélisation et en tenant compte de la consommation de légumes, de produits animaux (après utilisation de facteurs de bioconcentration), et de l'ingestion de terre, voie d'exposition importante chez l'enfant.

En ce qui concerne le risque par ingestion, le comportement des enfants étant différent de celui des adultes et étant donné leur plus faible poids corporel, ils sont généralement soumis à une dose journalière d'exposition plus importante que celle d'un adulte, pour un même niveau de concentration environnementale. Ainsi, une dose d'exposition a été calculée respectivement pour les adultes et pour les enfants, à partir de la formule générique suivante :

$$DJE_{ij} = \frac{C_i * Q_j * T * F}{P * T_m}$$

Avec :

- DJE_{ij} : dose journalière d'exposition liée à une exposition au milieu i par la voie d'exposition j (en mg/kg/j)
- C_i : concentration d'exposition relative au milieu i
- Q_j : taux d'ingestion par la voie j
- T : durée d'exposition (années ; 30 ans pour les adultes et 6 ans pour les enfants)
- F : fréquence d'exposition (nombre de jours d'exposition par an (jours/an) = 1 ici, majorant)
- P : poids corporel de la cible (kg = 70 kg pour les adultes et 15 kg pour les enfants)
- T_m : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (en année, T_m=70 ans pour les effets sans seuil et T_m=T pour les effets à seuil)

Le tableau ci-après indique les concentrations moyennes d'exposition par ingestion au récepteur le plus impacté :

Tableau 46 : Doses moyennes d'exposition en µg/kg/j pour les effets à seuil pour les récepteurs les plus impactés

Substances	Effet à seuil		Récepteur le plus impacté
	Adulte	Enfant	
fluorures	2.1E-03	1.3E-02	R1
dioxines	4.2E-11	8.0E-11	R1
As	1.6E-07	1.1E-06	R1
Cd	3.0E-07	1.5E-06	R4
Cr VI	2.0E-08	1.4E-07	R4
Mn	2.9E-06	8.8E-06	R1
Ni	2.0E-07	1.4E-06	R1
Pb	1.3E-06	8.6E-06	R1
Se	1.2E-06	7.6E-06	R1
benzo(a)pyrène	2.1E-07	1.2E-06	R1

Tableau 47 : Doses moyennes d'exposition en µg/kg/j pour les effets sans seuil pour les récepteurs les plus impactés

Substances	Effet sans seuil			Récepteur le plus impacté
	Adulte	Adulte	Vie entière	
As	6.8E-08	9.5E-08	1.5E-07	R1
Cr VI	8.5E-09	1.2E-08	1.9E-08	R4
Pb	5.4E-07	7.4E-07	1.2E-06	R1
benzo(a)pyrène	8.9E-08	1.1E-07	1.8E-07	R1

5.3 Caractérisation des risques sanitaires

L'évaluation du risque nécessite la prise en compte simultanée d'expositions par différentes voies et concerne l'ensemble des substances pour lesquelles on considérera ici l'additivité des risques.

5.3.1 Méthodologie de calcul des risques

L'évaluation quantitative des risques sanitaires aboutit au calcul d'indicateurs de risque exprimant quantitativement les risques potentiels encourus par les populations du fait de la contamination des milieux d'exposition :

- quotients de danger (QD) pour les effets à seuil,
- excès de risque individuels (ERI) pour les effets sans seuil.

Elle concerne l'ensemble des substances retenues dans le paragraphe « Sélection des substances d'intérêt » pour lesquelles on considérera ici l'additivité des risques, et est réalisée au niveau du récepteur le plus impacté défini précédemment.

► Effets toxiques à seuil

On définit un quotient de danger (QD) ou un indice de risque (IR) pour chaque voie d'exposition de la manière suivante :

$$QD_{i,INH} = \frac{CI_{i,INH}}{RfCi}$$

$$QD_{i,ING} = \frac{DJE_{i,ING}}{RfDi}$$

Avec :
 QD: Quotient de Danger
 CI : Concentration inhalée
 DJE : Dose journalière d'exposition
 RfC : Reference Concentration
 RfD : Reference Dose

Un QD inférieur à 1 signifie que l'exposition de la population n'atteint pas le seuil de dose à partir duquel peuvent apparaître des effets indésirables pour la santé humaine, alors qu'un ratio supérieur à 1 signifie que l'effet toxique peut se déclarer dans la population, sans qu'il soit possible d'estimer la probabilité de survenue de cet événement. Lorsque le QD est inférieur à 1, la survenue d'un effet toxique apparaît donc peu probable.

► Effets toxiques sans seuil

Pour les effets sans seuil et pour des faibles expositions, l'excès de risque individuel (ERI) est calculé de la façon suivante :

$$\text{ERI (inh}^\circ\text{)} = \text{CI} \times \text{ERUi}$$

$$\text{ERI (ing}^\circ\text{)} = \text{DJE (ing}^\circ\text{)} \times \text{ERUo}$$

avec :
 ERI : excès de risque individuel
 ERU : excès de risque unitaire
 CI : Concentration inhalée
 DJE : Dose journalière d'exposition

Les ERI s'expriment sous la forme mathématique suivante 10^{-n} . Par exemple, un excès de risque individuel de 10^{-5} représente la probabilité supplémentaire, par rapport à une personne non exposée, de développer un cancer pour 100 000 personnes exposées vie entière.

Il n'existe pas de niveau d'excès de risque individuel universellement acceptable. Pour sa part, l'OMS utilise un seuil de 10^{-5} (un cas de cancer supplémentaire pour 100 000 personnes exposées durant leur vie entière) pour définir les Valeurs Guides de concentration dans l'eau destinée à la consommation humaine (Guidelines for drinking water quality) [OMS, 1993].

La Circulaire du 9 août 2013 relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations classées soumises à autorisation précise que la valeur de référence retenue au niveau international par les organismes ou agences en charge de la protection de la santé est un Excès de Risque Individuel inférieur ou égal à 10^{-5} pour les effets sans seuil. Un risque sanitaire dont le résultat est supérieur à cette valeur de référence n'est pas acceptable.

En cas d'exposition conjointe à plusieurs agents dangereux, l'US-EPA recommande de faire la somme de tous les excès de risque individuels (ERI) quels que soient le type de cancer et l'organe touché, de manière à apprécier le risque cancérigène global qui pèse sur la population exposée.

5.3.2 Caractérisation des risques pour les effets à seuil

5.3.2.1 Exposition par inhalation

Une VTR est spécifique d'un effet critique¹⁷ sur un organe cible. Pour pouvoir appliquer cette VTR à un autre organe cible que celui de l'effet critique, il faudrait disposer des éléments de toxicologie prouvant que le mécanisme d'action et le seuil d'effet sur les autres organes sont identiques. C'est la raison pour laquelle, l'OPERSEI préconise de baser les regroupements de QD uniquement sur les organes cibles principaux (ayant servi à la construction de la VTR).

Il est à noter que cette démarche reste source d'incertitude dans la mesure où les mécanismes d'action toxiques mis en œuvre ne sont pas toujours les mêmes et dans la mesure où en effet, une substance peut avoir des effets sur un autre organe cible que celui ayant conduit à la VTR.

Tableau 48 : Synthèse des organes cibles critiques (inhalation)

Organes cibles	Substances
Système respiratoire	Fluorures, Naphtalène, Cr VI, Ni, V
Effets reprotoxiques/Effets sur le développement	As, benzo(a)pyrene
Système nerveux	As, Mn

¹⁷ L'effet critique est le premier effet adverse qui survient dans la population d'individus exposés lorsqu'on accroît la dose, et jugé pertinent chez l'homme pour l'élaboration de la VTR. A priori, ce choix permet d'être protecteur vis-à-vis des autres effets observés à condition que la nature des relations dose-effet soit conservée de l'animal à l'homme.

Organes cibles	Substances
Système immunitaire	Benzène
Système cardio-vasculaire	As
Système oculaire	Naphtalène
Système osseux	Fluorures
Effet Cancérigène	Cd

Le tableau suivant présente les quotients de danger pour le récepteur le plus impacté, ainsi que le quotient de danger sommé et sa valeur repère. Les résultats pour l'ensemble des récepteurs sont présentés en **Annexe 11**.

Tableau 49 : Quotients de danger par substance pour le récepteur le plus impacté (inhalation)

Substance	VTR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	QDi Adulte / Enfant	Récepteur
Fluorures	13	0,4	R1
Benzène	10	<0,001	R4
Naphtalène	37	<0,001	R4
As	0,015	0,04	R1
Cd	0,45	0,004	R4
Cd (effets cancérigène)	0,3	0,005	R4
Cr VI	0,03	0,003	R4
Mn	0,3	0,007	R4
Ni	0,23	0,004	R1
Se	20	<0,001	R1
V	0,1	0,07	R1
benzo(a)pyrène	0,002	0,3	R1
	Valeur repère		
QD Sommé	1	0,7	R1

D'après les résultats indiqués dans ce tableau **pour l'inhalation**, le quotient de danger sommé et pris individuellement pour chacune des substances est inférieur à la valeur repère de 1 pour le récepteur le plus impacté R1. **Le quotient de danger individuel le plus élevé est de 0,4 au récepteur R1**. Les substances principales contributrices du risque sont les fluorures et le benzo(a)pyrène.

Les QD les plus élevés concernent le **système respiratoire** avec un QD au récepteur le plus impacté (R1) de 0,4.

Figure 26 : Carte du quotient de danger système osseux – voie inhalation

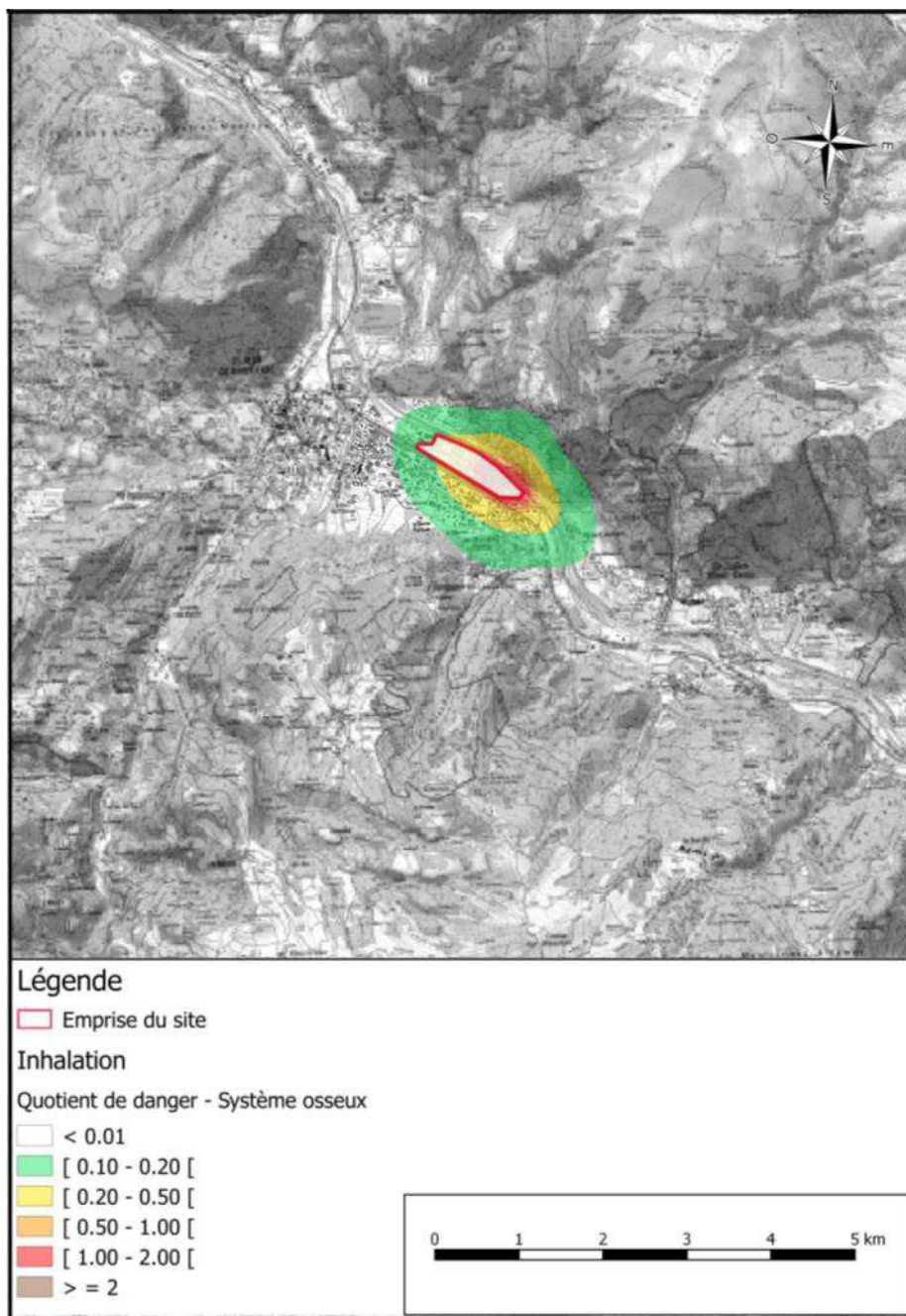
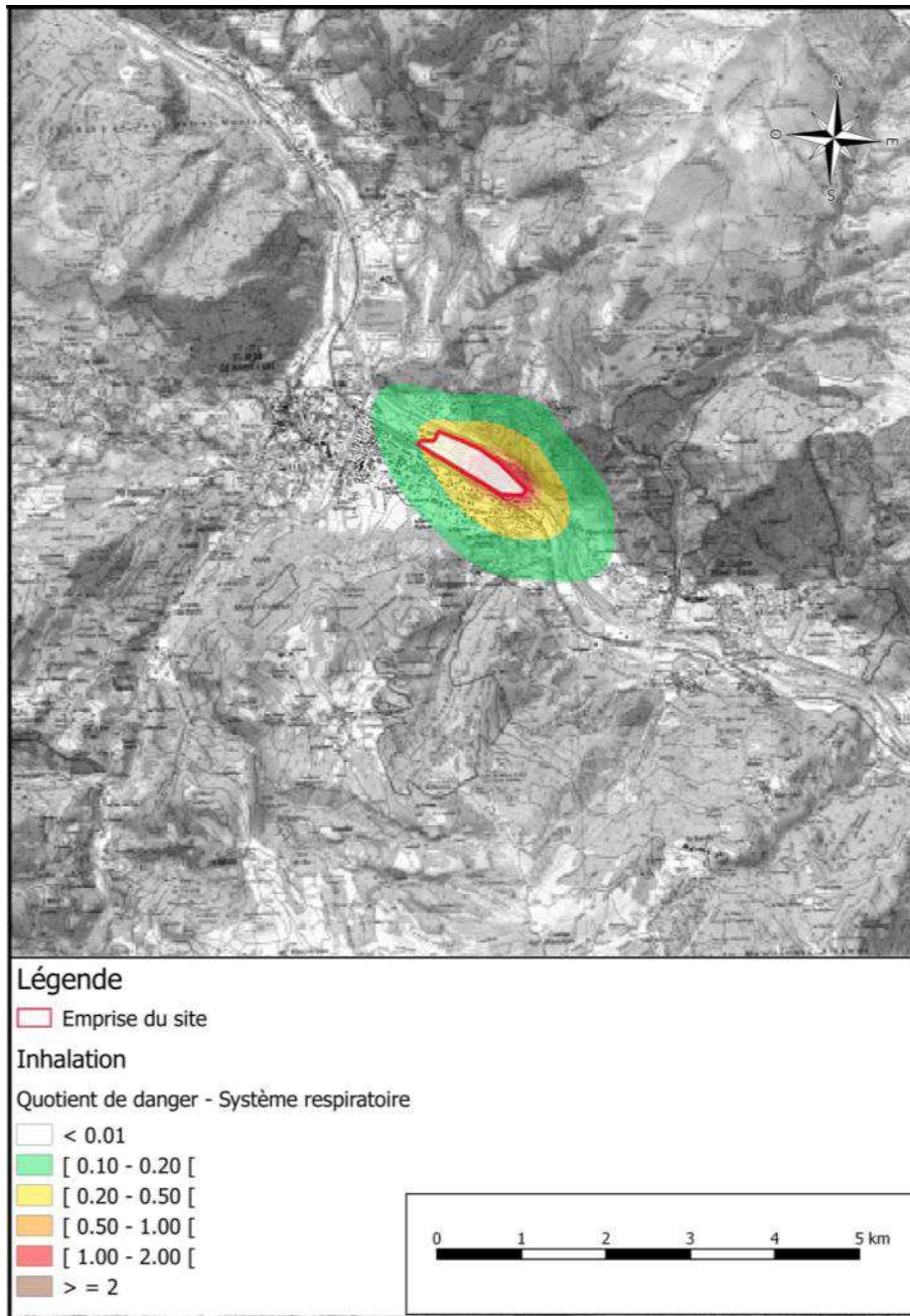


Figure 27 : Carte du quotient de danger système respiratoire – voie inhalation



Le QD sommé maximal hors site (zone non habitée) est de 1,2. Il est supérieur à la valeur repère de 1 mais est limité à une zone non habitée de 50 m en limite est de propriété du site.

Dans les conditions d'études retenues, l'ensemble de ces résultats permet d'écarter, la survenue d'effets toxiques à seuil liés aux rejets atmosphériques induits par le site dans sa configuration d'émission maximale future, que l'on considère les effets des agents dangereux pris individuellement ou collectivement par type d'effet.

Par conséquent, le risque sanitaire chronique pour les effets à seuil lié à l'inhalation des substances atmosphériques émises par le site est non significatif, au niveau des populations les plus exposées, dans la configuration d'une émission maximale du site.

5.3.2.2 Exposition par ingestion

Le tableau suivant présente les principaux organes cibles critiques liés aux traceurs de risque retenus :

Tableau 50 : Synthèse des organes cibles critiques (ingestion)

Organes cibles	Substances
Système cutané	As, Se
Système rénal	Cd, Ni, Pb
Système nerveux	Mn
Système sanguin	Se
Système digestif	Cr VI
Effets reprotoxiques/Effets sur le développement	Dioxines, benzo(a)pyrène
Système osseux	Fluorures

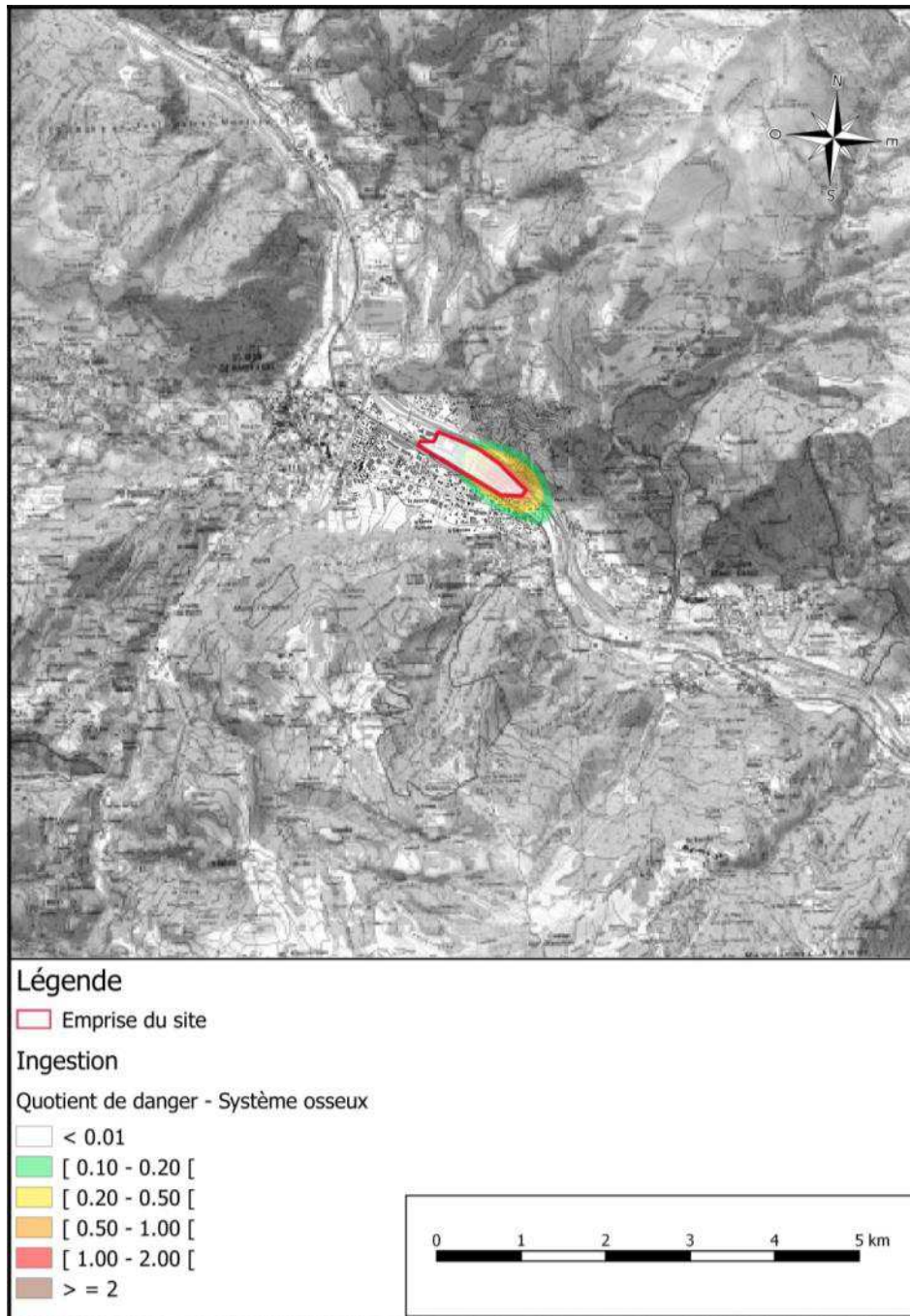
Le tableau suivant présente les quotients de danger pour le récepteur le plus impacté, ainsi que le quotient de danger sommé et sa valeur repère. Pour rappel, les résultats pour l'ensemble des récepteurs sont présentés en **Annexe 11**.

Tableau 51 : Quotients de danger par substance – Voie ingestion

Polluants	VTR (mg/kg/j)	QDo Adulte	QDo Enfant	Récepteur
Fluorures	0,05	0.04	0.3	R1
Dioxines	7E-10	0.06	0.1	R1
As	0,00045	<0.001	0.002	R1
Cd	0,00035	0.001	0.004	R4
Cr VI	0,0009	<0.001	<0.001	R4
Mn	0,055	<0.001	<0.001	R1
Ni	0,0028	<0.001	<0.001	R1
Pb	0,00063	<0.001	<0.001	R1
Se	0,005	0.002	0.01	R1
benzo(a)pyrène	0,0003	<0.001	0.002	R1
Organe cible	Valeur Repère	QDo Adulte	QDo Enfant	
QD sommé	1	0.1	0.4	R1

D'après les résultats indiqués dans ce tableau **pour l'ingestion**, le quotient de danger sommé et pris individuellement pour chacune des substances est inférieur à la valeur repère de 1 pour le récepteur le plus impacté R1. **Le quotient de danger le plus élevé est de 0,3 au récepteur 1 et correspond aux fluorures** pour la population enfant.

