

## SUEZ Consulting

### UVE de Taden (22) - Evaluation quantitative des Risques Sanitaires

#### Evaluation des risques sanitaires



Références : Rapport ARIA/2024.001

Documents associés : -

Type de document : Rapport d'études

Avancement du document : Version 7

Accessibilité : Restreinte

<b>ARIA Technologies</b>	<b>Titre : UVE de Taden (22) - Evaluation quantitative des Risques Sanitaires - Evaluation des risques sanitaires</b>						
<b>N° rapport ARIA</b>	2024.001						
<b>N° action ARIA</b>	23.251						
<b>Nombre de pages</b>	172	<b>Nombre de figures</b>	40	<b>Nombre de tableaux</b>	45	<b>Nombre d'annexes</b>	4
<b>Auteur(s)</b>	ARIA Technologies, Tamara FOURCOUAL Ingénieure d'études en qualité de l'air						
<b>Sous-traitants</b>	-						
<b>Intérêt documentaire</b>	Accessibilité		Confidentielle		Libre		
Oui		Non	ARIA Technologies		Restreinte		
<b>Etat du document</b>	Rédacteur Nom/Date			Relecteur Nom/Date			
Version V1	Tamara FOURCOUAL Le 04/01/2024			Anne-Sophie SAFFRE Le 10/01/2024			
Version V2	Tamara FOURCOUAL Le 12/01/2024			Anne-Sophie SAFFRE Le 12/01/2024			
Version V3	Tamara FOURCOUAL Le 02/02/2024			Anne-Sophie SAFFRE Le 05/02/2024			
Version V4	Tamara FOURCOUAL Le 09/02/2024			Anne-Sophie SAFFRE Le 09/02/2024			
Version V5	Tamara FOURCOUAL Le 02/04/2024			Anne-Sophie SAFFRE Le 02/04/2024			
Version V6	Tamara FOURCOUAL Le 23/05/2024			Anne-Sophie SAFFRE Le 27/05/2024			
Version V7	Tamara FOURCOUAL Le 10/07/2024			Lydia RICOLLEAU Le 11/07/2024			
<b>DIFFUSION</b>	<b>Date</b>	<b>DESTINATAIRES</b>				<b>Nombre</b>	
Diffusion informatique	11/07/2024	SUEZ Consulting				1	

---

## SOMMAIRE

---

<b>1. CADRE DE L'ETUDE.....</b>	<b>9</b>
<b>2. INVENTAIRE DES EMISSIONS .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Rejets dans l'eau .....</b>	<b>10</b>
<b>2.2 Rejets dans l'air .....</b>	<b>11</b>
2.2.1 Composés inventoriés .....	13
2.2.2 Quantification des rejets atmosphériques .....	13
<b>3. EVALUATION DES ENJEUX ET DES VOIES D'EXPOSITION .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1 Populations .....</b>	<b>19</b>
<b>3.2 Etablissements Recevant du Public (ERP) .....</b>	<b>22</b>
<b>3.3 Usages autour du site.....</b>	<b>24</b>
3.3.1 Industries .....	25
3.3.2 Usages agricoles .....	25
3.3.3 Réseau hydrographique.....	26
3.3.4 Recensement des points d'eau.....	27
3.3.5 Activités de loisirs .....	28
<b>4. SCHEMA CONCEPTUEL D'EXPOSITION .....</b>	<b>29</b>
<b>5. CHOIX DES TRACEURS DE RISQUE.....</b>	<b>32</b>
<b>5.1 Substances émises par le site .....</b>	<b>32</b>
<b>5.2 Identification des dangers .....</b>	<b>32</b>
<b>5.3 Etude des relations dose-réponse.....</b>	<b>35</b>
5.3.2 Critères de choix des Valeurs Toxicologiques de Référence .....	35
5.3.3 Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence .....	37
<b>5.4 Choix des traceurs de risque .....</b>	<b>43</b>
<b>6. ETUDE DE LA DISPERSION ATMOSPHERIQUE .....</b>	<b>45</b>
<b>6.1 Données d'entrée .....</b>	<b>45</b>
6.1.1 Domaine d'étude .....	45
6.1.2 Topographie.....	46
6.1.3 Météorologie .....	47
6.1.4 Emissions .....	54
<b>6.2 Détermination des concentrations dans l'air et des dépôts au sol.....</b>	<b>55</b>
6.2.1 Présentation du logiciel de dispersion et paramétrages du modèle.....	55
6.2.2 Présentation des résultats.....	57
6.2.3 Réglementation de la qualité de l'air .....	59
6.2.4 Concentrations en moyenne annuelle .....	59
6.2.5 Dépôts au sol .....	65
<b>7. EVALUATION DE L'ETAT DES MILIEUX.....</b>	<b>71</b>
<b>7.1 Méthodologie .....</b>	<b>71</b>
<b>7.2 Campagne de mesure in situ.....</b>	<b>73</b>
<b>7.3 Etat du milieu Air .....</b>	<b>77</b>
7.3.1 Concentrations dans l'air.....	77
7.3.2 Comparaison avec l'environnement local témoin et le bruit de fond en France.....	78
7.3.3 Comparaison aux valeurs réglementaires de gestion .....	79
7.3.4 Conclusion pour le milieu Air.....	80
<b>7.4 Etat du milieu Sol.....</b>	<b>80</b>

7.4.1	Concentrations dans les sols .....	80
7.4.2	Comparaison avec l'environnement local témoin.....	81
7.4.3	Comparaison aux valeurs de gestion.....	82
7.4.4	Grille de calcul IEM .....	83
7.4.5	Conclusion pour le milieu Sol .....	85
<b>7.5</b>	<b>Conclusion sur l'Interprétation de l'Etat des Milieux .....</b>	<b>86</b>
<b>8.</b>	<b>EVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES.....</b>	<b>87</b>
<b>8.1</b>	<b>Evaluation de l'exposition humaine .....</b>	<b>87</b>
8.1.1	Voies d'exposition .....	87
8.1.2	Exposition par inhalation.....	89
8.1.3	Exposition par ingestion .....	91
<b>8.2</b>	<b>Caractérisation des risques.....</b>	<b>95</b>
8.2.1	Méthodologie .....	95
8.2.2	Evaluation des risques sanitaires pour les substances à seuil.....	96
8.2.3	Evaluation des risques sanitaires pour les substances sans seuil.....	100
8.2.4	Cas particulier des PM2.5 .....	102
<b>8.3</b>	<b>Incertitudes .....</b>	<b>103</b>
8.3.1	Incertitudes relatives à la modélisation atmosphérique.....	103
8.3.2	Incertitudes relatives à l'évaluation des risques sanitaires.....	105
<b>9.</b>	<b>SYNTHESE.....</b>	<b>107</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>110</b>	
<b>Annexe 1 : Description du modèle ARIA Impact .....</b>	<b>111</b>	
<b>Annexe 2 : Recensement des populations sensibles .....</b>	<b>117</b>	
<b>Annexe 4 : Rapport de la campagne de mesure – Rincent Air .....</b>	<b>122</b>	
<b>Annexe 3 : Cartes de concentration en moyenne annuelle .....</b>	<b>135</b>	
<b>Annexe 4 : Cartes des dépôts au sol.....</b>	<b>154</b>	
<b>Annexe 5 : Détermination des concentrations dans les milieux d'exposition .....</b>	<b>166</b>	



## TABLE DES ILLUSTRATIONS

### TABLEAUX

Tableau 1 : Valeurs réglementaires des rejets aqueux en sortie de lagune .....	10
Tableau 2 : sources et substances associées.....	11
Tableau 3 : composés inventoriés.....	13
Tableau 4 : caractéristiques des rejets canalisés .....	14
Tableau 5 : Spéciation et répartition (en %) des métaux lourds.....	14
Tableau 6 : émissions des rejets canalisés – scénario moyen.....	15
Tableau 7 : émissions des rejets canalisés – scénario majorant .....	15
Tableau 8 : comparaison des émissions canalisées avec le bilan de l'année 2022 .....	16
Tableau 9 : données pour le calcul des émissions liées aux véhicules circulant sur le site .....	17
Tableau 10 : émissions liées aux gaz d'échappement des véhicules circulant sur le site .....	18
Tableau 11 : évolution de la population par commune (INSEE 2022 sur la base des données 2020) ..	20
Tableau 12 : population par commune (INSEE 2022 sur la base des données 2020) .....	20
Tableau 13 – Entreprises situées dans la zone d'étude (Source : Géorisques).....	25
Tableau 14 : recensement agricole 2020 (recensement le plus récent disponible) .....	25
Tableau 15 : composés émis dans l'air par les cheminées du site .....	32
Tableau 16 : classifications CIRC, US-EPA et Union Européenne pour les effets cancérigènes .....	33
Tableau 17 : identification des dangers par substance dans l'air .....	34
Tableau 18 : disponibilité des Valeurs Toxicologiques de Référence (exposition chronique) .....	37
Tableau 19 : valeurs guides .....	39
Tableau 20 : valeurs toxicologiques de référence retenues pour les effets chroniques à seuil .....	39
Tableau 21 : valeurs toxicologiques de référence retenues pour les effets chroniques sans seuil .....	42
Tableau 22 : classement des traceurs de risque suivant le ratio flux/VTR.....	43
Tableau 23 : fréquence d'apparition de chaque classe de vitesse de vent.....	48
Tableau 24 : statistiques relatives à la température de l'air.....	51
Tableau 25 : statistiques relatives à la pluviométrie.....	52
Tableau 26 : flux en kg/an pour les substances traceurs de risques retenues .....	54
Tableau 27 : paramètres de calcul des dépôts pour chacune des espèces étudiées.....	57
Tableau 28 : description des points cibles .....	58
Tableau 29 : réglementation en vigueur en France pour la santé humaine .....	59
Tableau 30 : concentrations en moyenne annuelle au point le plus exposé et aux points cibles ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) .....	61
Tableau 31 : dépôts totaux au sol moyens annuels en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$ .....	66
Tableau 32 : dépôts totaux au sol moyens annuels en $\text{mg}/\text{m}^2/\text{j}$ .....	67
Tableau 33 : localisation des points de dépôt maximal en dehors du site .....	68
Tableau 34 : synthèse des substances mesurées (IEM) .....	76
Tableau 35 : résultats des mesures d'air ambiant .....	77
Tableau 36 : comparaison avec l'environnement local témoin du milieu « Air » pour les substances d'intérêt .....	78
Tableau 37 : synthèse des valeurs réglementaires pour l'air ambiant .....	79
Tableau 38 : comparaison avec les valeurs réglementaires du milieu « Air » .....	79
Tableau 39 : compatibilité avec les usages pour le milieu Air .....	80
Tableau 40 : concentrations mesurées dans les sols .....	81
Tableau 41 : comparaison avec l'environnement local témoin du milieu « Sol ».....	81
Tableau 42 : Teneurs totales en élément traces dans les sols - Gamme de valeurs « ordinaires » et d'anomalies naturelles (données ASPITET, INRA).....	82
Tableau 43 : Teneurs dans les sols en PCDD/F (Données RMQS, source INRA INFOSOL).....	83
Tableau 44 : comparaison avec les valeurs de gestion pour le milieu Sol .....	83

Tableau 45 : valeurs toxicologiques de référence retenues pour les effets chroniques à seuil par ingestion.....	84
Tableau 46 : grille de calcul IEM – milieu Sol – valeurs mesurées maximales .....	84
Tableau 47 : compatibilité avec les usages pour le milieu Sols.....	85
Tableau 48 : récapitulatif du scénario retenu .....	88
Tableau 49 : concentrations et dépôts retenus pour le scénario d’exposition retenu.....	88
Tableau 50 : concentrations moyennes inhalées (CI) .....	89
Tableau 51 : paramètres relatifs aux différentes catégories d’âge (données INERIS) .....	92
Tableau 52 : fraction d’aliments auto-produits dans la zone d’étude (données INERIS) .....	93
Tableau 53 : Dose Journalière d’Exposition totale pour chaque tranche d’âge – scénario habitant majorant.....	94
Tableau 54 : quotients de danger pour les traceurs du risque à seuil par inhalation.....	97
Tableau 55 : quotients de danger pour les traceurs du risque à seuil par ingestion .....	98
Tableau 56 : excès de risque individuel pour les traceurs du risque sans seuil par inhalation.....	100
Tableau 57 : excès de risque individuel pour les traceurs du risque sans seuil par ingestion .....	100
Tableau 58 : excès de risque individuel calculé pour les PM2.5 .....	102
Tableau 59 : facteurs relatifs aux végétaux.....	169
Tableau 60 : facteurs de bioconcentration sol/plante (Br exprimés par rapport à la plante fraîche) .....	170
Tableau 61 : coefficient de bio-transfert dans les produits animaux (Ba exprimés par rapport à la masse fraîche de produit) .....	170

## **FIGURES**

Figure 1 : position des sources d’émissions dans l’air.....	12
Figure 2 : communes présentes dans un rayon de 10 km.....	19
Figure 3 : localisation des habitations les plus proches .....	21
Figure 4 : localisation des populations vulnérables et des équipements sportifs les plus proches.....	23
Figure 5 : occupation du sol (données CORINE Land Cover).....	24
Figure 6 : réseau hydrographique (BD TOPO® Hydrographie, IGN) .....	26
Figure 7 : localisation des captages AEP .....	27
Figure 8 : Cours d'eau dans la zone d'étude (source : <a href="https://www.ehgo.fr">https://www.ehgo.fr</a> ).....	28
Figure 9 : schéma conceptuel d’exposition autour du site UVE de Taden.....	31
Figure 10 : logigramme pour le choix des VTR (DGS).....	36
Figure 11 : carte du domaine d’étude .....	45
Figure 12 : topographie du domaine d’étude (source : IGN BD Alti®) .....	46
Figure 13 : rose des vents générale par classes de vitesses – Station Taden.....	48
Figure 14 : répartition des observations en fonction de la stabilité atmosphérique.....	50
Figure 15 : roses des vents par classe de stabilité.....	50
Figure 16 : variation moyenne mensuelle de la température (période du 01/01/2020 au 31/12/2022) .....	51
Figure 17 : variation de la pluviométrie sur l’année (période du 01/01/2020 au 31/12/2022) .....	52
Figure 18 : rose des vents calculée à partir des échéances de pluie.....	53
Figure 19 : rose des vents calculée à partir des échéances sans pluie.....	53
Figure 20 : profil vertical de vent .....	56
Figure 21 : localisation des points cibles .....	58
Figure 22 : localisation des points de concentration maximale en dehors du site .....	62
Figure 23 : carte de concentration en moyenne annuelle en PM2.5.....	63
Figure 24 : carte de concentration en moyenne annuelle en nickel.....	64
Figure 25 : carte de dépôts en PM2.5 .....	69
Figure 26 : carte des dépôts au sol en nickel .....	70
Figure 27 : étapes et critères de l’IEM (guide INERIS août 2013).....	71

Figure 28 : localisation des points de mesures d'autosurveillance des campagnes 2022 et 2023 (IDEX Environnement) .....	74
Figure 29 : synthèse des résultats d'autosurveillance en dioxines et furanes et métaux des campagnes 2022 et 2023 (IDEX Environnement).....	75
Figure 30 : localisation des points de mesures de la campagne de mesure in-situ (IEM) et de l'autosurveillance .....	76
Figure 31 : conditions de vents et de précipitations pendant la campagne de mesures.....	77
Figure 32 : comparaison avec les valeurs guides de l'OMS – risques chroniques .....	90
Figure 33 : quotients de danger par traceur du risque à seuil .....	99
Figure 34 : excès de risque individuel pour les traceurs du risque sans seuil.....	101
Figure 35 : carte de concentration en moyenne annuelle en COV totaux ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) .....	136
Figure 36 : carte de concentration en moyenne annuelle en NOx ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).....	137
Figure 37 : carte de concentration en moyenne annuelle en PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) .....	138
Figure 38 : carte de concentration en moyenne annuelle en SO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) .....	139
Figure 39 : carte de concentration en moyenne annuelle en HCl ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) .....	140
Figure 40 : carte de concentration en moyenne annuelle en HF ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) .....	141
Figure 41 : carte de concentration en moyenne annuelle en NH <sub>3</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) .....	142
Figure 42 : carte de concentration en moyenne annuelle en antimoine ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) .....	143
Figure 43 : carte de concentration en moyenne annuelle en arsenic ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) .....	144
Figure 44 : carte de concentration en moyenne annuelle en cadmium ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).....	145
Figure 45 : carte de concentration en moyenne annuelle en chrome ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) .....	146
Figure 46 : carte de concentration en moyenne annuelle en cuivre ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).....	147
Figure 47 : carte de concentration en moyenne annuelle en manganèse ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) .....	148
Figure 48 : carte de concentration en moyenne annuelle en nickel ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) .....	149
Figure 49 : carte de concentration en moyenne annuelle en plomb / monoxyde de plomb ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	150
Figure 50 : carte de concentration en moyenne annuelle en mercure ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) .....	151
Figure 51 : carte de concentration en moyenne annuelle en vanadium ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).....	152
Figure 52 : carte de concentration en moyenne annuelle en dioxines ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) .....	153
Figure 53 : carte des dépôts au sol en antimoine .....	155
Figure 54 : carte des dépôts au sol en arsenic .....	156
Figure 55 : carte des dépôts au sol en cadmium.....	157
Figure 56 : carte des dépôts au sol en chrome .....	158
Figure 57 : carte des dépôts au sol en cuivre .....	159
Figure 58 : carte des dépôts au sol en dioxines .....	160
Figure 59 : carte des dépôts au sol en mercure .....	161
Figure 60 : carte des dépôts au sol en manganèse .....	162
Figure 61 : carte des dépôts au sol en plomb .....	163
Figure 62 : carte des dépôts au sol en PM10 .....	164
Figure 63 : carte des dépôts au sol en vanadium.....	165
Figure 64 : contamination des végétaux (EPA, 1998).....	168

---

## GLOSSAIRE

---

AFSSA	Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments
ANSES	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
INSEE	Institut national de la statistique et des études économiques
COV	Composés Organiques Volatils
COVNM	Composés Organiques Volatils Non Méthaniques
µg	Microgrammes = $10^{-6}$ g
CI	Concentration Inhalée
CIRC	Centre International de Recherche sur le Cancer
DGS	Direction Générale de la Santé
ERI	Excès de Risque Individuel
ERU	Excès de Risque Unitaire
INERIS	Institut National de l'Environnement et des RISques
InVS	Institut de Veille Sanitaire
ng	Nanogrammes = $10^{-9}$ g
NO <sub>2</sub>	Dioxyde d'azote
NO <sub>x</sub>	Oxydes d'azote assimilés au NO <sub>2</sub>
OEHHA	Office of Environmental Health Hazard Assessment
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
QD	Quotient de Danger
RIVM	Rijksinstituut Voor Volksgezondheid (Institut National de Santé Publique et de l'Environnement des Pays-Bas)
SO <sub>2</sub>	Dioxyde de soufre
US-EPA	United State Environment Protection Agency
VLE	Valeur Limite à l'Emission
VTR	Valeur Toxicologique de Référence

## 1. CADRE DE L'ETUDE

SUEZ Consulting a sollicité ARIA Technologies pour la réalisation d'une Evaluation des Risques Sanitaires (ERS) et une Interprétation de l'Etat des Milieux (IEM) liée à l'UVE de Taden (22) dans le cadre de la modification des lignes d'incinération du site. Dans le cadre de ce projet, la ligne 1 sera rénovée, la ligne 2 sera démantelée et remplacée par une nouvelle ligne (ligne 1 bis).

Dans ce contexte, ARIA Technologies réalise l'évaluation des risques sanitaires en fonctionnement normal du site en application de la circulaire DGPR & DGS du 9 août 2013 et conformément au guide « Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions des substances chimiques par les installations classées » publié par l'INERIS en septembre 2021 (2<sup>ème</sup> édition). La démarche intégrée se déroule en quatre étapes :

1. Evaluation des émissions des installations : recensement des sources d'émission et quantification des émissions ;
2. Evaluation des enjeux et des voies d'exposition : schéma conceptuel décrivant les relations entre les sources de polluants, les milieux et vecteurs de transfert, les usages et les populations exposées ;
3. Evaluation de l'état des milieux : état actuel des milieux potentiellement impactés et dégradation attribuable à l'installation ;
4. Evaluation prospective des risques sanitaires : estimation des risques attribuables aux émissions du site pour les populations autour de l'installation.

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

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

## 2. INVENTAIRE DES EMISSIONS

### 2.1 REJETS DANS L'EAU

Les eaux usées sont évacuées vers le réseau d'assainissement de Dinan Agglomération.

Les eaux pluviales non polluées sont traitées grâce à un débourbeur/déshuileur.

Enfin, les eaux industrielles sont stockées dans une cuve de reprise, subissent différentes opérations de traitement avant d'être rejetées dans les lagunes présentes sur le site. Les lagunes permettent de réguler le débit des eaux et les faire décanter, avant envoi au réseau d'assainissement de Dinan.

Les caractéristiques physico-chimiques des eaux traitées en sortie de lagune sont les suivantes :

*Tableau 1 : Valeurs réglementaires des rejets aqueux en sortie de lagune*

Paramètres	Seuil réglementaire
Débit journalier moyen (m <sup>3</sup> /j)	< 300
Concentration DCO (mg/l)	< 300
Concentration MES (mg/l)	< 100
Concentration DBO5 (mg/l)	< 100
Concentration COT (mg/l)	< 100
Concentration Hydrocarbures totaux (mg/l)	< 5
Concentration Fluorures (mg/l)	< 15
Concentration Sulfates (mg/l)	< 3000
Concentration Chlorures (mg/l)	< 15000
Concentration As (mg/l)	< 0,1
Concentration Cd (mg/l)	< 0,05
Concentration Cr (mg/l)	< 0,5
Concentration Cu (mg/l)	< 0,5
Concentration Hg (mg/l)	< 0,03
Concentration Ni (mg/l)	< 0,5
Concentration Pb (mg/l)	< 0,2
Concentration Tl (mg/l)	< 0,05
Concentration Zn (mg/l)	< 1,5
Concentration CN libres (mg/l)	< 0,1
Concentration Aox (mg/l)	< 5
Concentration Dioxines et furanes (ng/l)	< 0,3

Les analyses mensuelles réalisées sont conformes aux seuils réglementaires<sup>1</sup>.

Aucun rejet aqueux ne se fera directement dans le milieu récepteur. Les rejets aqueux ne seront donc pas conservés dans la présente étude.

<sup>1</sup> 2023.06.30 - Rapport délégataire 2022 - Partie technique (V2) – Rejets aqueux p.31

## 2.2 REJETS DANS L'AIR

Le tableau ci-dessus présente les différentes sources et les substances pouvant être émises par le site.

*Tableau 2 : sources et substances associées*

Installation	Source recensée	Milieu impacté	Type d'émission	Substances potentiellement émises
Ensemble four-chaudière	Fours d'incinération	Air	Canalisée	Substances réglementées <sup>2</sup> : Poussières, COT, CO, HCl, HF, NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , métaux, dioxines, B(a)P, N <sub>2</sub> O
Circulation sur le site	Circulation des camions (gaz d'échappement et soulèvement de poussières)	Air	Diffuse	NO <sub>x</sub> , poussières, HAP
Gestion des mâchefers	Mâchefers	Air	Diffuse	Poussières

La Figure 1 présente la position des différents points de rejet dans l'air, ainsi que les émissaires et sources diffuses qui ont été recensés.

Les informations relatives aux sources et au flux d'émissions ont été transmises par SUEZ.

<sup>2</sup> Arrêté ministériel du 20 septembre 2002 – arrêté préfectoral du 04/08/2011

Figure 1 : position des sources d'émissions dans l'air



**Légende**

- Périmètre du site
- Sources ponctuelles

**Sources linéiques**

- Sous-produits sortants
- Déchets entrants
- Déchets sortants
- Livraison de réactifs ou rechargement des sous-produits
- Plateforme mâchefers





## 2.2.1 Composés inventoriés

Les composés ou familles de composés émis par l'UVE de Taden d'après l'arrêté du 12 janvier 2021 relatif aux meilleures techniques disponibles sont présentés dans le Tableau 3.

*Tableau 3 : composés inventoriés*

Nom	N°CAS	Formule
Composés organiques volatils Totaux	-	-
Dioxyde de soufre	05/09/7446	SO <sub>2</sub>
Monoxyde de carbone	630-08-0	CO
Oxydes d'azote	-	NO <sub>x</sub>
Poussières (PM10 et PM2.5)	-	-
Ammoniac	7664-41-7	NH <sub>3</sub>
Acide chlorhydrique	7647-01-0	HCl
B(a)P	50-32-8	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>
Protoxyde d'azote	10024-97-2	N <sub>2</sub> O
Dioxines et furannes	-	-
Fluorure d'hydrogène	7664-39-3	HF
Métaux lourds dont :	-	-
<i>Cadmium</i>	<i>7440-43-9</i>	<i>Cd</i>
<i>Thallium</i>	<i>7440-28-0</i>	<i>Tl</i>
<i>Mercure</i>	<i>7439-97-6</i>	<i>Hg</i>
<i>Plomb</i>	<i>7439-92-1</i>	<i>Pb</i>
<i>Antimoine</i>	<i>7440-36-0</i>	<i>Sb</i>
<i>Chrome</i>	<i>7440-47-3</i>	<i>Cr</i>
<i>Cobalt</i>	<i>7440-48-4</i>	<i>Co</i>
<i>Cuivre</i>	<i>7440-50-8</i>	<i>Cu</i>
<i>Manganèse</i>	<i>7439-96-5</i>	<i>Mn</i>
<i>Nickel</i>	<i>7440-02-0</i>	<i>Ni</i>
<i>Vanadium</i>	<i>7440-62-2</i>	<i>V</i>

## 2.2.2 Quantification des rejets atmosphériques

Conformément au guide INERIS<sup>3</sup>, deux bilans d'émissions sont présentés :

- un bilan moyen, basé sur les mesures moyennes (site en fonctionnement) ou les prévisions les plus réalistes (site en projet), afin de hiérarchiser les substances émises ;
- un bilan majorant, basé sur les prévisions d'émissions maximales et utilisé pour estimer les doses d'exposition dans la partie évaluation des risques sanitaires.