Figure 28 : Carte du quotient de danger système osseux – voie ingestion



Le QD sommé maximal hors site est de 0,45 (en limites de propriétés est du site - (zone non habitée)). Il est également inférieur à la valeur repère de 1.

Par conséquent, le risque sanitaire chronique pour les effets à seuil lié à l'ingestion des substances atmosphériques émises par le site est non significatif, au niveau des populations les plus exposées, dans le cas où les émissions seraient maximales dans le fonctionnement futur du site.

5.3.3 Caractérisation des effets sans seuil

5.3.3.1 Exposition par inhalation

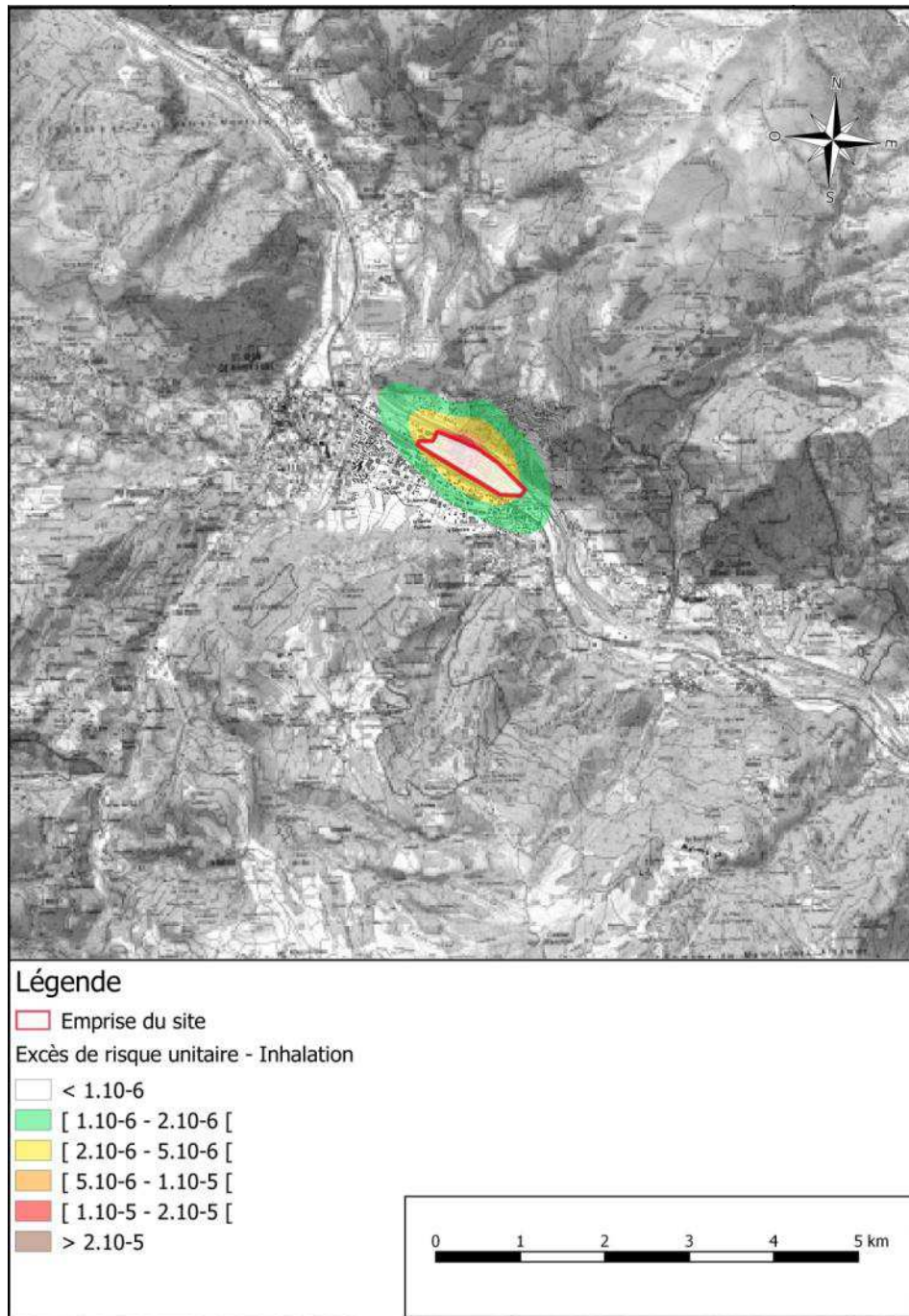
Le tableau suivant présente les excès de risque individuel pour le récepteur le plus exposé, ainsi que l'ERI sommé pour la voie inhalation :

Tableau 52 : Excès de risque individuel pour le récepteur le plus impacté

Polluants	VTR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)-1	ERI inhalation		Récepteur
		Adulte / Vie entière	Enfant	
benzène	2,6E-05	6.7E-09	1.3E-09	R4
naphtalène	5,6E-06	4.2E-10	8.4E-11	R4
As	1,5E-04	3.9E-08	7.8E-09	R1
Cr VI	4,0E-02	1.4E-06	2.9E-07	R4
Ni	1,7E-04	6.0E-08	1.2E-08	R1
Pb	1,2E-05	2.5E-08	4.9E-09	R1
benzo(a)pyrène	6,0E-04	1.7E-07	3.4E-08	R1
	Valeur Repère			
ERli sommé	10 ⁻⁵	1.7E-06	3.3E-07	R4

D'après les résultats présentés dans ce tableau, l'excès de risque individuel sommé pour le récepteur le plus impacté R4 est inférieur à la valeur repère de 10^{-5} . Le chrome VI est contributeur à hauteur de 80 % à l'ERI sommé pour la voie inhalation.

Figure 29 : Carte de l'excès de risque individuel sommé – voie inhalation



L'ERI maximal hors site est de $7,2.10^{-6}$ au nord du site. Il est inférieur à la valeur repère de 1.10^{-5} .

Par conséquent, le risque sanitaire chronique pour les effets sans seuil lié à l'inhalation des substances atmosphériques émises par le site est non significatif au niveau des populations les plus exposées, dans le cas où les émissions seraient maximales dans le fonctionnement futur du site.

5.3.3.2 Exposition par ingestion

Le tableau suivant présente les excès de risque individuel pour le récepteur le plus exposé, ainsi que l'ERI sommé pour la voie ingestion :

Tableau 53 : Excès de risque individuel pour le récepteur le plus impacté

Polluants	VTR (mg/kg/j) ⁻¹	ERI ingestion			
		Adulte	Enfant	Vie entière	Récepteur
As	1,5E+00	1.0E-07	1.4E-07	2.2E-07	R1
Cr VI	5,0E-01	4.3E-09	6.0E-09	9.4E-09	R4
Pb	8,5E-03	4.6E-09	6.3E-09	1.0E-08	R1
benzo(a)pyrène	1,0E+00	8.9E-08	1.1E-07	1.8E-07	R1
	Valeur Repère				
ERLi sommé	10 ⁻⁵	2,0E-07	2,6E-07	4,2E-07	R1

D'après les résultats présentés dans ce tableau, l'excès de risque individuel sommé pour le récepteur le plus impacté R1 est inférieur à la valeur repère de 10⁻⁵. L'arsenic et le benzo(a)pyrène sont contributeurs à hauteur de 50% et 44% à l'ERI sommé pour la voie ingestion.

L'ERI maximal hors site est de 7,5.10⁻⁷. Il est également inférieur à la valeur repère de 1.10⁻⁵.

Par conséquent, le risque sanitaire chronique cancérigène lié à l'ingestion des substances atmosphériques émises par le site est faible et non significatif au niveau des populations les plus exposées, dans le cas où les émissions seraient maximales dans le fonctionnement futur du site.

5.3.3.3 Exposition globale

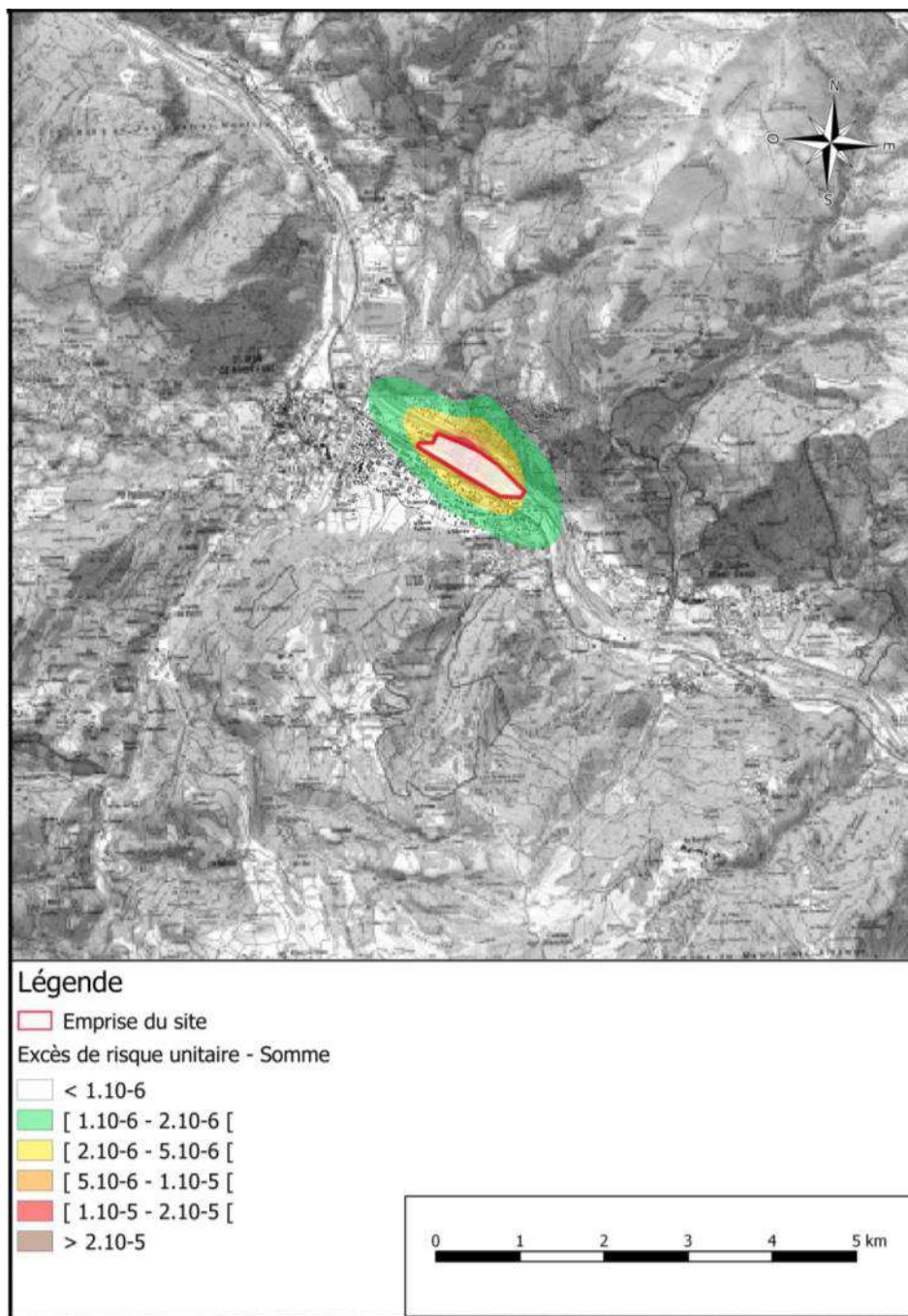
Conformément à ce qui est préconisé dans le guide INERIS, nous avons sommé l'ensemble des risques cancérigènes quel que soit le type de cancer provoqué, ceci afin d'estimer le risque cancérigène global qui pèse sur la population.

Tableau 54 : Excès de risque unitaire global – R4

ERI voie d'exposition	Adulte	Enfant	Vie entière
ERI sommé inhalation	1.7E-06	3.3E-07	1.7E-06
ERI sommé ingestion	2,0E-07	1,6E-07	2,6E-07
	Valeur Repère	Adulte	Enfant
ERI sommé	10⁻⁵	1.8E-06	4.9E-07
			Vie entière
			1.9E-06

D'après les résultats présentés dans ce tableau, l'excès de risque individuel sommé global pour les récepteurs les plus impactés R1 et R4 est inférieur à la valeur repère de 10⁻⁵.

Figure 30 : Carte de l'excès de risque individuel sommé – global



L'ERI maximal hors site est de $7,8.10^{-6}$. Il est également inférieur à la valeur repère de 1.10^{-5} .

Par conséquent, le risque sanitaire chronique cancérigène global des substances atmosphériques émises par le site est non significatif au niveau des populations les plus exposées, dans le cas où les émissions seraient maximales dans le fonctionnement futur du site.

5.3.4 Comparaison aux valeurs de gestion

L'utilisation d'autres valeurs que les Valeurs Toxicologiques de Référence peut être effectuée parallèlement à la quantification des risques sanitaires. Ces autres valeurs permettent en effet de discuter de l'exposition des individus et d'estimer l'état des milieux, à savoir si un impact est mesuré (ou mesurable) ou non.

Ces valeurs de comparaison regroupent des valeurs réglementaires (France et Europe), des valeurs guide (OMS, INDEX, CHSPF) qui sont généralement des valeurs qui servent de point de départ à l'élaboration de valeurs réglementaires.

Ces valeurs ne sont en aucun cas (conformément à la note d'information DGS/DGPR d'octobre 2014) utilisées pour évaluer les Quotients de Danger (QD) et Excès de Risques Individuels (ERI) faisant référence à une évaluation des risques sanitaires. Ces valeurs appelées valeurs de comparaison constituent **des critères de gestion**.

Tableau 55 : Comparaison aux valeurs de guide

	concentration modélisée au récepteur max	VALEURS GUIDES OMS	Ratio
Référence		Air Quality Guideline for Europe 2001 & 2005	-
Type de valeur		valeur guide	-
CAV			
Benzène	0,0004	1,7 pour un ERU de 1e-5	< 0,001
Métaux			
Arsenic	0,0006	6,6e-3 pour un ERU de 1e-5	0,09
Cadmium	0,002	0,005 (1 an)	0,4
Manganèse	0,002	0,15 (1 an)	0,01
Nickel	0,001	2,5e-2 pour un ERU de 1e-5	0,04
Plomb	0,005	0,5 (1 an)	0,01
Vanadium	0,006	1 (24h)	0,006
Polluants généraux			
SO ₂	10 (R6)	20	0,5
NO ₂	1,6 (R1)	40	0,04
PM10	5 (R1)	20	0,25

L'examen de ce tableau montre que malgré les hypothèses majorantes les concentrations modélisées restent en deçà des valeurs guides.

Les concentrations environnementales modélisées pour les substances sont inférieures aux valeurs guide de l'OMS, aucun impact sanitaire significatif lié à l'inhalation des composés émis par le site n'est attendu.

5.4 Synthèse de l'évaluation des risques

Le tableau suivant synthétise les principales conclusions et observations de cette évaluation quantitative des risques sanitaires du site.

Tableau 56 : Synthèse de l'évaluation du risque sanitaire

Type d'effet	Cible la plus impactée	Calcul de risque	Inhalation	Ingestion
Effets à seuil	R1 – 200 m au Sud-est du site	QD sommé maximum	0,7	0,4
		Substances contributrices du risque	Fluorures / B(a)P	Fluorures / Dioxines
Effets sans seuil	R4 – 150 m au Nord du site	ERI sommé maximum vie entière	$1,8 \cdot 10^{-6}$	$4,2 \cdot 10^{-7}$
		Substances contributrices du risque	Chrome VI	As / B(a)P

Cette synthèse permet d'identifier que, selon les hypothèses retenues dans le cadre de cette étude, c'est-à-dire une optimisation de la capacité de production à 160 000 t/an d'aluminium et une révision des flux maximum autorisés des substances émises, le risque sanitaire est non significatif. Bien que non significatif, les substances qui contribuent majoritairement aux calculs réalisés sont :

- Les fluorures (fluor + HF) pour l'inhalation pour les effets à seuil ;
- le chrome VI pour l'inhalation pour les effets sans seuil ;
- les fluorures et les dioxines pour l'ingestion pour les effets à seuil ;
- l'arsenic et le benzo(a)pyrène pour l'ingestion pour les effets sans seuil.

5.5 Analyse des incertitudes

L'analyse des incertitudes d'une évaluation des risques et la sensibilité des paramètres retenus pour cette évaluation est une partie intégrante de l'EQRS. Afin de ne pas alourdir cette analyse tout en restant suffisant, les paramètres clés de l'évaluation réalisée sont ici discutés ainsi que leurs incidences sur les résultats de l'évaluation. Ces paramètres clés sont dépendants des scénarios d'exposition et des substances retenues.

Les paragraphes ci-après reprennent dans le cadre de la présente étude, les paramètres dont les incertitudes jouent un rôle majeur dans les calculs menés. Les niveaux de risque sont principalement liés aux émissions atmosphériques de polluants, notamment à celle des métaux, substance tirant le risque sanitaire.

5.5.1 Incertitudes relatives à la quantification des émissions de l'installation

Le tableau suivant permet d'apprécier les critères de représentativité (majorant, représentatif, minorant, non quantifiable) des hypothèses retenues dans le cadre de la quantification des émissions :

Tableau 57 : Représentativité des données relatives à la quantification des émissions de l'installation

Phase	Paramètre	Représentativité	Commentaire
Evaluation des émissions de l'installation	Localisation des sources	Représentatif	Données issues d'un plan fourni par l'exploitant Aucun regroupement de source n'a été effectué.
	Caractéristiques physiques des rejets (hauteur, T°, débit, ...)	Représentatif	Les caractéristiques des différents rejets sont représentatives de la réalité, fournies par l'exploitant.
	Émissions	Majorant	Quantification des émissions atmosphériques basée sur un choix des VLE. Cf. paragraphe ci-dessous.
	Composés émis	Non quantifiable	En l'absence de données, la répartition des COV ont été effectués sur la base de données bibliographiques (AP42) relatives aux émissions liées à la combustion de gaz naturel.
	Temps de fonctionnement	Représentatif	Fonctionnement considéré continu.

Ainsi, il apparaît que :

- **Le recensement des sources et leurs caractéristiques physiques sont représentatives de la réalité.**
- **La quantification des émissions atmosphériques est basée sur les concentrations à l'émission que TRIMET s'engage à respecter.**

► Estimation des émissions sur la base des VLE

Dans le cadre de cette étude, l'estimation des risques dans la configuration future du site a été réalisée sur la base de VLE applicables au site. Il est à noter que dans sa configuration actuelle, les émissions sont estimées pour une production d'aluminium primaire de 145 000 tonnes/an. Dans sa configuration future le site envisage de produire à pleine charge soit une production de 160 000 tonnes par an, correspondant à une augmentation de 10 % par rapport à la situation actuelle et 6,6 % par rapport à l'autorisation actuelle.

En considérant une augmentation linéaire des émissions liées à la production, les émissions futures du site devrait augmenter de façon proportionnelle, soit +10% par rapport aux émissions des rejets dans la situation actuelle.

L'estimation des flux des substances émises futures est réalisée sur la base des VLE. Cette approche est majorante car les mesures actuellement réalisées sur les rejets montrent que les émissions sont inférieures ou proches aux VLE autorisées. Les émissions réelles futures devraient donc être moins importantes que les émissions modélisées dans cette étude, et le risque calculé sur la base de ces émissions également. Les émissions réelles futures du site devraient donc être divisées par d'un facteur :

- 2 pour le NO₂ ;
- 1,3 pour le SO₂ ;
- 4 pour les COV ;
- 1,1 pour les poussières ;
- 69 pour les métaux ;
- 1,2 pour l'HCl ;
- 1,1 pour les fluorures (dont HF) ;
- 6,7 pour les dioxines ;
- 4,7 pour les HAP.

L'approche globale d'estimation des flux futurs sur la base des VLE autorisée est donc maximale par rapport aux flux qui seront réellement émis. Les calculs de risques sont donc maximaux.

► Emissions des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

L'ensemble des émissions des H(a)P a été attribué au B(a)P car la répartition des HAP dans les mesures présente une forte variation (certainement liées à la qualité des brais mise en œuvre). La part du B(a)P dans ces émissions de HAP est donc comprise entre 1 et 10 %. L'affectation du 100 % au B(a)P est donc nettement majorante.

Ainsi, il apparaît que l'estimation des émissions atmosphériques de l'installation est majorante et maximale.

► Quantification des émissions liées au trafic routier

L'estimation du nombre de poids lourds (PL) par jour actuellement est de 57 et ce nombre augmentera de 4 PL par jour dans le futur avec le passage de 150 000 tonnes à 160 000 tonnes d'aluminium produit par an.

Sur la base de cette hypothèse et en considérant que tous les poids lourds traversent le site de part en part d'ouest en est (soit environ 2 000 m aller/retour) et qu'ils circulent à une vitesse de 25 km/h, les émissions liées aux gaz d'échappement ainsi qu'aux frottements des pneus et des freins, seraient de :

Tableau 58 : Estimation de l'émissions liées au trafic routier – situation actuelle

Emissions (T/an)	NOx	PM10	PM2.5	CO	COV	SO ₂	As	Ni	BaP
Emissions liées à la circulation des PL*	0,2	0,02	0,008	0,06	0,006	0,001	0,00004	0,00008	0,0000005
Emissions globale du site (hors circulation)	136	167		7 269	36,5	1 714	0,0006	0,005	0,029
Pourcentage (%)	0,1	0,02		<0,001	0,02	<0,001	0,7	1,6	<0,001

*Estimation réalisée sur la base du logiciel TREFIC couramment utilisé pour l'estimation des émissions liées au trafic dans le cadre des études air et santé des projets d'infrastructures. Les substances présentées dans le tableau correspondent aux principaux traceurs de la circulation automobile.

Tableau 59 : Estimation de l'émissions liées au trafic routier – situation future

Emissions (T/an)	NOx	PM10	PM2.5	CO	COV	SO ₂	As	Ni	BaP
Emissions liées à la circulation des PL	0,2	0,02	0,009	0,06	0,006	0,001	0,00004	0,00008	0,00000005
Emissions globale du site (hors circulation)	276	217		24 000	164	2 400	0,6	0,4	0,15
Pourcentage (%)	0,07	0,01		<0,001	0,004	<0,001	0,007	0,02	<0,001

Sur la base de ces éléments, la non prise en compte des émissions du trafic de poids lourds n'est pas de nature à modifier les conclusions de l'étude.

5.5.2 Incertitudes relatives aux données d'entrée

Le tableau suivant, liste les principales composantes du site et de son environnement, susceptibles, par leur complexité, de favoriser l'augmentation des incertitudes dans le calcul de dispersion. La complexité de ces composantes est classée suivant les critères : nulle, faible, moyenne, élevée et forte

Tableau 60 : Complexité des données d'entrée du modèle

Modèle	Complexité	Commentaires
Relief sur le domaine	Forte	Le relief est variable et marqué sur l'ensemble du domaine et est pris en compte dans le modèle. Un modèle gaussien est en limite d'utilisation pour ce type de relief marqué, toutefois afin de s'assurer que les résultats du modèle soient cohérents avec les mesures de terrain, un calage de ce dernier a été réalisé (cf paragraphe à la suite de ce tableau).
Obstacles autour de l'installation	Forte	Le modèle a la possibilité d'intégrer les obstacles pour des sources canalisées uniquement. Dans cette étude, les hauteurs de ces dernières sont suffisantes pour que les bâtiments n'aient pas d'influence sur les panaches les bâtiments n'ont donc pas été considéré dans le modèle.
Météorologie	Moyenne	Les données utilisées pour la modélisation de la dispersion atmosphérique sont des données modélisées centrées sur le site pour l'année 2018 Les vents faibles (inférieurs à 0,8 m/s) ont été réaffectés à une vitesse de 0,8 m/s dans le modèle.
Caractéristiques physiques des sources	Forte	Des sources ponctuelles, surfaciques et volumiques ont été considérées. Les sources canalisées sont bien prises en compte par le modèle, avec une marge d'erreur inférieure à 20%. Cette marge augmente significativement pour les sources de type volumique et surfacique.
Echelles spatiales étudiées	Faible	Les sites sensibles étudiés sont localisés entre quelques centaines de mètres et quelques kilomètres des sources, c'est à dire dans le domaine de validité du modèle.

► Calage du modèle

Des tests ont été réalisés afin d'appréhender au mieux la dispersion modélisée des substances, en comparant des données avec les mesures du suivi environnemental mené par le site.

Le modèle a tendance à surestimer les concentrations en champ proche du site et à les sous-estimer en champ éloigné.

En effet, la complexité du relief est importante et ne permet pas de reproduire correctement les concentrations et dépôts au sol lorsque l'on s'éloigne du site. Il y a donc une sous-estimation des concentrations et des dépôts en champ éloigné. Toutefois en champ proche (<3000 m), les résultats du modèle sont cohérents, voire surestiment les concentrations et les dépôts au sol (d'un facteur 1 à 2). Les zones d'impact maximales des émissions du site sont donc bien reproduites.

Ainsi, il apparaît que les paramètres d'entrée du modèle surestiment les concentrations et dépôts en champ proche des limites du site et sous estiment ces derniers en champ éloigné. Toutefois les concentrations et les dépôts maximaux se situant à proximité immédiate du site, la sous-estimation du modèle en champ éloigné n'est pas de nature à remettre en cause les conclusions de l'étude.

Les incertitudes liées aux données d'entrée ne sont pas de nature à remettre en cause les conclusions obtenues.

5.5.3 Incertitudes relatives à la conceptualisation de l'exposition

Le tableau suivant permet d'apprécier les critères de représentativité (majorant, représentatif, minorant, non quantifiable) des hypothèses retenues dans le cadre de la conceptualisation de l'exposition :

Tableau 61 : Représentativité des données relatives à la conceptualisation de l'exposition

Phase	Paramètre	Représentativité	Commentaire
Identification des enjeux et des voies d'exposition	Domaine d'étude	Représentatif	Zone d'étude de 20 km autour de l'installation, englobant la zone d'impact maximale de l'installation, ainsi que les usages sensibles identifiés
	Caractérisation des populations	Représentatif	Inventaire des riverains les plus proches de l'installation. Caractérisation des populations à partir des données INSEE.
	Identification des populations sensibles et vulnérables	Représentatif	Inventaire des populations sensibles et vulnérables à partir des données disponibles.
	Activité économique	Représentatif	Inventaire de l'activité économique à partir des données disponibles.
	Définition des usages	Représentatif	Définition des usages selon les observations précédentes

Ainsi, il apparaît que la conceptualisation de l'exposition aux émissions atmosphériques de l'installation est généralement représentative de la réalité.

5.5.4 Incertitudes relatives à l'évaluation quantitative du risque sanitaire

Le tableau suivant permet d'apprécier les critères de représentativité (majorant, représentatif, minorant, non quantifiable) des hypothèses retenues dans le cadre de l'évaluation quantitative du risque sanitaire :

Tableau 62 : Incertitudes sur les données relatives à l'évaluation quantitative du risque sanitaire

Phase	Paramètre	Représentativité	Commentaire
Evaluation des relations dose-réponse	Sélection des valeurs toxicologiques de référence	Majorant	Conforme aux recommandations de la circulaire DGS/DGPR du 31/10/2014 Les VTR retenues sont globalement majorantes
Caractérisation des expositions	Sélection des substances	Majorant	Prise en compte des substances pour lesquelles les ratios « flux annuel / VTR à seuil » sont supérieurs à 1% du ratio maximal et toutes les substances présentant une VTR sans seuil Dans une approche majorante, ce choix a été fait en intégrant à la fois la situation actuelle et la situation future
	Modélisation de la dispersion atmosphérique	Non quantifiable	Utilisation d'un logiciel de modélisation reconnu (ADMS 5). On observe une surestimation en champ proche (< 3000 m) et une sous-estimation en champ éloigné
	Transfert multimédia	Non quantifiable	Utilisation d'équations adaptées pour la modélisation des transferts multimédia.

Phase	Paramètre	Représentativité	Commentaire
	Scénarios d'exposition	Majorant	<p>Les riverains sont considérés comme exposés 100% du temps sur l'année.</p> <p>Il a été considéré en chaque point du domaine d'étude, l'ensemble des expositions retenues dans le schéma conceptuel.</p>

► Comportement des fluorures dans l'air

Sur la base des informations fournies par l'INERIS (INERIS-DRC-08-83451-03119B.doc : fiche relative à l'acide fluorhydrique) et le rapport de Santé Canada (liste des substances d'intérêt prioritaire – rapport d'évaluation – Fluorures inorganiques), le fluorure d'hydrogène et les matières particulaires contenant des fluorures comptent respectivement pour environ 75 % et 25% des fluorures inorganiques présents dans l'atmosphère.

Toutefois, pour l'évaluation quantitative des risques sanitaires, les concentrations en fluor et HF ont été additionnées afin d'être comparées à la VTR la plus contraignante entre les fluorures (hors HF) et le HF. Cette approche est envisageable car ces substances agissent sur le système osseux comme organe cible.

Ainsi, il apparaît que les incertitudes relatives à l'évaluation quantitative du risque sanitaire de l'installation ne sont pas de nature à remettre en cause les conclusions obtenues.

6. Conclusion

La société TRIMET exploite un site de production d'aluminium primaire transformé principalement en fil, de lingots d'alliage, de plaques et de tés en aluminium sur la commune de Saint Jean de Maurienne (73).

Dans l'optique d'augmenter la production à pleine charge sur le site (160 000 t d'Aluminium produit par an au regard des 150 000 t autorisées actuellement) la société TRIMET souhaite caractériser et quantifier l'impact de ces modifications sur les risques sanitaires générés par l'activité. Ce rapport présente l'évaluation quantitative des risques sanitaires actuels du site ainsi que celle des évolutions envisagées.

Afin d'atteindre les objectifs fixés, les outils méthodologiques sont appliqués dans les étapes successives suivantes :

- Évaluation des émissions de l'installation ;
- Évaluation des enjeux et des voies d'exposition ;
- Évaluation de l'état des milieux ;
- Évaluation prospective des risques sanitaires.

L'objectif est d'étudier les risques chroniques liés à une exposition à long terme des populations riveraines aux polluants atmosphériques émis par le site.

Evaluation des émissions de l'installation

Ont été retenues dans le cadre de cette étude les 21 sources canalisées du site ainsi que les sources diffuses suivantes : les lanterneaux du secteur électrolyse et les fours 1 à 6 du secteur fonderie.

Les principaux composés émis, selon les hypothèses de quantification et les données à disposition, sont les poussières, le SO₂, le NO₂ et les fluorures (dont HF) qui correspondent à 93 % des émissions totales (respectivement 23%, 9% et 61%).

Les autres substances émises sont le HCL, des HAP, des métaux et des dioxines/furannes.

Evaluation des enjeux et conceptualisation de l'exposition

L'environnement direct du site est urbain, densément peuplé, présentant des habitations à proximité de l'installation.

Les ERP les plus proches sont des structures sportives situées sur la commune de Saint Jean de Maurienne et Villargondran à 500 m des limites du site. Au vu de leur proximité avec le site, ils sont considérés dans le choix des récepteurs avec les riverains les plus proches du site.

La prise en compte de ces informations, des caractéristiques du site et des composés émis ont permis de conceptualiser l'exposition et de retenir :

- l'exposition par :
 - inhalation de l'air ambiant impacté par les émissions de polluants atmosphériques gazeux et particulaires,
 - ingestion de sol et de végétaux impactés par des substances particulaires déposées au sol (métaux et fluor),
 - ingestion de denrées animales impactées par les dioxines.
- Les substances d'intérêt retenues sont :
 - Les PM10, le SO₂ et les NOx ;

- Les fluorures (dont le HF),
- Les métaux suivants : Plomb, Cadmium, Chrome VI, Nickel, Cadmium, Vanadium, Sélénium et Manganèse.

Interprétation de l'état des milieux

L'interprétation de l'état des milieux a été dimensionnée sur la base des flux actuels de fonctionnement du site. Des campagnes de prélèvement de l'air (polluants gazeux et poussières) et des sols superficiels et racinaires (métaux, dioxines, HAP) et l'utilisation des données de surveillance du site (fluor) a permis l'évaluation de l'impact du site sur son environnement. Il montre que :

- Dans les sols :
 - Les concentrations mesurées pour les dioxines/furanes, l'arsenic, le chrome et le nickel sont dans la gamme de concentrations « bruit de fond » mesurées dans des sols ;
 - Les concentrations de fluor mesurées dans les sols ne sont pas de nature à générer un risque pour la santé ;
 - Présence plus importantes de plomb et de benzo(a)pyrène en 1 point dans les sols : doute sur le fait que cela soit lié au site (point 21 situé à proximité d'une route): les concentrations mesurées ne sont pas de nature à générer un risque pour la santé.
- Dans l'air :
 - Les concentrations mesurées pour les COV et le NO₂ sont comparables avec la gamme de concentrations « bruit de fond » dans l'air pour ces composés ;
 - Les concentrations dans l'air pour le fluor en fluorure d'hydrogène sont respectivement 13 et 7 fois inférieures au seuil d'apparition des effets toxiques. Toutefois, en 1 point (sur la commune de l'Echaillon) la valeur guide de l'OMS de 1 µg/m³ est dépassée. Cette valeur guide étant construite pour prévenir des effets sur le bétail et les végétaux
 - Les concentrations mesurées pour le SO₂ sont 4 fois inférieures à la valeur réglementaire
 - Les concentrations en PM10 au nord du site au lieu-dit Echaillon (commune d'Hermillon), dépasse la valeur réglementaire. Il faut toutefois noter que l'IEM est réalisée sur la base d'une campagne réalisée sur la période froide (impact de l'habitat/tertiaire plus important sur les poussières du fait de l'utilisation du chauffage)
 - La mise en place de la surveillance des poussières et de l'acide fluorhydrique dans le cadre de la surveillance environnementale du site permettra d'évaluer plus finement les concentrations moyennes annuelles.

Evaluation prospective du risque sanitaire

L'évaluation prospective des risques sanitaires a été réalisée sur la base d'une modélisation de la dispersion des émissions du site. Le modèle utilisé dans cette étude est un modèle gaussien (ADMS 5). Les principales hypothèses de modélisations retenues sont :

- 1 an de données météorologiques modélisées au droit du site ;
- La prise en compte de 24 sources d'émission canalisées et diffuses ;
- La prise en compte d'un paramètre de rugosité variable ;
- la prise en compte du relief par le biais de données IGN.

A partir des concentrations moyennes annuelles et des dépôts moyens modélisés, les doses d'exposition ont pu être estimées.

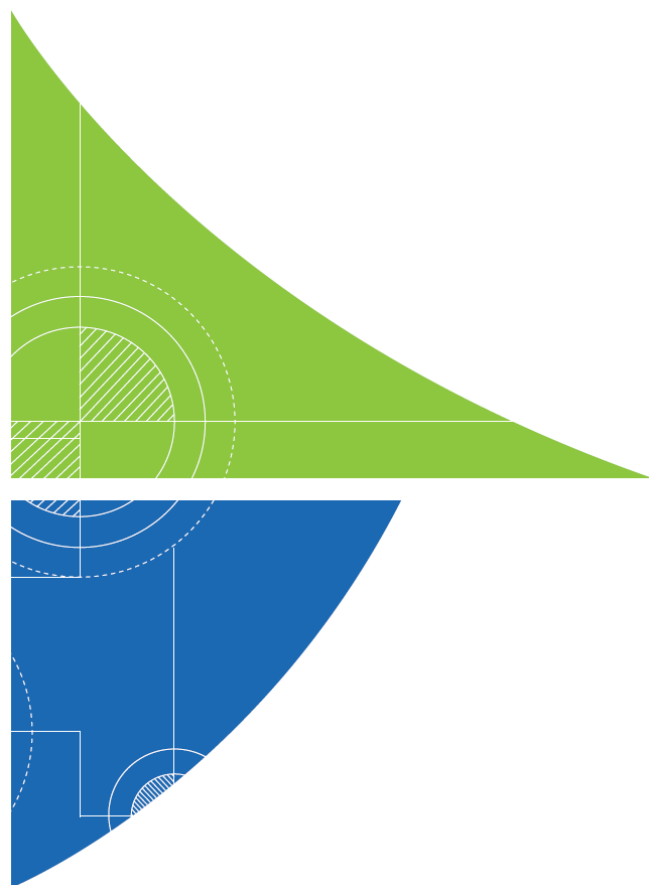
Le risque sanitaire de l'installation dans son fonctionnement futur tant pour les effets à seuil que sans seuil est **non significatif pour une exposition par inhalation et par ingestion**.

Il est principalement lié :

- pour l'inhalation, au :
 - fluorures pour les effets à seuil ;
 - chrome VI pour les effets sans seuil ;
- pour l'ingestion :
 - aux dioxines et au fluor pour les effets à seuil ;
 - à l'arsenic et le Benzo(a)Pyrène pour les effets sans seuil.

Les principales incertitudes de l'étude sont liées à la non prise en compte du bruit de fond, à l'estimation des émissions de l'installation, la complexité du domaine d'étude, à la conceptualisation de l'exposition et aux paramètres retenus pour l'évaluation quantitative des risques sanitaires (VTR, scénarios d'exposition) et sont, pour la plupart, majorantes, et ne sont pas de nature à remettre en cause les conclusions de l'étude.

ANNEXES



Annexe 1. Base de données des émissions atmosphériques du site

Cette annexe contient 2 pages.

		ACTUEL													
		Mesures à l'émission													
Paramètres	Unité	TaP	CTF	Four 0	Four 10/11	Four 8/9	Four 1 à 6	CTGF	CTGG	Lanterne aux F	Lanterne aux G	stockage alumine	Canalisés	Diffus	TOTAL
NO2	kg/an	68	98454	881	1010	3292	3277	4894	24037				132 636	3 277	135 913
SO2								454178	1196677	16126	47534		1 650 855	63 660	1 714 515
CO								2361509	4907492	11	36		7 269 001	47	7 269 048
COVnm éq. C		5057	28680	688	478	198	1426						35 101	1 426	36 528
Poussières		135	6035	2181	899	1260	2808	6516	30133	28139	87754	876	48 035	118 700	166 735
Indice Hydrocarbure éq. C		373	4740										5 113	0	5 113
HF				1066.7	2.1	2203.2	2966.0						3 272	2 966	6 237.99
HCl				142	758	310	386						1 210	386	1 596.14
As		0.01	0.44	0.04	0.01	0.03	0.05						0.52	0.05	0.57
Cd		0.05	0.41	1.25	0.24	0.09	2.39						2.03	2.39	4.42
Co		0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00						0.07	0.00	0.07
Cr		0.74	2.54	1.08	0.41	0.79	2.38						5.57	2.38	7.95
Cu		0.60	1.99	0.71	0.75	0.20	1.42						4.24	1.42	5.66
Mn		0.59	2.40	0.99	0.78	0.59	2.72						5.35	2.72	8.07
Ni		0.93	2.54	0.31	0.31	0.26	0.79						4.36	0.79	5.15
Pb		0.59	6.84	0.34	0.25	1.45	1.73						9.47	1.73	11.19
Sb		0.05	0.05	0.04	0.03	0.01	0.02						0.17	0.02	0.19
Sn		0.50	4.39	0.48	0.26	1.52	1.87						7.14	1.87	9.01
Se		0.02	0.44	0.34	0.34	0.59	1.08						1.73	1.08	2.80
Te		0.001	0.006	0.000	0.003	0.000	0.000						0.01	0.00	0.01
Tl		0.001	0.04	0.01	0.01	0.02	0.04						0.08	0.04	0.12
V		0.05	0.14	7.99	0.04	0.02	5.72						8.24	5.72	13.96
Zn		10.05	24.27	8.78	2.30	2.37	9.51						47.77	9.51	57.28
Hg			3.42	0.03									3.45	0.00	3.45
PCDD/PCDF		7.4E-07	6.5E-07	2.3E-07	9.6E-06	1.6E-06	1.7E-06						1.3E-05	1.7E-06	1.5E-05
Fluor								7962.898		71666.08			7 963	71 666	79 629
PFC															
Somme des 8 HAP	1.8	27.6										29	0	29	

		FUTUR 160 000 T/an de Al													
		Flux en kg/An													
Paramètres	Unité	TaP	CTF	Four 0	Four 10/11	Four 8/9	Four 1 à 6	CTGF	CTGG	nterneaux	nterneaux	stockage alumine	Canalisés	Diffus	TOTAL
NO2	kg/an	82	119918	10412	11943	38906	38738	9473	46527	0	0		237262	38738	276000
SO2								635764	1675123	22573	66539		2310887	89113	2400000
CO								7796924	16202921	36	120		23999845	155	24000000
COVnm éq. C		16127	109998	13743	13898	8436	1574						162202	1574	163776
Poussières		733	5000	3051	1258	1763	3928	8543	39508	36894	115056	876	60732	155877	216609
Indice Hydrocarbure éq. C		1466	10000										11466	0	11466
Cd+Hg+Ti		15	100	12	13	8	2.68						147.46	2.68	150.14
As+Se+Te		147	1000	125	126	77	1.24						1474.57	1.24	1475.80
Sb+Cr+Co+Cu+Sn+Mn+Ni+V+Zn		733	5000	625	632	383	26.95						7372.84	26.95	7399.79
HF		0.00	499.99	125	126	77	3272.83						827.97	3272.83	4100.80
HCl				625	632	383	425.97						1639.89	425.97	2065.85
As		44.86	496.68	12.21	6.84	3.26	0.05						563.86	0.05	563.91
Cd		14.45	10.57	12.11	12.25	6.23	2.64						55.61	2.64	58.25
Co		2.50	1.91	0.08	0.63	0.04	0.00						5.17	0.00	5.17
Cr		40.20	331.78	32.997	53.460	52.650	2.623						511.08	2.62	513.70
Cu		32.38	259.32	21.71	96.90	13.16	1.56						423.46	1.56	425.02
Mn		32.24	312.83	30.40	100.34	39.49	3.00						515.30	3.00	518.29
Ni		50.09	331.78	9.55	40.09	17.55	0.87						449.07	0.87	449.94
Pb		147	1000	125	126	77	1.90						1474.57	1.90	1476.47
Sb		2.54	6.48	1.14	4.34	0.35	0.02						14.86	0.02	14.87
Sn		26.88	572.03	14.76	33.41	100.91	2.06						747.99	2.06	750.06
Se		98.47	496.68	112.73	118.59	73.43	1.19						899.90	1.19	901.08
Te		3.28	6.62	0.00	0.91	0.00	0.00						10.82	0.00	10.82
TI		0.21	1.06	0.11	0.39	1.44	0.04						3.20	0.04	3.24
V		2.64	18.69	244.87	5.28	1.36	6.32						272.84	6.32	279.15
Zn		543.68	3165.23	269.19	297.37	157.95	10.49						4433.41	10.49	4443.91
Hg		0.00	88.37	0.28	0.00	0.00	0.00						88.65	0.00	88.65
PCDD/PCDF		2.7.E-05	2.3.E-05	8.6.E-07	3.6.E-05	6.3.E-06	6.5.E-06						9.4.E-05	6.5.E-06	1.0.E-04
Fluor			799.99					10000		90000			10800	90000	100800
PFC								400		3600			400	3600	4000
Somme des 8 HAP	9	141										150	0	150	

Annexe 2. Données toxicologiques

Cette annexe contient 7 pages.

Identification des dangers

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

Tous les modes d'exposition sont traités en **effets chroniques**, correspondant à de longues durées d'exposition (supérieures à 7 ans pour l'US-EPA et supérieures à 1 an pour l'ATSDR).

Types d'effets distingués

Pour chaque substance, différents effets toxiques peuvent être considérés. On distinguera dans le présent document les effets cancérogènes (apparition de tumeurs), les effets mutagènes (ou tératogènes consistant à la modification de l'ADN en particulier), les effets sur la reproduction (reprotoxicité) des autres effets toxiques.

Différents organismes internationaux (l'OMS, l'Union Européenne et l'US-EPA) ont classé les effets suscités en catégories ou classes. Celles-ci sont présentées en page suivante. Seule la classification de l'Union Européenne a un caractère réglementaire. C'est également la seule qui classe les substances chimiques quant à leur caractère mutagène et reprotoxique.

Les mentions de danger des substances sont présentées en préambule ainsi que les symboles (SGH01 à SGH09) qui les représentent. Ces mentions de danger sont liées au classement établi par l'Union Européenne.