<sup>3</sup> Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions des substances chimiques par les installations classées » publié par l'INERIS en août 2013 et sa deuxième édition de 2021

## 2.2.2.1 Sources canalisées

### 2.2.2.1.1.1 Estimation des émissions futures

Les caractéristiques des rejets canalisés sont synthétisées dans le Tableau 4. Elles ont été transmises par le client.

*Tableau 4 : caractéristiques des rejets canalisés*

	Unités	Ligne 1	Ligne 1 bis
<b>Hauteur par rapport au sol</b>	m	42	42
<b>Diamètre de la cheminée au niveau de l'éjection</b>	m	0,9	1,35
<b>Température des rejets</b>	°C	143	143
<b>Vitesse d'éjection (au débouché)</b>	m/s	12*	12*
<b>Débit de fumées secs (11% O2, 273K, 1013 hPa)</b>	Nm <sup>3</sup> /h	33 191	72 140
<b>Débits de fumées humides au nominal</b>	Nm <sup>3</sup> /h	31 811	67 840
<b>Nbre d'heures de fonctionnement</b>	h/an	8 000	8 100

\*Une vitesse d'éjection de 12,0 m/s (minimum préconisé par l'AP) sera retenue pour la dispersion afin d'être dans les conditions les plus pénalisantes.

Le Tableau 6 présente les émissions en sortie des sources canalisées pour le scénario moyen. Pour ce scénario, les concentrations à l'émissions correspondent aux concentrations moyennes mesurées sur la ligne 1 sur les années 2022 et 2023.

Le Tableau 7 présente les émissions en sortie des sources canalisées pour le scénario majorant. Pour ce scénario, les concentrations à l'émissions correspondent aux VLE de l'arrêté préfectoral. Les concentrations pour chacun des métaux lourds ont été estimées afin de respecter les proratas mesurés sur la ligne 1 (cf. scénario moyen). Cette spéciation retenue est présentée dans le Tableau 5.

Pour les deux scénarios, les concentrations de la ligne 1 bis en projet sont considérées comme étant similaires à celles de la ligne 1 existante.

*Tableau 5 : Spéciation et répartition (en %) des métaux lourds*

Substances	Ligne 1	Substances	Ligne 1
<b>Arsenic</b>	0.05%	<b>Cadmium</b>	100%
<b>Cobalt</b>	0.00%	<b>Thallium</b>	0.00%
<b>Chrome</b>	2.20%	<b>Somme</b>	<b>100%</b>
<b>Cuivre</b>	43.96%		
<b>Manganèse</b>	28.64%		
<b>Nickel</b>	14.18%		
<b>Plomb</b>	10.92%		
<b>Antimoine</b>	0.02%		
<b>Vanadium</b>	0.02%		
<b>Somme</b>	<b>100%</b>		

*Tableau 6 : émissions des rejets canalisés – scénario moyen*

Substances	CONCENTRATIONS		FLUX	
	Concentration moyenne en mg/Nm3		Flux moyen en kg/an	
	LIGNE 1	Ligne 1 bis	LIGNE 1	Ligne 1 bis
HCl	1.1	1.1	288.5	634.9
CO	3.2	3.2	840.8	1850.4
SO2	18.1	18.1	4797.2	10556.9
NOx	57.2	57.2	15179.4	33404.4
HF	0.02	0.02	4.8	10.5
NH3	0.5	0.5	134.5	296.1
B(a)P	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	0	0	0	0
Poussières totales	0.1	0.1	25.3	55.7
COVT	1.3	1.3	354.0	779.1
Dioxines et furannes	7.5E-09	7.5E-09	2.0E-06	4.4E-06
Mercuré	0.02	0.02	4.9	10.9
Cadmium	1.8E-04	1.8E-04	0.05	0.11
Thallium	0	0	0	0
Arsenic	1.1E-05	1.1E-05	2.8E-03	6.2E-03
Plomb	1.8E-03	1.8E-03	4.8E-01	1.1E+00
Antimoine	4.9E-06	4.9E-06	1.3E-03	2.9E-03
Chrome	3.7E-04	3.7E-04	9.8E-02	2.1E-01
Cobalt	0	0	0	0
Cuivre	7.3E-03	7.3E-03	1.9E+00	4.3E+00
Manganèse	2.1E-02	2.1E-02	5.5E+00	1.2E+01
Nickel	2.3E-03	2.3E-03	6.2E-01	1.4E+00
Vanadium	4.9E-06	4.9E-06	1.3E-03	2.9E-03

*Tableau 7 : émissions des rejets canalisés – scénario majorant*

Substances	CONCENTRATIONS		FLUX	
	VLE en concentration – AP mg/Nm3		VLE en flux en kg/an	VLE en flux en kg/an
	LIGNE 1	Ligne 1 bis	LIGNE 1	Ligne 1 bis
HCL	8	8	2124.2	4674.7
CO	30	30	7965.8	17530.0
SO2	50	50	13276.4	29216.7
NOx	80	80	21242.2	46746.7
HF	1	1	265.5	584.3
NH3	10	10	2655.3	5843.3
B(a)P	0	0	0	0
N <sub>2</sub> O	0	0	0	0

Substances	CONCENTRATIONS		FLUX	
	VLE en concentration – AP mg/Nm3		VLE en flux en kg/an	VLE en flux en kg/an
	LIGNE 1	Ligne 1 bis	LIGNE 1	Ligne 1 bis
<b>Poussières totales</b>	5	5	1327.6	2921.7
<b>COVT</b>	10	10	2655.3	5843.3
<b>Dioxines et furannes</b>	1.0E-07	1.0E-07	2.7E-05	5.8E-05
<b>Mercuré</b>	0.05	0.05	13.3	29.2
<b>Cd+Tl</b>	0.05	0.05	13.3	29.3
<b>Cd</b>	0.05	0.05	13.3	29.2
<b>Tl</b>	0	0	0	0
<b>Métaux lourds</b>	0.5	0.5	132.8	292.2
<b>As</b>	1.6E-04	1.6E-04	4.4E-02	9.6E-02
<b>Pb</b>	2.8E-02	2.8E-02	7.4E+00	1.6E+01
<b>Sb</b>	7.5E-05	7.5E-05	2.0E-02	4.4E-02
<b>Cr</b>	5.6E-03	5.6E-03	1.5E+00	3.3E+00
<b>Co</b>	0	0	0	0
<b>Cu</b>	1.1E-01	1.1E-01	3.0E+01	6.5E+01
<b>Mn</b>	3.2E-01	3.2E-01	8.5E+01	1.9E+02
<b>Ni</b>	3.6E-02	3.6E-02	9.5E+00	2.1E+01
<b>V</b>	7.5E-05	7.5E-05	2.0E-02	4.4E-02

2.2.2.1.1.2 Comparaison avec la situation 2022 (historique)

Le Tableau 8 présente la comparaison des émissions en sortie des sources canalisées pour le scénario moyen avec les émissions de la ligne 1 et la ligne 2 sur l'année 2022<sup>4</sup>. Les flux retenus pour le scénario moyen sont majorants par rapport à la situation 2022.

Tableau 8 : comparaison des émissions canalisées avec le bilan de l'année 2022

Substances	FLUX – SCENARIO MOYEN		FLUX – BILAN 2022	
	Flux moyen en kg/an		Flux moyen en kg/an	
	Ligne 1	Ligne 1 bis	Ligne 1	Ligne 2
<b>HCl</b>	288.5	634.9	135.06	180.12
<b>CO</b>	840.8	1850.4	716.72	657.01
<b>SO2</b>	4797.2	10556.9	2761.05	2535.37
<b>NOx</b>	15179.4	33404.4	17947.7	18176.49
<b>HF</b>	4.8	10.5	9.60	10.66
<b>NH3</b>	134.5	296.1	43.06	27.09
<b>B(a)P</b>	0	0	0	0
<b>N<sub>2</sub>O</b>	0	0	0	0
<b>Poussières totales</b>	25.3	55.7	33.68	32.46
<b>COVT</b>	354.0	779.1	79.70	135.75

<sup>4</sup> 2023.06.30 - Rapport délégataire 2022 - Partie technique (V2) – Rejets atmosphériques p.30

Substances	FLUX – SCENARIO MOYEN		FLUX – BILAN 2022	
	Flux moyen en kg/an		Flux moyen en kg/an	
	Ligne 1	Ligne 1 bis	Ligne 1	Ligne 2
Dioxines et furannes	2.0E-06	4.4E-06	-	-
Mercure	4.9	10.9	-	-
Cadmium	0.05	0.11	-	-
Thallium	0	0	0	0
Arsenic	2.8E-03	6.2E-03	-	-
Plomb	4.8E-01	1.1E+00	-	-
Antimoine	1.3E-03	2.9E-03	-	-
Chrome	9.8E-02	2.1E-01	-	-
Cobalt	0	0	0	0
Cuivre	1.9E+00	4.3E+00	-	-
Manganèse	5.5E+00	1.2E+01	-	-
Nickel	6.2E-01	1.4E+00	-	-
Vanadium	1.3E-03	2.9E-03	-	-

## 2.2.2.2 Sources diffuses

### 2.2.2.2.1 Circulation sur site

Le calcul des émissions liées aux gaz d'échappement des camions et des véhicules circulant sur le site s'appuie sur les facteurs d'émission qui sont issus de la méthode COPERT V. Cette méthode est élaborée par l'Agence Européenne de l'Environnement. Elle est fondée sur un consensus d'experts européens régulièrement révisée et actualisée en fonction de l'évolution des normes communautaires concernant les carburants et les limites d'émission des véhicules en Europe.

Le modèle de calcul des émissions de polluants utilisé dans cette étude est le logiciel TREFIC 5.1.2 (TRaffic Emission Factors Improved Calculation), développé par la société italienne ARIANET, partenaire d'ARIA Technologies au sein du groupe SUEZ, qui s'appuie sur la méthodologie européenne COPERT V.

Le Tableau 9 synthétise les données utilisées pour le calcul des émissions et le Tableau 10 présente les émissions totales calculées. Afin d'être majorant, les distances retenues pour le trajet des camions correspondent aux distances maximales qu'ils auront à parcourir. De plus, les flux de véhicules considérés correspondent à un cas majorant avec les installations à leurs capacités nominales et leur fonctionnement simultané. Les trajets empruntés par les Poids Lourds sont présentés sur la Figure 1.

*Tableau 9 : données pour le calcul des émissions liées aux véhicules circulant sur le site*

Voie	Nombre de PL	Distance parcourue
	PL/an	m
Apport de déchets	10 757	264
Livraisons réactifs ou rechargements sous-produits	10 858	543
Sous-produits sortants	1 481	697
Déchets sortants	1	375

Tableau 10 : émissions liées aux gaz d'échappement des véhicules circulant sur le site

	Emissions totales (tonnes/an)
<b>Benzène</b>	1,5E-06
<b>Oxydes d'azote</b>	7,5E-02
<b>Poussières totales</b>	8,7E-03
<b>PM<sub>10</sub></b>	5,3E-03
<b>PM<sub>2.5</sub></b>	3,3E-03

Les émissions des sources diffuses sont négligeables par rapport aux sources canalisées pour les deux scénarios (cf. Tableau 6 et Tableau 7) : elles ne seront pas prises en compte dans la suite de l'étude.

#### 2.2.2.2 Gestion des mâchefers

L'activité de gestion des mâchefers peut être à l'origine d'émissions diffuses de poussières dans l'environnement.

Compte tenu des moyens mis en œuvre par le site pour éviter ces émissions (arrosage, ...), ces émissions diffuses difficilement quantifiables ne sont pas conservées dans la présente étude.



### 3. EVALUATION DES ENJEUX ET DES VOIES D'EXPOSITION

Le site se situe sur la commune de Taden au niveau du lieu-dit Les Landes Basses.

#### 3.1 POPULATIONS

Treize communes se situent dans un rayon de 10 km autour du site : Taden, Languenan, Beaussais-sur-Mer, Pleslin-Trigavou, Plouër-sur-Rance, La Vicomté-sur-Rance, Saint-Samson-sur-Rance, Saint-Hélen, Lanvallay, Dinan, Quévert, Aucaleuc et Corseul.

*Figure 2 : communes présentes dans un rayon de 10 km*



#### Légende

-  Domaine
-  Périmètre du site
-  Communes



Le Tableau 11 présente l'évolution de la population par commune et le Tableau 12 présente les données de population par catégorie d'âge par commune.

*Tableau 11 : évolution de la population par commune (INSEE 2022 sur la base des données 2020<sup>5</sup>)*

Libellé géographique	Population en 1990	Population en 1999	Population en 2010	Population en 2017	Population en 2020
Taden	1 698	1 741	2 297	2 467	2 521
Languenan	811	805	1 100	1 155	1 149
Beaussais-sur-Mer	n.d.	n.d.	n.d.	3 556	3 956
Pleslin-Trigavou	2 830	2 951	3 425	3 627	3 867
Plouër-sur-Rance	2 438	2 723	3 361	3 531	3 515
La Vicomté-sur-Rance	779	770	950	1 057	1 113
Saint-Samson-sur-Rance	1 180	1 151	1 520	1 607	1 639
Saint-Hélen	974	1 031	1 234	1 481	1 528
Lanvallay	3 310	3 068	3 735	4 187	4 209
Dinan	11 591	10 907	10 819	14 166	14 682
Quévert	3 007	3 118	3 626	3 749	3 970
Aucaleuc	601	629	893	943	920
Corseul	1 987	1 977	2 029	2 184	2 223

*Tableau 12 : population par commune (INSEE 2022 sur la base des données 2020<sup>6</sup>)*

Commune	Pop. 2020	Pop 0-14 ans	Pop 15-29 ans	Pop 30-44 ans	Pop 45-59 ans	Pop 60-74 ans	Pop 75-89 ans	Pop 90 ans ou plus
Taden	2 521	504	350	459	508	494	188	18
Languenan	1 149	234	174	226	248	192	73	2
Beaussais-sur-Mer	3 956	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Pleslin-Trigavou	3 867	795	473	793	768	672	323	43
Plouër-sur-Rance	3 515	620	426	594	796	727	300	52
La Vicomté-sur-Rance	1 113	233	131	214	230	199	95	11
Saint-Samson-sur-Rance	1 639	346	185	361	327	310	104	6
Saint-Hélen	1 528	367	164	354	307	236	94	6
Lanvallay	4 209	678	474	686	840	912	534	85
Dinan	14 682	1 899	2 245	2 034	2 991	3 193	1 886	433
Quévert	3 970	647	458	616	796	866	494	94
Aucaleuc	920	188	146	168	200	171	44	3
Corseul	2 223	369	333	373	474	476	186	12

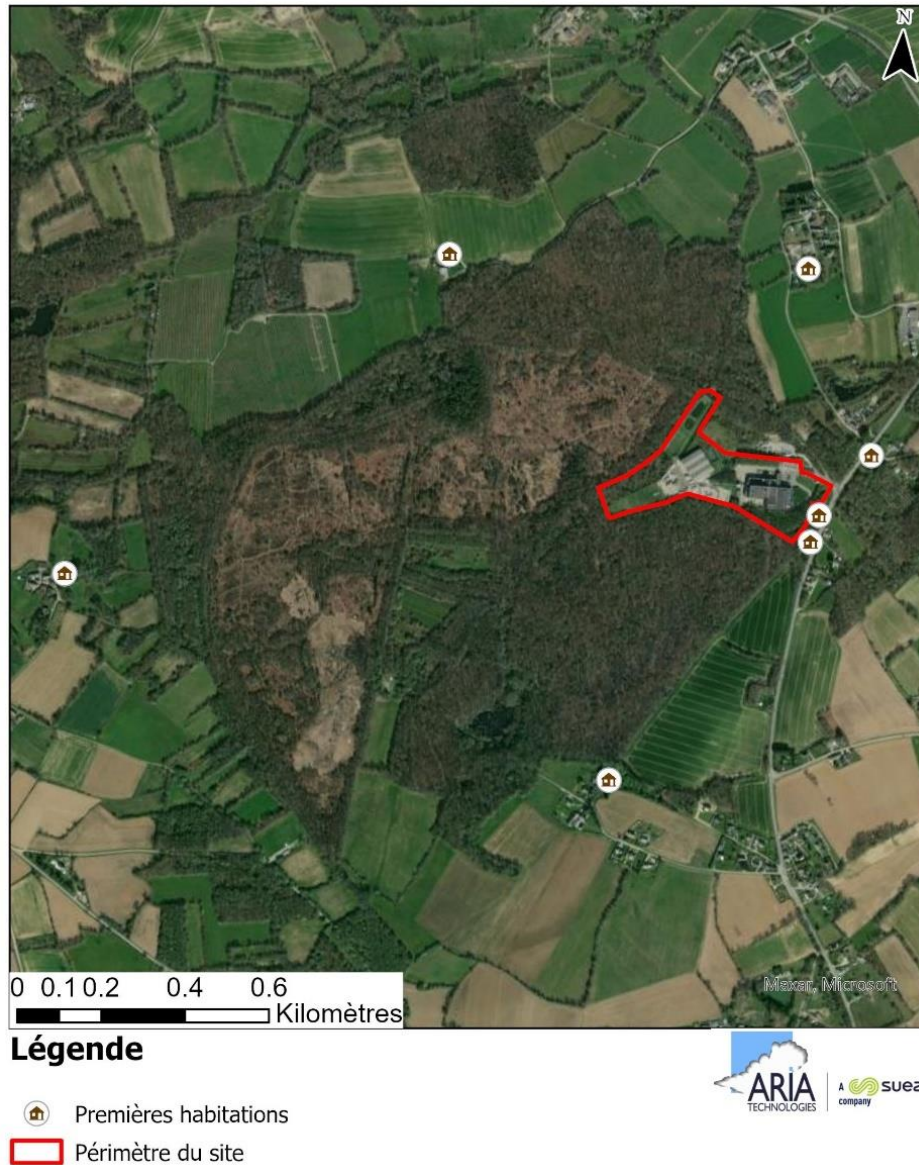
<sup>5</sup> <https://www.insee.fr/fr/statistiques/6011075>, Populations légales 2019 Recensement de la population Régions, départements, arrondissements, cantons et communes, paru le 12/01/2022

<sup>6</sup> <https://www.insee.fr/fr/statistiques/6456153?sommaire=6456166>, Évolution et structure de la population en 2019, paru le 27/06/2022



Les habitations les plus proches se trouvent au niveau du lieu-dit « les Landes Basses » à l'est des limites de propriétés du site, la Mettrie au nord, « La Pommerais » au nord-ouest du site sur la commune de Taden et la Roberdie à l'ouest du site sur la commune de Quévert. La première maison se trouve à environ 10 mètres de la limite est du site.

*Figure 3 : localisation des habitations les plus proches*



## 3.2 ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP)

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

Certaines populations, plus particulièrement sensibles à la qualité de l'air, peuvent être recensées par l'intermédiaire des structures qu'elles fréquentent :

- enfants : crèches et écoles ;
- personnes âgées : maisons de retraite ;
- personnes malades : hôpitaux et cliniques ;
- sportifs : stades, centres sportifs, terrains de sport extérieurs.

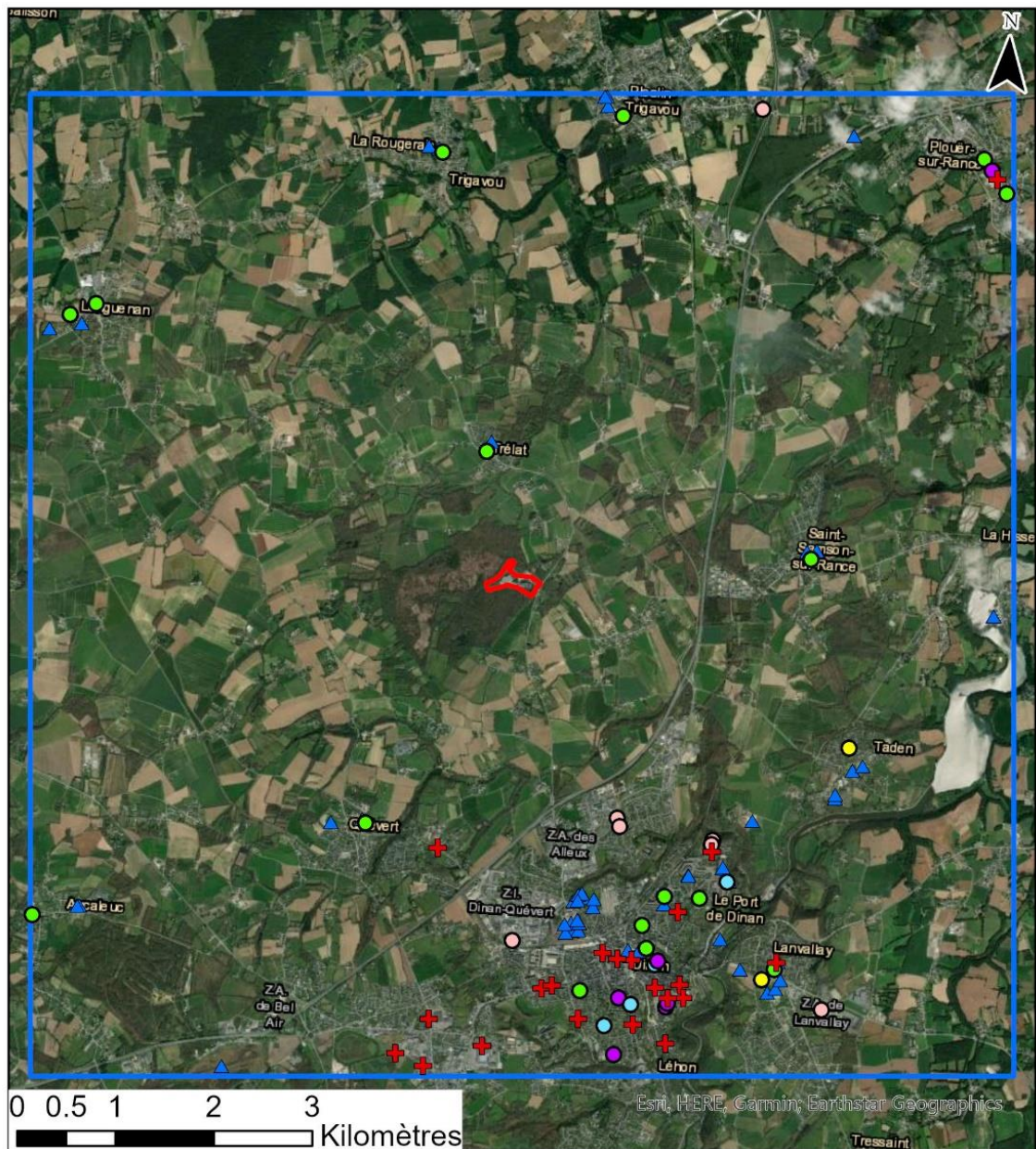
Les sites sensibles présents à proximité du projet et susceptibles d'être impactés par celui-ci sont recensés, on dénombre :

- 7 crèches (Source : <https://lescreches.fr>) ;
- 29 établissements scolaires dont 18 écoles maternelles et primaires (source : annuaire de l'éducation nationale <http://www.education.gouv.fr/>) ;
- 23 centres sanitaires et sociaux (Source : FINESS7) ;
- 78 équipements sportifs (source : <http://www.res.sports.gouv.fr/>).

La Figure 10 localise ces établissements sensibles, ils sont recensés en Annexe 2.



Figure 4 : localisation des populations vulnérables et des équipements sportifs les plus proches



### Légende

- |                                 |                                   |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| ○ Crèches                       | +                                 |
| <b>Etablissements scolaires</b> | ▲ Equipements sportifs extérieurs |
| ● Ecoles maternelles            | ▭ Domaine                         |
| ● Ecoles élémentaires           | ▭ Périmètre du site               |
| ● Collèges                      |                                   |
| ● Lycées                        |                                   |

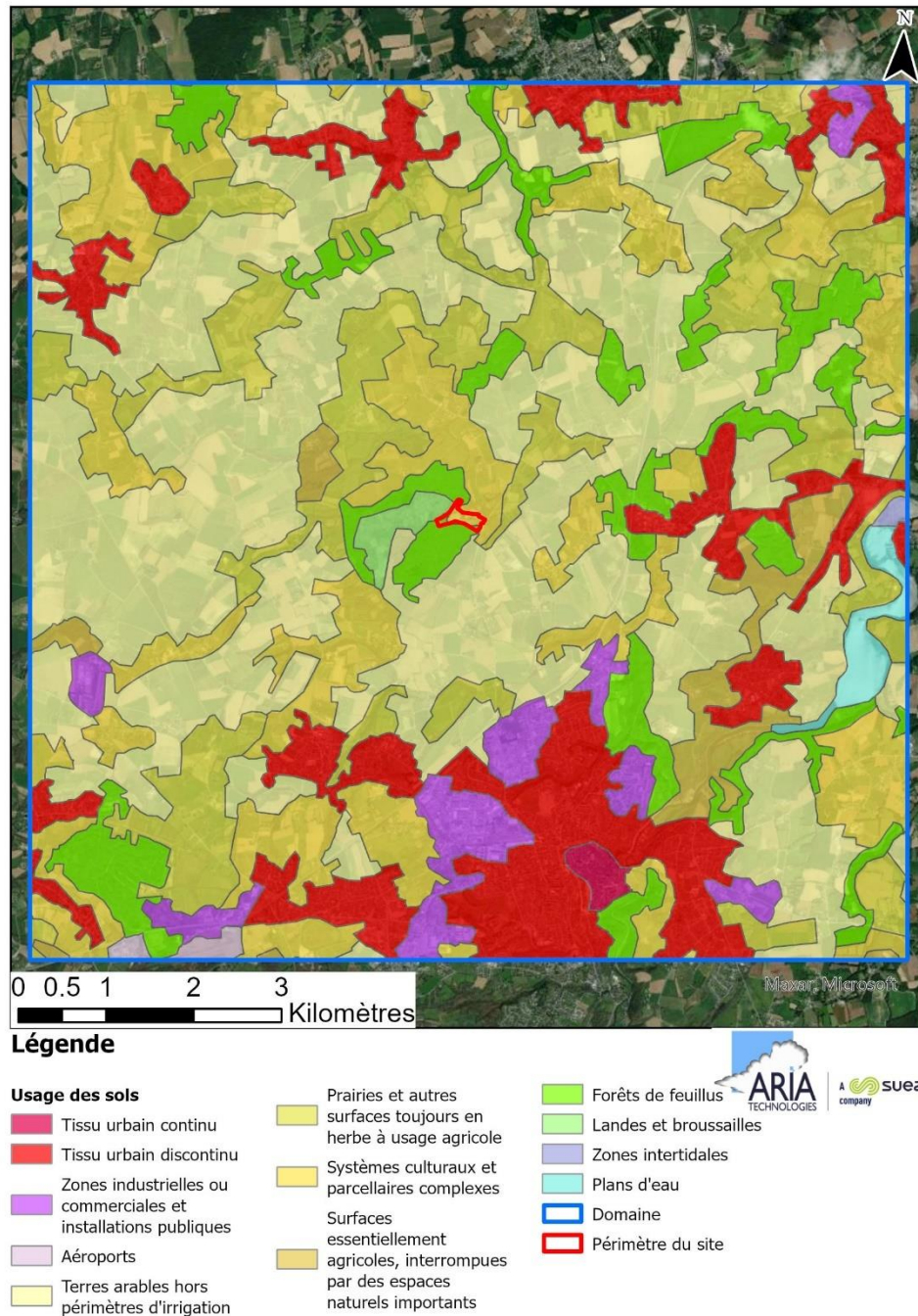




### 3.3 USAGES AUTOUR DU SITE

Le site UVE de Taden est situé au sein d'une zone industrielle entourée de zones agricoles, de prairies, de forêts, de tissus urbains discontinus et de plans d'eau. Ces principales zones sont localisées sur la Figure 5 (données issues de la base CORINE Land Cover 2018<sup>8</sup>).