Classification en termes de cancérogénicité

UE	US-EPA	CIRC
C1 (H350 ou H350i) : cancérogène avéré ou présumé l'être : C1A : Substance dont le potentiel cancérogène pour l'être humain est avéré C1B : Substance dont le potentiel cancérogène pour l'être humain est supposé	A : Preuves suffisantes chez l'homme	1 : Agent ou mélange cancérogène pour l'homme
C2 : Substance suspectée d'être cancérogène pour l'homme	B1 : Preuves limitées chez l'homme B2 : Preuves non adéquates chez l'homme et preuves suffisantes chez l'animal	2A : Agent ou mélange probablement cancérogène pour l'homme
Carc.3 : Substance préoccupante pour l'homme en raison d'effets cancérogènes possibles (R40)	C : Preuves inadéquates chez l'homme et preuves limitées chez l'animal	2B : Agent ou mélange peut-être cancérogène pour l'homme
	D : Preuves insuffisantes chez l'homme et l'animal E : Indications d'absence de cancérogénicité chez l'homme et chez l'animal	3 : Agent ou mélange inclassables quant à sa cancérogénicité pour l'homme 4 : Agent ou mélange probablement non cancérogène chez l'homme -

Classification en termes de mutagénicité

UE	
M1 (H340) : Substance dont la capacité d'induire des mutations héréditaires est avérée ou qui sont à considérer comme induisant des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains. Substance dont la capacité d'induire des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains est avérée.	M1A : Classification fondée sur des résultats positifs d'études épidémiologiques humaines. Substance considérée comme induisant des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains.
	M1B : Classification fondée sur des essais in vivo de mutagénicité sur des cellules germinales et somatiques et qui ont donné un ou des résultats positifs et sur des essais qui ont montré que la substance a des effets mutagènes sur les cellules germinales humaines, sans que la transmission de ces mutations à la descendance n'ait été établie.
M2 (H341) : Substances préoccupantes du fait qu'elle pourrait induire des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains.	

Classification en termes d'effets reprotoxiques

UE	
R1 (H360 ou H360F ou H360D ou H360FD ou H360Fd ou H360fD) : Reprotoxique avéré ou présumé	R1A : Substance dont la toxicité pour la reproduction humaine est avérée. La classification d'une substance dans cette catégorie s'appuie largement sur des études humaines.
	R1B : Substance présumée toxique pour la reproduction humaine. La classification d'une substance dans cette catégorie s'appuie largement sur des données provenant d'études animales.
R2 (H361 ou H361f ou H361d ou H361fd) : Substance suspectée d'être toxique pour la reproduction humaine. Les substances sont classées dans cette catégorie lorsque les résultats des études ne sont pas suffisamment probants pour justifier une classification dans la catégorie 1 mais qui font apparaître un effet indésirable sur la fonction sexuelle et la fertilité ou sur le développement.	

La toxicité pour la reproduction comprend l'altération des fonctions ou de la capacité de reproduction chez l'homme ou la femme et l'induction d'effets néfastes non héréditaires sur la descendance.

Les effets sur la fertilité masculine ou féminine recouvrent les effets néfastes sur :

- sur la libido,
- le comportement sexuel,
- les différents aspects de la spermatogenèse ou de l'oogenèse,
- l'activité hormonale ou la réponse physiologique qui perturberaient la fécondation
- la fécondation elle-même ou le développement de l'ovule fécondé.

La toxicité pour le développement est considérée dans son sens le plus large, perturbant le développement normal aussi bien avant qu'après la naissance.

Les produits chimiques les plus préoccupants sont ceux qui sont toxiques pour la reproduction à des niveaux d'exposition qui ne donnent pas d'autres signes de toxicité.

Symboles et phrases de risques

Le SGH ou Système général harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques est un ensemble de recommandations élaborées au niveau international. Il vise à harmoniser les règles de classification des produits chimiques et de communication des dangers (étiquettes, fiches de données de sécurité). En Europe, dans les secteurs du travail et de la consommation, le SGH est mis en application via le règlement CLP. Le nouveau règlement européen CLP (*Classification, Labelling and Packaging*) 1272/2008 du 16 décembre 2008 relatif à la classification à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges et modifiant les directives 67/548/CEE, 1999/45/CE et le règlement 1907/2006 a été publié le 31 décembre 2008 au Journal officiel de l'Union européenne.

Le règlement CLP est entré en vigueur le **20 janvier 2009**. Il prévoit néanmoins une période de transition durant laquelle l'ancien et le nouveau système de classification et d'étiquetage coexisteront. Sauf dispositions particulières prévues par le texte, la mise en application du nouveau règlement devient obligatoire à partir du **1er décembre 2010** pour les **substances** et du **1er juin 2015** pour les **mélanges**. Il est à souligner que, pour éviter toute confusion, les produits ne peuvent porter de double étiquetage. Au 1er juin 2015, le système préexistant sera définitivement abrogé et la nouvelle réglementation sera la seule en vigueur.

Les principales nouveautés pour l'étiquette de sécurité sont l'apparition de nouveaux pictogrammes de danger, de forme losange et composés d'un symbole noir sur un fond blanc bordé de rouge, et l'ajout de mention d'avertissement indiquant la gravité du danger ("DANGER", pour les produits les plus dangereux, et "ATTENTION"). Les étiquettes comporteront également des mentions de danger (ex: "Mortel par inhalation") en remplacement des phrases de risque (phrases R) et des nouveaux conseils de prudence (ex: "Éviter tout contact avec les yeux, la peau ou les vêtements").

MENTIONS DE DANGER
28 mentions de danger physique

- H200 : Explosif instable
- H201 : Explosif ; danger d'explosion en masse
- H202 : Explosif ; danger sérieux de projection
- H203 : Explosif ; danger d'incendie, d'effet de souffle ou de projection
- H204 : Danger d'incendie ou de projection
- H205 : Danger d'explosion en masse en cas d'incendie
- H220 : Gaz extrêmement inflammable
- H221 : Gaz inflammable
- H222 : Aérosol extrêmement inflammable
- H223 : Aérosol inflammable
- H224 : Liquide et vapeurs extrêmement inflammables
- H225 : Liquide et vapeurs très inflammables
- H226 : Liquide et vapeurs inflammables
- H228 : Matière solide inflammable
- H240 : Peut exploser sous l'effet de la chaleur
- H241 : Peut s'enflammer ou exploser sous l'effet de la chaleur
- H242 : Peut s'enflammer sous l'effet de la chaleur
- H250 : S'enflamme spontanément au contact de l'air
- H251 : Matière auto-échauffante ; peut s'enflammer
- H252 : Matière auto-échauffante en grandes quantités ; peut s'enflammer
- H260 : Dégage au contact de l'eau des gaz inflammables qui peuvent s'enflammer spontanément
- H261 : Dégage au contact de l'eau des gaz
- H270 : Peut provoquer ou aggraver un incendie ; comburant
- H271 : Peut provoquer un incendie ou une explosion ; comburant puissant
- H272 : Peut aggraver un incendie ; comburant
- H280 : Contient un gaz sous pression ; peut exploser sous l'effet de la chaleur
- H281 : Contient un gaz réfrigéré ; peut causer des brûlures ou blessures cryogéniques
- H290 : Peut être corrosif pour les métaux

38 mentions de danger pour la santé

- H300 : Mortel en cas d'ingestion
- H301 : Toxique en cas d'ingestion
- H302 : Nocif en cas d'ingestion
- H304 : Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires
- H310 : Mortel par contact cutané
- H311 : Toxique par contact cutané
- H312 : Nocif par contact cutané
- H314 : Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves
- H315 : Provoque une irritation cutanée
- H340 : Peut induire des anomalies génétiques <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H341 : Susceptible d'induire des anomalies génétiques <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H350 : Peut provoquer le cancer <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H351 : Susceptible de provoquer le cancer <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H360 : Peut nuire à la fertilité ou au fœtus <indiquer l'effet spécifique s'il est connu> <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H361 : Susceptible de nuire à la fertilité ou au fœtus <indiquer l'effet s'il est connu> <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H362 : Peut être nocif pour les bébés nourris au lait maternel
- H317 : Peut provoquer une allergie cutanée
- H318 : Provoque des lésions oculaires graves
- H319 : Provoque une sévère irritation des yeux
- H330 : Mortel par inhalation
- H331 : Toxique par inhalation
- H332 : Nocif par inhalation
- H334 : Peut provoquer des symptômes allergiques ou d'asthme ou des difficultés respiratoires par inhalation
- H335 : Peut irriter les voies respiratoires
- H336 : Peut provoquer somnolence ou vertiges
- H370 : Risque avéré d'effets graves pour les organes <ou indiquer tous les organes affectés, s'ils sont formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H371 : Risque présumé d'effets graves pour les organes <ou indiquer tous les organes affectés, s'ils sont formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H372 : Risque avéré d'effets graves pour les organes <indiquer tous les organes affectés, s'ils sont formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H373 : Risque présumé d'effets graves pour les organes <indiquer tous les organes affectés, s'ils sont connus> à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>

Pour certaines mentions de danger pour la santé des lettres sont ajoutées au code à 3 chiffres :









- H350i : Peut provoquer le cancer par inhalation
- H360F : Peut nuire à la fertilité
- H360D : Peut nuire au fœtus
- H361f : Susceptible de nuire à la fertilité
- H361d : Susceptible de nuire au fœtus
- H360FD : Peut nuire à la fertilité. Peut nuire au fœtus
- H361fd : Susceptible de nuire à la fertilité. Susceptible de nuire au fœtus
- H360Fd : Peut nuire à la fertilité. Susceptible de nuire au fœtus
- H360Df : Peut nuire au fœtus. Susceptible de nuire à la fertilité.

5 mentions de danger pour l'environnement

- H400 : Très toxique pour les organismes aquatiques
- H410 : Très toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme
- H411 : Toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme
- H412 : Nocif pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme
- H413 : Peut être nocif à long terme pour les organismes aquatiques

Symboles de danger

- **SHG01 : Explosif** (ce produit peut exploser au contact d'une flamme, d'une étincelle, d'électricité statique, sous l'effet de la chaleur, d'un choc ou de frottements).
- **SGH02 : Inflammable** (Le produit peut s'enflammer au contact d'une flamme, d'une étincelle, d'électricité statique, sous l'effet de la chaleur, de frottements, au contact de l'air ou au contact de l'eau en dégageant des gaz inflammables).
- **SGH03 : Comburant** (peut provoquer ou aggraver un incendie – peut provoquer une explosion en présence de produit inflammable).
- **SGH04 : Gaz sous pression** (peut exploser sous l'effet de la chaleur (gaz comprimé, liquéfié et dissous) – peut causer des brûlures ou blessures liées au froid (gaz liquéfiés réfrigérés).
- **SGH05 : Corrosif** (produit qui ronge et peut attaquer ou détruire des métaux – peut provoquer des brûlures de la peau et des lésions aux yeux en cas de contact ou de projection).
- **SGH06 : Toxique ou mortel** (le produit peut tuer rapidement – empoisonne rapidement même à faible dose).
- **SGH07 : Dangereux pour la santé** (peut empoisonner à forte dose – peut irriter la peau, les yeux, les voies respiratoires – peut provoquer des allergies cutanées – peut provoquer somnolence ou vertige – produit qui détruit la couche d'ozone).
- **SGH08 : Nocif pour la santé** (peut provoquer le cancer, modifier l'ADN, nuire à la fertilité ou au fœtus, altérer le fonctionnement de certains organes – peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires – peut provoquer des difficultés respiratoires ou des allergies respiratoires).
- **SGH09 : Dangereux pour l'environnement** (produit polluant – provoque des effets néfastes à court et/ou long terme sur les organismes des milieux aquatiques).

SGH01	SGH02	SGH03
		
SGH04	SGH05	SGH06
		
SGH07	SGH08	SGH09
		

Le tableau ci-après reprend l'ensemble des informations propres à chaque substance considérée dans la présente étude.

Substance	CAS n°R	Volatilité	Solubilité	Classement	Mention de danger
		Pv	S	Symboles	
Poussières	-	non adequat	non adequat	-	-
Cadmium (Cd)	7440-43-9	non adequat	non adequat	SGH06, SGH08, SGH09	H350, H341, H361fd, H330, H372, H400, H410
Thallium (Tl)	7440-28-0	non adequat	non adequat	SGH06, SGH08	H330, H300, H373, H413
Arsenic (As)	7440-38-2	non adequat	non adequat	SGH06, SGH09	H331, H301, H400, H410
Sélénium (Se)	7782-49-2	non adequat	non adequat	SGH06, SGH08	H331, H301, H373, H413
Tellure (Te)	13494-80-9	non adequat	non adequat	-	-
Plomb (Pb)	7439-92-1	non adequat	non adequat	SGH07, SGH08, SGH09	H360Df, H332, H373, H400, H410
Antimoine (Sb)	7440-36-0	non adequat	non adequat	SGH07, SGH09	H332, H302, H411
Chrome III (Cr III)	1308-38-9	non adequat	non adequat	-	-
Chrome VI (Cr VI)	trioxyde de Cr 1333-82-0	non adequat	non adequat	SGH03, SGH05, SGH06, SGH08, SGH09	H271, H350, H340, H361f, H330, H311, H301, H372, H314, H334, H317, H410
Cobalt (Co)	7440-48-4	non adequat	non adequat	SGH08	H334, H317, H413
Cuivre (Cu)	7440-50-8	non adequat	non adequat	-	-
Etain (Sn)	Etain (Sn)	non adequat	non adequat	-	-
Manganèse (Mn)	Manganèse (Mn)	non adequat	non adequat	SGH07 (dioxyde)	H332, H302 (dioxyde)
Nickel (Ni)	7440-02-0	non adequat	non adequat	SGH07, SGH08	H351, H372, H317, H412
Vanadium (V)	7440-62-2	non adequat	non adequat	-	-
Zinc (Zn)	7440-66-6 (poudre)	non adequat	non adequat	SGH02 (pyrophorique) SGH09	H250, H260 (pyrophorique) H400, H410
Mercure (Hg)	7439-97-6	non adequat	non adequat	SGH06, SGH08, SGH09	H360D, H330, H372, H400, H410
HAP (baP)	50-32-8	--	--	SGH07, SGH08, SGH09	H340, H350, H360FD, H317, H400, H410
Fluor	7782-41-4	nd	+	T	R25, R32, R36/38
Dioxines et Furannes (PCDD/PCDF)	Dioxines et furanes	--	--	nd	nd
Dioxydes d'azote (NO ₂)	10102-44-0	gaz	++	SGH03, SGH04, SGH05, SGH06	H270, H330, H314
Dioxydes de soufre (SO ₂)	7746-09-05	gaz	++	T	R23, R36, R37
Benzène	71-43-2	++	++	SGH02, SGH07, SGH08	H225, H350, H340, H372, H304, H319, H315
Butane	106-97-8	non adequat	non adequat	-	-
Ethane	74-84-0	non adequat	non adequat	SGH02 SGH04	H220
Formaldéhyde	50-00-0	++	++	SGH06, SGH08, SGH05	H341, H331, H311, H301, H314, H317, H350
Hexane	110-54-3	++	+	SGH02, SGH07, SGH08, SGH09	H225, H361f, H304, H373, H315, H336 et H411.
Naphtalène	91-20-3	+	+	SGH07, SGH08, SGH09	H351, H302, H400, H410
Pentane	109-66-0	non adequat	non adequat	GHS02 GHS09 GHS08 GHS07	H225 H304 H336 H411
Propane	74-98-6	non adequat	non adequat	SGH02 SGH04	H220
Toluène	108-88-3	++	++	SGH02, SGH07, SGH08	H225, H361d, H304, H373, H315, H336
Fluorure d'hydrogène (HF)	7664-39-3	nd	++	SGH05, SGH06	H330, H310, H300, H314

LEGENDE Volatilité :

++ : Pv > 1000 Pa (COV)
 + : 1000 > Pv > 10 Pa (COV)
 - : 10 > Pv > 10⁻² Pa (non COV)
 -- : 10⁻² > Pv > 10⁻⁵ Pa (non COV)

LEGENDE Solubilité :

++ : S > 100 mg/l
 + : 100 > S > 1 mg/l
 - : 1 > S > 0.01 mg/l
 -- : S < 0.01 mg/l

Annexe 3. Choix des traceurs

Cette annexe contient 4 pages.

Choix des traceurs ingestion - Actuel

Choix traceurs de risque			Flux de polluants émis à l'atmosphère (kg/an)	INGESTION						
Substance	Type			VTR ingestion	ERU ingestion	Flux/VTR	Ratio	RETENU Flux/VTR (O/N)	RETENU Cancéro (O/N)	RETENU
NO2	Gaz		1.36E+05	-	-	0	0.0%	N	N	N
SO2	Gaz		1.71E+06	-	-	0	0.0%	N	N	N
CO	Gaz		7.27E+06	-	-	0	0.0%	N	N	N
COVnm éq. C	Gaz		3.65E+04							
Benzène	Gaz	0.02%	6.80E+00	-	-	0	0.0%	N	N	N
Butane	Gaz	18.62%	6.80E+03	-	-	0	0.0%	N	N	N
Ethane	Gaz	27.48%	1.00E+04	-	-	0	0.0%	N	N	N
Formaldéhyde	Gaz	0.66%	2.43E+02	-	-	0	0.0%	N	N	N
Hexane	Gaz	15.96%	5.83E+03	-	-	0	0.0%	N	N	N
Naphtalène	Gaz	0.01%	1.98E+00	-	-	0	0.0%	N	N	N
Pentane	Gaz	23.05%	8.42E+03	-	-	0	0.0%	N	N	N
Propane	Gaz	14.18%	5.18E+03	-	-	0	0.0%	N	N	N
Toluène	Gaz	0.03%	1.10E+01	-	-	0	0.0%	N	N	N
Poussières	Particulaire		1.66E+05	-	-	0	0.0%	N	N	N
Indice Hydrocarbure éq. C	Gaz		5.11E+03	-	-	0	0.0%	N	N	N
HF	Gaz		6.24E+03	-	-	0	0.0%	N	N	N
HCl	Gaz		1.60E+03	-	-	0	0.0%	N	N	N
As	Particulaire		5.69E-01	4.5E-04	1.5E+00	1 265	0.1%	N	O	O
Cd	Particulaire		4.42E+00	3.5E-04	-	12 628	0.8%	N	N	N
Co	Particulaire		7.24E-02	1.6E-03	-	45	0.0%	N	N	N
Cr	Particulaire		7.95E+00							
Cr III	Particulaire		7.15E+00	3.0E-01	-		0.0%	N	N	N
Cr VI	Particulaire		7.95E-01	9.0E-04	5.0E-01		0.0%	N	O	O
Cu	Particulaire		5.66E+00	5.0E-01	-	11	0.0%	N	N	N
Mn	Particulaire		8.07E+00	6.0E-02	-	134	0.0%	N	N	N
Ni	Particulaire		5.15E+00	2.8E-03	-	1 838	0.1%	N	N	N
Pb	Particulaire		1.12E+01	6.3E-04	8.5E-03	17 766	1.1%	O	O	O
Sb	Particulaire		1.89E-01	6.0E-03	-	32	0.0%	N	N	N
Sn	Particulaire		9.01E+00	2.0E-01	-	45	0.0%	N	N	N
Se	Particulaire		2.80E+00	5.0E-03	-	561	0.0%	N	N	N
Te	Particulaire		9.11E-03	-	-	0	0.0%	N	N	N
Tl	Particulaire		1.17E-01	-	-	0	0.0%	N	N	N
V	Particulaire		1.40E+01	-	-	0	0.0%	N	N	N
Zn	Particulaire		5.73E+01	3.0E-01	-	191	0.0%	N	N	N
Hg	Particulaire		3.45E+00	5.7E-04	-	6 039	0.4%	N	N	N
PCDD/PCDF	Particulaire		1.46E-05	7.0E-10	-	20 787	1.3%	O	N	O
Fluor	Particulaire		7.96E+04	5.0E-02	-	1 592 580	100.0%	O	N	O
PFC dont CF4/C2F6	Gaz		0.00E+00				0.0%	N	N	N
Somme des 8 HAP	Particulaire		29.37	3.0E-04	1.0E+00	97 912	6.1%	O	O	O

Choix des traceurs inhalation - Actuel

Choix traceurs de risque		Flux de polluants émis à l'atmosphère (kg/an)	INHALATION						
Substance	Type		VTR inhalation	ERU inhalation	Valeur Guide	Flux/VTR	Ratio	RETENU Flux/VTR (O/N)	RETENU Cancéro (O/N)
NO2	Gaz	1,37E+05	-	-	O	0	0,0%	N	N
SO2	Gaz	1,59E+06	-	-	O	0	0,0%	N	N
CO	Gaz	7,27E+06	-	-	N	0	0,0%	N	N
COVnm éq. C	Gaz								
Benzène	Gaz	7,01E+00	10	0,000026	N	1	0,0%	N	O
Butane	Gaz	7,01E+03	-	-	N	0	0,0%	N	N
Ethane	Gaz	1,03E+04	-	-	N	0	0,0%	N	N
Formaldéhyde	Gaz	2,50E+02	123	-	N	2	0,0%	N	N
Hexane	Gaz	6,01E+03	-	-	N	0	0,0%	N	N
Naphtalène	Gaz	2,04E+00	37	0,0000056	N	0	0,0%	N	O
Pentane	Gaz	8,68E+03	-	-	N	0	0,0%	N	N
Propane	Gaz	5,34E+03	-	-	N	0	0,0%	N	N
Toluène	Gaz	1,14E+01	19000	-	N	0	0,0%	N	N
Poussières	Particulaire	1,67E+05	-	-	O	0	0,0%	N	N
Indice Hydrocarbure éq. C	Gaz	5,22E+03	-	-	N		0,0%	N	N
HF	Gaz	5,38E+03	14	-	N	385	2,6%	O	N
HCl	Gaz	2,18E+03	20	-	N	109	0,7%	N	N
As	Particulaire	5,86E-01	0,015	0,00015	N	39	0,3%	N	O
Cd	Particulaire	3,20E+00	0,3	-	N	11	0,1%	N	N
Co	Particulaire	9,11E-02	0,1	-	N	1	0,0%	N	N
Cr	Particulaire	7,56E+00							
Cr III	Particulaire	6,80E+00	60	-	N		0,0%	N	N
Cr VI	Particulaire	7,56E-01	0,1	6,00E-03	N		0,0%	N	O
Cu	Particulaire	5,77E+00	1	-	N	6	0,0%	N	N
Mn	Particulaire	7,49E+00	0,3	-	N	25	0,2%	N	N
Ni	Particulaire	5,35E+00	0,23	0,00017	N	23	0,2%	N	O
Pb	Particulaire	1,11E+01	-	1,20E-05	N	0	0,0%	N	O
Sb	Particulaire	2,64E-01	0,2	-	N	1	0,0%	N	N
Sn	Particulaire	8,90E+00	-	-	N	0	0,0%	N	N
Se	Particulaire	2,74E+00	20	-	N	0	0,0%	N	N
Te	Particulaire	1,31E-02	-	-	N	0	0,0%	N	N
Tl	Particulaire	1,10E-01	-	-	N	0	0,0%	N	N
V	Particulaire	1,42E+01	0,1	-	N	142	1,0%	N	N
Zn	Particulaire	6,23E+01	-	-	N	0	0,0%	N	N
Hg	Particulaire	3,47E+00	0,2	-	N	17	0,1%	N	N
PCDD/PCDF	Particulaire	2,85E-05	-	-	N	0	0,0%	N	N
Fluor	Particulaire	7,96E+04	-	-	N	0	0,0%	N	N
Somme des 8 HAP	Particulaire	2,99E+01	0,002	6,00E-04	N	14 953	100,0%	O	O