Figure 5 : occupation du sol (données CORINE Land Cover)



<sup>8</sup> base de données géographique d'occupation des sols CORINE Land Cover, dite CLC, produite dans le cadre du programme européen de coordination de l'information sur l'environnement CORINE, <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/>

### 3.3.1 Industries

Les établissements situés dans le domaine d'étude sont listés dans le Tableau 13.

*Tableau 13 – Entreprises situées dans la zone d'étude (Source : Géorisques)*

Commune	Etablissement	Activités
Beaussais-sur-Mer	EARL DE LA VILLE GLE	Exploitation agricole
	EARL FERME DU MENHIR	Exploitation agricole
	SCEA ELEVAGE DE LISNOBLE	Elevage de porcins
Corseul	BRANDEFERT (SA CARRIERES DE)	Extraction de matériaux
	SCEA TERRE ET PORC	Élevage de porcins
Languenan	GAEC ARMOR PONDII	Exploitation agricole
Pleslin-Trigavou	EARL DE LA HAUTIERE	Exploitation agricole
	EARL DU CHAMP TISON	Exploitation agricole
	SIDCOM de BEAUSSERAIS RANCE FREMUR	Déchetterie et collecte des déchets ménagers
Plouër-sur-Rance	SCEA BOUETARD JF	Exploitation agricole
Quévert	Dechetterie Dinan Agglomération	Déchetterie
	SAVETIS (ex CELTIPHARM ex LPG)	Fabrication d'aliments complémentaires pour animaux d'élevage
Taden	DEWEN ENVIRONNEMENT BRETAGNE	Traitement et élimination de déchets non dangereux

### 3.3.2 Usages agricoles

Le Tableau 14 présente les résultats du recensement général agricole 2020. Le recensement agricole offre un portrait instantané, complet et détaillé, du secteur de l'agriculture (population agricole, surfaces végétales, y compris viticoles, effectifs animaux, moyens de production, activités annexes, etc.).

*Tableau 14 : recensement agricole 2020 (recensement le plus récent disponible)*

Communes	Orientation technico-économique de la commune	Exploitations agricoles ayant leur siège dans la commune	Superficie agricole utilisée en hectare
Taden	Polyculture et polyélevage	18	1 393
Languenan	Bovins lait	11	898
Beaussais-sur-Mer	Combinaisons de granivores (porcins, volailles)	nd	nd
Pleslin-Trigavou	Polyculture et polyélevage	29	2 206
Plouër-sur-Rance	Polyculture et polyélevage	14	811
La Vicomté-sur-Rance	Céréales et oléoprotéagineux	3	128
Saint-Samson-sur-Rance	Bovins lait	5	220
Saint-Hélen	Polyculture et polyélevage	15	1 105
Lanvallay	Polyculture et polyélevage	12	706
Dinan	Polyculture et polyélevage	5	246

Communes	Orientation technico-économique de la commune	Exploitations agricoles ayant leur siège dans la commune	Superficie agricole utilisée en hectare
Quévert	Polyculture et polyélevage	10	499
Aucaleuc	Polyculture et polyélevage	4	234
Corseul	Combinaisons de granivores (procins, volailles)	33	2 174

s : donnée soumise au secret statistique

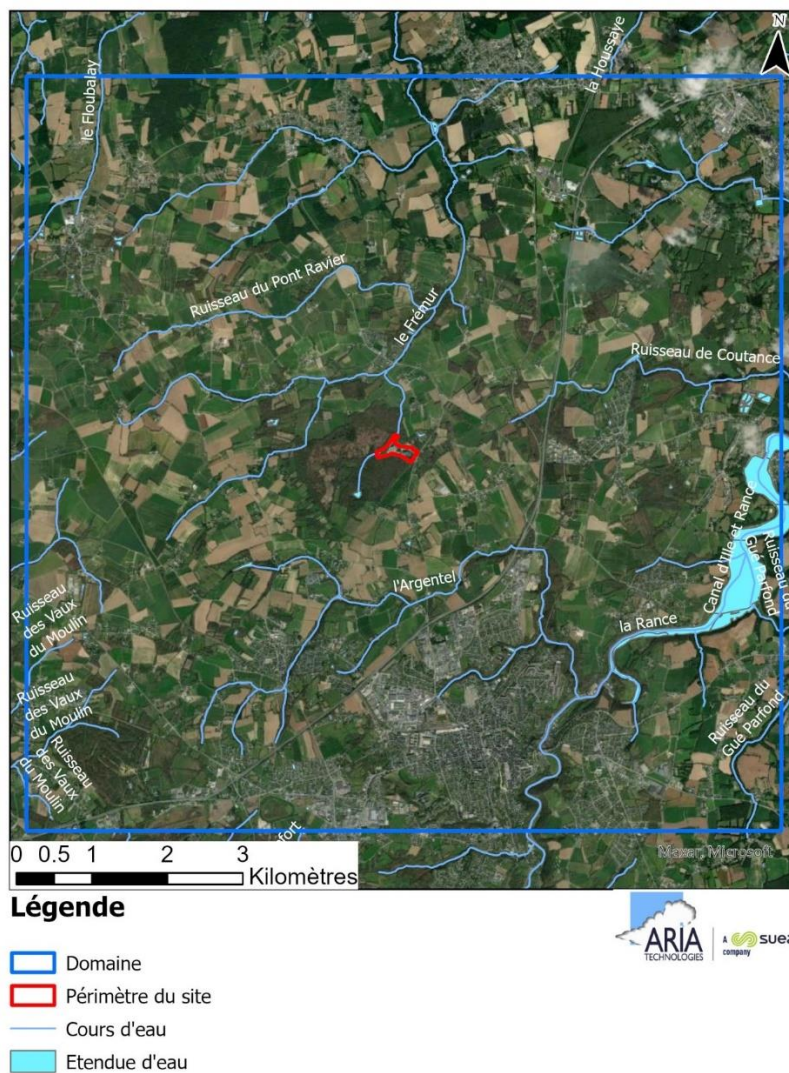
\* Données du recensement agricole de 2000 faute d'information pour 2010

D'après ces données, l'activité agricole sur les communes voisines du site est principalement tournée vers la polyculture et l'élevage.

### 3.3.3 Réseau hydrographique

De nombreux cours d'eau se trouvent dans le domaine d'étude, dont certains à proximité du site comme le montre la Figure 6.

Figure 6 : réseau hydrographique (BD TOPO® Hydrographie, IGN)





### 3.3.4 Recensement des points d'eau

La Figure 7 localise les captages d'Alimentation en Eau Potable (AEP) situés dans le domaine d'étude. Ces données sont issues de la banque de données BSS Eaux (<http://www.ades.eaufrance.fr/>). Trois captages AEP actifs sont recensés dans le domaine d'étude.

Figure 7 : localisation des captages AEP



#### Légende

- Captages d'eau actifs
- Site
- Domaine
- Communes



### 3.3.5 Activités de loisirs

#### 3.2.5.1 Activité de pêche

Il n'y a pas de parcours de pêche dans le domaine d'étude (Figure 8).

Figure 8 : Cours d'eau dans la zone d'étude (source : <https://www.ehgo.fr>)



#### 3.2.5.2 Activité de baignade

Il n'y a aucune zone de baignade autorisée et surveillée sur la zone d'étude (Ministère de la Santé).



## 4. SCHEMA CONCEPTUEL D'EXPOSITION

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

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

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

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

En ce qui concerne la voie cutanée, elle ne sera pas conservée. Elle peut être en effet considérée comme négligeable par rapport à l'inhalation et l'ingestion.

L'exposition par ingestion peut être :

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

L'ingestion directe et indirecte de sol sera prise en compte dans cette étude.

Quelques élevages ont été recensés sur la zone d'étude. De plus, l'existence de jardins potagers privés et d'élevage de volailles par des particuliers ne peut être écartée. C'est pourquoi la voie digestive sera conservée pour les substances pouvant s'accumuler dans la chaîne alimentaire, à savoir les métaux lourds et les dioxines/furanes.

Ainsi, au regard des données locales relatives à la caractérisation des milieux (cf. paragraphe 3.3) :

- l'existence de jardins potagers privés ne peut être exclue autour du site :
  - ⇒ l'exposition par ingestion directe de fruits et légumes est possible et sera donc prise en compte dans cette étude.
- quelques élevages (professionnels) ont été recensés sur la zone d'étude. De plus, l'élevage de volailles en plein air par des particuliers ne peut être écarté :
  - ⇒ l'exposition indirecte par ingestion de la viande et du lait de bovins potentiellement élevés dans la zone d'étude et en contact avec le sol et les végétaux est conservée même si négligeable (cette voie d'exposition est en effet majorante car ce type d'élevage n'est pas recensé à proximité du site) ;

- ⇒ l'exposition indirecte par ingestion de viande de volailles et d'œufs en contact avec le sol et les végétaux est possible et sera donc prise en compte dans cette étude.

Comme exposé précédemment (cf. paragraphe 2.1), les rejets aqueux sont évacués via le réseau d'assainissement de Dinan Agglomération. Aucune zone de baignade ou de pêche n'est recensée autour du site. La voie d'exposition des populations par ingestion de poissons ou par ingestion d'eau lors de la baignade ou par contact cutané est donc écartée.

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

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

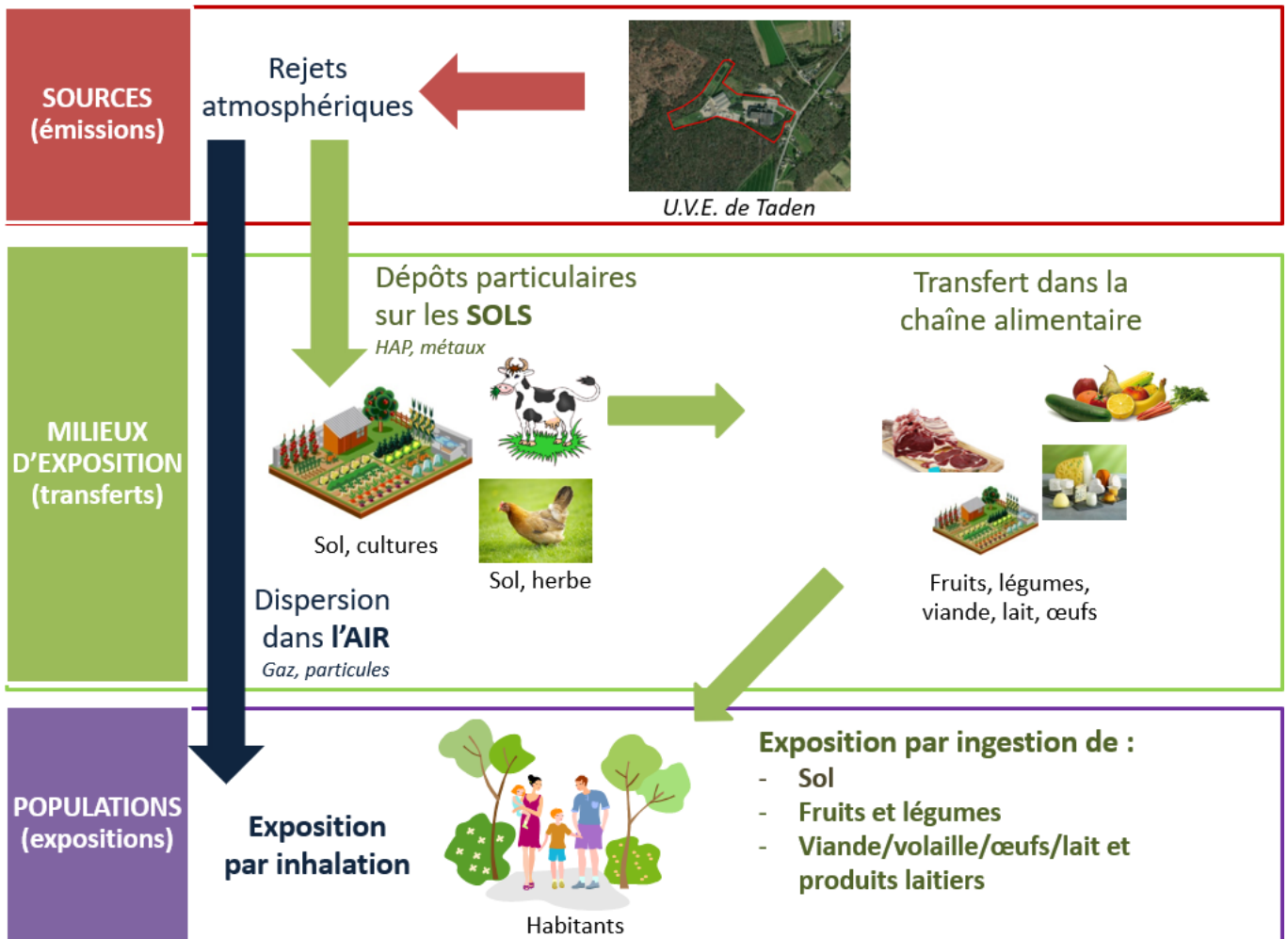
- l'inhalation de particules de sol remises en suspension dans l'air ;
- l'absorption cutanée des gaz et particules en suspension dans l'air ;
- l'ingestion d'animaux terrestres chassés dans la zone d'influence des rejets atmosphériques de l'installation.

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

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

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

Figure 9 : schéma conceptuel d'exposition autour du site UVE de Taden



## 5. CHOIX DES TRACEURS DE RISQUE

### 5.1 SUBSTANCES EMISES PAR LE SITE

Le recensement des sources d'émission et des substances émises (cf. paragraphe 2.2.1) a permis de quantifier les émissions dans l'air pour les substances présentées dans le Tableau 15. Les oxydes d'azote sont assimilés au dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), substance présentant le plus d'intérêt du point de vue toxicologique.

*Tableau 15 : composés émis dans l'air par les cheminées du site*

	Nom	N°CAS	Formule chimique
Milieu Air	Oxydes d'azote (NO <sub>x</sub> éq. NO <sub>2</sub> )	10102-44-0	NO <sub>x</sub>
	Poussières (PM10 et PM2.5)	-	-
	Monoxyde de carbone	630-08-0	CO
	Dioxyde de soufre	05/09/7446	SO <sub>2</sub>
	Acide fluorhydrique	7664-39-3	HF
	Ammoniac	7664-41-7	NH <sub>3</sub>
	Acide chlorhydrique	7647-01-0	HCl
	Antimoine	7440-36-0	Sb
	Arsenic	7440-38-2	As
	Cadmium	7440-43-9	Cd
	Thallium	7440-28-0	Tl
	Chrome III	7440-47-3	Cr III
	Chrome VI	7440-47-3	Cr VI
	Cobalt	7440-48-4	Co
	Cuivre	7440-50-8	Cu
	Manganèse	7439-96-5	Mn
	Mercuré	7439-97-6	Hg
	Méthylmercure	22967-92-6	CH <sub>3</sub> Hg <sup>+</sup>
	Nickel	7440-02-0	Ni
	Plomb	7439-92-1	Pb
Vanadium	7440-62-2	V	
COV	-	-	
Dioxines/Furanes	1746-01-6	PCDD/F	

### 5.2 IDENTIFICATION DES DANGERS

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

Les substances chimiques sont susceptibles de provoquer des effets aigus liés à des expositions courtes à des doses généralement élevées, et des effets subchroniques et chroniques susceptibles d'apparaître

suite à une exposition prolongée à des doses plus faibles. **Dans le cadre de la présente évaluation de risques sanitaires, seule l'exposition chronique sera étudiée.**

A partir de données trouvées dans la littérature, le Tableau 17 présente, pour l'ensemble des composés inventoriés, les voies d'exposition principales, les dangers possibles, ainsi que la classification du caractère cancérigène pour l'OMS/CIRC, l'EPA et l'Union Européenne. Le Tableau 16 rappelle la définition des différentes classifications.

Les oxydes d'azote sont assimilés au dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), substance présentant le plus d'intérêt du point de vue toxicologique.

*Tableau 16 : classifications CIRC, US-EPA et Union Européenne pour les effets cancérigènes*

CIRC - OMS	US EPA	Union Européenne
1 : cancérigènes pour l'homme	A : cancérigènes pour l'homme (preuves suffisantes chez l'homme)	1A (ex-1) Substances dont le potentiel cancérigène pour l'être humain est avéré.
2A : cancérigènes probables pour l'homme (preuves limitées chez l'homme, suffisantes chez l'animal)	B1 : cancérigènes probable pour l'homme (preuves limitées chez l'homme)	1B (ex-2) : Substances dont le potentiel cancérigène pour l'être humain est supposé (données animales).
	B2 : cancérigènes probable pour l'homme (preuves non adéquates chez l'homme, suffisantes chez l'animal)	
2B : cancérigènes possibles pour l'homme (preuves insuffisantes chez l'homme, suffisantes ou limitées chez l'animal)	C : cancérigènes possibles pour l'homme (preuves non adéquates chez l'homme et limitées chez l'animal)	
3 : non classable pour sa cancérigénicité pour l'homme	D : non classable pour sa cancérigénicité pour l'homme (preuves insuffisantes chez l'homme et chez l'animal)	2 (ex-3) : Substances suspectées d'être cancérigènes pour l'homme
	E : absence connue d'effets cancérigènes chez l'homme et chez l'animal	

*Tableau 17 : identification des dangers par substance dans l'air*

Nom	N°CAS	Effets/Organes cibles	Voies d'exposition principales	Cancérogénicité		
				CIRC	EPA	UE
Dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> )	10102-44-0	Système respiratoire	Inhalation	-	-	-
Poussières	nd	Système respiratoire	Inhalation	-	-	-
Monoxyde de carbone (CO)	630-08-0	Système respiratoire	Inhalation	-	-	-
Dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> )	7446-09-5	Système respiratoire	Inhalation	-	-	-
Fluorure d'hydrogène (HF)	7664-39-3	Système squeletique	Inhalation	-	-	-
Ammoniac	7664-41-7	Système respiratoire	Inhalation	-	-	-
Acide chlorhydrique (HCl)	7647-01-0	Système respiratoire	Inhalation	3	-	-
Dioxines/Furanes	1746-01-6	Système reproducteur	Ingestion	1	-	-
<b>Métaux</b>						
Antimoine (Sb)	7440-36-0	Poumon, développement	Inhalation, Ingestion	2B ou 3*	-	3*
Arsenic (As)	7440-38-2	Développement, Système nerveux, Poumons, peau	Inhalation, Ingestion	1	A	1*
Cadmium (Cd)	7440-43-9	Rein, Poumons	Inhalation, Ingestion	1	B1	1B
Thallium (Tl)	7440-28-0	-	-	-	-	-
Chrome III (Cr III)	7440-47-3	rein	Inhalation, Ingestion	3	D	-
Chrome VI (Cr VI)	7440-47-3	système respiratoire, estomac	Inhalation, Ingestion	1	A (inh.)	1
					D (ing.)	
Cobalt (Co)	7440-48-4	systèmes respiratoire, cardiaque	Inhalation, Ingestion	2B	-	2
Cuivre (Cu)	7440-50-8	Poumons, développement	Inhalation, Ingestion	3	D	-
Manganèse (Mn)	7439-96-5	système nerveux	Inhalation, Ingestion	-	D	-
Mercuré (Hg)	7439-97-6	système nerveux	Inhalation, Ingestion	3	-	-
Méthylmercure	22967-92-6		Ingestion	2B	C	-
Nickel (Ni)	7440-02-0	système respiratoire, développement	Inhalation, Ingestion	2B	Ni <sub>3</sub> S <sub>2</sub> : A	2
Plomb (Pb)	7439-92-1	Système hématologique, système nerveux	Inhalation, Ingestion	2B	B2	-
Vanadium (V)	7440-62-2	système respiratoire, Développement	Inhalation, Ingestion	2B	-	-

## 5.3 ETUDE DES RELATIONS DOSE-REPONSE

### 5.3.1.1 Définitions

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

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

- **les toxiques à effets à seuil** pour lesquels il existe des valeurs toxicologiques de référence en dessous desquelles l'exposition est réputée sans risque et dont la gravité des effets est proportionnelle à la dose.
- **les toxiques à effets sans seuil** tels que les cancérigènes génotoxiques pour lesquels il n'est pas possible de définir un niveau d'exposition sans risque pour la population. Pour ces produits, des excès unitaires de risque (ERU) ont été définis. Ils correspondent à la probabilité supplémentaire de survenue de cancer dans une population exposée à  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (durant toute sa vie<sup>9</sup> et 24h/24) par rapport à la probabilité de cancer dans une population non exposée. Un ERU à  $10^{-5}$  signifie qu'une personne exposée durant toute sa vie à  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  aurait une probabilité supplémentaire par rapport au risque de base de 0,00001 de contracter un cancer ou bien, en d'autres termes, que si 100 000 personnes sont exposées, 1 cas de cancer supplémentaire est susceptible d'apparaître. Il n'existe pas de valeur seuil sans risque pour les composés à effets sans seuil.

### 5.3.2 Critères de choix des Valeurs Toxicologiques de Référence

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

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

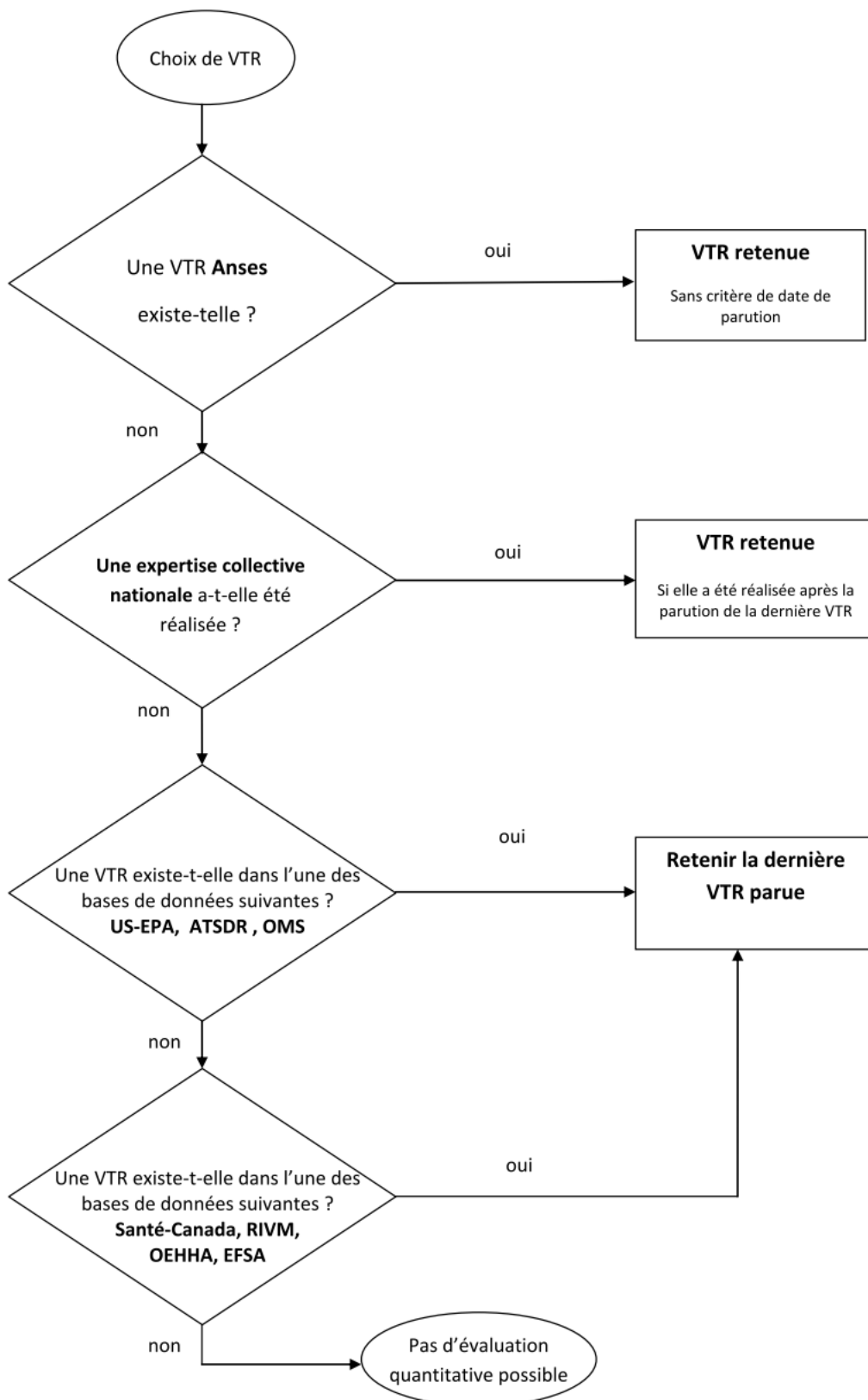
Dans l'objectif de simplifier les modalités de **sélection des VTR** et par la même la vérification des dossiers par les services de l'Etat, la **Direction Générale de la Santé** a demandé, par une note d'information (DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014), de sélectionner la VTR en suivant le logigramme de la Figure 10 lorsqu'il existe plusieurs VTR pour une voie et une durée d'exposition.

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

---

<sup>9</sup> conventionnellement prise égale à 70 ans

Figure 10 : logigramme pour le choix des VTR (DGS)





### 5.3.3 Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence

Le Tableau 18 présente pour chaque substance émise la disponibilité des Valeurs Toxicologiques de Référence dans la littérature consultée.

Pour les substances gazeuses, seule la voie par inhalation est étudiée. Les VTR par ingestion ne sont donc pas recherchées pour ces substances.

*Tableau 18 : disponibilité des Valeurs Toxicologiques de Référence (exposition chronique)*

Nom	N°CAS	VTR à seuil		VTR sans seuil	
		Voie respiratoire	Voie digestive	Voie respiratoire	Voie digestive
Dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> )	10102-44-0				
Poussières	-				
Monoxyde de carbone (CO)	630-08-0				
Dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> )	7446-09-5				
Fluorure d'hydrogène (HF)	7664-39-3	x			
Ammoniac	7664-41-7	x			
Acide chlorhydrique (HCl)	7647-01-0	x			
Antimoine (Sb)	7440-36-0	x	x		
Arsenic (As)	7440-38-2	x	x	x	x
Cadmium (Cd)	7440-43-9	x	x	x	
Thallium (Tl)	7440-28-0				
Chrome III (Cr III)	7440-47-3	x	x		
Chrome VI (Cr VI)	7440-47-3	x	x	x	x
Cobalt (Co)	7440-48-4	x	x		
Cuivre (Cu)	7440-50-8	x	x		
Manganèse (Mn)	7439-96-5	x	x		
Mercure (Hg)	7439-97-6	x	x		
Méthylmercure	22967-92-6		x		
Nickel (Ni)	7440-02-0	x	x	x	
Plomb (Pb)	7439-92-1	x	x	x	x
Vanadium (V)	7440-62-2	x			
COV	-				
Dioxines et furanes	1746-01-6	x	x		

*Cases grisées : VTR par ingestion non recherchée car substance gazeuse (risque par voie respiratoire uniquement)*

**Monoxyde de carbone (CO)** : la littérature ne fournit pas de VTR ni de valeur guide pour une exposition chronique. Cette substance ne sera donc pas retenue dans le cadre de l'ERS.

**NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, poussières (PM<sub>10</sub>)** : la littérature ne fournit pas de VTR pour ces substances, il n'existe que des valeurs guides de l'OMS. Comme le rappelle la note d'information de la DGS (octobre 2014), l'évaluateur doit s'abstenir d'utiliser des valeurs guides de qualité des milieux. Seules les concentrations dans l'air sont comparées aux valeurs recommandées par l'Organisation Mondiale de la Santé. Le Tableau 19 présente les valeurs guides retenues pour les poussières, les NOx et le SO<sub>2</sub> en l'absence de VTR.

**PM<sub>2.5</sub>** : il existe une valeur recommandée par l'Organisation Mondiale de la Santé (cf. Tableau 15) et une VTR a également été publiée par l'ANSES en janvier 2023. Les PM<sub>2.5</sub> feront l'objet d'un paragraphe particulier.

**COV** : En l'absence de spéciation sur les COVs, et conformément au guide de l'ASTEE sur l'évaluation des risques sanitaires des UIOM, les COVs ne seront pas retenus dans cette étude.

**Dioxines et furanes** : L'ensemble de la communauté scientifique admet que le mécanisme d'action cancérigène des dioxines est non génotoxique. Seule l'approche « à seuil » est retenue dans cette étude, conformément aux recommandations. Ainsi, bien que le mode d'action cancérogène des dioxines ne soit pas clairement établi, en l'absence d'effets génotoxiques, l'INERIS propose de ne pas retenir les valeurs établies pour des effets sans seuil. Les dioxines/furanes seront retenues dans le cadre de l'ERS.

**Cas du chrome** : Le chrome total est composé du chrome +VI et du chrome +III. En l'absence de spéciation sur le chrome, il a été considéré :

- Pour l'exposition par inhalation : le chrome total a été assimilé à du chrome VI, sa forme la plus toxique. Ceci est une hypothèse très majorante.
- Pour l'exposition par ingestion : dans les sols, le chrome se trouve essentiellement sous la forme +III et peu sous la forme +VI<sup>10</sup>. C'est pourquoi le chrome total a été assimilé à du chrome III pour le calcul des risques par ingestion.
- Ce choix de spéciation fait l'objet d'un paragraphe particulier au niveau du paragraphe 8.3.2.2.

A partir des VTR disponibles dans la littérature consultée, les Tableau 20 et Tableau 21 résument les VTR retenues pour cette étude.

---

<sup>10</sup> « Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques pour le chrome et ses dérivés », INERIS, 16/02/2005.

*Tableau 19 : valeurs guides*

Composé	Voie d'exposition	Valeurs guides (moyenne annuelle)	Source et Date	Organe cible / Effets critiques	Type d'étude
NO <sub>2</sub>	Inhalation	10 µg/m <sup>3</sup>	OMS 2021	Système respiratoire	Homme
PM <sub>10</sub>	Inhalation	15 µg/m <sup>3</sup>	OMS 2021	Système respiratoire	Homme
PM <sub>2.5</sub>	Inhalation	5 µg/m <sup>3</sup>	OMS 2021	Système respiratoire	Homme
SO <sub>2</sub>	Inhalation	40 µg/m <sup>3</sup> (moyenne sur 24h)	OMS 2021	Système respiratoire	Homme

*Tableau 20 : valeurs toxicologiques de référence retenues pour les effets chroniques à seuil*

Substance	Voie d'exposition	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	VTR	µg/m <sup>3</sup> ou mg/kg/j	Référence	Année	Justification du choix
<b>HCl</b>	Inhalation	Système respiratoire	Hyperplasie de la muqueuse nasale	9	µg/m <sup>3</sup>	OEHHA	2000	VTR la plus récente
<b>HF</b>	Inhalation	Os	Fluorose osseuse mise en évidence par une augmentation de la densité osseuse	14	µg/m <sup>3</sup>	OEHHA	2003	VTR retenue par l'INERIS (2011)
<b>NH<sub>3</sub></b>	Inhalation	Système respiratoire	Diminution de la fonction pulmonaire et augmentation des symptômes respiratoires	500	µg/m <sup>3</sup>	ANSES	2018	VTR construite par l'ANSES
<b>Mercur</b>	Inhalation	Système nerveux	Effets neurologiques : troubles de la mémoire, un manque d'autonomie ainsi que des tremblements de la main	0.03	µg/m <sup>3</sup>	OEHHA	2008	VTR retenue par l'INERIS (2014)
	Ingestion	Système rénal	-	0.00057	mg/kg/j	EFSA	2012	VTR retenue par l'ANSES (2016)
<b>Méthylmercure</b>	Ingestion	Système nerveux	-	0.00019	mg/kg/j	EFSA	2012	VTR retenue par l'ANSES
<b>Cadmium (Cd)</b>	Inhalation (Effets non cancérogènes)	Reins	Augmentation de 5% atteinte tubulaire dans la population générale	0.45	µg/m <sup>3</sup>	ANSES	2012	VTR construite par l'ANSES

Substance	Voie d'exposition	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	VTR	µg/m <sup>3</sup> ou mg/kg/j	Référence	Année	Justification du choix
<b>Cadmium (Cd)</b>	Inhalation (Effets cancérigènes)	Système respiratoire	Incidence combinée des tumeurs pulmonaires	0.3	µg/m <sup>3</sup>	ANSES	2012	VTR construite par l'ANSES
	Ingestion	Os	Risque d'ostéoporose ou de fractures osseuses	0.00035	mg/kg/j	ANSES	2019	Valeur ANSES
<b>Antimoine (Sb)</b>	Inhalation	Système respiratoire	-	0.3	µg/m <sup>3</sup>	ATSDR	2019	Seule VTR disponible
	Ingestion	-	-	0.006	mg/kg/j	OMS	2003	VTR retenue par l'ANSES
<b>Arsenic (As)</b>	Inhalation	Développement, système nerveux, peau	Diminution des fonctions intellectuelles	0.015	µg/m <sup>3</sup>	OEHHA	2008	Choix INERIS (2010)
	Ingestion	Peau	Lésions cutanées	0.00045	mg/kg/j	fobig	2009	Choix INERIS 2010
<b>Plomb (Pb)</b>	Inhalation	Système hématologique, système nerveux	-	0.9	µg/m <sup>3</sup>	ANSES	2013	Valeur ANSES
	Ingestion	Systèmes nerveux et rénal	-	0.00063	mg/kg/j	ANSES	2013	Choix ANSES 2013
<b>Chrome (Cr)</b>	Inhalation (Cr III)	Système respiratoire	Inflammation chronique des poumons	2	µg/m <sup>3</sup>	ATSDR	2012	Choix INERIS 2017
	Ingestion (Cr III)	-	Pas d'effets observés	0.3	mg/kg/j	EFSA	2014	VTR retenue par l'ANSES
	Inhalation (Cr VI)	Système respiratoire	Modification de la lactate déshydrogénase dans le liquide de lavage broncho-alvéolaire	0.03	µg/m <sup>3</sup>	OMS	2013	Choix INERIS 2017
<b>Cobalt (Co)</b>	Inhalation	Système respiratoire	Diminution de la fonction respiratoire	0.1	µg/m <sup>3</sup>	OMS	2006	VTR la plus récente
	Ingestion	Système respiratoire, système cardiaque, système hépatique	Râles respiratoires, un œdème pulmonaire, des troubles gastro-intestinaux, cardiomyopathie	0.0015	mg/kg/j	Afssa	2010	VTR retenue par l'ANSES
<b>Cuivre (Cu)</b>	Inhalation	Système respiratoire, système intestinal	Irritation des voies aériennes supérieures et troubles gastrointestinaux	1	µg/m <sup>3</sup>	RIVM	2001	Seule VTR disponible

Substance	Voie d'exposition	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	VTR	µg/m <sup>3</sup> ou mg/kg/j	Référence	Année	Justification du choix
	Ingestion	Système hépatique, système intestinal	Hépatotoxiques et effets gastrointestinaux	0.15	mg/kg/j	EFSA	2018	Choix INERIS 2019
<b>Manganèse (Mn)</b>	Inhalation	Système nerveux	Coordination œil-main anormale	0.3	µg/m <sup>3</sup>	ATSDR	2012	VTR retenue par l'ANSES (2015)
	Ingestion	Système nerveux	Effets neuro-développementaux chez le nourrisson	0.055	mg/kg/j	INSPQ	2017	VTR retenue par l'ANSES (2019)
<b>Nickel (Ni)</b>	Inhalation	Système respiratoire	Atteinte des épithéliums	0.23	µg/m <sup>3</sup>	TCEQ	2011	VTR retenue ANSES
	Ingestion	Développement	Perte de poids	0.0028	mg/kg/j	EFSA	2015	Choix ANSES et INERIS (2018)
<b>Vanadium (V)</b>	Inhalation	Développement	-	1	µg/m <sup>3</sup>	RIVM	2009	VTR retenue par l'INERIS (2011)
<b>Dioxines et furanes</b>	Inhalation	Système hépatique, système respiratoire	Effets hépatiques et pulmonaires	4E-5	µg/m <sup>3</sup>	OEHHA	2000	Choix INERIS 2015
	Ingestion	Système reproducteur	-	2.86E-10	mg/kg/j	EFSA	2018	Choix INERIS 2019

*Tableau 21 : valeurs toxicologiques de référence retenues pour les effets chroniques sans seuil*

Substance	Voie d'exposition	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	VTR	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ ou $\text{mg}/\text{kg}/\text{j}$	Référence	Année	Justification du choix
<b>Plomb</b>	Inhalation	Poumons	Cancer	0.000012	$(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	OEHHA	2011	Choix INERIS 2013
	Ingestion	Reins	Cancer	0.0085	$(\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$	OEHHA	2011	Choix INERIS 2013
<b>Nickel</b>	Inhalation	Poumons	Cancer	0.00017	$(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	TCEQ	2011	VTR retenue par l'ANSES
<b>Arsenic</b>	Inhalation	Poumons	Cancer	0.00015	$(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	TCEQ	2012	VTR retenue par l'ANSES
	Ingestion	Peau	Cancer	1.5	$(\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$	EPA	1998	Choix INERIS 2010
<b>Chrome</b>	Inhalation (Cr VI)	Poumons	Augmentation du risque de cancer pulmonaire	0.04	$(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	OMS-IPCS	2013	VTR retenue par l'ANSES
<b>PM<sub>2.5</sub>*</b>	Inhalation	-	-	0.0128	$(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	ANSES	2023	Choix ANSES 2023

\*Les PM<sub>2.5</sub> feront l'objet d'un paragraphe particulier.

## 5.4 CHOIX DES TRACEURS DE RISQUE

Conformément à la démarche décrite dans le guide INERIS 2021, les traceurs de risque sont choisis sur les émissions estimées pour le scénario moyen (cf. Tableau 6 : émissions des rejets canalisés – scénario moyen), des toxicités des substances émises, des concentrations dans l’environnement, des classements des ratios des émissions divisées par les VTR pour les effets à seuil.

Les critères de choix suivants sont définis :

- toutes les substances présentant des risques cancérigènes sont retenues ;
- application de la méthode des scores (démarche classiquement utilisée notamment par l’INERIS) aux émissions du site. Le ratio « flux à l’émission divisé par la VTR » est calculé, et :
  - toutes les substances pour lesquelles le ratio est supérieur à 10% du ratio le plus élevé sont retenues ;
  - les substances pour lesquelles les ratios sont inférieurs à 1% du ratio le plus élevé sont écartées.

Le classement des traceurs de risque suivant le ratio flux/VTR est présenté dans le Tableau 22 ainsi que le choix (retenu/non retenu) effectué. Pour chaque voie (ingestion ou inhalation) apparaisse :

- sur fond rouge : les scores supérieurs à 10% du score maximal ;
- sur fond jaune : les scores compris entre 1% et 10% du score maximal ;
- sur fond vert : les scores inférieurs à 1% du score maximal.

*Tableau 22 : classement des traceurs de risque suivant le ratio flux/VTR*

Substances	Substance cancérigène	Emissions en kg/an	VTR à seuil		Score Emissions/VTR à seuil		Retenu	
			Inhalation	Ingestion	Inhalation	Ingestion		
Acide chlorhydrique		9.2E+02	9.0E+00		1.0E+02		Oui ⇒	score > 10% du score max par inhalation
Monoxyde de carbone		2.7E+03	-				Non ⇒	pas de VTR disponible
Acide fluorhydrique		1.5E+01	1.4E+01		1.1E+00		Non ⇒	score <1 % du score max par inhalation
Ammoniac		4.3E+02	5.0E+02		8.6E-01		Non ⇒	score <1 % du score max par inhalation
Mercur		1.6E+01	3.0E-02	5.7E-04	5.3E+02	2.8E+04	Oui ⇒	score > 10% du score max
Méthylmercure	OUI	1.6E+01	-	1.9E-04		8.3E+04	Oui ⇒	cancérigène
Cadmium	OUI	1.6E-01	3.0E-01	3.5E-04	5.2E-01	4.5E+02	Oui ⇒	cancérigène
Thallium		0.0E+00	-	-			Non ⇒	Pas de VTR disponible
Antimoine	OUI	4.2E-03	3.0E-01	6.0E-03	1.4E-02	6.9E-01	Oui ⇒	cancérigène
Arsenic	OUI	9.1E-03	1.5E-02	4.5E-04	6.1E-01	2.0E+01	Oui ⇒	cancérigène
Plomb	OUI	1.5E+00	9.0E-01	6.3E-04	1.7E+00	2.4E+03	Oui ⇒	cancérigène
Chrome III		3.1E-01	2.0E+00	3.0E-01	1.6E-01	1.0E+00	Non ⇒	score <1 % du score max par inhalation
Chrome VI	OUI	3.1E-01	3.0E-02	-	1.0E+01		Oui ⇒	cancérigène
Cuivre		6.2E+00	1.0E+00	1.5E-01	6.2E+00	4.1E+01	Oui ⇒	score entre 1 et 10% du score max par inhalation
Manganèse		1.8E+01	3.0E-01	5.5E-02	5.9E+01	3.2E+02	Oui ⇒	score > 10% du score max par inhalation
Nickel	OUI	2.0E+00	2.3E-01	2.8E-03	8.6E+00	7.1E+02	Oui ⇒	cancérigène
Vanadium	OUI	4.2E-03	1.0E+00	-	4.2E-03		Oui ⇒	cancérigène
Dioxines/furanes	OUI	6.4E-06	4.0E-05	2.9E-10	1.6E-01	2.2E+04	Oui ⇒	cancérigène

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

A noter que le B(a)P n’apparaît pas dans ce tableau, les mesures à l’émission montrent l’absence de cette substance.

Les substances retenues comme traceurs de risques sont les suivantes :

- Acide chlorhydrique,
- Mercure,
- Méthyl mercure,
- Cadmium,
- Antimoine,
- Arsenic,
- Plomb,
- Nickel,
- Vanadium,
- Chrome,
- Cuivre,
- Manganèse,
- Dioxines/furanes.

Le **dioxyde de soufre**, les **NOx** et les **poussières (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>)** sont également retenus car ce sont des traceurs traditionnels des UIOM. Cependant, ils ne feront pas l'objet de calculs des risques car les valeurs guides (OMS) utilisées pour évaluer l'impact sur la santé sont des valeurs de gestion et non des valeurs toxicologiques. Les concentrations modélisées seront simplement comparées à ces valeurs guides.

A noter que les **PM<sub>2.5</sub>** feront l'objet d'un paragraphe particulier suite à la publication d'une VTR sans seuil par l'ANSES en janvier 2023.



## 6. ETUDE DE LA DISPERSION ATMOSPHERIQUE

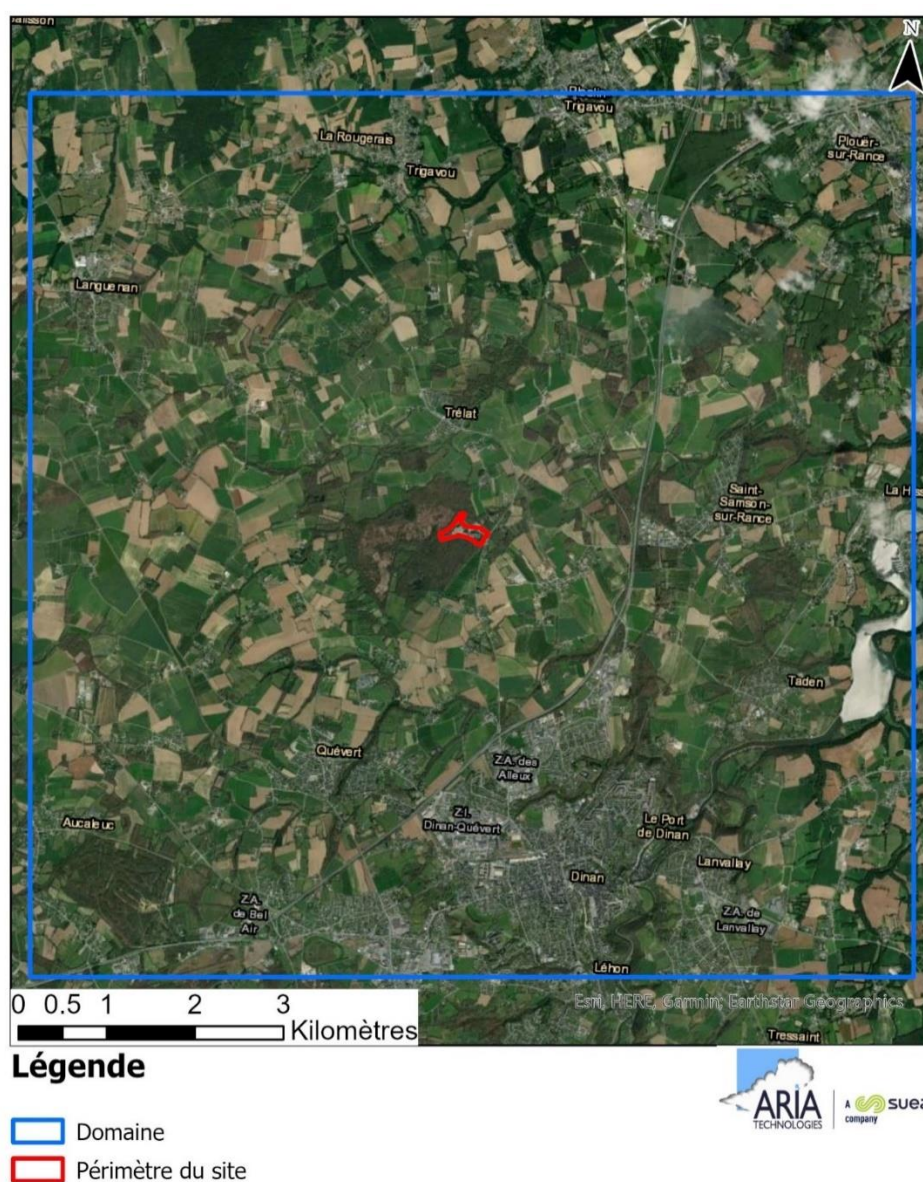
Afin d'estimer les concentrations et dépôts dans l'environnement **attribuables aux installations du site**, une étude de dispersion a été réalisée pour les traceurs de risques retenus (cf. paragraphe 5.4).

### 6.1 DONNEES D'ENTREE

#### 6.1.1 Domaine d'étude

Le domaine d'étude retenu est un carré de 10 km de côté centré sur le site.

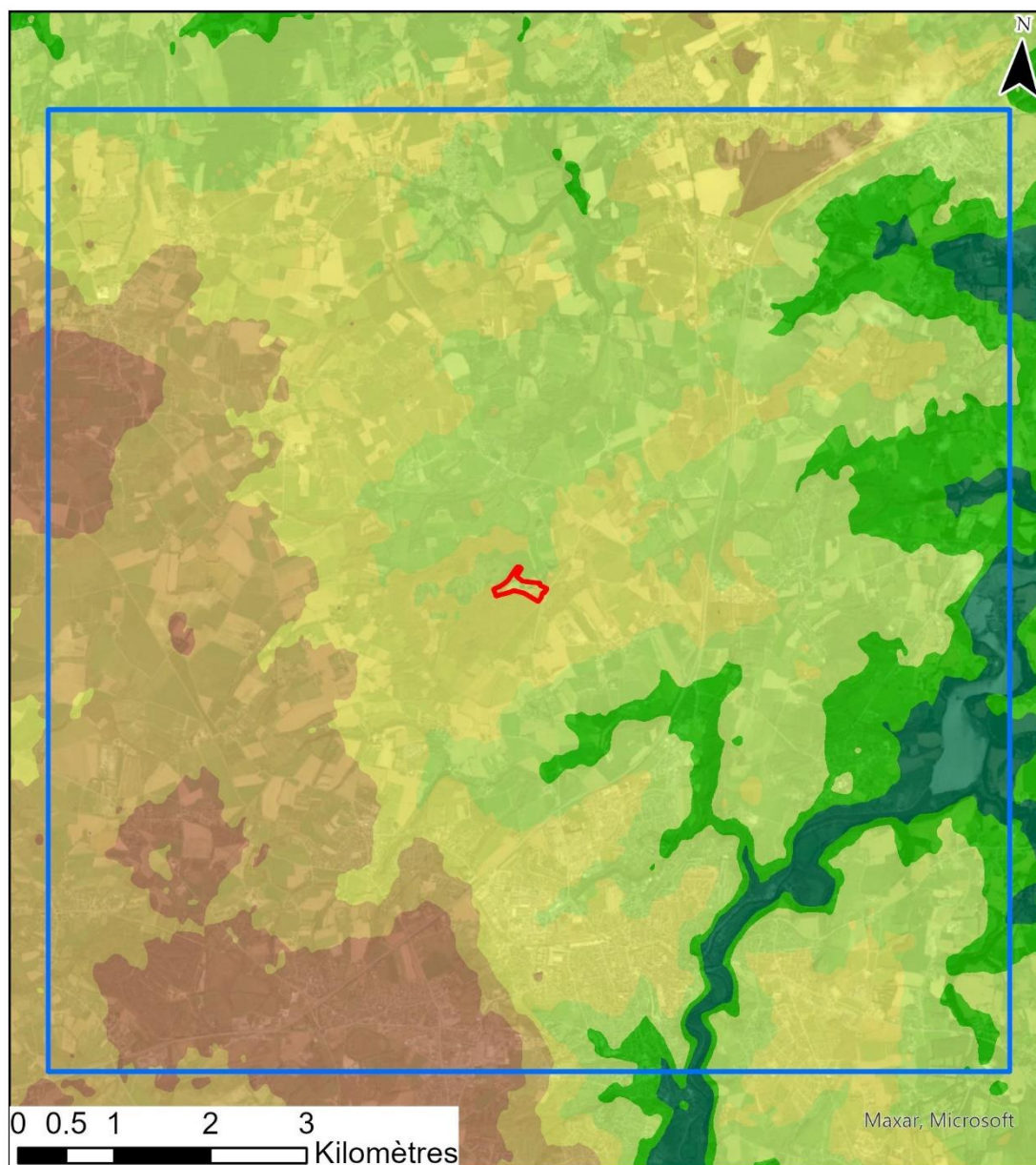
*Figure 11 : carte du domaine d'étude*



### 6.1.2 Topographie

La topographie est issue d'un Modèle Numérique de Terrain au pas de 75 mètres. La Figure 12 présente une vue 2D de la topographie sur le domaine d'étude. Le relief est compris entre -5 et 160 mètres NGF.