Choix des traceurs ingestion - Futur

Choix traceurs de risque			Flux de polluants émis à l'atmosphère (kg/an)	INGESTION						
Substance	Type			VTR ingestion	ERU ingestion	Flux/VTR	Ratio	RETENU Flux/VTR (O/N)	RETENU Cancéro (O/N)	RETENU
COVnm éq. C	Gaz		1,64E+05							
Benzène	Gaz	0,02%	30,49	-	-	0	0,0%	N	N	N
Butane	Gaz	18,62%	30487,29	-	-	0	0,0%	N	N	N
Ethane	Gaz	27,48%	45005,05	-	-	0	0,0%	N	N	N
Formaldéhyde	Gaz	0,66%	1088,83	-	-	0	0,0%	N	N	N
Hexane	Gaz	15,96%	26131,96	-	-	0	0,0%	N	N	N
Naphtalène	Gaz	0,01%	8,86	-	-	0	0,0%	N	N	N
Pentane	Gaz	23,05%	37746,17	-	-	0	0,0%	N	N	N
Propane	Gaz	14,18%	23228,41	-	-	0	0,0%	N	N	N
Toluène	Gaz	0,03%	49,36	-	-	0	0,0%	N	N	N
Poussières	Particulaire		1,97E+05	-	-	0	0,0%	N	N	N
Indice Hydrocarbure éq. C	Gaz		1,15E+04	-	-	0	0,0%	N	N	N
HF	Gaz		4,10E+03	-	-	0	0,0%	N	N	N
HCl	Gaz		2,07E+03	-	-	0	0,0%	N	N	N
As	Particulaire		1,93E+02	4,5E-04	1,5E+00	428 634	18,3%	O	O	O
Cd	Particulaire		1,37E+02	3,5E-04	-	392 047	16,7%	O	N	O
Co	Particulaire		3,98E+00	1,6E-03	-	2 488	0,1%	N	N	N
Cr	Particulaire		4,72E+02							
Cr III	Particulaire		4,25E+02	3,0E-01	-		0,0%	N	N	N
Cr VI	Particulaire		4,72E+01	9,0E-04	5,0E-01		0,0%	N	O	O
Cu	Particulaire		3,45E+02	5,0E-01	-	690	0,0%	N	N	N
Mn	Particulaire		4,67E+02	6,0E-02	-	7 780	0,3%	N	N	N
Ni	Particulaire		2,21E+02	2,8E-03	-	79 080	3,4%	O	N	O
Pb	Particulaire		1,48E+03	6,3E-04	8,5E-03	2 343 608	100,0%	O	O	O
Sb	Particulaire		1,70E+01	6,0E-03	-	2 839	0,1%	N	N	N
Sn	Particulaire		3,90E+02	2,0E-01	-	1 951	0,1%	N	N	N
Se	Particulaire		1,28E+03	5,0E-03	-	255 645	10,9%	O	N	O
Te	Particulaire		4,69E+00	-	-	0	0,0%	N	N	N
TI	Particulaire		3,94E+00	-	-	0	0,0%	N	N	N
V	Particulaire		1,98E+03	-	-	0	0,0%	N	N	N
Zn	Particulaire		3,51E+03	3,0E-01	-	11 686	0,5%	N	N	N
Hg	Particulaire		8,98E+00	5,7E-04	-	15 716	0,7%	N	N	N
PCDD/PCDF	Particulaire		1,00E-04	7,0E-10	-	142 857	6,1%	O	N	O
Fluor	Particulaire		1,01E+05	5,0E-02	-	2 016 000	86,0%	O	N	O
PFC dont CF4/C2F6	Gaz		4,00E+03				0,0%	N	N	N
Somme des 8 HAP	Particulaire		150	3,0E-04	1,0E+00	500 000	21,3%	O	O	O

Choix des traceurs inhalation - Futur

Choix traceurs de risque			Flux de polluants émis à l'atmosphère (kg/an)	INHALATION						
Substance	Type			VTR inhalation	ERU inhalation	Valeur Guide	Flux/VTR	Ratio	RETENU Flux/VTR (O/N)	RETENU Cancéro (O/N)
NO2	Gaz		2,56E+05	-	-	O	0	0,0%	N	N
SO2	Gaz		2,40E+06	-	-	O	0	0,0%	N	N
CO	Gaz		2,40E+07	-	-	N	0	0,0%	N	N
COVnm éq. C	Gaz		1,64E+05							
Benzène	Gaz	0,02%	3,05E+01	10	0,000026	N	3	0,0%	N	O
Butane	Gaz	18,62%	3,05E+04	-	-	N	0	0,0%	N	N
Ethane	Gaz	27,48%	4,50E+04	-	-	N	0	0,0%	N	N
Formaldéhyde	Gaz	0,66%	1,09E+03	123	-	N	9	0,0%	N	N
Hexane	Gaz	15,96%	2,61E+04	-	-	N	0	0,0%	N	N
Naphtalène	Gaz	0,01%	8,86E+00	37	0,000056	N	0	0,0%	N	O
Pentane	Gaz	23,05%	3,77E+04	-	-	N	0	0,0%	N	N
Propane	Gaz	14,18%	2,32E+04	-	-	N	0	0,0%	N	N
Toluène	Gaz	0,03%	4,94E+01	19000	-	N	0	0,0%	N	N
Poussières	Particulaire		1,97E+05	-	-	O	0	0,0%	N	N
Indice Hydrocarbure éq. C	Gaz		1,15E+04	-	-	N		0,0%	N	N
HF	Gaz		4,10E+03	14	-	N	293	0,4%	N	N
HCl	Gaz		2,07E+03	20	-	N	103	0,1%	N	N
As	Particulaire		1,93E+02	0,015	0,00015	N	12 859	17,1%	O	O
Cd	Particulaire		1,37E+02	0,3	-	N	457	0,6%	N	N
Co	Particulaire		3,98E+00	0,1	-	N	40	0,1%	N	N
Cr	Particulaire		4,72E+02							
Cr III	Particulaire		4,25E+02	60	-	N		0,0%	N	N
Cr VI	Particulaire		4,72E+01	0,03	4,00E-02	N		0,0%	N	O
Cu	Particulaire		3,45E+02	1	-	N	345	0,5%	N	N
Mn	Particulaire		4,67E+02	0,3	-	N	1 556	2,1%	O	N
Ni	Particulaire		2,21E+02	0,23	0,00017	N	963	1,3%	O	O
Pb	Particulaire		1,48E+03	-	1,20E-05	N	0	0,0%	N	O
Sb	Particulaire		1,70E+01	0,3	-	N	57	0,1%	N	N
Sn	Particulaire		3,90E+02	-	-	N	0	0,0%	N	N
Se	Particulaire		1,28E+03	20	-	N	64	0,1%	N	N
Te	Particulaire		4,69E+00	-	-	N	0	0,0%	N	N
Tl	Particulaire		3,94E+00	-	-	N	0	0,0%	N	N
V	Particulaire		1,98E+03	0,1	-	N	19 778	26,4%	O	N
Zn	Particulaire		3,51E+03	-	-	N	0	0,0%	N	N
Hg	Particulaire		8,98E+00	0,2	-	N	45	0,1%	N	N
PCDD/PCDF	Particulaire		1,00E-04	-	-	N	0	0,0%	N	N
Fluor	Particulaire		1,01E+05	-	-	N	0	0,0%	N	N
PFC dont CF4/C2F6	Gaz		4,00E+03							
Somme des 8 HAP	Particulaire		1,50E+02	0,002	6,00E-04	N	75 000	100,0%	O	O

Annexe 4. Méthodologie et détails de la campagne de mesure sol et air

Cette annexe contient 2 pages.

Prélèvement et analyse

Pour les composés gazeux, les mesures des concentrations dans l'air seront réalisées à l'aide de supports passifs (tubes Radiello).

La mesure par tube à diffusion passive, retenue dans la présente étude, pour la mesure des polluants, permet d'obtenir une concentration moyenne sur une période d'exposition dans une multiplicité de lieux. L'échantillonneur passif convient pour surveiller le respect des valeurs limites de longue durée, pour suivre les tendances sur plusieurs années et pour comparer simultanément plusieurs régions géographiques.

Dans le cadre de la présente étude, la durée d'exposition des tubes est de 14 jours.

Capteurs passifs utilisés



Le tube contient un absorbant adapté aux composés mesurés. Le prélèvement de l'échantillon s'effectue par une méthode naturelle reposant sur le principe de la diffusion passive des molécules sur le milieu absorbant. La quantité de polluant est proportionnelle à sa concentration dans l'environnement et est décrite par la loi de Fick simplifiée :

$$C = \frac{m}{Q \times t}$$

Avec : **C** : concentration moyenne en polluant dans l'air pendant la période d'échantillonnage ;

m : masse du composé adsorbé sur le support ;

Q : facteur caractérisant la diffusion du polluant dans le capteur (déterminé par le fabricant) ;

t : temps d'échantillonnage.

Les tubes passifs sont reconnus et décrits par la norme Européenne¹⁸.

L'utilisation des tubes à diffusion passive est optimale pour des conditions de température journalières comprises entre 5°C et 30°C. Pour des températures moyennes journalières non comprises dans cet intervalle, une erreur relative de 20% peut être notée.

A l'issue de la campagne de mesure, les capteurs passifs ont été expédiés et analysés par notre laboratoire partenaire **TERA ENVIRONNEMENT**.

L'analyse des composés a été réalisée selon les techniques analytiques présentées dans le tableau suivant.

¹⁸ « Ambient Air Quality – Diffusive samplers for the determination of gases and vapours – requirements and test methods » [EN 13528 :2002]

Méthodologie d'analyse des prélèvements d'air

Polluants	Méthode analytique	Limite de quantification pour 14 jours d'exposition
COVs	ATD/GC/MS	0,01 µg/m ³
Dioxyde d'azote (NO ₂)	CI CD	
Dioxyde de soufre (SO ₂)	CI CD	
Acide Fluorhydrique (HF)	CI CD	

Pour les sols, les échantillons sont prélevés par un technicien spécialisé de BURGEAP, dans les 3 premiers centimètres de sols pour les sols superficiels ou les 30 premiers cm pour les sols racinaires (Conformément au guide BRGM, Protocole d'échantillonnage des sols urbains pollués par le plomb. Mars 2004).

Les prélèvements sont réalisés à l'aide d'une tarière manuelle. Pour chacun des échantillons, 5 points de prélèvements sont réalisés dans une maille de 1 m². Ainsi, les échantillons analysés sont tous des échantillons composites. Le volume d'un échantillon est de 750 ml, ce qui est compatible avec les quantités minimales à prélever recommandées par le laboratoire. Les échantillons sont conservés dans des pots en verre, ce matériau n'interagissant pas avec les polluants recherchés et étant conforme aux spécifications du laboratoire et référencé dans la norme NF X 43-014 sur les prélèvements pour détermination des retombées atmosphériques.

Les échantillons sont conditionnés, référencés et conservés dans des glacières avec pains de glace ou en réfrigérateur. Ils sont expédiés au laboratoire d'analyse le jour du prélèvement dans des glacières avec pains de glace par transporteur.

L'échantillonnage sera réalisé conformément aux bonnes pratiques en vigueur et selon les normes de la série NF ISO 10381 « Qualité du sol – échantillonnage ».

Il est à noter qu'avant prise en charge analytique, les sols subissent un tamisage à 250µm.

Les méthodes d'analyse retenues les limites de quantification associées sont données dans le tableau ci-dessous.

Méthodologie d'analyse des prélèvements de sol

Composé	Méthode retenue	Limite de quantification
PCDD/Fs	méthode interne (mesure conforme NF-EN-1948)	0.6 I-TEQ WHO pg/g de matière sèche
ETM	Selon EN-ISO 11885	0,05 mg/kg MS
HAP	Équivalent à ISO 13877	0,05 mg/kg MS

Annexe 5. Bordereau d'analyses du laboratoire TERA

Cette annexe contient 1 page.

Annexe 6. Bordereaux d'analyses du laboratoire MICROPOLLUANTS

Cette annexe contient 36 pages.

Annexe 7. Valeurs de référence

Cette annexe contient 6 pages.

Milieu Air

► Présentation des valeurs réglementaires

Source : article R221.1 Code de l'environnement

Les concentrations de pollution de l'air sont réglementées. On distingue, dans ce cadre, 5 niveaux de **valeurs réglementaires** :

- **Valeur limite pour la protection de la santé** : niveau de concentration à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser. Il est fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble.
- **Objectif de qualité** : niveau de concentration 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 de concentration dans l'air ambiant fixée dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé des personnes et de l'environnement dans son ensemble qu'il convient d'atteindre, si possible, dans un délai donné.
- **Seuil d'information** : niveau de concentration au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population et qui rend nécessaire l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions.
- **Seuil d'alerte de la population** : niveau de concentration au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population et qui rend nécessaire l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions.

Dans le cadre de cette étude, seuls les objectifs de qualité, la valeur limite pour la protection de la santé humaine et la valeur cible ont été retenus.

Les tableaux suivants présentent la réglementation concernant les polluants réglementés étudiés dans le cadre de cette campagne de mesure.

Valeurs réglementaires en air ambiant (décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 – art. R221-1 du code de l'environnement)

Famille	Polluants	Concentration moyenne annuelle		
		Valeur limite pour la protection de la santé humaine ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Objectif de qualité ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Valeur cible (ng/m^3)
COV	Benzène	5	2	-
	Dioxyde d'azote (NO ₂)	40	40	-
	Dioxyde de soufre (SO ₂)	50	125 (en moyenne journalière)	-

Les paragraphes suivants décrivent et interprète les résultats associés à la campagne de mesure

► Présentation des valeurs guides

En sus de ce cadre réglementaire, l'**OMS** a publié un certain nombre de [valeurs guides de qualité de l'air](#) qui ont pour vocation d'aider à l'interprétation des résultats des mesures réalisées dans les environnements (sans avoir de portée réglementaire).

Le tableau suivant présente ces valeurs guides (moyen et long terme) pour les composés identifiés dans le cadre de cette étude. Afin d'éviter les redondances lorsqu'elles existent, les recommandations OMS dont les valeurs guides sont supérieures ou égales aux valeurs réglementaires ne sont pas présentées.

Valeurs guides OMS de la qualité de l'air ambiant

Polluants	Valeurs guides ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Benzène	1,7
Toluène	260
Acide fluorhydrique	1

► Présentation des valeurs rencontrées dans le cadre de la campagne OQAI 2003/2005

Cette campagne a été réalisée par l'Observatoire de Qualité de l'Air Intérieur en 2003/2005 (OQAI) pour rendre compte de l'état des lieux dans les logements français. La période d'échantillonnage pendant cette étude a été d'une semaine. 567 résidences principales et leur garage avaient été instrumentées pour suivre les niveaux de nombreux paramètres dont de nombreux identiques à cette étude ci-présente, sur une durée d'une semaine. Par ailleurs, cette étude a compris la réalisation de mesure de qualité de l'air extérieur exploitable.

Le tableau suivant présente les valeurs issues de cette campagne de mesure pour l'air ambiant.

Concentrations observées en air ambiant dans le cadre du programme national logements de l'OQAI

Polluant	Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	Médiane	Percentile 90
Benzene	< 1,1	2,2
Toluene	3,5	9
m+p - Xylene	2,4	5,6
Décane	1,9	4,6

Milieu Sol

► Les métaux

► Programme INRA – ASPITET

Le programme « Apports d'une Stratification Pédologique pour l'Interprétation des Teneurs en Eléments Traces » a été développé par l'INRA dans le but de fournir des références sur les teneurs totales en éléments traces métalliques mesurées dans divers sols français de zones rurales. Les résultats obtenus sont reportés dans le tableau suivant¹⁹.

Programme INRA/ASPITET : bruit de fond en métaux dans les sols français

	Gamme de valeurs couramment observées dans les sols « ordinaires » de toutes granulométries	Gamme de valeurs observées dans le cas d'anomalies naturelles modérées	Gamme de valeurs observées dans le cas de fortes anomalies naturelles
Arsenic	1,0 à 25,0	30 à 60	60 à 284
Cadmium	0.05-0.45	0.7-2	2-7
Chrome	10 à 90	90 à 150	150 à 3 180
Cuivre	2 à 20	20 à 62	65 à 102
Mercure	0.02-0.2	0.2-0.45	néant
Nickel	2 à 60	60 à 130	130 à 2 076
Plomb	9 à 50	60 à 90	100 à 3 000
Zinc	10 à 100	100 à 250	250 à 3 800

► Wedepohl, 1972, données générales sur la géochimie des roches

Cette étude présente des données sur les teneurs des différents métaux dans les roches en fonction du type de roche considéré. Il s'agit d'une étude internationale. Elle est synthétisée dans le rapport du BRGM RP-50888-FR d'avril 2001 « Résidus de procédés thermiques : élaboration d'un référentiel ». Les valeurs concernant les roches sédimentaires sont reportées dans le tableau ci-dessous.

Wedepohl ; 1972 : Bruit de fond dans les roches sédimentaires

Concentration (mg/kg MS)	Roches argileuses			Roches sableuses			Roches calcaires		
	Moyenne	Max	Min	Moyenne	Max	Min	Moyenne	Max	Min
Arsenic	12,4	60,0	0,3	15,5	17,0	0,6	3,09	23,50	0,10
Chrome	79	1 500	33	30	208	9	7,4	16	1
Cuivre	132	7 500	2	14,6	115	0,1	12,6	500	0,1
Nickel	73	425	14	43	234	2	16	32	12
Plomb	114	139	1	11,21	82,30	0,95	6,2	219	0,4
Zinc	103	1 300	2	60	198	5	21,7	1 900	0,1

¹⁹ Source : BRGM, Bases de données existantes relatives à la qualité des sols : contenu et utilisation dans le cadre de la gestion des sols pollués, version provisoire, 2007 et <http://etm.orleans.inra.fr>
<http://www7.inra.fr/lecourrier/assets/C39Baize.pdf>

Les données retrouvées dans la littérature sont d'une part une synthèse des mesures dans différents pays d'Europe, que nous retiendrons uniquement dans ce cadre comparatif (tableau ci-dessous) et d'autre part les valeurs synthétisées par le BRGM dans un rapport récent (Concentrations en dioxines (PCDD et PCDF) dans les sols de différents pays européens.

► Valeurs de référence retenues

Les concentrations en métaux dans les sols sont cohérentes avec les ordres de grandeurs définis sur le domaine d'étude par les mesures INRA/ASPITET.

En l'absence de point de bruit de fond local, les valeurs de référence du programme ASPITET seront retenues.

► Dioxines et Furannes

PCDD/PCDF en pg I-TEQ /g de sol	
Zones rurales Pays-Bas (1991) Autriche (1989 ; 1989-1993) Allemagne (1992) Belgique (1992) France (1999)	2,2 à 16 1,6 à 14 (pâturages) <1 à 64 (forêts) 1 à 5 2 0,02 à 1
Zones urbaines Allemagne (1992) France (1999)	10 à 30 0,2 à 17
Zones industrielles France (1999) Allemagne (1992) Pays-Bas (1990-1991)	20 à 60 50-150 13-252 (incinérateurs municipaux)

Sources : Commission européenne DG Environnement 1999

L'étude du BRGM réalisée sur 1 181 données d'équivalent toxique¹ (TEQ), dont plus de 500 données de concentrations des 17 congénères toxiques de sols en France entre 1998 et 2012 (Dioxines/Furanes dans les sols français troisième Etat des Lieux, analyses 1998-2012, BRGM décembre 2013) donne une concentration médiane de l'ordre de 2 ng-TEQ/kg MS (matière sèche).

Un traitement statistique plus poussé, selon la méthode des droites de Henry, a permis de distinguer quatre intervalles de concentrations en dioxines/furannes (17 congénères) dans les sols (hors PCB-dl).

- < 2 ng/kg MS : sols ruraux et sols urbains ;
- 2 - 8 ng/kg MS : sols urbains et sols sous influence industrielle ; c'est la valeur que nous retiendrons ;
- 8 – 17 ng/kg MS, sols sous influence industrielle ;
- > 17 ng/kg MS, sols sous influence industrielle, dont spécifiquement les sols d'ancienne parcelle agricole sous influence industrielle.

La prise en compte des PCB-DL dans les analyses de sols conduirait à une augmentation de 17 à 66 % du TEQ OMS₉₇/kg MS (la contribution des PCB-DL non ortho étant majoritaire : dont 11-30 % pour congénère 126).

► Les HAP

Peu de données sont disponibles sur le bruit de fond dans les sols en HAP. Nous n'avons pas recensé de données spécifiques aux sols français. Le tableau suivant reprend les données des rapports de l'ATSDR : « *Toxicological Profile for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons*, 1995 et *Toxicological Profile for Naphthalene, 1-Methylnaphthalene, and 2-Methylnaphthalene* » (2005).

ATSDR : bruit de fond pour les HAP

Concentration en mg/kg MS	Teneurs naturelles dans les sols ruraux ou agricoles	Teneurs anthropiques dans les sols urbains
Naphtalène	0,003	< 0,15
Acénaphthylène	0,005	-
Acénaphthène	< 0,01	-
Fluorène	< 0,01	-
Phénanthrène	0,14	-
Anthracène	< 0,01	-
Fluoranthène	< 0,21	-
Pyrène	< 0,15	-
Benzo(a)anthracène	< 0,11	-
Chrysène	< 0,12	-
Benzo(b)fluoranthène	< 0,22	-
Benzo(k)fluoranthène	< 0,25	-
Benzo(a)pyrène	< 1,3	-
Dibenzo(a,h)anthracène	-	-
Benzo(g,h,i)pérylène	< 0,07	-
Indéno(1,2,3-c,d)pyrène	< 0,1	-
Somme des 16 HAP	< 2,3	-

Annexe 8. Principes généraux de calculs d'IEM

Cette annexe contient 8 pages.

Inhalation de substances dans l'air extérieur

Inhalation de substances gazeuses et particulaires

La dose journalière d'exposition par ingestion de végétaux (DJE_i) contenant un polluant *i* s'exprime par suivante:

Pour la voie respiratoire, la dose d'exposition est généralement remplacée par la concentration inhalée. Lorsque l'on considère des expositions de longue durée, on s'intéresse à la concentration moyenne inhalée par jour, retranscrite par l'équation générique suivante :

$$CI = \left(\sum (C_i \times t_i) \right) F \times \frac{T}{T_m}$$

Avec :

- CI : concentration moyenne d'exposition
- C_i : concentration de polluant dans l'air inhalé pendant la fraction de temps t_i (en mg/m³)
- t_i : fraction du temps d'exposition à la concentration C_i pendant une journée
- F : fréquence ou taux d'exposition (nombre annuel d'heures ou de jours d'exposition ramené au nombre total annuel d'heures ou de jours – sans dimension)
- T : durée d'exposition (en années)
- T_m : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée

Les périodes de temps sur lesquelles l'exposition est moyennée (T_m) sont prises égales à :

- 70 ans (correspondant à la durée de vie considérée par l'ensemble des organismes nationaux et internationaux pour l'établissement de valeurs toxicologiques et l'évaluation des risques) pour les effets cancérogènes quelque soit la cible considérée,
- T (correspondant à durée d'exposition) pour les effets toxiques à seuil quelque soit la cible considérée.