Figure 12 : topographie du domaine d'étude (source : IGN BD Alti®)



#### Légende

##### Altitude en mètres

	< 30
	30 - 50
	50 - 70
	70 - 90
	90 - 110
	> 110

	Périmètre du site
	Domaine



### 6.1.3 Météorologie

Les paramètres les plus importants pour les problèmes liés à la pollution atmosphérique sont : la direction du vent, la vitesse du vent, la température extérieure, la stabilité de l'atmosphère.

Ces paramètres sont variables dans le temps et dans l'espace. Ils résultent de la superposition de phénomènes atmosphériques à grande échelle (régime cyclonique ou anticyclonique) et de phénomènes locaux (influence de la rugosité, de l'occupation des sols et de la topographie). C'est pourquoi il est nécessaire de rechercher des chroniques météorologiques :

- suffisamment longues et complètes ;
- représentatives de la climatologie du site.

#### 6.1.3.1 Données météorologiques

Plusieurs paramètres rentrent en ligne de compte pour le choix de la station météorologique la plus représentative de la zone d'étude :

- **sa position géographique** : la station retenue doit être la plus proche possible de la zone d'étude et il ne doit pas exister d'obstacle majeur entre la station et la zone d'étude ;
- **la cadence d'acquisition des données météorologiques** : Météo France possède des stations où les relevés sont faits toutes les heures et d'autres tous les jours. Pour notre étude, nous avons besoin de données météorologiques suffisamment fines au niveau horaire pour avoir une bonne représentativité de la météorologie locale et pour prendre en compte les phénomènes météorologiques diurnes. Il est habituel d'utiliser des bases de données météorologiques comportant les paramètres vent, température et nébulosité toutes les heures ou toutes les 3 heures pendant une ou plusieurs années. Les stations « journalières » sont donc éliminées ;
- la pertinence des données météorologiques.

L'observatoire des pratiques de l'évaluation des risques sanitaires dans les études d'impact de la Direction Générale de la Santé<sup>11</sup> recommande d'utiliser au minimum trois années de données météorologiques en tri-horaire.

Selon les critères ci-dessus, les données météorologiques retenues pour la simulation de dispersion proviennent des simulations météorologiques mondiales de meteomatics<sup>12</sup>. Elles correspondent à une extraction des données au niveau du site pour les données de vent (vitesse, direction et couverture nuageuse), de température et de précipitations.

Les données météorologiques utilisées sont des mesures horaires (1 mesure toutes les heures) sur la période du 01/01/2020 au 31/12/2022.

---

<sup>11</sup> [http://www.sante.gouv.fr/htm/dossiers/etud\\_impact/sommaire.htm](http://www.sante.gouv.fr/htm/dossiers/etud_impact/sommaire.htm)

<sup>12</sup> [www.meteomatics.com](http://www.meteomatics.com)

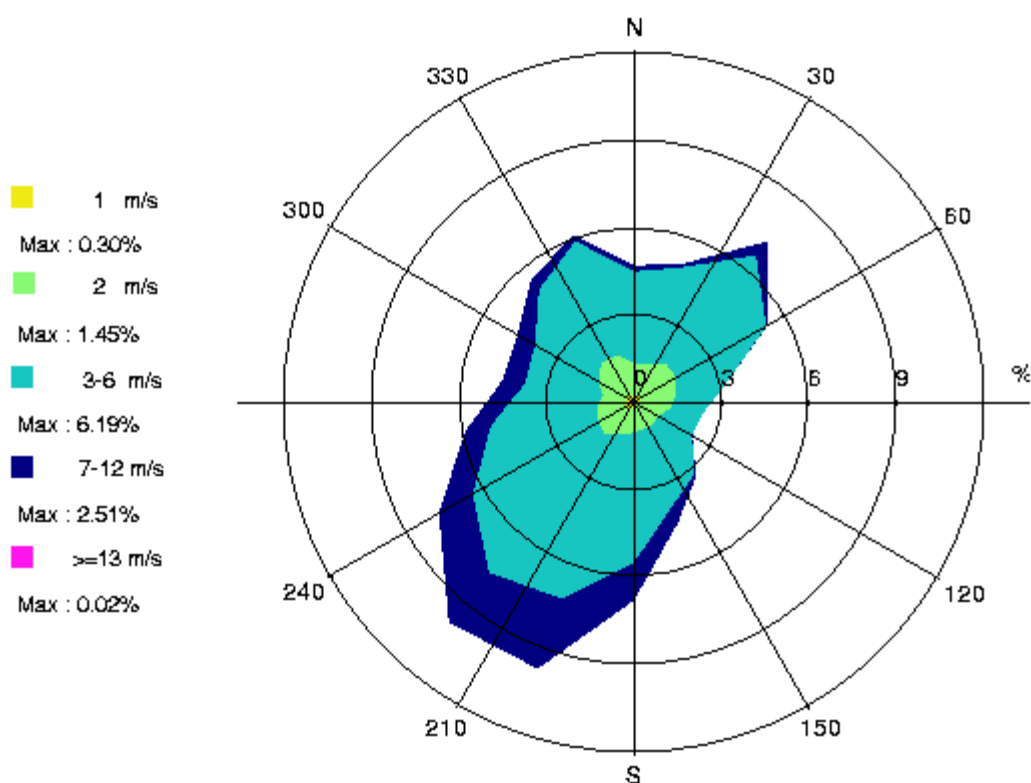
### 6.1.3.2 Analyse météorologique

#### 6.1.3.2.1 Roses des vents

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

La Figure 13 présente la rose des vents générale, par classes de vitesse, des stations météorologiques à proximité de Taden sur la période 01/01/2020 au 31/12/2022.

*Figure 13 : rose des vents générale par classes de vitesses – Station Taden*



*Tableau 23 : fréquence d'apparition de chaque classe de vitesse de vent*

Classe de vitesse (m/s)	calmes	1	2	3-6	7-12	>=13
<b>Borne de l'intervalle</b>	[0 ; 0,9[	[0,9 ; 1,5[	[1,5 ; 2,5[	[2,5 ; 6,5[	[6,5 ; 12,5[	[12,5 ; ∞[
<b>Fréquence (%)</b>	1.8%	4.0%	19.6%	62.3%	12.3%	0.1%



Sur la période retenue pour cette étude (du 01/01/2020 au 31/12/2022), les principaux résultats de cette analyse sont les suivants :

- la rose des vents montre une direction principale :
  - vents du sud-sud-ouest (28,5 % des occurrences du vent mesuré ont une direction comprise entre 180° et 240°<sup>13</sup>) ;
  - vents du nord-est (10,8 % des occurrences du vent mesuré ont une direction comprise entre 30° et 60°) ;
- sur l'ensemble des directions, les vents ont une vitesse moyenne de 4,0 m/s (14,4 km/h) ;
- les vents les plus fréquents sont les vents de vitesse comprise entre 3 m/s et 6 m/s soit respectivement 10,8 km/h et 21,6 km/h ;
- les vents faibles (de vitesse inférieure à 1,5 m/s) sont peu fréquents et représentent 5,8 % des estimations dont 1,8 % de vents calmes (vents inférieurs à 0,9 m/s soit 3,2 km/h) qui sont les plus pénalisants pour la dispersion des polluants ;
- les vents forts (de vitesse supérieure à 6,5 m/s soit 23,4 km/h) sont fréquents et représentent 12,4 % des observations.

### 6.1.3.3 Stabilité atmosphérique

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

Elle est déterminée à partir des données de nébulosité et de vent qui conduit à distinguer six catégories de stabilité de l'atmosphère :

- Classe A : Très instable
- Classe B : Instable
- Classe C : Légèrement instable
- Classe D : Neutre
- Classe E : Stable
- Classe F : Très stable

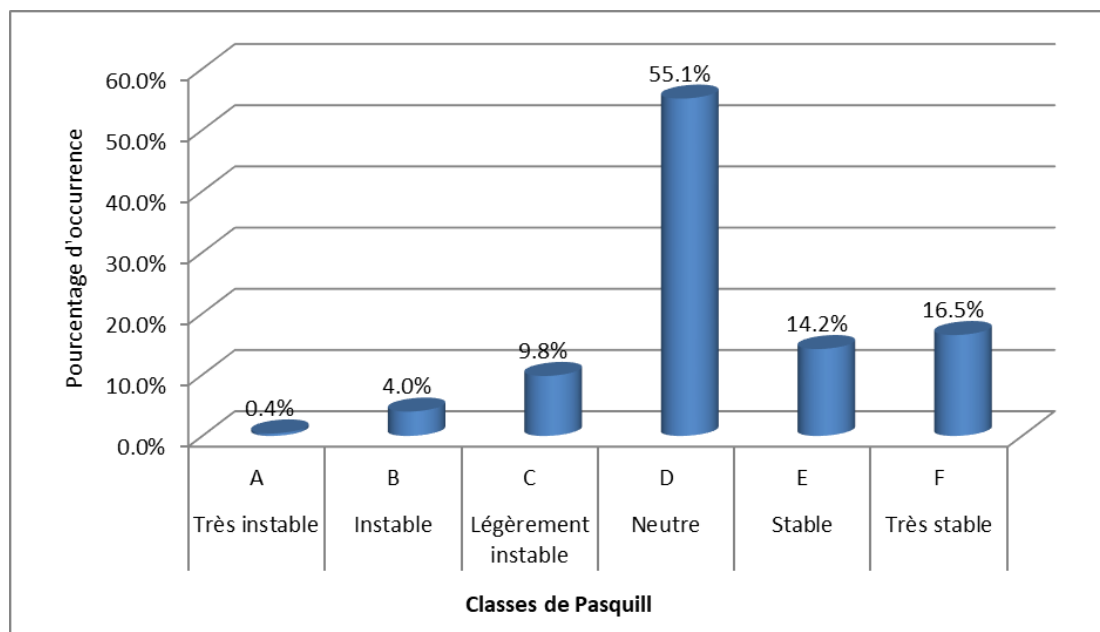
Plus l'atmosphère est stable (catégories E et F), plus les conditions de dispersion sont défavorables. Ces situations freinent le déplacement des masses d'air et se retrouvent principalement par vents faibles et la nuit.

Le diagramme de la Figure 14 présente la répartition des observations en fonction de la stabilité atmosphérique.

---

<sup>13</sup> Les directions du vent sont données en degrés par rapport au Nord et indiquent la direction d'où vient le vent (convention météorologique internationale). Un vent de 0° est donc un vent venant du Nord, un vent de 180° est un vent venant du Sud.

**Figure 14 : répartition des observations en fonction de la stabilité atmosphérique**



Les conditions de dispersion sont majoritairement favorables puisque plus de 69,3% des observations présentent une atmosphère neutre à très instable, les autres observations (30,7%) présentent une atmosphère stable ou très stable.

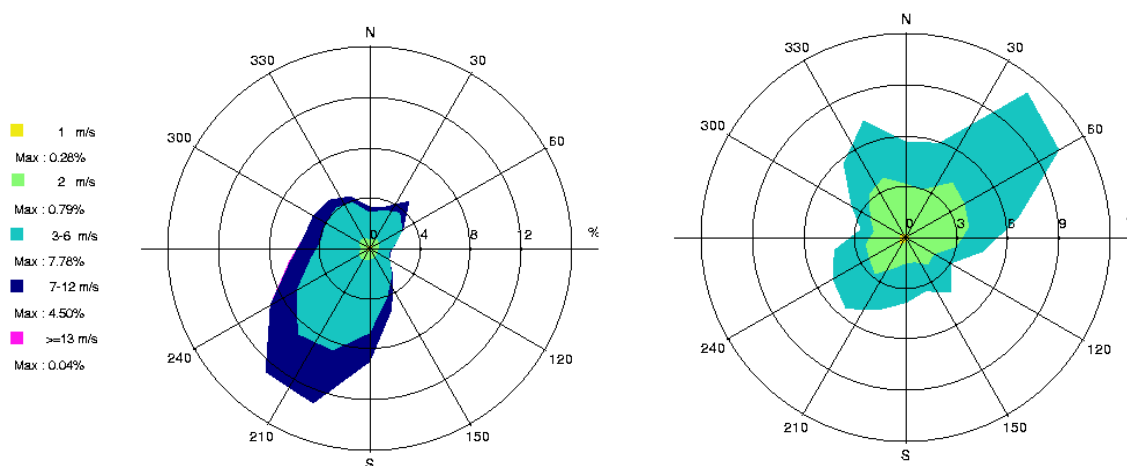
Les vents ont une vitesse d'environ 2,5 m/s (soit 9,0 km/h) en situation très stable - donc pénalisante pour la dispersion des émissions, tandis qu'en atmosphère neutre, la vitesse moyenne est de 4,7 m/s (soit 16,9 km/h).

Le vent vient majoritairement du sud-ouest en situation d'atmosphère neutre tandis qu'en situation stable, il vient principalement du secteur nord-est (cf. Figure 15).

**Figure 15 : roses des vents par classe de stabilité**

Atmosphère neutre (classe D)  
 (conditions de dispersion favorables)

Atmosphère très stable (classe F)  
 (conditions de dispersion défavorables)



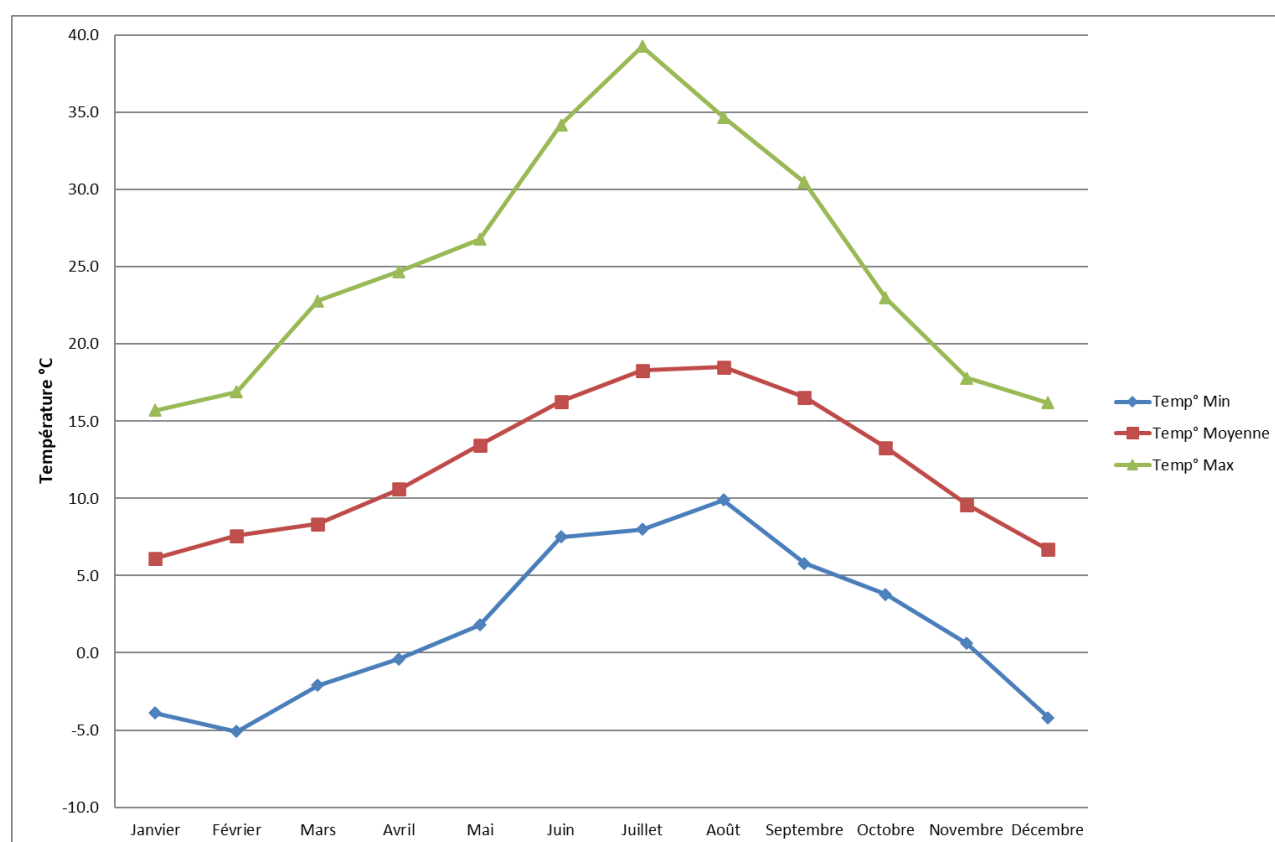
### 6.1.3.4 Température

La température de l'air, dernier paramètre intervenant dans le processus de dispersion des polluants, est en moyenne de 12,1°C pour les trois années d'observations et varie peu au cours des trois années comme le montre le Tableau 24. La Figure 16 présente les variations moyennes mensuelles de la température minimale, moyenne et maximale sur la période du 01/01/2020 au 31/12/2022.

Tableau 24 : statistiques relatives à la température de l'air

	Moyenne de Température °C
2020	12.4
2021	11.3
2022	12.7
<b>Moyenne</b>	<b>12.1</b>

Figure 16 : variation moyenne mensuelle de la température (période du 01/01/2020 au 31/12/2022)



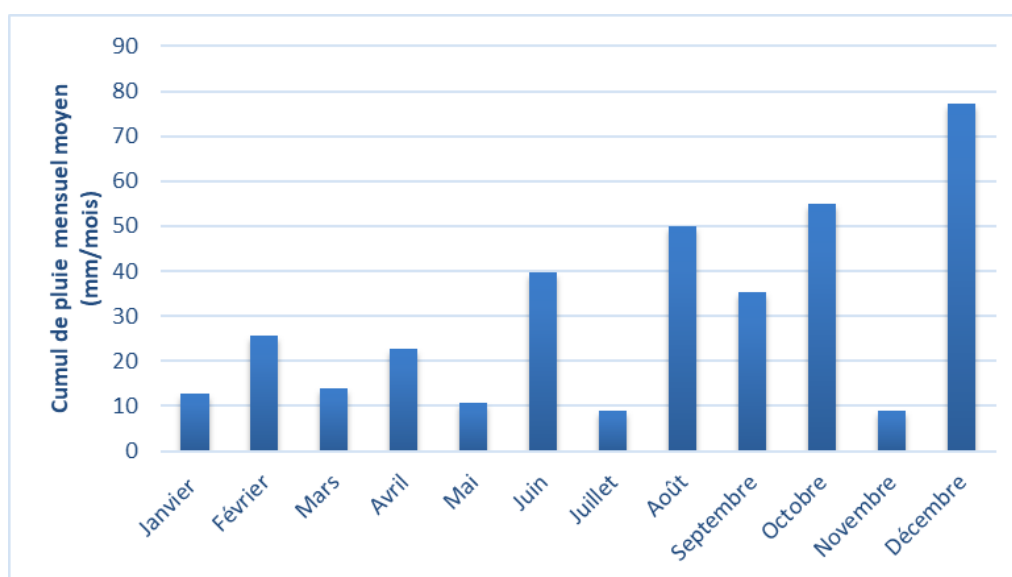
### 6.1.3.5 Pluviométrie

Dans le cadre de cette étude, nous avons tenu compte des données de pluviométrie recueillies sur la station Taden.

*Tableau 25 : statistiques relatives à la pluviométrie*

	Pluviométrie annuelle (mm)
<b>2020</b>	1 087.7
<b>2021</b>	1 110.3
<b>2022</b>	1 106.7
<b>Moyenne</b>	<b>1 102</b>

*Figure 17 : variation de la pluviométrie sur l'année (période du 01/01/2020 au 31/12/2022)*



Notons qu'en moyenne sur la période étudiée (du 01/01/2020 au 31/12/2022), il est tombé environ 1 102 mm de pluie par an (cf. Figure 17).



La rose des vents générale (cf. Figure 13) tient compte à la fois des journées avec pluie et sans pluie. Pour affiner l'interprétation, on peut séparer les deux types de journées et obtenir les roses des vents correspondantes (Figure 18 et Figure 19).

Sur les trois années considérées (01/01/2020 au 31/12/2022), il apparaît que :

- ❑ *Echéances avec pluie* : il pleut environ 19,8% du temps (19,8% des observations correspondent à des échéances avec de la pluie). L'analyse de la Figure 18 permet de constater que, dans ces conditions, les vents proviennent majoritairement de la direction sud-sud-ouest.
- ❑ *Echéances sans pluie* : le reste du temps (80,2% des observations), les vents présentent les directions privilégiées de la rose des vents générale (cf. Figure 19).

Figure 18 : rose des vents calculée à partir des échéances de pluie

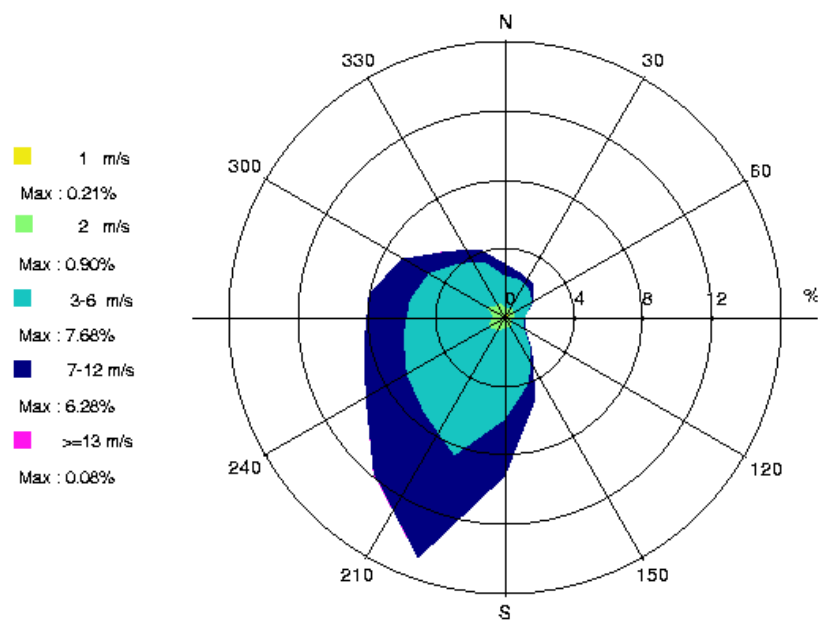
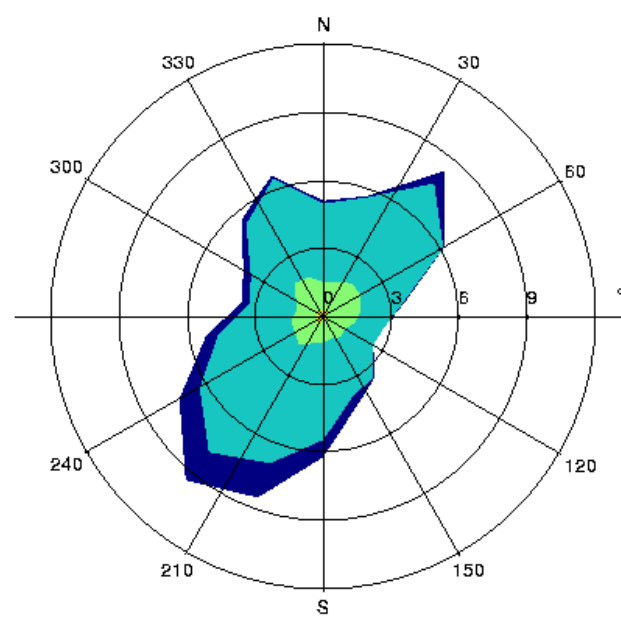


Figure 19 : rose des vents calculée à partir des échéances sans pluie



### 6.1.4 Emissions

Les émissions prises en compte correspondent aux émissions estimées pour les substances retenues **pour le scénario majorant**, présentées au paragraphe 0, sont rappelées dans le Tableau 26.

Pour les concentrations à l'émission associées, le lecteur peut se référer au Tableau 7 p.15.

Les poussières seront assimilées comme étant 100% des PM10 et 100% des PM2.5 (hypothèse majorante).

*Tableau 26 : flux en kg/an pour les substances traceurs de risques retenues*

	Unités	Ligne 1	Ligne 1 bis
Hauteur par rapport au sol	m	42	42
Diamètre de la cheminée au niveau de l'éjection	m	0,9	1,35
Température des rejets	°C	143	143
Vitesse d'éjection (au débouché)	m/s	12*	12*
Débit de fumées secs (11% O <sub>2</sub> , 273K, 1013 hPa)	Nm <sup>3</sup> /h	33 191	72 140
Nbre d'heures de fonctionnement	h/an	8 000	8 100
Périodes de fonctionnement	-	en continue 24h/24 7j/7 hors arrêt annuel	en continue 24h/24 7j/7 hors arrêt annuel
Substances	Unités	Ligne 1	Ligne 1 bis
HCL	kg/an	2 124.2	4 674.7
SO <sub>2</sub>	kg/an	13 276.4	29 216.7
NO <sub>x</sub>	kg/an	21 242.2	46 746.7
Poussières totales	kg/an	1 327.6	2 921.7
Dioxines et furannes	kg/an	2.7E-05	5.8E-05
Mercurure	kg/an	13.3	29.2
Cd	kg/an	13.3	29.2
As	kg/an	4.4E-02	9.6E-02
Pb	kg/an	7.4E+00	1.6E+01
Sb	kg/an	2.0E-02	4.4E-02
Cr	kg/an	1.5E+00	3.3E+00
Cu	kg/an	3.0E+01	6.5E+01
Mn	kg/an	8.5E+01	1.9E+02
Ni	kg/an	9.5E+00	2.1E+01
V	kg/an	2.0E-02	4.4E-02

\*Une vitesse d'éjection de 12,0 m/s (minimum préconisé par l'AP) sera retenue pour la dispersion afin d'être dans les conditions majorantes.

## 6.2 DETERMINATION DES CONCENTRATIONS DANS L'AIR ET DES DEPOTS AU SOL

### 6.2.1 Présentation du logiciel de dispersion et paramétrages du modèle

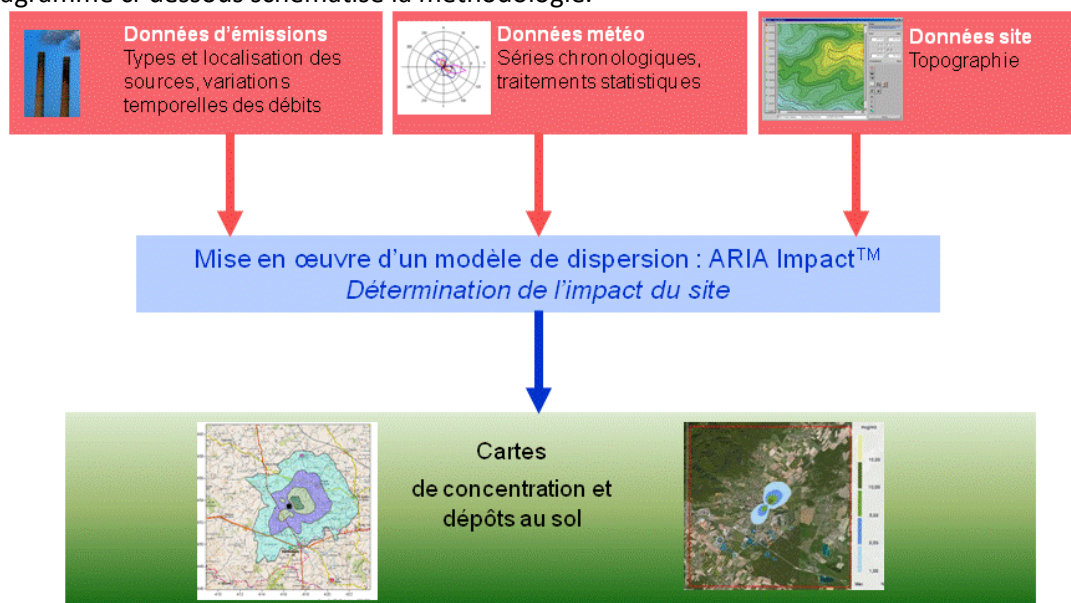
Le modèle utilisé pour cette analyse statistique est le logiciel ARIA Impact, version 1.8. Ce logiciel permet d'élaborer des statistiques météorologiques et de déterminer l'impact des émissions rejetées par une ou plusieurs sources ponctuelles, linéiques ou surfaciques. Il permet de simuler plusieurs années de fonctionnement en utilisant des chroniques météorologiques représentatives du site. En revanche, il ne permet pas de considérer les transformations photochimiques des polluants et de calculer les concentrations de polluant secondaires tel que l'ozone.

Sans être un modèle tridimensionnel, ARIA Impact peut prendre en compte la topographie de manière simplifiée.

Par ailleurs, ARIA Impact est un modèle gaussien qui répond aux prescriptions de l'INERIS pour la modélisation de la dispersion de la pollution atmosphérique des rejets des installations industrielles (cf. Annexe 2 du Guide méthodologique INERIS : « Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions des substances chimiques par les installations classées » publié par l'INERIS en août 2013).

Une description détaillée du modèle est présentée en Annexe 1.

Le diagramme ci-dessous schématise la méthodologie.



#### 6.2.1.1 Paramétrages du modèle de dispersion

Les hypothèses de calcul suivantes ont été prises en compte :

- une prise en compte de la topographie;
- une occupation des sols variable dans l'espace ;
- une surélévation du panache due à la vitesse d'éjection et à la température des fumées ;
- le calcul des dépôts au sol liés à la chute gravitaire des particules ;
- une maille de calcul de 100 mètres ;
- les émissions présentées au paragraphe 2.2

#### 6.2.1.1.1 La formule de surhauteur du panache

Le point de départ des trajectoires est le sommet de la cheminée. Lorsque les rejets sont chauds ou que la vitesse d'éjection des fumées est importante, on peut prendre en compte une surhauteur du panache. En effet, les fumées de combustion vont s'élever au-dessus de la cheminée jusqu'à ce que leur vitesse ascensionnelle initiale et les effets de différence de densité (dus à la différence de température air/fumées) ne soient plus significatifs. ARIA Impact permet de prendre en compte la surhauteur d'origine thermique et d'origine dynamique.

Pour le calcul de la surhauteur, ARIA Impact contient les formules données par Briggs, Anfossi, Holland, Cude... Dans cette étude, nous avons retenu la formule de Holland.

#### 6.2.1.1.2 La formule des écarts-type (modèle de dispersion)

La dispersion du polluant autour de sa trajectoire nécessite la connaissance des écarts-type. Les écarts-type sont les paramètres qui pilotent la diffusion du panache.

Dans cette étude, nous avons utilisé les écarts-type de Briggs (formulation standard de l'EPA).

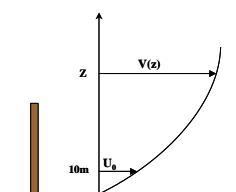
#### 6.2.1.1.3 Reconstitution des profils verticaux

La surélévation du panache est calculée entre autres à partir de la vitesse du vent et de la température de l'air. Ces valeurs sont fournies dans la base de données météorologiques. Cependant, ces données correspondent à des mesures de station sol, c'est-à-dire qu'elles sont mesurées à environ 10 mètres du sol.

Pourtant, les valeurs de vitesse de vent et de température observées au sommet de la cheminée peuvent varier de manière importante suivant la hauteur de la cheminée : par exemple, plus la cheminée est haute, plus la vitesse du vent est élevée au niveau du débouché.

Afin de prendre en compte cette variation de vitesse de vent dans les calculs de la dispersion des polluants atmosphériques, le logiciel ARIA Impact peut calculer des profils verticaux de vent et de température en fonction des mesures au sol et de la turbulence atmosphérique, afin de connaître la vitesse du vent et la température au niveau du débouché de la cheminée.

Figure 20 : profil vertical de vent



#### 6.2.1.1.4 Calcul des dépôts au sol

Concernant les calculs de dépôts au sol, les calculs prennent en compte les dépôts sec et humide sur le sol conduisant à un appauvrissement du panache.

- Dépôts secs : les particules très fines et les gaz se déposent sur les surfaces par divers processus biologiques, chimiques et physiques. Le paramètre qui influence les dépôts secs est la vitesse de dépôt, exprimée en m/s. Cette vitesse permet de tenir compte de la capacité du sol à retenir le polluant qui se dépose. Ces vitesses ont fait l'objet de plusieurs recherches et plusieurs références bibliographiques existent sur ces données.
- Dépôts humides : les dépôts humides correspondent aux dépôts de polluant au sol entraînés par la pluie. Les calculs de dispersion qui intègrent le lessivage par la pluie prennent en compte un coefficient de lessivage exprimé en  $s^{-1}$ , correspondant à la proportion du polluant qui est entraîné par la pluie pendant 1 seconde.

### 6.2.1.1.5 Caractéristiques des espèces

Le Tableau 27 résume les valeurs utilisées dans le cadre de cette étude pour le calcul des dépôts.

*Tableau 27 : paramètres de calcul des dépôts pour chacune des espèces étudiées*

Polluant	Phase du polluant	Vitesse de dépôt sec (m/s)	Coefficient de lessivage (s <sup>-1</sup> )	Diamètre de particules
<b>NOx ; SO<sub>2</sub> ; HCl</b>	Gaz	0	1,0.10 <sup>-5</sup>	0
<b>PM<sub>10</sub></b>	Particules	1,3.10 <sup>-2</sup>	4,0.10 <sup>-4</sup>	10
<b>PM<sub>2.5</sub></b>	Particules	6,0.10 <sup>-3</sup>	8,0.10 <sup>-5</sup>	2.5
<b>Dioxines</b>	Particules	5.0E-04	1.0E-05	1.3
<b>Arsenic</b>	Particules	2.2E-03	5.0E-05	5
<b>Cadmium</b>	Particules	4.5E-03	7.0E-05	5
<b>Chrome</b>	Particules	5.0E-03	5.0E-05	5
<b>Antimoine ; Cuivre ; Vanadium</b>	Particules	4.1E-03	5.0E-05	5
<b>Manganèse</b>	Particules	5.6E-03	5.0E-05	5
<b>Mercure</b>	Particules	5.0E-04	3.5E-05	0
<b>Nickel</b>	Particules	4.5E-03	5.0E-05	5
<b>Plomb</b>	Particules	3.0E-03	3.3E-05	5

## 6.2.2 Présentation des résultats

Les résultats sont exprimés sous forme de :

- concentration en moyenne annuelle ;
- dépôts au sol pour les espèces particulières.

Les résultats de l'étude sont donnés sous forme de cartes et de tableaux. Ces résultats ne concernent que la contribution des rejets étudiés. L'unité retenue pour exprimer les concentrations de polluant dans l'air dans ce rapport est le µg/m<sup>3</sup><sup>(14)</sup> et le µg/m<sup>2</sup>/s pour les dépôts au sol.

Les résultats sont également présentés au niveau de points cibles (habitations les plus proches, cultures autour du site, centre-ville des villes voisines) présentés sur la Figure 21.

<sup>14</sup> microgramme de polluant par mètre cube d'air. 1 µg = 1.10<sup>-6</sup> g

Figure 21 : localisation des points cibles



**Légende**



-  Points cibles
-  Périmètre du site



Tableau 28 : description des points cibles

Numéro du point	Zone	Distance par rapport au site (m)
1	Habitation 1	25
2	Habitation 2	35
3	Habitation 3	120
4	Habitation 4	370
5	Habitation 5	690
6	Habitation 6	625
7	Ecole primaire Taden	1 140
8	Ecole primaire Le Petit Prince Quévert	2 680
9	Crèche A l'Abord' Ages	2 410
10	FAM Adultes	2 670
11	Habitation 7	1 290
12	Ecole primaire St Samson de Rance	2 760



### 6.2.3 Réglementation de la qualité de l'air

Dans le cadre de cette étude, seules les concentrations en moyenne annuelle sont calculées pour pouvoir être comparées aux valeurs réglementaires de qualité de l'air qui sont exprimées en moyenne annuelle uniquement. Le Tableau 29 rappelle les valeurs réglementaires pour la qualité de l'air<sup>15</sup> pour les substances prises en compte dans cette étude.

*Tableau 29 : réglementation en vigueur en France pour la santé humaine*

Substance	Valeurs limites	Objectifs de qualité	Valeur cible (en moyenne annuelle)
<b>NO<sub>2</sub></b>	<b>En moyenne annuelle :</b> depuis le 01/01/2010 : 40 µg/m <sup>3</sup> . <b>En moyenne horaire :</b> depuis le 01/01/2010 : 200 µg/m <sup>3</sup> à ne pas dépasser plus de 18 heures par an (centile 99.8)	-	-
<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>En moyenne journalière :</b> 125 µg/m <sup>3</sup> à ne pas dépasser plus de 3 jours par an (centile 99.2) <b>En moyenne horaire :</b> 350 µg/m <sup>3</sup> à ne pas dépasser plus de 24 heures par an (centile 99.7)	<b>En moyenne annuelle :</b> 50 µg/m <sup>3</sup>	-
<b>PM<sub>10</sub></b> (Particules fines de diamètre inférieur ou égal à 10 micromètres)	<b>En moyenne annuelle :</b> depuis le 01/01/05 : 40 µg/m <sup>3</sup> . <b>En moyenne journalière :</b> depuis le 01/01/2005 : 50 µg/m <sup>3</sup> à ne pas dépasser plus de 35 jours par an (centile 90.4)	<b>En moyenne annuelle :</b> 30 µg/m <sup>3</sup>	-
<b>PM<sub>2.5</sub></b> (Particules fines de diamètre inférieur ou égal à 2,5 µm)	<b>En moyenne annuelle :</b> 25 µg/m <sup>3</sup> depuis l'année 2015	<b>En moyenne annuelle :</b> 10 µg/m <sup>3</sup>	20 µg/m <sup>3</sup>
<b>Arsenic</b>	-	-	6 ng/m <sup>3</sup>
<b>Cadmium</b>	-	-	5 ng/m <sup>3</sup>
<b>Nickel</b>	-	-	20 ng/m <sup>3</sup>
<b>Plomb</b>	<b>En moyenne annuelle :</b> depuis le 01/01/02 : 0,5 µg/m <sup>3</sup>	<b>En moyenne annuelle :</b> 0,25 µg/m <sup>3</sup>	-

- **Objectif de qualité :** un niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère à atteindre à long terme, 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 limite :** un niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère fixé sur la base des connaissances scientifiques à ne pas dépasser dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble ;
- **Valeur cible :** un niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble, à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné.

### 6.2.4 Concentrations en moyenne annuelle

Les résultats de concentrations moyennes annuelles fournissent les éléments nécessaires pour évaluer les risques par inhalation.

<sup>15</sup> Valeurs réglementaires françaises du Code de l'environnement (Livre II : Milieux Physiques, Titre II : Air et Atmosphère, relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs limites).

Le Tableau 30 présente les valeurs calculées en moyenne annuelle :

- au point géographique le plus exposé du domaine d'étude en dehors des limites du site, correspondant à des zones non habitées à environ 850 m au nord-est du site ;
- au niveau des points cibles présentés précédemment (cf. Figure 21) correspondant aux premières habitations et points sensible.

Pour l'ensemble des substances étudiées, les concentrations en moyenne annuelle obtenues par modélisation au niveau de l'ensemble des points (point le plus exposé du domaine d'étude en dehors des limites du site et points cibles) sont bien inférieures aux valeurs limites françaises de la qualité de l'air disponibles. Parmi les points cibles étudiés, le point n°6 (habitations au sud à environ 630 m du site), est le plus exposé pour l'ensemble des substances étudiées.

Les Figure 23 et Figure 24 présentent les cartes de concentrations en moyenne annuelle sur le domaine d'étude pour les PM<sub>2.5</sub> et le nickel. Les aplats colorés montrent les zones où les concentrations au niveau du sol sont comprises entre deux valeurs, par exemple, les zones en « vert » sur la Figure 23 correspondent à des concentrations en PM<sub>2.5</sub> comprises entre 0,04 et 0,05 µg/m<sup>3</sup>. Les cartes pour les autres polluants sont présentées en Annexe 2.

La Figure 22 montre les points de concentrations maximales pour chaque substance. Les cartographies montrent que les concentrations les plus élevées sont situées à environ 850 m au nord-est du site, dans des zones non habitées, pour les substances émises par les cheminées.

**Les concentrations** calculées au point géographique le plus exposé en dehors des limites du site **sont inférieures aux valeurs réglementaires** françaises et aux recommandations de l'OMS :

- pour le SO<sub>2</sub>, les concentrations représentent 1 % de l'objectif de qualité dans la zone la plus exposée ;
- les concentrations en PM<sub>10</sub>, en PM<sub>2.5</sub> et en plomb représentent moins de 1% de leur objectif de qualité respectif dans la zone la plus exposée ;
- pour les NO<sub>x</sub> assimilés à des NO<sub>2</sub>, les concentrations représentent 2 % de la valeur limite donnée pour le NO<sub>2</sub> ;
- les concentrations en cadmium représentent 11% de la valeur cible ;
- les concentrations en arsenic et en nickel représentent moins de 0,01 % de la valeur cible ;
- les concentrations en plomb représentent moins de 0,01 % de l'objectif de qualité.



Tableau 30 : concentrations en moyenne annuelle au point le plus exposé et aux points cibles ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Substance	NOX	SO <sub>2</sub>	PM10	PM2.5	HCL	Antimoine	Arsenic	Cadmium	Chrome	Cuivre	Manganèse	Mercure	Nickel	Plomb	Vanadium	PCDD/F	
unité	$\mu\text{g}/\text{m}^3$																
1	Habitation 1	7.0E-03	4.4E-03	4.7E-04	4.4E-04	7.0E-04	6.7E-09	1.5E-08	4.4E-06	5.0E-07	1.0E-05	2.8E-05	4.4E-06	3.2E-06	2.5E-06	6.7E-09	8.7E-12
2	Habitation 2	1.5E-02	9.3E-03	1.0E-03	9.4E-04	1.5E-03	1.4E-08	3.1E-08	9.5E-06	1.1E-06	2.1E-05	6.1E-05	9.3E-06	6.8E-06	5.3E-06	1.4E-08	1.9E-11
3	Habitation 3	1.0E-01	6.4E-02	7.0E-03	6.4E-03	1.0E-02	9.8E-08	2.1E-07	6.5E-05	7.4E-06	1.5E-04	4.2E-04	6.4E-05	4.7E-05	3.6E-05	9.8E-08	1.3E-10
4	Habitation 4	2.9E-01	1.8E-01	2.0E-02	1.8E-02	2.9E-02	2.8E-07	6.1E-07	1.9E-04	2.1E-05	4.2E-04	1.2E-03	1.8E-04	1.3E-04	1.0E-04	2.8E-07	3.6E-10
5	Habitation 5	2.1E-01	1.3E-01	1.5E-02	1.3E-02	2.1E-02	2.1E-07	4.5E-07	1.4E-04	1.6E-05	3.1E-04	8.7E-04	1.3E-04	9.8E-05	7.6E-05	2.1E-07	2.7E-10
6	Habitation 6	5.9E-01	3.7E-01	4.1E-02	3.7E-02	5.9E-02	5.7E-07	1.3E-06	3.8E-04	4.3E-05	8.5E-04	2.4E-03	3.7E-04	2.7E-04	2.1E-04	5.7E-07	7.4E-10
7	Ecole primaire Taden	3.7E-01	2.3E-01	2.5E-02	2.3E-02	3.7E-02	3.6E-07	7.7E-07	2.4E-04	2.7E-05	5.3E-04	1.5E-03	2.3E-04	1.7E-04	1.3E-04	3.6E-07	4.6E-10
8	Ecole primaire Le Petit Prince Quévert	4.0E-01	2.4E-01	3.0E-02	2.5E-02	4.0E-02	4.0E-07	8.7E-07	2.6E-04	3.0E-05	5.9E-04	1.7E-03	2.5E-04	1.9E-04	1.5E-04	4.0E-07	5.0E-10
9	Crèche A l'Abord'Agès	3.4E-01	2.1E-01	2.5E-02	2.1E-02	3.4E-02	3.3E-07	7.2E-07	2.2E-04	2.5E-05	4.9E-04	1.4E-03	2.1E-04	1.6E-04	1.2E-04	3.3E-07	4.2E-10
10	FAM Adultes	2.8E-01	1.7E-01	2.1E-02	1.7E-02	2.8E-02	2.8E-07	6.1E-07	1.8E-04	2.1E-05	4.1E-04	1.2E-03	1.8E-04	1.3E-04	1.0E-04	2.8E-07	3.5E-10
11	Habitation 7	2.7E-01	1.7E-01	2.1E-02	1.7E-02	2.7E-02	2.7E-07	5.8E-07	1.8E-04	2.0E-05	4.0E-04	1.1E-03	1.7E-04	1.3E-04	9.9E-05	2.7E-07	3.4E-10
12	Ecole primaire St Samson de Rance	2.2E-01	1.3E-01	1.5E-02	1.3E-02	2.2E-02	2.1E-07	4.6E-07	1.4E-04	1.6E-05	3.1E-04	8.8E-04	1.4E-04	9.9E-05	7.8E-05	2.1E-07	2.7E-10
	<b>Habitation la plus exposée</b>	<b>5.9E-01</b>	<b>3.7E-01</b>	<b>4.1E-02</b>	<b>3.7E-02</b>	<b>5.9E-02</b>	<b>5.7E-07</b>	<b>1.3E-06</b>	<b>3.8E-04</b>	<b>4.3E-05</b>	<b>8.5E-04</b>	<b>2.4E-03</b>	<b>3.7E-04</b>	<b>2.7E-04</b>	<b>2.1E-04</b>	<b>5.7E-07</b>	<b>7.4E-10</b>
		<i>Point n°6</i>	<i>Point n°6</i>	<i>Point n°6</i>	<i>Point n°6</i>	<i>Point n°6</i>	<i>Point n°6</i>	<i>Point n°6</i>	<i>Point n°6</i>	<i>Point n°6</i>	<i>Point n°6</i>	<i>Point n°6</i>	<i>Point n°6</i>	<i>Point n°6</i>	<i>Point n°6</i>	<i>Point n°6</i>	<i>Point n°6</i>
	<b>Point le plus exposé en dehors des limites de site</b>	<b>0.83</b>	<b>0.52</b>	<b>0.057</b>	<b>0.052</b>	<b>8.3E-02</b>	<b>8.0E-07</b>	<b>1.7E-06</b>	<b>5.3E-04</b>	<b>6.0E-05</b>	<b>1.2E-03</b>	<b>0.0034</b>	<b>0.00052</b>	<b>0.00038</b>	<b>0.0003</b>	<b>8.0E-07</b>	<b>1.0E-09</b>
<b>Rappel de la réglementation</b>																	
	Objectif de qualité	-	50	30	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	250	-	-
	Valeur cible	-	-	-	20	-	-	6.0E-03	5.0E-03	-	-	-	-	20	-	-	-
	Valeur limite	40	-	40	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	500	-	-
	Valeurs guide moyenne annuelle (OMS 2021)	10	40 (moyenne sur 24h)	15	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Figure 22 : localisation des points de concentration maximale en dehors du site



### Légende



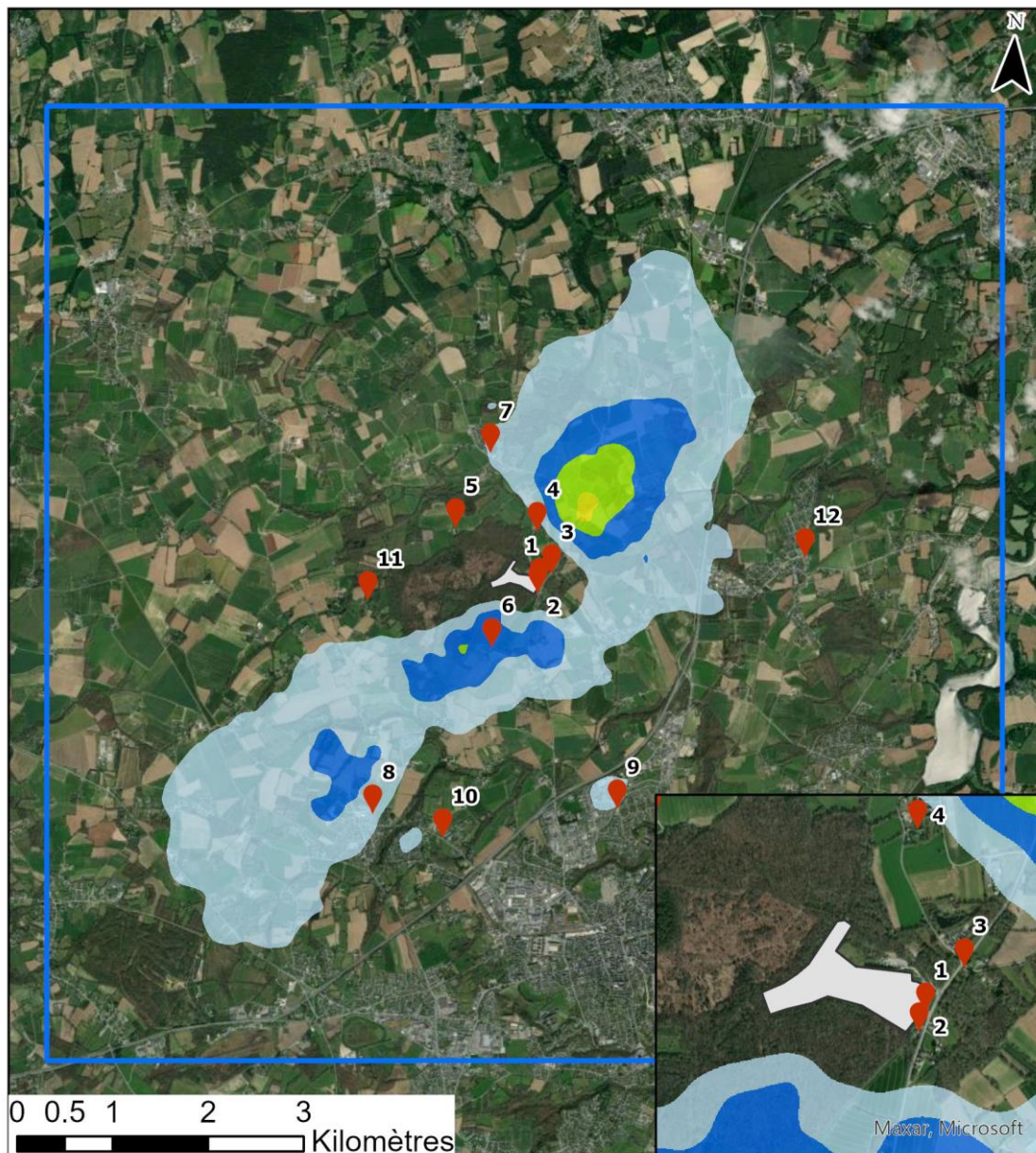
-  Périètre du site
-  Points de concentration maximale en dehors du site








Figure 23 : carte de concentration en moyenne annuelle en PM2.5



### Légende

-  Points cibles
-  Périmètre du site
-  Domaine

### Concentration en PM2.5 en moyenne annuelle ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )






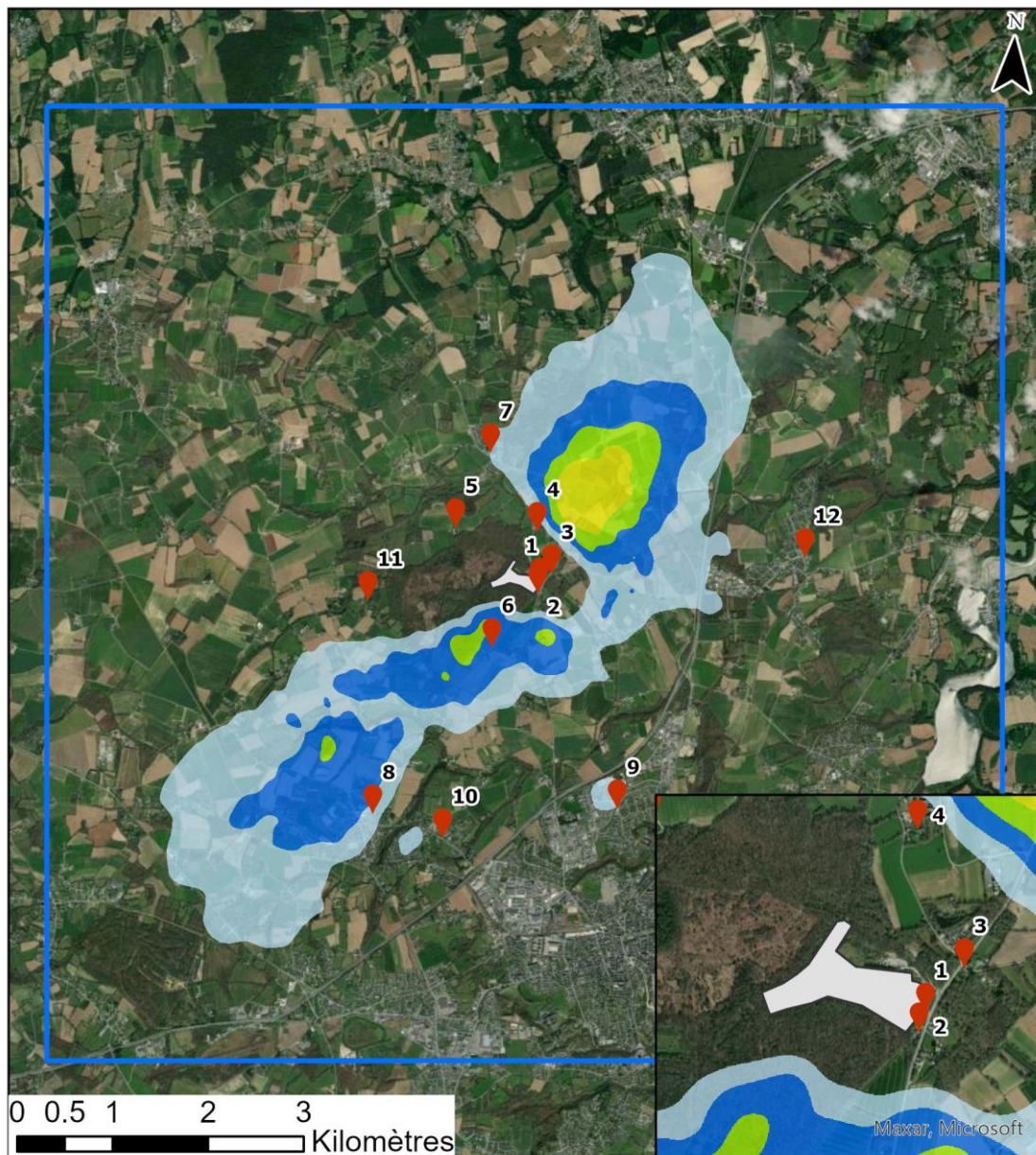
-   $< 0,02$
-   $0,02 - 0,03$
-   $0,03 - 0,04$
-   $0,04 - 0,05$
-   $> 0,05$








Figure 24 : carte de concentration en moyenne annuelle en nickel



**Légende**

-  Points cibles
-  Périmètre du site
-  Domaine

**Concentration en nickel en moyenne annuelle ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

-   $< 1,5\text{e-}04$
-   $1,5\text{e-}04 - 2\text{e-}04$
-   $2\text{e-}04 - 2,5\text{e-}04$
-   $2,5\text{e-}04 - 3\text{e-}04$
-   $> 3\text{e-}04$



## 6.2.5 Dépôts au sol

Les résultats de dépôts au sol vont permettre de fournir les éléments nécessaires pour évaluer les risques par ingestion. Les poussières, les métaux et les dioxines/furanes sont les substances pouvant se déposer au sol.