Les volumes respiratoires moyens sont pris égaux à 20 m³/jour pour les adultes et les enfants à partir de 7 ans en référence aux débits considérés par les organismes internationaux pour la dérivation des valeurs toxicologiques. On notera cependant que la moyenne établie pour les hommes et les femmes adultes à partir des données de CIBLEX sont de 25,7 m³/jour en période active et 17,5 m³/jour en période de sommeil, pour les enfants de 7 à 12 ans, la moyenne est de 20,9 m³/jour et de 21,4 m³/jour pour les adolescents de 12 à 17 ans.

Pour les enfants de 0 à 7 ans, le volume respiratoire considéré est de 10 m³/jour (moyenne entre les garçons et les filles en période active à partir des données de CIBLEX).

Rappelons que ces volumes respiratoires ne sont pris en compte que pour la dérivation des valeurs toxicologiques de la voie orale à la voie inhalation le cas échéant ; en l'absence de dérivation, ils n'interviennent pas dans les calculs des risques sanitaires.

Ingestion de sols et poussières

Ingestion de sols et poussières

Le calcul de la dose a été réalisé avec l'équation générique suivante (guide EDR MEDD/BRGM/INERIS, 2000) :

$$DJE_{i,s} = \frac{C_{i,s} * Q_{sol} * T * F}{P * T_m}$$

avec :

- DJE_{i,s} : dose journalière du composé i liée à l'ingestion de sols (en mg/kg/j)
- C_{i,s} : concentration du composé i dans les sols (mg/kg)
- Q_{sol} : taux d'ingestion de sols (kg/j)
- T : durée d'exposition (années)
- F : fréquence d'exposition : nombre de jours d'exposition par an (jours/an),
- P : poids corporel de la cible (kg)
- T_m : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (T_m = T pour les effets à seuil et T_m = 70 ans pour les effets sans seuil)

Le choix de la valeur des paramètres d'exposition est explicité dans le présent rapport. Les quantités de sols et de poussières ingérées considérés sont argumentées ci-après.

Pour le taux d'ingestion de sols d'un enfant en extérieur, nous nous baserons sur les travaux de synthèse de l'INVS sur les variables humaines d'exposition (2012), basés pour ce paramètre sur l'étude de Stanek et al. (2001), qui donne un percentile 95 de 91 mg/jour. Pour les adultes, aucune donnée n'étant disponible dans le document de l'INVS, nous retiendrons la valeur couramment utilisée dans des études françaises et d'autres pays de 50 mg/jour. Ces données sont par ailleurs dans la fourchette des valeurs décrites dans la littérature : entre 0,6 et 480 mg/j chez l'adulte et entre 2 et 250 mg/j chez l'enfant (cité par KISSEL et al., 1998). La valeur de 480 mg/jour correspond à la réalisation de travaux de jardinage (Hawley 1985), non considérés de manière particulière dans la présente étude.

Les valeurs retenues pour l'ingestion de sols et de poussières en extérieur sont donc de 91 mg/j pour un enfant en bas âge et 50 mg/j pour un adulte. Ces valeurs sont représentatives d'une journée d'activité en extérieur sans prise en compte d'un temps de présence sur la journée.

Ainsi, à ces taux d'ingestion de sols seront associées les fréquences d'exposition F1 (j/an) et non à des facteurs F2 (h/j) pour les adultes et enfants dans leurs jardins.

Le poids corporel moyen d'un adulte est fixé à 60 kg pour les adultes à partir de 17 ans (INSERM et OMS). Cette valeur est cohérente avec la moyenne présentée dans le document de synthèse de l'INVS sur les variables humaines d'exposition (2012) sur la base de l'enquête décennale santé 2002-2003 menée par l'INSEE, de 61 kg.

Pour les enfants d'âge inférieur ou égal à 6 ans, nous retiendrons la moyenne des valeurs issues de ce même document pour cette tranche d'âge, soit 15 kg.

A la différence des volumes respiratoires, le poids des cibles intervient dans les calculs des doses d'exposition et donc des risques sanitaires.

Concentration dans les sols

Dans le cadre de dispersion des pollutions par voie atmosphérique, la concentration dans les sols est déterminée à partir des dépôts surfaciques obtenus par modélisation.

Le calcul de la concentration dans un sol de surface (1 cm) est, dans ce cas, réalisé avec l'équation générique suivante issue du modèle intégré CALTOX :

$$C_{i,s} = \left(\frac{\text{dépôt} \times T_{\text{sol}}}{d_{\text{sol}} \times p_{\text{dépôt}}} \right)$$

avec :

- $C_{i,s}$: concentration du composé i dans les sols (mg/kg)
- dépôt : dépôts totaux en moyenne annuelle issus de la modélisation de la dispersion atmosphérique (mg/m²/s)
- T_{sol} : Durée d'accumulation dans le sol superficiel - Valeur généralement utilisée : 10 ans. Par ailleurs, l'hypothèse que l'ensemble des dépôts va s'accumuler sans aucune perte (lixiviation, lessivage, érosion...) est posée.
- d_{sol} : densité moyenne du sol (kg/m³) – Valeur utilisée : 1700 kg/m³
- $p_{\text{dépôt}}$: profondeur du dépôt (m) – Valeur utilisée pour le sol : 1cm.

La durée d'accumulation dans les sols est prise égale à 10 ans pour les sols superficiels. Aucune perte par lixiviation, lessivage ou érosion n'est considérée dans ce calcul de premier niveau d'approche. De même, nous ne considérons pas de phénomène de dégradation des substances. Des phénomènes tels que la volatilisation ou de photodégradation ne sont pas considérés. Ainsi, l'hypothèse que tout ce qui se dépose s'accumule dans le sol sans aucune perte est prise en compte, ce qui constitue une hypothèse majorante.

De plus, l'INERIS considère, une demi-vie de l'ordre de 10 ans, pour les polluants très persistant (i.e. Dioxines), pour la couche de sol végétal.

Consommation de végétaux produits localement

Ingestion de végétaux

La dose journalière d'exposition par ingestion de végétaux (DJE_i) contenant un polluant i s'exprime par l'équation générique suivante:

$$DJE_{\text{végétaux},i} = \frac{C_{\text{vgt},i} \times Q_{\text{vgt}} \times f_{\text{vgt}} \times f_{a,\text{ing}} \times T \times F}{P \times Tm}$$

avec :

- $C_{\text{vgt},i}$: concentration moyenne du contaminant i dans les produits du jardin, en mg/kg de poids frais
- Q_{vgt} : consommation journalière de végétaux, en kg/j
- f_{vgt} : fraction de végétaux consommés produits sur le site
- $f_{a,\text{ing}}$: fraction de polluants ingérés qui sont absorbés
- F : fréquence d'exposition : nombre de jours d'exposition par an (jours/an),
- P : poids corporel de la cible (kg)
- T : durée d'exposition (années)
- Tm : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée ($Tm = T$ pour les effets à seuil et $Tm = 70$ ans pour les effets sans seuil)

Les paramètres suivants ont été considérés :

Le taux de consommation de légumes provenant du potager sur une année est variable. La base CIBLEX (juin 2003) donne une autarcie de la population pour la consommation de végétaux de **28,89 %** pour les légumes feuilles et **29,58 %** pour les légumes racinaires (population non agricole). Nous prendrons donc un taux

Ne connaissant pas les végétaux cultivés à l'avenir sur le site (légumes-racines, légumes-feuilles, verger...), nous avons considéré un mélange de végétaux défini par la base de données CIBLEX pour des enfants et adultes vivant en Haute Savoie. Les résultats sont repris dans le tableau suivant. Les légumes graines (céréales) sont supposés provenir pour une part négligeable de l'autoproduction. Les légumes tiges sont pris en compte avec les légumes feuilles.

	Consommation totale			Autoconsommation prise en compte		
	légumes racines y compris pomme de terre (g/j)	légumes-feuilles (g/j)	légumes-fruit (g/j)	Quantité de légumes feuilles (g/j)	Quantité de légumes racines (g/j)	légumes-fruit (g/j)
Adultes	33,64	46,9	205,5	13,6	29,9	59,36
Enfants	15,1	41,5	94,6	12	13,8	27,33

La fraction de polluant réellement ingéré a été prise égale à 100%.

Concentration dans le sol

Dans le cadre d'une étude de risque sanitaire d'une étude d'impact, la concentration dans les sols est déterminée soit par la mesure soit à partir des dépôts surfaciques obtenus par modélisation atmosphérique.

Le calcul de la concentration dans un sol racinaire a été réalisé avec l'équation générique suivante issue du modèle intégré CALTOX :

$$C_{\text{vgt}} = \left(\frac{\text{dépôt} \times T_{\text{vég}}}{d_{\text{sol}} \times P_{\text{dépôt_vég}}} \right)$$

Avec :

$C_{\text{vgt},i}$: concentration moyenne du contaminant i dans les produits du jardin, en mg/kg de poids frais

Dépôt : dépôts totaux en moyenne annuelle issus de la modélisation de la dispersion atmosphérique (mg/m²/s)

$T_{\text{vég}}$: Durée d'accumulation dans les sols – Valeur généralement utilisée : 30 ans

d_{sol} : densité moyenne du sol (kg/m³) – Valeur utilisée : 1700 kg/m³

$P_{\text{dépôt}}$: profondeur du dépôt (m) - Valeur utilisée pour les végétaux : 30 cm

Les paramètres suivants ont été considérés :

La profondeur du dépôt dans le sol « racinaire » est prise égale à **30 cm** en référence aux recommandations de l'INERIS (INERIS DRC-04-45959-ERSA-RBn-n° 097/caltox3) : " Par défaut, la valeur définie dans CALTOX est de 0,887 m. Elle correspond à la moyenne californienne des profondeurs d'affleurement de la roche-mère ou du sol aggloméré moins l'épaisseur du sol superficiel. Dans la mesure où les différents compartiments environnementaux sont caractérisés sous CALTOX par une concentration uniforme, plus le volume d'un compartiment sera grand, plus le flux de polluant entrant dans ce compartiment se trouvera dilué et la concentration résultante sera faible. Par conséquent, il semble préférable pour des substances persistantes se déposant sur le sol après émission atmosphérique de définir une hauteur plus faible que celle définie par défaut. **Une hauteur de l'ordre de 30 cm, prise conventionnellement, pour représenter l'emprise des racines des cultures potagères, semble ainsi plus adaptée et plus protecteur.**

Concentration dans les végétaux

Les mécanismes de transfert sont complexes et les facteurs de bioconcentration (BCF) traduisant l'accumulation d'un composé dans une plante varient d'une plante à une autre en fonction des mécanismes de transferts (racines, feuilles, ...) et sont spécifiques de chaque composé.

Les BCF (en poids sec) peuvent être estimés à partir de mesures sur le site, de données de la littérature, ou en l'absence de mesures, calculés par des modèles plus ou moins simples. Généralement, en dehors des métaux et métalloïdes, ces BCF ne sont que peu disponibles dans la littérature.

Nous avons évalué le transfert du polluant du sol vers les plantes à partir des équations suivantes (réécrites par nos soins dans excel), en distinguant la partie racinaire, la partie aérienne (tige et feuille) de la plante, pour les sols (comme pour les eaux) les équations de transfert sont:

$$C_{\text{aerien},i} (\text{poids sec}) = BCF_{\text{sol-aerien}} (\text{poids sec}) \times C_{\text{sol}}$$

$$C_{\text{racine},i} (\text{poids sec}) = BCF_{\text{sol-racine}} (\text{poids sec}) \times C_{\text{sol}}$$

où C_{sol} : concentration dans le sol, en mg/kg MS.

$C_{\text{aerien},i}$: concentration de la substance i dans partie aérienne du végétal (tige et feuille) mg/kg de poids sec

$C_{\text{racine},i}$: concentration de la substance i dans la racine du végétal mg/kg de poids sec

Rapport poids frais / poids sec

Pour passer de la concentration en poids sec à la concentration en poids frais dans le végétal, le taux d'humidité du végétal doit être considéré. Ce taux varie en fonction des végétaux entre 0.95 pour la salade

et 0.74 pour les petits pois). Les valeurs proposées par les modèles intégrés HESP et VOLASOIL sont retenues.

Pour les parties racinaires du végétal (taux d'humidité de 0.798) :

$$C_{racine,i}(\text{poids} - \text{humide}) = C_{racine,i}(\text{poids} - \text{sec}) \times 0,202$$

Pour les parties aériennes du végétal (taux d'humidité de 0.883) :

$$C_{aerien,i}(\text{poids} - \text{humide}) = C_{aerien,i}(\text{poids} - \text{sec}) \times 0,117$$

Facteurs de Bioconcentration

Calcul des BCF depuis les sols – composés inorganiques

L'estimation d'un facteur de bioconcentration pour les composés inorganiques à partir de la constantes Kow n'est pas appropriée.

En l'absence de mesures, les valeurs disponibles dans la littérature sont considérées.

BCF considérés dans la présente étude

substance	BCF feuilles et légume fruit (mg/kg plant) / (mg/kg sol)	BCF racines (mg/kg plant) / (mg/kg sol)	Source BCF feuilles et légume fruit	Source BCF racines
Cr	0,00488	0,0045	HHRAP	HHRAP
Ni	0,00931	0,008	HHRAP	HHRAP
Pb	0,0136	0,009	HHRAP	HHRAP
F	0,015		RAIS	

Estimation du risque et intervalles de gestion pour l'IEM

Estimation du risque

Cas des substances à effet de seuil

Pour les effets toxiques à effet de seuil, et pour des faibles expositions, le quotient de danger (QD) est calculé de la façon suivante :

$$QD = \frac{DJE}{VTR(ingestion)} \text{ et } QD_{i,INH} = \frac{CI_{i,INH}}{RfCi}$$

Avec :
 QD: Quotient de Danger
 CI : Concentration inhalée
 DJE : Dose journalière d'exposition
 RfC : Reference Concentration
 RfD : Reference Dose

Ce QD est calculé pour chaque substance et chacune des expositions considérées (ingestion de sols et de poussières, ...).

On notera qu'aucune sommation n'est réalisée (même en cas de d'effets synergiques ou pour les substances ayant le même mécanisme d'action toxique et le même organe cible). Cette spécificité est associée à l'interprétation des QD individuels de l'IEM comme le montre le tableau suivant.

Cas des substances sans effet de seuil

Pour les effets toxiques sans effet de seuil, et pour des faibles expositions, l'excès de risque individuel (ERI) est calculé de la façon suivante :

$$ERI (inh^{\circ}) = CI \times ERU_i \text{ et } ERI (ing^{\circ}) = DJE (ing^{\circ}) \times ERU_o$$

avec :
 ERI : excès de risque individuel
 ERU : excès de risque unitaire
 CI : Concentration inhalée
 DJE : Dose journalière d'exposition

Cet ERI qui représente la probabilité de développer un cancer est calculé pour chaque substance et chacune des expositions considérées (ingestion de sols et de poussières, ingestion de végétaux et inhalation de vapeurs ou poussières).

On notera qu'aucune sommation n'est réalisée, ce qui est spécifique à l'approche de l'IEM et ne représente de ce fait pas la réalité globale du risque encouru pour les personnes exposées simultanément aux différentes substances et voies d'expositions.

Cette spécificité est associée à l'interprétation des ERI individuels de l'IEM comme le montre le tableau suivant.

Intervalles de gestion dans le cadre de l'IEM

Les intervalles de gestion donnés par le MEDD dans son document méthodologique²⁰ sont repris ci-dessous. Ils ont été définis pour la démarche IEM, « pour interpréter les résultats de l'évaluation quantitative des risques sanitaires menée dans le seul cadre de cette démarche. Ces intervalles ne sont pas adaptés au plan de gestion ».

Cette interprétation permet de distinguer :

- les milieux qui permettent la jouissance des usages constatés sans une sur-exposition excessive des populations ;

²⁰ La démarche d'interprétation de l'état des milieux, MEDD. V0 du 08/02/07. 42 pages

- les milieux sur lesquels des mesures de gestion simples peuvent permettre de rendre les usages compatibles avec l'état des milieux ;
- les milieux qui nécessitent la mise en œuvre d'un plan de gestion ; la zone concernée devient alors un « site » au sens du plan de gestion.

Intervalle de gestion des risques		L'interprétation des résultats	Les actions à engager	
Substances à effet de seuil (QD)	Substances sans effet de seuil (ERI)		Sur les milieux	Sur les usages
QD < 0,2	ERI < 10 ⁻⁶	L'état des milieux est compatible avec les usages constatés	S'assurer que la source de pollution est maîtrisée	La mémorisation des usages peut être nécessaire pour s'assurer de la pérennité des usages actuels qui sont compatibles avec l'état des milieux
0,2 < QD < 5	10 ⁻⁶ < ERI < 10 ⁻⁴	Zone d'incertitude nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion	<p>Le retour d'expérience</p> <p>La mise en œuvre de mesures de gestion simples et de bon sens</p> <p>La réalisation d'une évaluation quantitative des risques réfléchie peut permettre de gérer la situation sans mener des actions lourdes</p>	La mémorisation des usages peut être nécessaire pour s'assurer de la pérennité des usages actuels qui sont compatibles avec l'état des milieux
QD > 5	ERI > 10 ⁻⁴	L'état des milieux n'est pas compatible avec les usages	La définition et la mise en œuvre d'un plan de gestion pour rétablir la compatibilité entre l'état des milieux et les usages	

Annexe 9. Présentation du logiciel ADMS

Cette annexe contient 6 pages.

ASPECTS TECHNIQUES : MODELISATION ATMOSPHERIQUE

Grâce à ses performances techniques, ADMS est considéré par l'INERIS²¹, l'InVS²² et l'US EPA comme la nouvelle génération (Advanced model) des modèles gaussiens de dispersion atmosphérique. Ses principales caractéristiques techniques sont les suivantes :

Description verticale de la couche atmosphérique (entre la surface et 2000 mètres d'altitude)

L'un des points forts d'ADMS est de ne plus décrire la stabilité de l'atmosphère grâce aux classes de Pasquill-Gifford (utilisées depuis les années 60), mais grâce à des paramètres physiques qui varient de façon continue (analyse d'échelle permettant notamment de caractériser le niveau de turbulence atmosphérique dans les 3 dimensions). Cette nouvelle approche présente deux avantages majeurs :

- Une description continue de l'atmosphère, et non plus sous forme de classes limitant le nombre de situations météorologiques.
- Une description verticale de l'atmosphère, prenant en compte la turbulence atmosphérique générée par le frottement du vent au sol et le réchauffement de la surface par le rayonnement solaire. La couche atmosphérique n'est donc plus considérée comme une couche homogène et les paramètres de dispersion varient dans les 3 dimensions.

Pré-processeur météorologique

ADMS intègre par ailleurs un pré-processeur météorologique, qui recalcule les profils verticaux des paramètres météorologiques (vent, température, turbulence), à partir des données de surface fournies par Météo France et des paramètres du site (occupation des sols et topographie). Une fois les profils verticaux établis, ADMS peut simuler la dispersion des panaches.

ADMS travaille en mode séquentiel horaire

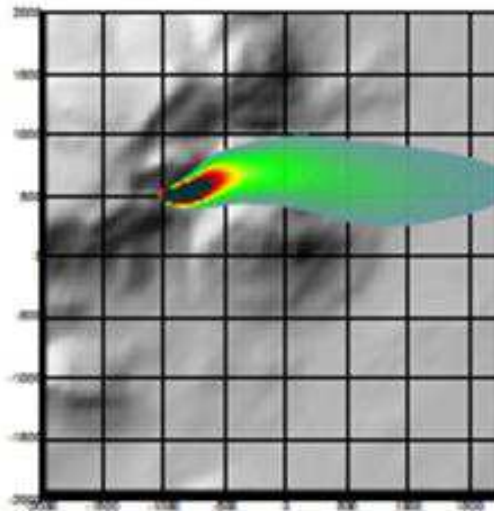
Beaucoup de gaussiens « classiques » travaillent en mode statistique : à partir de données météorologiques horaires ou tri-horaires, ils regroupent les situations météorologiques par classes, et effectuent le calcul de dispersion en attribuant un poids statistique à chacun des résultats. ADMS effectue un calcul de dispersion pour chaque donnée météorologique horaire (de façon automatique et transparente pour l'utilisateur), et cela sur du long-terme (jusqu'à 5 années). De plus, le pré-processeur intégré à ADMS tient compte des conditions météorologiques passées, ce qui permet de prendre en compte l'évolution diurne de la couche atmosphérique (situation convective par exemple), ce qui n'est pas le cas des gaussiens classiques.

Prise en compte du relief

ADMS intègre un modèle fluide diagnostique, FLOWSTAR, qui calcule au besoin les champs de vent et de turbulence en 3D (résolution horizontale de l'ordre de 100 mètres, sur 10 niveaux verticaux) sur tout le domaine d'étude, pour chaque situation météorologique horaire ou tri-horaire. Il utilise les données topographiques directement disponibles auprès de l'IGN. Les modèles gaussiens « classiques » ne prennent généralement en compte le relief que de façon très grossière, en ré-évaluant de façon approximative la hauteur des panaches par rapport au sol. Le vent reste néanmoins constant sur tout le domaine d'étude. La modification de la trajectoire d'un panache liée à la présence d'une colline n'est pas envisageable, contrairement à ce qui est calculé par ADMS (exemple de résultat ci-dessous).

²¹ Guide méthodologique « Évaluation des Risques Sanitaires dans les Études d'impact des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement », INERIS 2003.

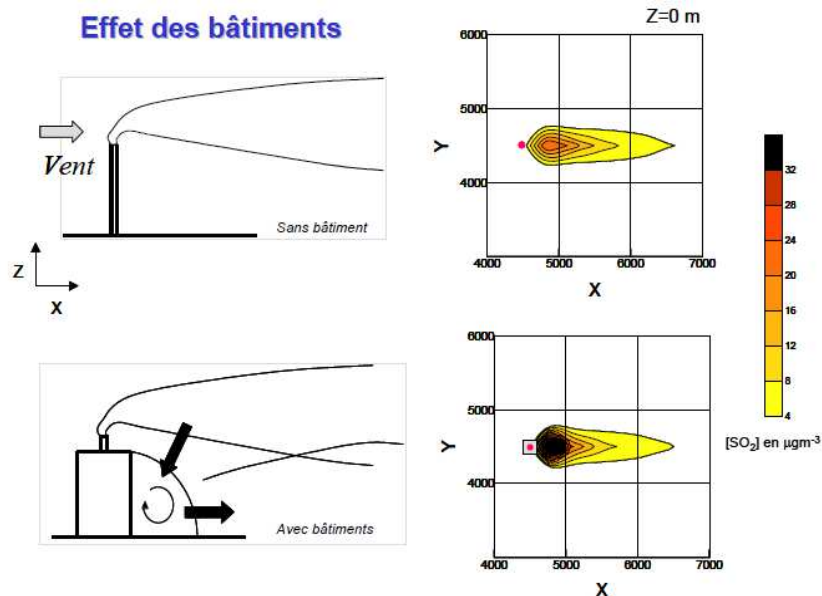
²² Rapport « INCINERATEURS ET SANTE, Exposition aux dioxines de la population vivant à proximité des UIOM. Etat des connaissances et protocole d'une étude d'exposition » Institut de Veille Sanitaire - Département Santé Environnement, 2003.