Le Tableau 31 présente les dépôts totaux pour chacun des polluants particuliers :

- au point géographique le plus exposé du domaine d'étude en dehors des limites du site, correspondant à des zones travaillées au nord en bordure immédiate du site, selon les substances ;
- au niveau des points cibles présentés précédemment (cf. Figure 21) correspondant principalement aux premières habitations et aux points sensibles.

Il n'existe pas de valeurs limites fixées par une réglementation européenne ou française concernant les dépôts de particules sédimentables. Néanmoins quelques pays ont fixé des valeurs limites admissibles des dépôts en poussières sédimentables pour l'environnement :

- la Suisse : 200 mg/m<sup>2</sup>/jour ;
- l'Allemagne : 350 mg/m<sup>2</sup>/jour.

Les valeurs obtenues pour les poussières au niveau de la zone la plus exposée en dehors des limites du site ( $5,3 \cdot 10^{-3}$  µg/m<sup>2</sup>/s soit 0,46 mg/m<sup>2</sup>/jour pour les PM10 et  $1,0 \cdot 10^{-3}$  µg/m<sup>2</sup>/s soit 0,1 mg/m<sup>2</sup>/jour pour les PM2.5) sont très inférieures à ces valeurs limites admissibles.

Mentionnons également la valeur seuil proposée pour différencier une zone dite faiblement polluée d'une zone fortement polluée par la norme française NF X 43007 concernant les mesures de "retombées" par la méthode des plaquettes de "dépôts". Une zone dite faiblement polluée est une zone sur laquelle il se dépose moins de 1 000 mg/m<sup>2</sup>/jour. Cette valeur est très élevée comparée aux valeurs obtenues par les simulations (cf. Tableau 32).

Les Figure 25 et Figure 26 présentent les cartes des dépôts pour les poussières (PM2.5) et pour le nickel sur le domaine d'étude. Les cartes de dépôts pour les autres substances sont présentées en Annexe.

Les cartographies montrent que les dépôts les plus élevés sont situés en bordure des limites du site, et diminuent progressivement au fur et à mesure que l'on s'éloigne du site.

*Tableau 31 : dépôts totaux au sol moyens annuels en µg/m²/s*

Substance	PM10	PM2.5	Antimoine	Arsenic	Cadmium	Chrome	Cuivre	Manganèse	Mercuré	Nickel	Plomb	Vanadium	PCDD/F	
Unité	µg/m²/s													
1	Habitation 1	1.8E-03	3.8E-04	3.6E-09	7.8E-09	3.3E-06	2.7E-07	5.3E-06	1.5E-05	1.7E-06	1.7E-06	8.7E-07	3.6E-09	9.5E-13
2	Habitation 2	1.6E-03	3.5E-04	3.3E-09	7.1E-09	3.1E-06	2.5E-07	4.9E-06	1.4E-05	1.5E-06	1.6E-06	8.1E-07	3.3E-09	8.8E-13
3	Habitation 3	1.0E-03	3.0E-04	3.0E-09	6.1E-09	2.6E-06	2.3E-07	4.4E-06	1.3E-05	1.3E-06	1.4E-06	7.5E-07	3.0E-09	8.1E-13
4	Habitation 4	1.1E-03	3.0E-04	3.0E-09	5.4E-09	2.5E-06	2.4E-07	4.4E-06	1.4E-05	1.0E-06	1.5E-06	7.5E-07	3.0E-09	6.9E-13
5	Habitation 5	2.6E-04	9.4E-05	9.8E-10	1.4E-09	7.5E-07	8.5E-08	1.5E-06	5.3E-06	1.7E-07	5.0E-07	2.6E-07	9.8E-10	1.8E-13
6	Habitation 6	6.8E-04	2.7E-04	2.8E-09	4.0E-09	2.1E-06	2.4E-07	4.2E-06	1.5E-05	5.3E-07	1.4E-06	7.5E-07	2.8E-09	5.7E-13
7	Ecole primaire Taden	4.5E-04	1.6E-04	1.7E-09	2.3E-09	1.3E-06	1.5E-07	2.5E-06	9.1E-06	2.6E-07	8.5E-07	4.4E-07	1.7E-09	3.0E-13
8	Ecole primaire Le Petit Prince Quévert	3.9E-04	1.4E-04	1.6E-09	1.9E-09	1.1E-06	1.4E-07	2.3E-06	8.8E-06	1.5E-07	8.0E-07	4.2E-07	1.6E-09	2.5E-13
9	Crèche A l'Abord'Agés	3.5E-04	1.3E-04	1.4E-09	1.9E-09	1.1E-06	1.3E-07	2.1E-06	8.0E-06	1.9E-07	7.4E-07	3.9E-07	1.4E-09	2.5E-13
10	FAM Adultes	2.7E-04	1.0E-04	1.1E-09	1.4E-09	8.4E-07	1.0E-07	1.7E-06	6.4E-06	1.3E-07	5.9E-07	3.1E-07	1.1E-09	2.0E-13
11	Habitation 7	2.8E-04	1.1E-04	1.2E-09	1.5E-09	8.5E-07	1.0E-07	1.7E-06	6.3E-06	1.7E-07	5.9E-07	3.1E-07	1.2E-09	2.2E-13
12	Ecole primaire St Samson de Rance	2.4E-04	9.3E-05	9.9E-10	1.4E-09	7.5E-07	8.7E-08	1.5E-06	5.4E-06	1.6E-07	5.1E-07	2.7E-07	9.9E-10	1.9E-13
<b>Habitation la plus exposée</b>		<b>1.8E-03</b>	<b>3.8E-04</b>	<b>3.6E-09</b>	<b>7.8E-09</b>	<b>3.3E-06</b>	<b>2.7E-07</b>	<b>5.3E-06</b>	<b>1.5E-05</b>	<b>1.7E-06</b>	<b>1.7E-06</b>	<b>8.7E-07</b>	<b>3.6E-09</b>	<b>9.5E-13</b>
		<i>Point n°1</i>	<i>Point n°1</i>	<i>Point n°1</i>	<i>Point n°1</i>	<i>Point n°1</i>	<i>Point n°1</i>	<i>Point n°1</i>	<i>Point n°1 et n°6</i>	<i>Point n°1</i>	<i>Point n°1</i>	<i>Point n°1</i>	<i>Point n°1</i>	<i>Point n°1</i>
<b>Point le plus exposé en dehors des limites de site</b>		<b>5.3E-03</b>	<b>1.0E-03</b>	<b>1.0E-08</b>	<b>2.1E-08</b>	<b>1.0E-05</b>	<b>7.5E-07</b>	<b>1.5E-05</b>	<b>4.0E-05</b>	<b>4.0E-06</b>	<b>5.0E-06</b>	<b>2.0E-06</b>	<b>1.0E-08</b>	<b>2.6E-12</b>



Tableau 32 : dépôts totaux au sol moyens annuels en mg/m<sup>2</sup>/j

Substance		PM10	PM2.5	Antimoine	Arsenic	Cadmium	Chrome	Cuivre	Manganèse	Mercuré	Nickel	Plomb	Vanadium	PCDD/F
Unité		mg/m <sup>2</sup> /j												
1	Habitation 1	1.6E-01	3.3E-02	3.1E-07	6.7E-07	2.9E-04	2.3E-05	4.6E-04	1.3E-03	1.4E-04	1.5E-04	7.5E-05	3.1E-07	8.2E-11
2	Habitation 2	1.4E-01	3.0E-02	2.9E-07	6.2E-07	2.6E-04	2.1E-05	4.3E-04	1.2E-03	1.3E-04	1.4E-04	7.0E-05	2.9E-07	7.6E-11
3	Habitation 3	8.9E-02	2.6E-02	2.6E-07	5.3E-07	2.3E-04	2.0E-05	3.8E-04	1.1E-03	1.1E-04	1.2E-04	6.5E-05	2.6E-07	7.0E-11
4	Habitation 4	9.5E-02	2.6E-02	2.5E-07	4.7E-07	2.2E-04	2.0E-05	3.8E-04	1.2E-03	8.7E-05	1.3E-04	6.5E-05	2.5E-07	6.0E-11
5	Habitation 5	2.2E-02	8.2E-03	8.4E-08	1.2E-07	6.5E-05	7.4E-06	1.3E-04	4.6E-04	1.4E-05	4.3E-05	2.2E-05	8.4E-08	1.6E-11
6	Habitation 6	5.8E-02	2.3E-02	2.4E-07	3.4E-07	1.8E-04	2.1E-05	3.6E-04	1.3E-03	4.6E-05	1.2E-04	6.5E-05	2.4E-07	4.9E-11
7	Ecole primaire Taden	3.8E-02	1.4E-02	1.4E-07	2.0E-07	1.1E-04	1.3E-05	2.2E-04	7.9E-04	2.3E-05	7.4E-05	3.8E-05	1.4E-07	2.6E-11
8	Ecole primaire Le Petit Prince Quévert	3.3E-02	1.2E-02	1.3E-07	1.6E-07	9.8E-05	1.2E-05	2.0E-04	7.6E-04	1.3E-05	6.9E-05	3.6E-05	1.3E-07	2.2E-11
9	Crèche A l'Abord'Agés	3.0E-02	1.2E-02	1.2E-07	1.6E-07	9.2E-05	1.1E-05	1.8E-04	6.9E-04	1.7E-05	6.4E-05	3.4E-05	1.2E-07	2.2E-11
10	FAM Adultes	2.4E-02	9.0E-03	9.8E-08	1.2E-07	7.2E-05	8.8E-06	1.5E-04	5.5E-04	1.1E-05	5.1E-05	2.7E-05	9.8E-08	1.7E-11
11	Habitation 7	2.4E-02	9.2E-03	9.9E-08	1.3E-07	7.4E-05	8.8E-06	1.5E-04	5.5E-04	1.5E-05	5.1E-05	2.7E-05	9.9E-08	1.9E-11
12	Ecole primaire St Samson de Rance	2.0E-02	8.0E-03	8.6E-08	1.2E-07	6.4E-05	7.5E-06	1.3E-04	4.7E-04	1.3E-05	4.4E-05	2.3E-05	8.6E-08	1.6E-11
<b>Habitation la plus exposée</b>		<b>1.6E-01</b>	<b>3.3E-02</b>	<b>3.1E-07</b>	<b>6.7E-07</b>	<b>2.9E-04</b>	<b>2.3E-05</b>	<b>4.6E-04</b>	<b>1.3E-03</b>	<b>1.4E-04</b>	<b>1.5E-04</b>	<b>7.5E-05</b>	<b>3.1E-07</b>	<b>8.2E-11</b>
		<i>Point n°1</i>	<i>Point n°1</i>	<i>Point n°1</i>	<i>Point n°1</i>	<i>Point n°1</i>	<i>Point n°1</i>	<i>Point n°1</i>	<i>Point n°1</i>	<i>Point n°1 et n°6</i>	<i>Point n°1</i>	<i>Point n°1</i>	<i>Point n°1</i>	<i>Point n°1</i>
<b>Point le plus exposé en dehors des limites de site</b>		<b>4.6E-01</b>	<b>8.6E-02</b>	<b>8.6E-07</b>	<b>1.8E-06</b>	<b>8.6E-04</b>	<b>6.5E-05</b>	<b>1.3E-03</b>	<b>3.5E-03</b>	<b>3.5E-04</b>	<b>4.3E-04</b>	<b>1.7E-04</b>	<b>8.6E-07</b>	<b>2.2E-10</b>

Tableau 33 : localisation des points de dépôt maximal en dehors du site



### Légende



-  Périmètre du site
-  Points de dépôt maximal en dehors du site








Figure 25 : carte de dépôts en PM2.5



### Légende

-  Points cibles
-  Périmètre du site
-  Domaine

### Dépôts au sol moyens annuels en PM2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$ )






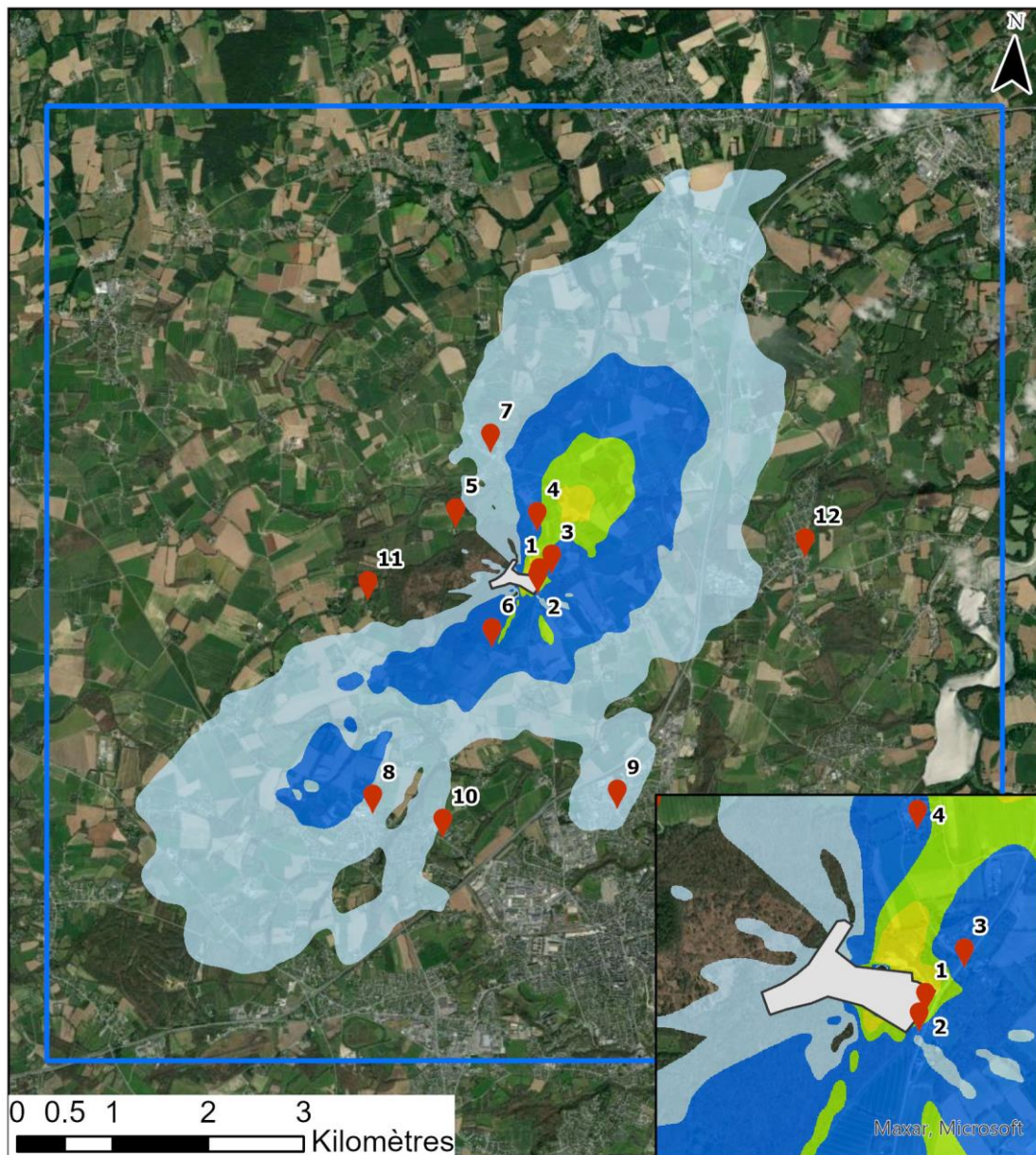
-  < 0.0002
-  0.0002 - 0.0003
-  0.0003 - 0.0005
-  0.0005 - 0.0006
-  > 0.0006













Figure 26 : carte des dépôts au sol en nickel



**Légende**

-  Points cibles
-  Périmètre du site
-  Domaine

**Dépôts au sol moyens annuels en nickel ( $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$ )**

-   $< 6\text{e}-07$
-   $6\text{e}-07 - 1\text{e}-06$
-   $1\text{e}-06 - 1,5\text{e}-06$
-   $1,5\text{e}-06 - 2\text{e}-06$
-   $> 2\text{e}-06$



## 7. EVALUATION DE L'ETAT DES MILIEUX

Les milieux d'exposition sont les milieux susceptibles d'entrer en contact avec les populations. Ils sont définis à partir du schéma conceptuel d'exposition présenté au paragraphe 4. Les milieux d'exposition retenus dans cette étude sont :

- le milieu Air ;
- le milieu Sol.

L'IEM est réalisée pour les traceurs de risques retenus et pour les milieux Air et Sols.

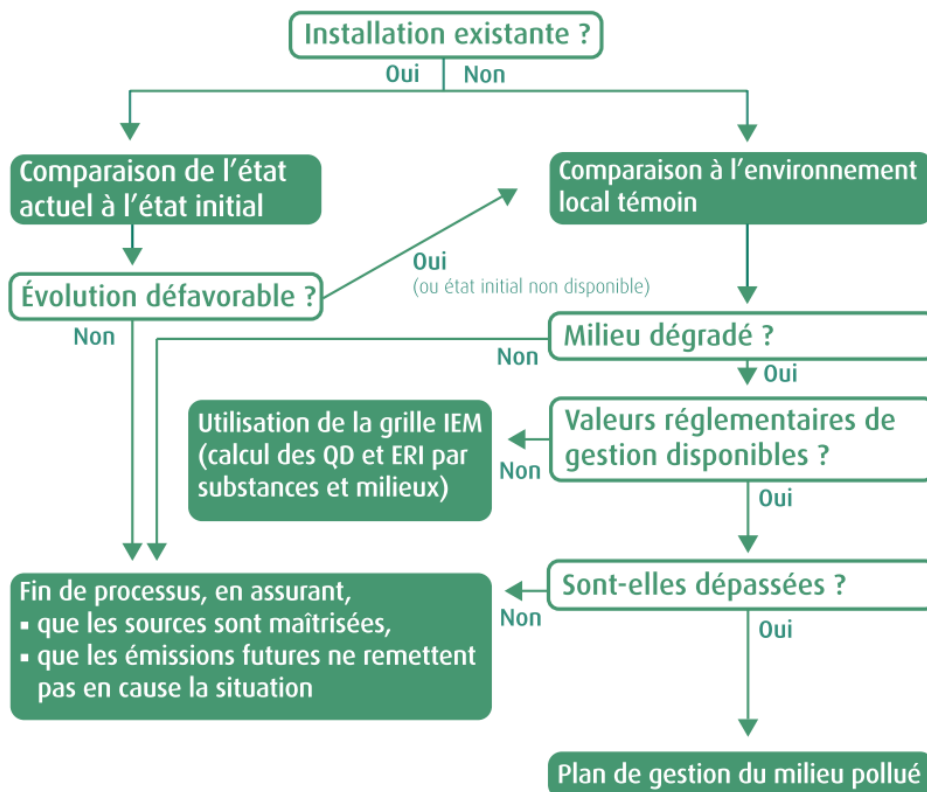
### 7.1 METHODOLOGIE

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

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

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 selon le guide INERIS d'août 2013 remis à jour en septembre 2021.

Figure 27 : étapes et critères de l'IEM (guide INERIS août 2013)



En premier lieu, il est donc nécessaire de caractériser les milieux d'exposition retenus. La caractérisation des milieux se base sur des mesures réalisées localement par l'exploitant de

l'installation, d'autres exploitants, les réseaux de surveillance, les administrations ou des organismes nationaux.

Une fois le milieu caractérisé, il est nécessaire de le comparer :

- soit avec l'état initial (si disponible, et dans le cas d'une installation existante) : la comparaison à l'état initial permet de connaître l'évolution des concentrations dans le temps depuis la mise en service de l'installation.
- soit avec l'environnement local témoin (nouvelle installation, état initial non disponible) : l'environnement local témoin est un environnement considéré comme n'étant pas affecté par les activités de l'installation étudiée, mais situé dans la même zone géographique et dont les caractéristiques (pédologiques, géologiques, hydrologiques, climatiques,...) sont similaires à l'environnement impacté par l'installation. La comparaison à l'environnement local témoin permet de relativiser les concentrations mesurées à des points impactés par rapport à des points non impactés et de conclure sur la dégradation ou non du milieu.

Il s'agit dans cette étape d'une comparaison des mesures avec des valeurs de pollution de fond qui peuvent être basse en zone rurale. **Une dégradation du milieu ne signifie pas la présence d'un problème sanitaire mais indique le besoin d'une analyse complémentaire pour l'évaluer.**

En cas de conclusion de milieu dégradé, lorsque les variations dans le temps ou dans l'espace montrent une dégradation des milieux, par rapport à l'environnement local témoin, il doit être estimé dans quelle mesure cet état dégradé peut compromettre ou non la compatibilité des milieux avec les usages. Cette démarche consiste à comparer les concentrations mesurées avec les valeurs réglementaires ou indicatives sur la qualité des milieux applicables.

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

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

Pour les substances et milieux ne disposant pas de valeur de référence, la compatibilité des milieux à leurs usages est évaluée à la suite d'une quantification partielle des risques (utilisation de la grille d'IEM). Un calcul d'indicateur de risque (QD et ERI, cf. paragraphe 8.2.1) est réalisé substance par substance. L'interprétation de l'état des milieux s'effectue alors selon la grille ci-dessous.

<i>Si</i>	<i>Interprétation de l'état des milieux</i>
<b><i>QD &lt; 0,2 ERI &lt; 1.10<sup>-6</sup></i></b>	Compatible avec les usages
<b><i>0,2 &lt; QD &lt; 5 1.10<sup>-6</sup> &lt; ERI &lt; 1.10<sup>-4</sup></i></b>	Milieu vulnérable. Zone d'incertitude nécessitant une réflexion plus approfondie
<b><i>QD &gt; 5 ERI &gt; 1.10<sup>-4</sup></i></b>	Non compatible avec les usages

A l'issue de l'EQRS, soit le milieu est finalement jugé conforme, soit un plan de gestion doit être entrepris.

Remarque : dans le cas d'une modification d'un site, une Evaluation des Risques Sanitaires (ERS) relative aux rejets du projet sera systématiquement réalisée, même si les milieux sont jugés conformes dans l'état actuel.



## 7.2 CAMPAGNE DE MESURE IN SITU

Afin de caractériser les milieux Air et Sol autour du site, une campagne de mesure dans l'air a été réalisée par la société RINCENT Air : du 29 novembre au 13 décembre 2023, en 5 points de mesure.