Dispersion d'un panache par ADMS sur un relief complexe.

Le module bâtiment

Un module de bâtiment (« Buildings Option ») permet de prendre en compte l'influence des bâtiments d'un site industriel sur la dispersion des panaches. A titre d'exemple, un exutoire situé en toiture d'un bâtiment industriel de 30 mètres, sera considéré comme une cheminée de 30 mètres de hauteur placée sur un terrain plat par les modèles gaussiens « classiques ». Au contraire, ADMS peut prendre en compte l'influence des bâtiments susceptibles de fortement perturber la dispersion (rabattement de panache, zones de recirculation...).



Effet d'un bâtiment industriel sur la dispersion d'un panache

Le modèle de dépôt des particules intégré

Un module de calcul de dépôt intégré à ADMS permet de prendre en compte les phénomènes de dépôt sec (diffusion au sol des panaches et chute par gravité) et de dépôt humide (lessivage par les précipitations) pour les effluents particulaires. Pour le dépôt sec, le module utilise une formulation du type :

$$F_d = V_d C(x, y, 0)$$

Où :

- F_d est le flux de déposition en masse par unité de surface et par unité de temps,
- V_d la vitesse de déposition,
- $C(x, y, 0)$ la concentration au sol au point de coordonnées (x, y) pour le polluant considéré.

Contrairement aux modèles classiques qui utilisent une vitesse de déposition constante dans le temps et sur le domaine, le module de dépôt de ADMS calcule (pour chaque type de particule) les vitesses de déposition toutes les heures et pour chaque point de la grille de calcul. Ce calcul tient compte des conditions météorologiques (vents et stabilité), de la nature variable des sols (rugosité) et des propriétés des particules (granulométrie et densité). Le taux de lessivage intervenant dans le calcul du dépôt humide est quant à lui homogène sur le domaine, mais est cependant recalculé toutes les heures à partir des données horaires (ou à défaut tri-horaires) de précipitation (données Météo France). Le taux de lessivage appliqué au panache est calculé suivant la formulation suivante :

$$\Lambda = a \times P^b$$

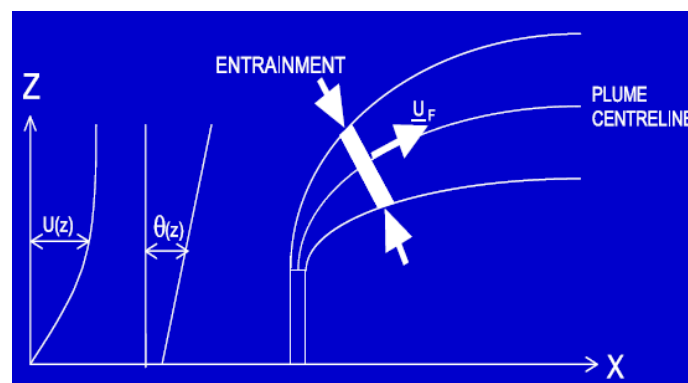
Où :

- Λ est le taux de lessivage (en s⁻¹),
- P le taux de précipitation (en mm/h),
- a et b deux constantes déterminées expérimentalement.

Le modèle intégral de trajectoire de panache

Afin de tenir compte des effets de vitesse et de température en sortie de cheminée sur l'élévation des panaches, beaucoup de modèles utilisent une simple « sur-hauteur » estimée empiriquement (formules de Holland, Briggs...). ADMS utilise un modèle intégral qui calcule précisément la trajectoire des panaches en sortie de cheminée, en fonction des paramètres d'émission (vitesse et température) et des conditions atmosphériques (profils de vent et de température). Ce modèle améliore nettement la précision des concentrations calculées. Il prend également en compte les effets de sillage des cheminées (turbulence), lorsque celles-ci ont un diamètre important.

Remarque : ce sont principalement ces phénomènes turbulents induits par les bâtiments, la turbulence en sortie de cheminée et les effets de sillage qui font que les modèles gaussiens « classiques » ne sont pas valides dans un rayon inférieur à 100 mètres de la source, ce qui n'est pas le cas d'ADMS dont le module bâtiment a par exemple été complètement validé par des tests en soufflerie.

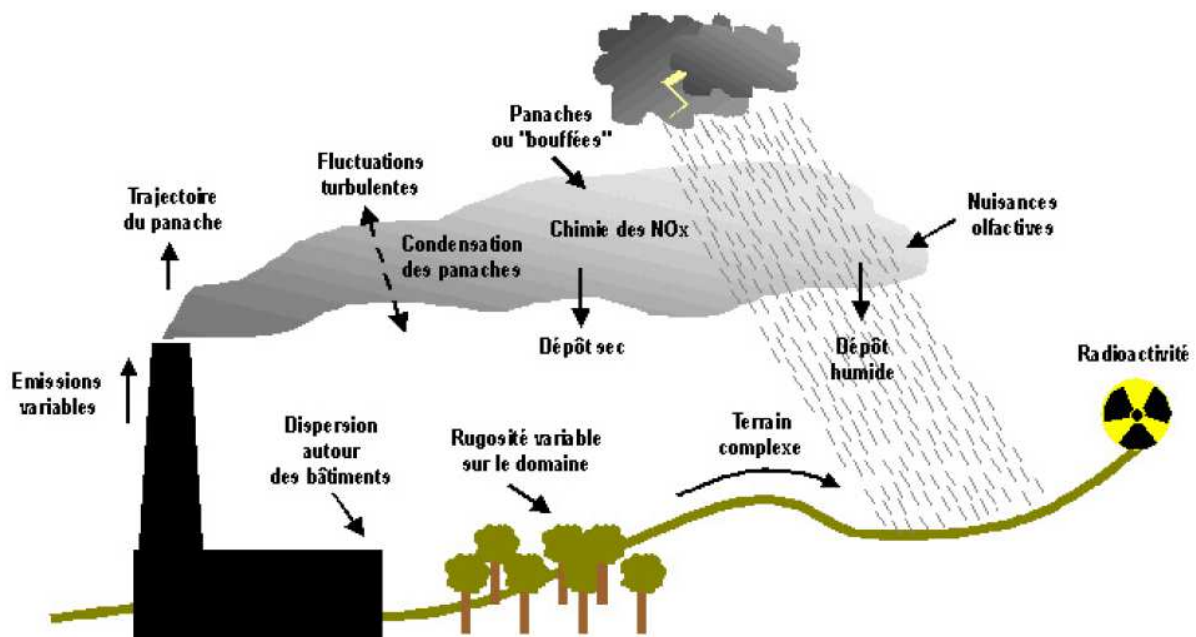


Modèle intégral de trajectoire utilisé dans ADMS

MODULES INTEGRES AU LOGICIEL ADMS

Outre ses avantages techniques, ADMS intègre dans sa version de base de nombreux modules permettant de faire des calculs spécifiques, qui ne sont souvent pas proposés par les autres modèles de sa catégorie.

- Un module de « bouffée » (« Puff »), qui permet d'étudier la dispersion d'émissions accidentelles en fonction du temps (régime non-stationnaire). Ce module permet de calculer des doses pour des points spécifiques.
- Un module chimique qui permet de calculer la répartition NO/NO₂ et la concentration en ozone : en général, les taux d'émissions concernent en effets les NO_x, et les valeurs réglementaires le NO₂. Un calcul photochimique est donc nécessaire.
- Un module de côte qui permet de prendre en compte l'interface terre/mer lorsque les sites sont situés en bordure de mer.
- Un module qui permet d'entrer des profils temporaires d'émission (exemple : arrêt des installations la nuit ou le week-end), mais également des données horaires d'émission.
- Un module qui permet de modéliser les nuisances olfactives (résultats en unités odeurs et calcul statistique de nombre de dépassement de seuil annuel), et de prendre en compte les fluctuations turbulentes des concentrations à très court-terme (quelques secondes).
- Un module qui permet de calculer les nuisances visuelles des panaches (condensation des panaches en fonction des conditions météorologiques).
- Un module « Radioactivité » qui permet de calculer la décroissance radioactive de polluants spécifiques et la décomposition des isotopes en éléments filles.

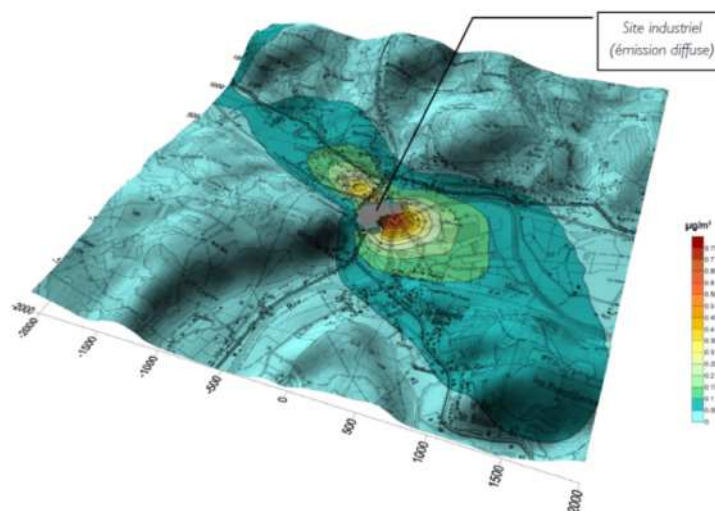


Phénomènes et processus pris en compte par ADMS

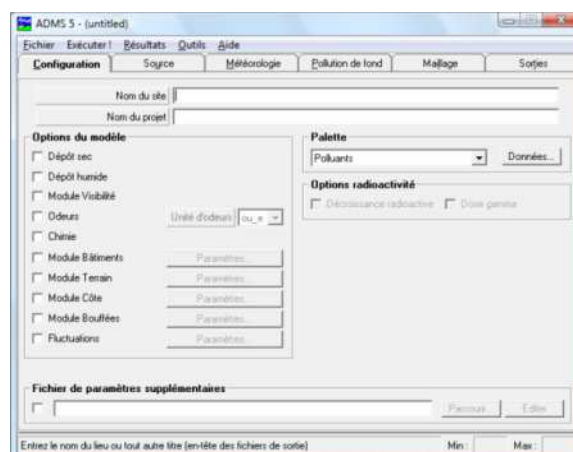
EXPLOITATION DES RESULTATS

Bien que pouvant prendre en compte des phénomènes complexes, le logiciel ADMS reste l'un des plus conviviaux du marché des logiciels de dispersion :

- Interfaçage Windows complet (Windows 95, 98, NT, 2000, XP, 7).
- Le logiciel intègre un convertisseur de données topographiques, qui permet d'entrer directement les données de relief (données DAD fournies par NUMTECH ou IGN par exemple) dans ADMS. De même, un convertisseur développé par NUMTECH permet d'intégrer directement les données météorologiques nécessaires au calcul de dispersion (données DAD fournies par NUMTECH ou Météo France par exemple).
- ADMS sort les résultats sous format texte (grille, ou tableaux pour des points particuliers). Il possède d'autre part un lien direct avec le logiciel graphique SURFER, qui permet de tracer directement les résultats sous forme de cartographies couleurs (voir ci-dessous). Il intègre également un outil « le Mapper » qui permet désormais le tracé de contours.
- Un lien direct avec les SIG ArcView et MapInfo qui permet d'entrer directement des sources d'émissions à partir de cartes (en « cliquant » sur des cartes), mais aussi de visualiser directement les résultats au format SIG.
- Les simulations ADMS peuvent d'autre part être lancées en procédure automatique « batch », c'est-à-dire les unes après les autres sans intervention de l'utilisateur.



Exemple de résultat obtenu grâce aux logiciels ADMS/SURFER (concentrations au niveau du sol)



Interface du logiciel ADMS 5

VALIDATIONS ET REFERENCES

ADMS a été validé internationalement : comparaison modèle/mesures, publication dans des revues scientifiques internationales, présentation régulière aux Conférences internationales d'harmonisation, validation grâce à l'outil européen d'évaluation « Model Validation Kit »,...

A ce titre, ADMS est utilisé par de nombreuses références nationales et internationales : INERIS, AFSSET, DRASS Ile de France, IRSN, CEA Cadarache, Météo France, Ecole Centrale de Lyon, ASPA, AIRFOBEP, AIR Languedoc Roussillon, TOTAL, RHODIA, SOLVAY France, BP, Shell, Exxon, Texaco, Conoco, PowerGen, Nuclear Electric, Astra Zeneca, ainsi que de nombreuses sociétés d'ingénierie et bureaux d'études (Rhoditech, SNPE, URS France, APAVE, SOGREA, BURGEAP...).

ADMS est préconisé par l'INERIS dans le Guide Méthodologique de l'Evaluation des risques liés aux substances chimiques dans l'étude d'impact des ICPE, 2003. Il est considéré par l'InVS (rapport Incinérateur et santé, 2003) comme étant « à la pointe des dernières mises à jour scientifiques en matière de modèle gaussien ».



ADMS : « L'Etat de l'art » de la modélisation gaussienne

La « nouvelle génération »
des modèles de dispersion
INERIS, Guide ERS 2003



« An advanced model
for calculating concentrations »
US EPA, Center for Regulatory Air Models, 2003

ADMS⁵
ATMOSPHERIC DISPERSION MODELING SYSTEM

Annexe 10. Hypothèses et détails des calculs des doses d'exposition

Cette annexe contient 9 pages.

Inhalation de substances dans l'air extérieur et/ou intérieur

Inhalation de substances gazeuses et particulaires

Pour la voie respiratoire, la dose d'exposition est généralement remplacée par la concentration inhalée. Lorsque l'on considère des expositions de longue durée, on s'intéresse à la concentration moyenne inhalée par jour, retranscrite par l'équation générique suivante :

$$CI = \left(\sum (C_i \times t_i) \right) F \times \frac{T}{T_m}$$

Avec : CI : concentration moyenne d'exposition

C_i : concentration de polluant dans l'air inhalé pendant la fraction de temps t_i (en mg/m³)

t_i : fraction du temps d'exposition à la concentration C_i pendant une journée

F : fréquence ou taux d'exposition (nombre annuel d'heures ou de jours d'exposition ramené au nombre total annuel d'heures ou de jours – sans dimension)

T : durée d'exposition (en années)

T_m : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée

Les périodes de temps sur lesquelles l'exposition est moyennée (T_m) sont prises égales à :

- 70 ans (correspondant à la durée de vie considérée par l'ensemble des organismes nationaux et internationaux pour l'établissement de valeurs toxicologiques et l'évaluation des risques) pour les effets cancérogènes quelle que soit la cible considérée,
- T (correspondant à durée d'exposition) pour les effets toxiques à seuil quelle que soit la cible considérée.

En l'absence d'information pertinente sur le transfert des polluants de l'air extérieur vers l'air intérieur, nous considérons que les concentrations dans l'air intérieur et dans l'air extérieur sont équivalentes. Par conséquent, nous ne distinguerons pas le temps passé à l'intérieur des habitations du temps passé à l'extérieur.

Ingestion de sols et poussières

Afin de déterminer les concentrations dans les sols, BURGEAP a fait le choix de ne pas utiliser de logiciels commerciaux du type RBCA, HESP, RISC ou Caltox pour deux raisons présentées ci-après, raisons basées sur les études de l'INERIS (téléchargeables sur internet : « les modèles multimédia pour l'évaluation des expositions liées aux émissions atmosphériques des installations classées - 20/12/2001 » et « étude d'intercomparaison de modèles multimédia d'exposition - 18/12/2003 »):

- ces « logiciels couramment utilisés pour l'évaluation des risques liés aux sols pollués sont mal adaptés à la problématique des émissions atmosphériques »,
- « un utilisateur ne peut pas se contenter d'entrer des données dans une boîte noire. Un tel comportement conduit nécessairement à une interprétation erronée du résultat obtenu ».

Comme recommandé par le rapport INERIS, BURGEAP a développé son propre module de calcul basé sur les équations des « seuls outils de modélisation aujourd'hui disponibles qui ont été conçus pour évaluer les risques liés aux émissions atmosphériques des installations industrielles [...] ». Le code de calcul de BURGEAP a été développé sous Excel qui est un outil simple mais suffisant d'après l'INERIS et qui présente les avantages suivants :

- parfaite maîtrise des équations et des paramètres pris en compte,
- possibilité de variabilité spatiale des données, notamment prise en compte d'un dépôt surfacique variable en fonction des coordonnées géographiques (ce qui ne peut pas être pris en compte par exemple par Caltox),
- possibilité d'interfaçage aisé du modèle avec les cartes de dépôts sous SIG afin d'éditer des cartes de concentrations modélisées que ce soit dans les sols ou dans les végétaux.

Les calculs de concentration dans les sols et les légumes utiliseront donc cet outil, basé sur les pratiques en vigueur (notamment US-EPA 1998).

Ingestion de sols et poussières

Le calcul de la dose a été réalisé avec l'équation générique suivante (guide EDR MEDD/BRGM/INERIS, 2000) :

$$DJE_{i,s} = \frac{C_{i,s} * Q_{sol} * T * F}{P * T_m}$$

avec : $DJE_{i,s}$: dose journalière du composé i liée à l'ingestion de sols (en mg/kg/j)

$C_{i,s}$: concentration du composé i dans les sols (mg/kg)

Q_{sol} : taux d'ingestion de sols (kg/j)

T : durée d'exposition (années)

F : fréquence d'exposition : nombre de jours d'exposition par an (jours/an),

P : poids corporel de la cible (kg)

T_m : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée ($T_m = T$ pour les effets à seuil et $T_m = 70$ ans pour les effets sans seuil)

Le choix de la valeur des paramètres d'exposition est explicité dans le présent rapport. Les quantités de sols et de poussières ingérées considérés sont argumentées ci-après.

Pour le taux d'ingestion de sols d'un enfant en extérieur, nous nous baserons sur les travaux de synthèse de l'INVS sur les variables humaines d'exposition (2012), basés pour ce paramètre sur l'étude de Stanek et al. (2001), qui donne un percentile 95 de 91 mg/jour. Pour les adultes, aucune donnée n'étant disponible dans le document de l'INVS, nous retiendrons la valeur couramment utilisée dans des études françaises et d'autres pays de 50 mg/jour. Ces données sont par ailleurs dans la fourchette des valeurs décrites dans la littérature : entre 0,6 et 480 mg/j chez l'adulte et entre 2 et 250 mg/j chez l'enfant (cité par KISSEL et al., 1998). La valeur de 480 mg/jour correspond à la réalisation de travaux de jardinage (Hawley 1985), non considérés de manière particulière dans la présente étude.

Les valeurs retenues pour l'ingestion de sols et de poussières en extérieur sont donc de 91 mg/j pour un enfant en bas âge et 50 mg/j pour un adulte. Ces valeurs sont représentatives d'une journée d'activité en extérieur sans prise en compte d'un temps de présence sur la journée.

Ainsi, à ces taux d'ingestion de sols seront associées les fréquences d'exposition F1 (j/an) et non à des facteurs F2 (h/j) pour les adultes et enfants dans leurs jardins.

Le poids corporel moyen d'un adulte est fixé à 60 kg pour les adultes à partir de 17 ans (INSERM et OMS). Cette valeur est cohérente avec la moyenne présentée dans le document de synthèse de l'INVS sur les variables humaines d'exposition (2012) sur la base de l'enquête décennale santé 2002-2003 menée par l'INSEE, de 61 kg.

Pour les enfants d'âge inférieur ou égal à 6 ans, nous retiendrons la moyenne des valeurs issues de ce même document pour cette tranche d'âge, soit 15 kg.

A la différence des volumes respiratoires, le poids des cibles intervient dans les calculs des doses d'exposition et donc des risques sanitaires.

Concentration dans le sol de surface

Dans le cadre de dispersion des pollutions par voie atmosphérique, la concentration dans les sols est déterminée à partir des dépôts surfaciques obtenus par modélisation.

Le calcul de la concentration dans un sol de surface (1 cm) est, dans ce cas, réalisé avec l'équation générique suivante issue du modèle intégré CALTOX :

$$C_{i,s} = \left(\frac{\text{dépôt} \times T_{\text{sol}}}{d_{\text{sol}} \times p_{\text{dépôt}}} \right)$$

Avec : $C_{i,s}$: concentration du composé i dans les sols (mg/kg)

dépôt : dépôts totaux en moyenne annuelle issus de la modélisation de la dispersion atmosphérique (mg/m²/s)

T_{sol} : Durée d'accumulation dans le sol superficiel - Valeur généralement utilisée : 10 ans. Par ailleurs, l'hypothèse que l'ensemble des dépôts va s'accumuler sans aucune perte (lixiviation, lessivage, érosion...) est posée.

d_{sol} : densité moyenne du sol (kg/m³) – Valeur utilisée : 1700 kg/m³

$p_{\text{dépôt}}$: profondeur du dépôt (m) – Valeur utilisée pour le sol : 1cm.

La durée d'accumulation dans les sols est prise égale à 10 ans pour les sols superficiels. Aucune perte par lixiviation, lessivage ou érosion n'est considérée dans ce calcul de premier niveau d'approche. De même, nous ne considérons pas de phénomène de dégradation des substances. Des phénomènes tels que la volatilisation ou de photodégradation ne sont pas considérés. Ainsi, l'hypothèse que tout ce qui se dépose s'accumule dans le sol sans aucune perte est prise en compte, ce qui constitue une hypothèse majorante.

Consommation de végétaux produits localement

Afin de déterminer les concentrations des aliments produits localement, BURGEAP a fait le choix de ne pas utiliser de logiciels commerciaux du type RBCA, HESP, RISC ou Caltox pour deux raisons présentées ci-après, raisons basées sur les études de l'INERIS (téléchargeables sur internet : « les modèles multimédia pour l'évaluation des expositions liées aux émissions atmosphériques des installations classées - 20/12/2001 » et « étude d'intercomparaison de modèles multimédia d'exposition - 18/12/2003 »):

- ces « logiciels couramment utilisés pour l'évaluation des risques liés aux sols pollués sont mal adaptés à la problématique des émissions atmosphériques »,
- « un utilisateur ne peut pas se contenter d'entrer des données dans une boîte noire. Un tel comportement conduit nécessairement à une interprétation erronée du résultat obtenu ».

Comme recommandé par le rapport INERIS, BURGEAP a développé son propre module de calcul basé sur les équations des « seuls outils de modélisation aujourd'hui disponibles qui ont été conçus pour évaluer les risques liés aux émissions atmosphériques des installations industrielles [...] ». Le code de calcul de BURGEAP a été développé sous Excel qui est un outil simple mais suffisant d'après l'INERIS et qui présente les avantages suivants :

- parfaite maîtrise des équations et des paramètres pris en compte,
- possibilité de variabilité spatiale des données, notamment prise en compte d'un dépôt surfacique variable en fonction des coordonnées géographiques (ce qui ne peut pas être pris en compte par exemple par Caltox),
- possibilité d'interfaçage aisé du modèle avec les cartes de dépôts sous SIG afin d'éditer des cartes de concentrations modélisées que ce soit dans les sols ou dans les végétaux.

Les calculs de concentration dans les sols et les légumes utiliseront donc cet outil, basé sur les pratiques en vigueur (notamment US-EPA 1998).

Ingestion de végétaux

La dose journalière d'exposition par ingestion de végétaux (DJE_i) contenant un polluant *i* s'exprime par l'équation générique suivante :

$$DJE_{\text{végétaux } i} = \frac{C_{\text{vgt},i} \times Q_{\text{vgt}} \times f_{\text{vgt}} \times f_{a,\text{ing}} \times T \times F}{P \times T_m}$$

avec : $C_{\text{vgt},i}$: concentration moyenne du contaminant *i* dans les produits du jardin, en mg/kg de poids frais

Q_{vgt} : consommation journalière de végétaux, en kg/j

f_{vgt} : fraction de végétaux consommés produits sur le site

$f_{a,\text{ing}}$: fraction de polluants ingérés qui sont absorbés

F : fréquence d'exposition : nombre de jours d'exposition par an (jours/an),

P : poids corporel de la cible (kg)

T : durée d'exposition (années)

T_m : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée ($T_m = T$ pour les effets à seuil et $T_m = 70$ ans pour les effets sans seuil)

Les paramètres suivants ont été considérés :

Le taux de consommation de légumes provenant du potager sur une année est variable. La base CIBLEX (juin 2003) donne une autarcie de la population pour la consommation de végétaux de 21 % pour les légumes feuilles et 26% pour les légumes racinaires (population non agricole).

Ne connaissant pas les végétaux cultivés à l'avenir aux alentours site (légumes-racines, légumes-feuilles, verger...), nous avons considéré un mélange de végétaux défini par la base de données CIBLEX pour des enfants et adultes vivant dans des communes comprenant entre 2 000 et 20 000 habitants dans le département de Savoie (73). Les résultats sont repris dans le tableau suivant.

	Consommation totale		Autoconsommation prise en compte	
	légumes-feuilles (g/j)	légumes racines (g/j)	légumes-feuilles (%)	légumes racines (%)
Enfants	41,49	21,84	28,89%	29,58%
Adultes	59,61	42,54		

La fraction de polluant réellement ingéré a été prise égale à 100%.

Concentration dans le sol racinaire

Dans le cadre d'une étude de risque sanitaire d'une étude d'impact, la concentration dans les sols est déterminée soit par la mesure soit à partir des dépôts surfaciques obtenus par modélisation atmosphérique.

Le calcul de la concentration dans un sol racinaire a été réalisé avec l'équation générique suivante issue du modèle intégré CALTOX :

$$C_{\text{vgt}} = \left(\frac{\text{dépôt} \times T_{\text{vég}}}{d_{\text{sol}} \times P_{\text{dépôt}_{\text{vég}}}} \right)$$

Avec :

- $C_{\text{vgt},i}$: concentration moyenne du contaminant i dans les produits du jardin, en mg/kg de poids frais
- Dépôt : dépôts totaux en moyenne annuelle issus de la modélisation de la dispersion atmosphérique (mg/m²/s)
- $T_{\text{vég}}$: Durée d'accumulation dans les sols – Valeur généralement utilisée : 30 ans
- d_{sol} : densité moyenne du sol (kg/m³) – Valeur utilisée : 1700 kg/m³
- $p_{\text{dépôt}}$: profondeur du dépôt (m) - Valeur utilisée pour les végétaux : 30 cm

Les paramètres suivants ont été considérés :

La profondeur du dépôt dans le sol « racinaire » est prise égale à **30 cm** en référence aux recommandations de l'INERIS (INERIS DRC-04-45959-ERSA-RBn-n° 097/caltox3) : " Par défaut, la valeur définie dans CALTOX est de 0,887 m. Elle correspond à la moyenne californienne des profondeurs d'affleurement de la roche-mère ou du sol aggloméré moins l'épaisseur du sol superficiel. Dans la mesure où les différents compartiments environnementaux sont caractérisés sous CALTOX par une concentration uniforme, plus le volume d'un compartiment sera grand, plus le flux de polluant entrant dans ce compartiment se trouvera dilué et la concentration résultante sera faible. Par conséquent, il semble préférable pour des substances persistantes se déposant sur le sol après émission atmosphérique de définir une hauteur plus faible que celle définie par défaut. **Une hauteur de l'ordre de 30 cm, prise conventionnellement, pour représenter l'emprise des racines des cultures potagères, semble ainsi plus adaptée et plus protecteur.**

Concentration dans les végétaux

Les mécanismes de transfert sont complexes et les facteurs de bioconcentration (BCF) traduisant l'accumulation d'un composé dans une plante varient d'une plante à une autre en fonction des mécanismes de transferts (racines, feuilles, ...) et sont spécifiques de chaque composé.

Les BCF (en poids sec) peuvent être estimés à partir de mesures sur le site, de données de la littérature, ou en l'absence de mesures, calculés par des modèles plus ou moins simples. Généralement, en dehors des métaux et métalloïdes, ces BCF ne sont que peu disponibles dans la littérature.

Nous avons évalué le transfert du polluant du sol vers les plantes à partir des équations suivantes (réécrites par nos soins dans excel), en distinguant la partie racinaire, la partie aérienne (tige et feuille) de la plante, pour les sols (comme pour les eaux) les équations de transfert sont :

$$C_{aerien,i}(\text{poids sec}) = BCF_{sol-aerien}(\text{poids sec}) \times C_{sol} \quad \text{et} \quad C_{racine,i}(\text{poids sec}) = BCF_{sol-racine}(\text{poids sec}) \times C_{sol}$$

où C_{sol} : concentration dans le sol, en mg/kg MS.
 $C_{aerien,i}$: concentration de la substance i dans partie aérienne du végétal (tige et feuille) mg/kg de poids sec
 $C_{racine,i}$: concentration de la substance i dans la racine du végétal mg/kg de poids sec

Rapport poids frais / poids sec

Pour passer de la concentration en poids sec à la concentration en poids frais dans le végétal, le taux d'humidité du végétal doit être considéré. Ce taux varie en fonction des végétaux entre 0.95 pour la salade et 0.74 pour les petits pois). Les valeurs proposées par les modèles intégrés HESP et VOLASOIL sont retenues.

Pour les parties aériennes du végétal (taux d'humidité de 0.883) :

$$C_{aerien,i}(\text{poids - humide}) = C_{aerien,i}(\text{poids - sec}) \times 0,117$$

Pour les parties racinaires du végétal (taux d'humidité de 0.798) :

$$C_{racine,i}(\text{poids - humide}) = C_{racine,i}(\text{poids - sec}) \times 0,202$$

Facteurs de bioconcentration

BCF considérées dans la présente étude

Substance	BCF feuilles (mg/kg plant) / (mg/kg sol)	BCF racines (mg/kg plant) / (mg/kg sol)	Source BCF feuilles Source BCF racines	Source BCF racines
Chrome_III	0,00488	0,0045	HHRAP	HHRAP
As	0,04	0,006	ANSES - saisine n°2016-SA-0147	
Cd	0,55	0,15	ANSES - saisine n°2016-SA-0147	
Chrome_VI	0,0075	0,0045	ANSES - saisine n°2016-SA-0147	
Cu	0,4	0,25	ANSES - saisine n°2016-SA-0147	
F	0,06	0,006	ANSES - saisine n°2016-SA-0147	
Hf	0,0035	0,00085	ANSES - saisine n°2016-SA-0147	
Ni	0,06	0,06	ANSES - saisine n°2016-SA-0147	
P	3,5	3,5	ANSES - saisine n°2016-SA-0147	
Pb	0,045	0,009	ANSES - saisine n°2016-SA-0147	
Sb	0,2	0,03	ANSES - saisine n°2016-SA-0147	
Se	0,025	0,025	ANSES - saisine n°2016-SA-0147	
V	0,0055	0,003	ANSES - saisine n°2016-SA-0147	

Consommation de produits d'animaux élevés localement

Ingestion de produits animaux

Dans le cadre d'une exposition aux polluants organiques persistants lipophiles, les quantités de polluant administrées par la consommation d'œufs, de lait, de viande bovine ou de volaille, exprimées en dose journalière d'exposition, sont définies par l'équation générique suivante :

$$DJE_{ij} = \frac{C_i * Q_j * T * F}{P * T_m}$$

avec :

DJE_{ij} : dose journalière d'exposition liée à une exposition au milieu i par la voie d'exposition j (en mg/kg/j)

C_i : concentration d'exposition relative au milieu i (en mg/kg)

Q_j : taux d'ingestion par la voie j (l/j)

T : durée d'exposition (années)

F : fréquence d'exposition : nombre de jours d'exposition par an (jours/an)

P : poids corporel de la cible (kg)

T_m : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée ((T_m = T pour les effets à seuil et T_m = 70 ans pour les effets sans seuil)

Les paramètres suivants ont été considérés.

Autoconsommation d'œuf, de lait, de viande bovine, de viande de volailles :

Nous prendrons les valeurs issues de la base de données CIBLEX.

	Paramètres	œuf	lait	volaille	bœuf
	pourcentage d'autoconsommation	15,19%	7,50%	15,74%	1,96%
ADULTE	consommation (g/jour)	33,05	222,79	69,24	47,59
ENFANT	consommation (g/jour)	12,82	320,46	19,225	18,14

C_i : concentration d'exposition relative au milieu i (en mg/kg)

Le transfert dans la chaîne alimentaire est modélisé à partir des valeurs de polluant mesurées dans le sol lors de la campagne de prélèvement ou estimées à partir de modélisation.

Les différentes catégories d'aliments prises en compte peuvent être contaminées à partir de la pollution de surface et de la pollution « racinaire ». La pollution de surface intervient par contamination des sols superficiels par retombées de particules et par éclaboussures des végétaux consommés par les animaux. La pollution « racinaire » intervient par contamination des sols profonds et passages dans les végétaux via les racines.

La concentration d'exposition relative au milieu i (en mg/kg) est déterminée à partir des équations suivantes (source : CALTOX) :

$$C_i = C_{i_surf} + C_{i_prof}$$

avec : C_i : concentration d'exposition relative au milieu i (en mg/kg)
 I_{oeufs_surf} : concentration d'exposition relative au milieu i contaminés via le sol supérieur (mg/kg.j),
 I_{oeufs_prof} : concentration d'exposition relative au milieu i contaminés via le sol profond (mg/kg.j),

$$C_{i_surf} = (I_h \times E + I_s) \times B_e \times C_{polluant_sol\ sup}$$

et

$$C_{i_prof} = (I_h \times BCF) \times B_e \times C_{polluant_sol\ prof}$$

Avec :

I_v : Ingestion quotidienne d'herbe par les poules/les vaches (kg/j),
 E : Eclaboussure pluie « rainsplash » (kg sol/kg/plante),
 I_s : Ingestion quotidienne de sol par les poules/les vaches (kg/j),
 B_e : Facteur de biotransfert entre les poules et les œufs ((mg/kg frais)/(mg/j)),
 ou Facteur de biotransfert entre les vaches laitière et le lait ((mg/kg frais)/(mg/j)),
 ou Facteur de biotransfert entre le bœuf et leur viande ((mg/kg frais)/(mg/j)),
 ou Facteur de biotransfert entre les poules et leur viande ((mg/kg frais)/(mg/j)),
 BCF : Coefficient de partition plantes / sol (kg sol / kg plantes),
 $C_{polluant_sol\ sup}$: Teneur en polluant mesurée dans le compartiment « sol supérieur » (mg/kg)
 $C_{polluant_sol\ prof}$: Teneur en polluant mesurée dans le compartiment « sol racinaire » (mg/kg)

Les paramètres suivants ont été considérés :

L'ingestion quotidienne de sol par les poules (kg/j) est prise égale à 0,022 (source : HHRAP)

L'ingestion quotidienne de sol par les vaches laitières (kg/j) est prise égale 0,4 (source : CALTOX)

L'ingestion quotidienne d'herbe par les poules (kg/j) est prise égale à 0,12 (source : Caltox)

L'ingestion quotidienne d'herbe par les vaches laitières (kg/j) est prise égale à 20 (source : HHRAP)

L'ingestion quotidienne d'herbe par les vaches à viande (kg/j) est prise égale à 12 (source : HHRAP)

La valeur pour les éclaboussures par la pluie « rainsplash » (kg sol/kg/plante) est prise égale à 0,0034 (source : Caltox)

Les facteurs de transfert sont relatifs à chaque substance. Pour les dioxines, ils sont recensés dans le tableau suivant :

Paramètres (Dioxines)	unité	valeur	source
Facteur de biotransfert entre les poules et les œufs	(mg/kg frais)/(mg/j)	24.6	INERIS
Facteur de biotransfert entre les vaches et le lait	(mg/kg frais)/(mg/j)	0,18	INERIS
Facteur de biotransfert entre les poules et la viande	(mg/kg frais)/(mg/j)	24.2*	INERIS
Facteur de biotransfert entre les bovins et la viande	(mg/kg frais)/(mg/j)	0,24**	Caltox*
Coefficient de partition plantes / sol	kg sol / kg plantes	0,00455***	HHRAP

*Cette valeur est obtenue en multipliant le coefficient de transfert dans les oeufs de la 1,2,3,7,8 PCDD aux faibles doses par un facteur 1,3. Il s'agit d'une estimation issue de l'observation faite que les coefficients de transfert de la 2,3,7,8 TCDD dans la viande de volaille et dans les oeufs, aux fortes doses, sont supérieurs d'un facteur 1,3 à ceux de la 1,2,3,7,8 PCDD.

**Compte tenu du manque de données spécifiques pour cette matrice, l'INERIS propose pour la viande bovine, mais également pour les viandes ovines et porcines de prendre en compte les mêmes coefficients de transfert que ceux définis pour la matière grasse du lait. Pour définir la concentration de dioxines dans ces différents aliments, il est alors nécessaire d'utiliser les taux de matière grasse propre à chaque type de viande. Nous préférons donc conserver la valeur présente dans la base de données Caltox.

***Bien que les premiers résultats expérimentaux aient donné lieu à des controverses, il est maintenant généralement admis que les plantes ne peuvent pas transporter les dioxines de leurs racines vers leur feuillage ou leurs fruits. Cependant dans une approche majorante et par soucis de cohérence avec les choix de facteurs de bioconcentration réalisés pour les métaux, nous retiendrons les valeurs issues de la base de données HHRAP.

Annexe 11. Résultats aux récepteurs

Cette annexe contient 3 pages.

Voie Inhalation

QD inhalation Enfant

Récepteur	Fluor	benzène	naphtalene	As	Cd	Cd (effets cancérigènes)	Cr VI	Mn	Ni	Se	V	benzo(a)pyrene
R2	0.38	0.000	0.000	0.02	0.001	0.001	0.001	0.003	0.002	0.000	0.02	0.15
R3	0.07	0.000	0.000	0.03	0.001	0.002	0.001	0.005	0.003	0.000	0.03	0.24
R4	0.09	0.000	0.000	0.01	0.004	0.005	0.003	0.007	0.003	0.000	0.05	0.25
R5	0.17	0.000	0.000	0.01	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.000	0.02	0.09
R6	0.10	0.000	0.000	0.02	0.001	0.001	0.001	0.003	0.002	0.000	0.03	0.16
R7	0.16	0.000	0.000	0.02	0.001	0.001	0.001	0.003	0.002	0.000	0.03	0.16
R1	0.28	0.000	0.000	0.04	0.002	0.000	0.001	0.006	0.004	0.000	0.07	0.33

QD inhalation Adulte / Vie entière

Récepteur	Fluor	benzène	naphtalene	As	Cd	Cd (effets cancérigènes)	Cr VI	Mn	Ni	Se	V	benzo(a)pyrene
R2	0.38	0.000	0.000	0.02	0.001	0.001	0.001	0.003	0.002	0.000	0.02	0.15
R3	0.07	0.000	0.000	0.03	0.001	0.002	0.001	0.005	0.003	0.000	0.03	0.24
R4	0.09	0.000	0.000	0.01	0.004	0.005	0.003	0.007	0.003	0.000	0.05	0.25
R5	0.17	0.000	0.000	0.01	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.000	0.02	0.09
R6	0.10	0.000	0.000	0.02	0.001	0.001	0.001	0.003	0.002	0.000	0.03	0.16
R7	0.16	0.000	0.000	0.02	0.001	0.001	0.001	0.003	0.002	0.000	0.03	0.16
R1	0.28	0.000	0.000	0.04	0.002	0.000	0.001	0.006	0.004	0.000	0.07	0.33

ERI inhalation Enfant

Récepteur	benzène	naphtalene	As	Cr VI	Ni	Pb	benzo(a)pyrene	ERIsomme enfant
R2	5.3E-10	3.3E-11	3.2E-09	7.9E-08	5.9E-09	2.0E-09	1.5E-08	1.1E-07
R3	7.7E-10	4.8E-11	5.2E-09	1.4E-07	1.0E-08	3.3E-09	2.4E-08	1.8E-07
R4	1.3E-09	8.4E-11	2.4E-09	2.9E-07	1.1E-08	2.3E-09	2.6E-08	3.3E-07
R5	5.7E-10	3.6E-11	1.1E-09	8.1E-08	3.4E-09	9.3E-10	9.0E-09	9.6E-08
R6	4.5E-10	2.8E-11	3.8E-09	6.2E-08	6.1E-09	2.4E-09	1.6E-08	9.1E-08
R7	4.9E-10	3.1E-11	3.9E-09	6.1E-08	5.9E-09	2.4E-09	1.7E-08	9.0E-08
R1	9.6E-10	6.0E-11	7.8E-09	1.3E-07	1.2E-08	4.9E-09	3.4E-08	1.9E-07

ERI inhalation Adulte / Vie entière

Récepteur	benzène	naphtalene	As	Cr VI	Ni	Pb	benzo(a)pyrene	ERIsomme adulte
R2	2.65E-09	1.66E-10	1.59E-08	3.94E-07	2.94E-08	1.01E-08	7.46E-08	5.27E-07
R3	3.86E-09	2.42E-10	2.61E-08	7.04E-07	5.15E-08	1.63E-08	1.21E-07	9.23E-07
R4	6.73E-09	4.21E-10	1.21E-08	1.44E-06	5.34E-08	1.16E-08	1.28E-07	1.65E-06
R5	2.86E-09	1.79E-10	5.64E-09	4.06E-07	1.72E-08	4.65E-09	4.48E-08	4.82E-07
R6	2.24E-09	1.40E-10	1.92E-08	3.08E-07	3.04E-08	1.18E-08	8.16E-08	4.53E-07
R7	2.45E-09	1.53E-10	1.93E-08	3.03E-07	2.96E-08	1.20E-08	8.36E-08	4.50E-07
R1	4.78E-09	2.99E-10	3.90E-08	6.35E-07	6.01E-08	2.46E-08	1.72E-07	9.37E-07

Voie Ingestion

QD ingestion Enfant

Récepteur	fluor	dioxines	As	Cd	Cr VI	Mn sol	Mn vx	Ni	Pb	Se	benzo(a)pyrene
R2	0.047	0.041	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.001	0.001
R3	0.075	0.070	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.001	0.002
R4	0.164	0.062	0.001	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.001	0.003
R5	0.046	0.022	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.001
R6	0.169	0.042	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.001	0.001
R7	0.102	0.058	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.001	0.002
R1	0.258	0.114	0.002	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.002	0.004

QD ingestion Adulte

Récepteur	fluor	dioxines	As	Cd	Cr VI	Mn sol	Mn vx	Ni	Pb	Se	benzo(a)pyrene
R2	0.007	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
R3	0.012	0.037	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
R4	0.026	0.032	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
R5	0.007	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
R6	0.027	0.022	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
R7	0.016	0.030	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
R1	0.041	0.060	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001

QD ingestion Vie entière

Récepteur	fluor	dioxines	As	Cd	Cr VI	Mn sol	Mn vx	Ni	Pb	Se	benzo(a)pyrene
R2	0.015	0.025	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000
R3	0.025	0.043	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001
R4	0.054	0.038	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.001
R5	0.015	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
R6	0.055	0.026	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000
R7	0.033	0.036	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.001
R1	0.084	0.071	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.001

Voie Ingestion

ERI ingestion Enfant

Récepteur	As	Cr VI	Pb	benzo(a)pyrene	ERIsomme enfant
R2	5.0E-08	2.1E-09	2.2E-09	3.8E-08	9.2E-08
R3	8.3E-08	3.9E-09	3.6E-09	6.1E-08	1.5E-07
R4	8.1E-08	6.0E-09	3.8E-09	7.2E-08	1.6E-07
R5	2.5E-08	1.6E-09	1.2E-09	2.2E-08	5.0E-08
R6	5.2E-08	1.9E-09	2.3E-09	3.8E-08	9.4E-08
R7	7.5E-08	2.6E-09	3.3E-09	5.5E-08	1.4E-07
R1	1.4E-07	4.9E-09	6.3E-09	1.1E-07	2.6E-07

ERI ingestion Adulte

Récepteur	As	Cr VI	Pb	benzo(a)pyrene	ERIsomme adulte
R2	3.6E-08	1.5E-09	1.6E-09	3.2E-08	7.1E-08
R3	5.9E-08	2.8E-09	2.6E-09	5.2E-08	1.2E-07
R4	5.8E-08	4.2E-09	2.8E-09	6.1E-08	1.3E-07
R5	1.8E-08	1.1E-09	8.6E-10	1.9E-08	3.9E-08
R6	3.7E-08	1.4E-09	1.7E-09	3.2E-08	7.2E-08
R7	5.4E-08	1.8E-09	2.4E-09	4.6E-08	1.0E-07
R1	1.0E-07	3.5E-09	4.6E-09	8.9E-08	2.0E-07

ERI ingestion Vie entière

Récepteur	As	Cr VI	Pb	benzo(a)pyrene	ERIsomme vie entière
R2	7.8E-08	3.3E-09	3.5E-09	6.3E-08	1.5E-07
R3	1.3E-07	6.1E-09	5.6E-09	1.0E-07	2.4E-07
R4	1.3E-07	9.4E-09	6.0E-09	1.2E-07	2.7E-07
R5	4.0E-08	2.5E-09	1.9E-09	3.7E-08	8.1E-08
R6	8.2E-08	3.0E-09	3.6E-09	6.4E-08	1.5E-07
R7	1.2E-07	4.0E-09	5.2E-09	9.2E-08	2.2E-07
R1	2.2E-07	7.7E-09	1.0E-08	1.8E-07	4.2E-07