L'emplacement des points de mesures a été établi sur la base des résultats de l'étude de la dispersion atmosphérique des polluants et de la localisation des population sensibles et des zones habitées. Cinq points de mesure ont été sélectionnés :

- 3 points en aval des vents majoritaires par rapport au site actuel et à l'installation future ;
- 1 point impacté par les vents nuls à très faibles dans l'environnement proche du site actuel et de l'installation future ;
- 1 point « témoin » hors des vents dominants.

La Figure 30 présente l'emplacement des points de prélèvements retenus pour l'étude et mis en perspective avec la dispersion des émissions et tenant compte de la rose des vents. Les points de mesure correspondent à des zones habitées ou des zones accueillant des personnes sensibles à la qualité de l'air (enfants). Les points retenus correspondent :

- Au point riverain sous les vents de secteur sud-ouest du site actuel (P1) ;
- Au point riverain sous les vents de secteurs sud-ouest par rapport au site actuel et à l'installation future (P2) ;
- Au point riverain sous les vents de secteurs nord-est par rapport au site actuel et à l'installation future (P3) ;
- Au point riverain à proximité du site et sous l'influence de vents faibles (P4) ;
- Au point riverain hors des vents dominants pour établir la pollution de fond (P5).

Au regard des traceurs d'émission retenus pour l'étude, des mesures dans l'air ambiant ont été réalisées pour les traceurs de risque exceptés les métaux et les dioxines, ces derniers faisant l'objet d'un suivi annuel par jauges et aucune vulnérabilité ou évolution n'a été mise en évidence sur les dernières années<sup>16</sup>. Les Figure 28 et Figure 29 présentent respectivement l'emplacement des points de mesures des campagnes d'autosurveillance par jauges Owen et la synthèse des résultats des campagnes de 2022 et 2023.

Pour les campagnes d'autosurveillance réalisées en 2022 et 2023, pour les dioxines, les dépôts mesurés (inférieurs à 10 pg/m<sup>2</sup>/j) sont conformes aux valeurs « typiques » et, pour les métaux, il a été constaté la présence de manganèse et de cuivre au niveau de l'ensemble des points, y compris sur les points les plus éloignés du site (points 3, 4 et 5) à des teneurs plus élevées que les points les plus proches du site (points P1 et P2).

---

<sup>16</sup> Rapport IDEX 2022 - AFF 22-308 - IDEX ENVIRONNEMENT BRETAGNE, Campagne de retombées atmosphérique, 29 août 2022

Rapport IDEX 2022 - AFF 23-341 - IDEX ENVIRONNEMENT BRETAGNE, Campagne de retombées atmosphérique, 4 juillet 2023

Figure 28 : localisation des points de mesures d'autosurveillance des campagnes 2022 et 2023 (IDEX Environnement)

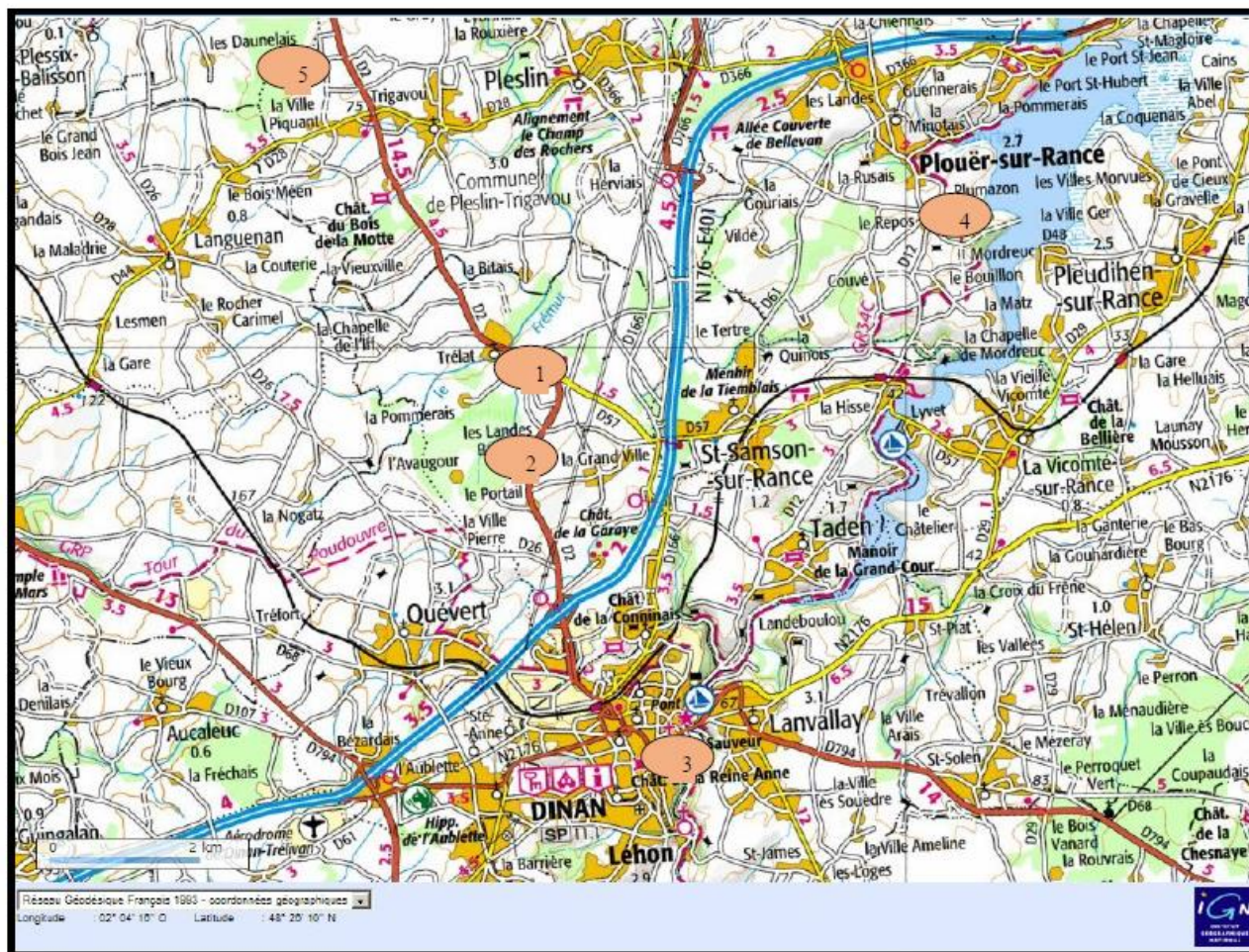
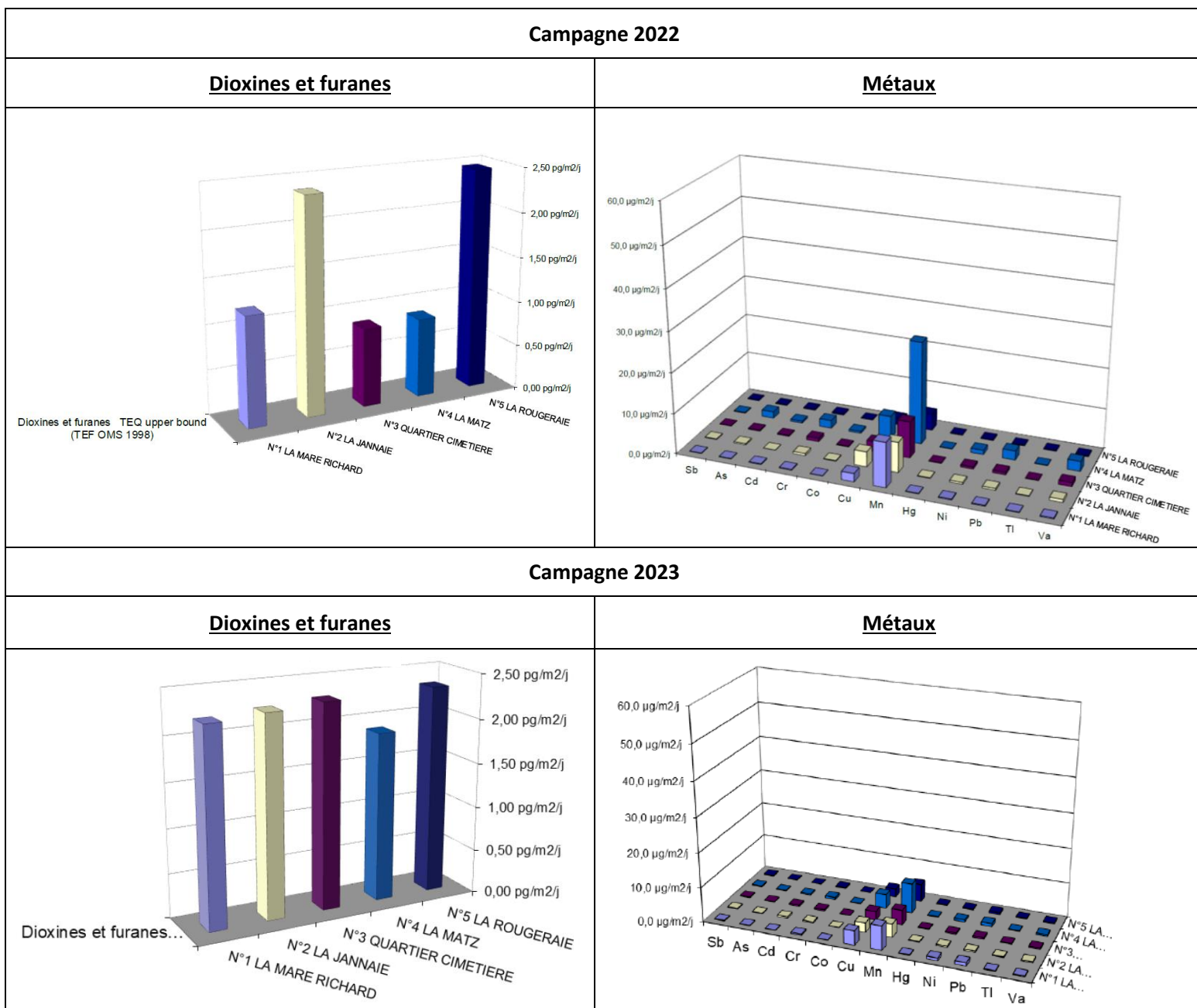


Figure 29 : synthèse des résultats d'autosurveillance en dioxines et furanes et métaux des campagnes 2022 et 2023 (IDEX Environnement)



Des prélèvements dans les sols ont été réalisés sur les mêmes points de mesures afin de mesurer les éléments Traces Métalliques (ETM) et les dioxines/furanes (PCDD/F).

Les substances mesurées sont synthétisées dans le Tableau 34.

Les mesures annuelles d'autosurveillance par jauges Owen permettent de connaître les retombées atmosphériques autour du site.

Il est nécessaire dans le cadre de l'IEM de disposer de mesures dans l'air et dans les sols pour les substances traceurs de risques de l'activité des UVE afin d'évaluer la compatibilité des milieux.

Compte tenu des résultats obtenus, il n'est pas nécessaire de modifier la méthodologie actuellement appliquée pour l'autosurveillance autour de l'UVE de Taden.

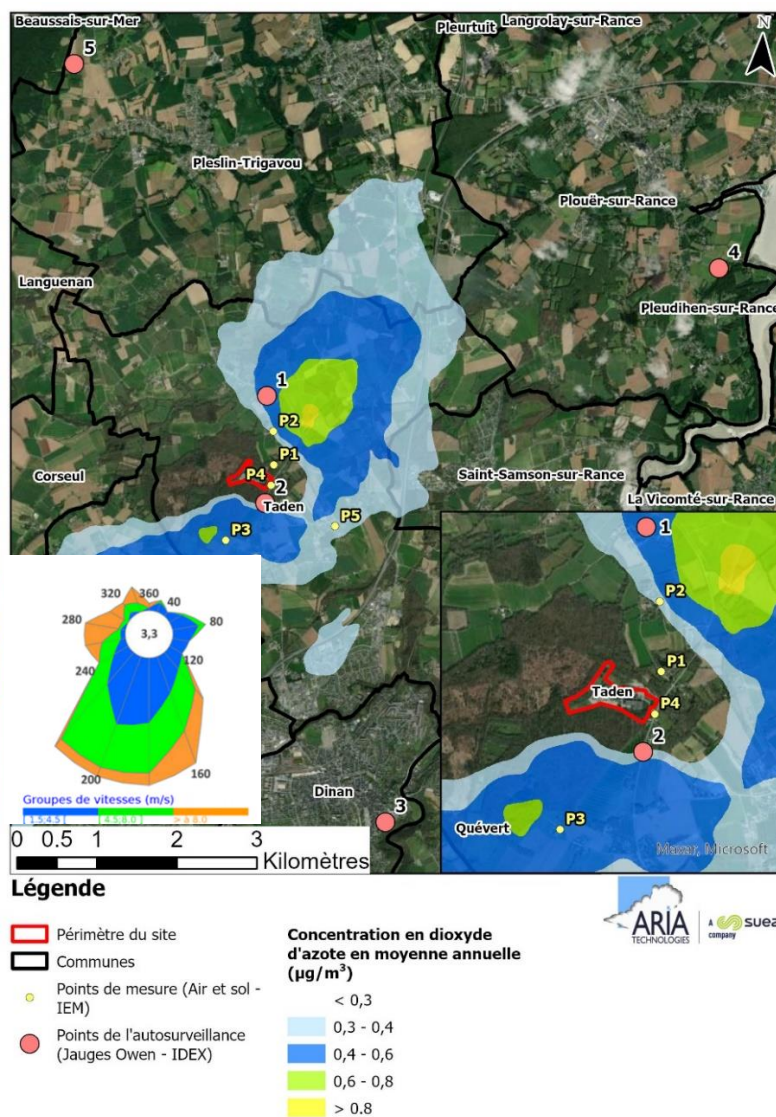


Tableau 34 : synthèse des substances mesurées (IEM)

Milieu d'exposition	Point	Commune	Substances mesurées	Autres substances
Air ambiant	P1 : riverain nord-est	Taden	NO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> , acide chlorhydrique, acide fluorhydrique	PM10 (passif)
	P2 : riverain nord			PM10 (passif)
	P3 : riverain sud-ouest			PM10 (passif)
	P4 : riverain limite est du site			PM10 (passif)
	P5 : riverain hors des vents dominants			PM10 (passif)
Sols	P1 : riverain nord-est	Taden	12 ETM*, 17 PCDD/F	-
	P2 : riverain nord			-
	P3 : riverain sud-ouest			-
	P4 : riverain limite est du site			-
	P5 : riverain hors des vents dominants			-

\* ETM = Eléments Traces Métalliques : Sb, As, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Hg, Ni, Pb, Tl, V

Figure 30 : localisation des points de mesures de la campagne de mesure in-situ (IEM) et de l'autosurveillance



## 7.3 ETAT DU MILIEU AIR

### 7.3.1 Concentrations dans l'air

Au regard des substances d'intérêt retenues pour l'étude, les mesures dans l'air ont été réalisées pour les substances gazeuses et particulaires. Les résultats complets de la campagne de mesure sont présentés en annexe. Les résultats de la campagne de mesures dans l'air ambiant sont présentés dans le Tableau 35.

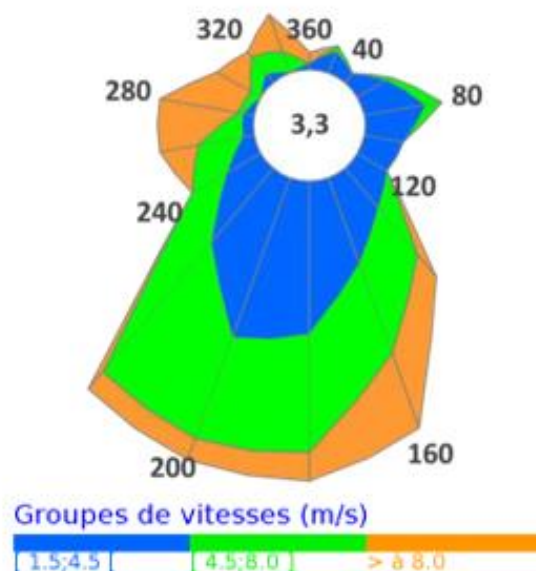
*Tableau 35 : résultats des mesures d'air ambiant*

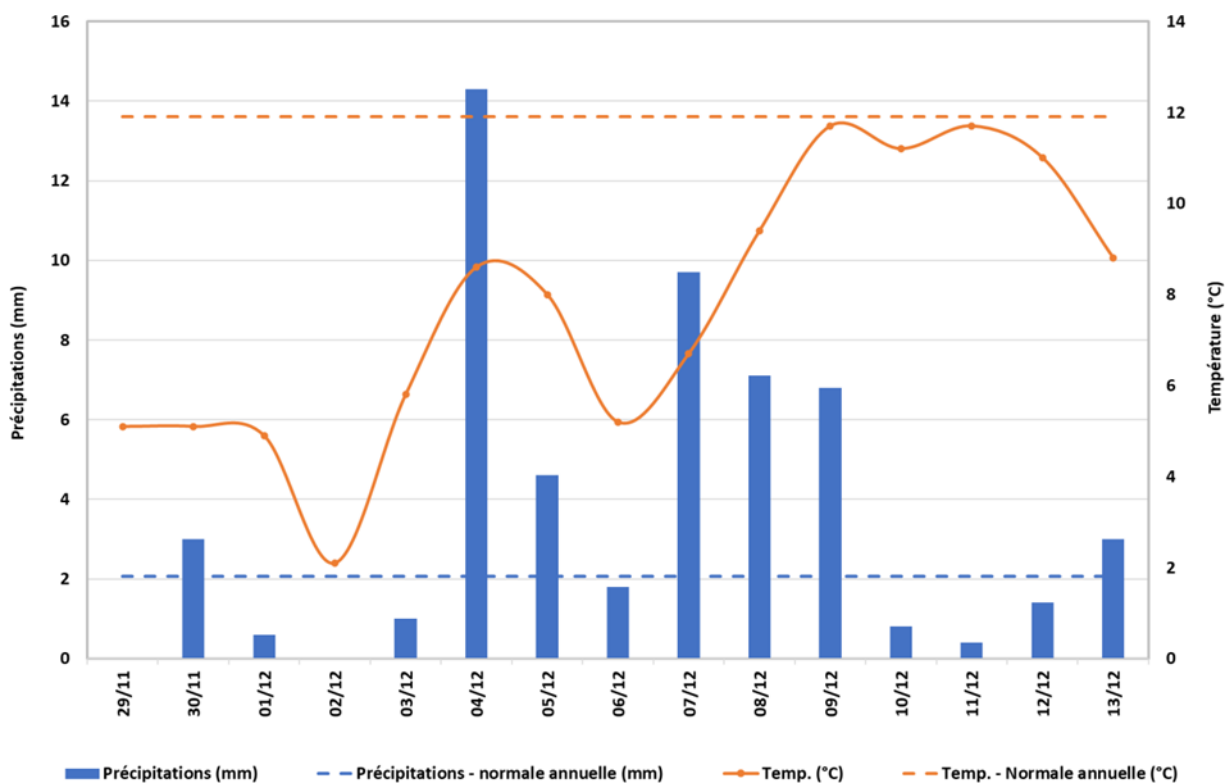
Substances	Unité	P1	P2	P3	P4	P5 (PLT)
PM <sub>10</sub>	µg/m <sup>3</sup>	-*	29,8	21,5	<b>30,8</b>	24,5
NO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	8,2	6,8	5,7	<b>11,4</b>	7,6
SO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
NH <sub>3</sub>	µg/m <sup>3</sup>	< 0,5	< 0,5	< 0,5	<b>0,7</b>	0,6
HCl	µg/m <sup>3</sup>	<b>0,53</b>	< 0,49	< 0,49	< 0,49	< 0,49
HF	µg/m <sup>3</sup>	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08

\*Les résultats ne sont pas disponibles du fait de la contamination de l'échantillon.

La Figure 31 présente les roses des vents et les précipitations pendant la campagne de mesure. Elles présentent une composante majoritaire de secteur sud. Durant la campagne de mesure, les précipitations étaient supérieures aux normales annuelles. Les concentrations les plus élevées ont été mesurées au niveau du point P4 pouvant s'expliquer notamment par la proximité du point avec l'axe routier.

*Figure 31 : conditions de vents et de précipitations pendant la campagne de mesures*





### 7.3.2 Comparaison avec l'environnement local témoin et le bruit de fond en France

Le point P5 hors des vents dominants est considéré comme point local témoin.

Le Tableau 36 présente les concentrations moyennes de polluants obtenues sur le point le plus exposé et pour l'environnement local témoin (P5) pour les substances gazeuses et les poussières.

Dans cette étape, il s'agit d'une simple comparaison des mesures avec des valeurs de pollution de fond qui peuvent être basse en zone rurale. **Une « dégradation » du milieu ne signifie pas la présence d'un problème sanitaire mais indique le besoin d'une analyse complémentaire pour l'évaluer.**

Il n'existe pas de critère numérique pour déterminer à partir de quel écart deux valeurs mesurées sont significativement différentes. De manière arbitraire, nous avons retenu une variation supérieure à 10%.

*Tableau 36 : comparaison avec l'environnement local témoin du milieu « Air » pour les substances d'intérêt*

Substances	Concentration moyenne mesurée dans l'air			Dégradation du milieu Air
	Unité	Environnement local témoin (P5)	Point le plus exposé (hors P5)	
PM <sub>10</sub>	µg/m <sup>3</sup>	24,5	30,8 (P4)	Milieu dégradé
NO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	7,6	11,4 (P4)	Milieu dégradé
SO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	< 2	< 2 (P1, P2, P3, P4)	Milieu non dégradé
NH <sub>3</sub>	µg/m <sup>3</sup>	0,6	0,7 (P4)	Milieu non dégradé
HCl	µg/m <sup>3</sup>	< 0,49	0,53 (P1)	Milieu non dégradé
HF	µg/m <sup>3</sup>	< 0,08	< 0,08 (P1, P2, P3, P4)	Milieu non dégradé



**Les résultats analytiques pour les substances d'intérêt montrent que le milieu Air est dégradé pour les substances suivantes : les particules PM<sub>10</sub> et le dioxyde d'azote.**

Conformément à la démarche préconisée par l'INERIS, il est nécessaire de comparer les résultats avec les valeurs réglementaires de gestion disponibles pour le milieu Air afin de vérifier la compatibilité avec les usages.

### 7.3.3 Comparaison aux valeurs réglementaires de gestion

Le Tableau 37 propose des valeurs réglementaires ou indicatives pour l'air ambiant, afin de les comparer aux concentrations mesurées dans l'air ambiant autour du site. Les substances n'apparaissant pas dans ce tableau ne disposent pas de valeurs réglementaires.

*Tableau 37 : synthèse des valeurs réglementaires pour l'air ambiant*

Substance	Valeur réglementaire retenue	Source
NO <sub>2</sub>	Valeur limite : 40 µg/m <sup>3</sup>	Normes françaises de qualité de l'air (Décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010)
SO <sub>2</sub>	Objectif de qualité : 50 µg/m <sup>3</sup>	
PM <sub>10</sub>	Objectif de qualité : 30 µg/m <sup>3</sup> Valeur limite : 40 µg/m <sup>3</sup>	

Le Tableau 38 présente les concentrations moyennes de polluant sur le point le plus exposé et pour l'environnement local témoin (P5) comparées aux valeurs réglementaires ou indicatives de la qualité de l'air.

*Tableau 38 : comparaison avec les valeurs réglementaires du milieu « Air »*

Substances	Unité	Concentration moyenne mesurée dans l'air		Valeur réglementaire de la qualité de l'air (VR) ou valeur guide (VG)	Comparaison aux valeurs réglementaires
		Environnement local témoin (P5)	Point le plus exposé (hors P5)		
PM <sub>10</sub>	µg/m <sup>3</sup>	24,5	30,8 (P4)	Objectif de qualité : 30 Valeur limite : 40	Mesures du même ordre que l'objectif de qualité Mesures < valeur limite
NO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	7,6	11,4 (P4)	Valeur limite : 40	Mesures < valeur limite
SO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	< 2,0	< 2 (P1, P2, P3, P4)	Objectif de qualité : 50	Mesures < obj. qualité

Sur la base des données disponibles, il apparaît que les concentrations mesurées sont inférieures aux valeurs réglementaires ou indicatives disponibles dans l'air ambiant pour toutes les substances, excepté pour les poussières PM<sub>10</sub> pour lesquelles les objectifs de qualité sont dépassés, tout en respectant les valeurs limites fixées par la réglementation française. Aucun dépassement des objectifs de qualité est observé au point local témoin.

Il n'existe pas de valeurs toxicologiques de référence pour les poussières, donc l'étude s'arrêtera à cette comparaison aux valeurs réglementaires pour les PM<sub>10</sub>.

### 7.3.4 Conclusion pour le milieu Air

Le Tableau 39 synthétise les résultats obtenus et permet de conclure sur la compatibilité du milieu Air avec les usages.

*Tableau 39 : compatibilité avec les usages pour le milieu Air*

Substances	Dégradation du milieu	Comparaison aux valeurs réglementaires	Grille IEM	Conclusion sur la compatibilité
PM <sub>10</sub>	Milieu dégradé	Mesures du même ordre que l'objectif de qualité Mesures < valeur limite	-	Milieu compatible
NO <sub>2</sub>	Milieu dégradé	Mesures < valeur limite	-	Milieu compatible
SO <sub>2</sub>	Milieu non dégradé	Mesures < obj. qualité	-	Milieu compatible
NH <sub>3</sub>	Milieu non dégradé	Pas de comparaison	-	Milieu compatible
HCl	Milieu non dégradé	Pas de comparaison	-	Milieu compatible
HF	Milieu non dégradé	Pas de comparaison	-	Milieu compatible

Le milieu Air est compatible avec les usages pour l'ensemble des substances d'intérêt.

Rappelons que les mesures tiennent compte de toutes les sources présentes autour des points de mesure (autres installations industrielles, sources agricoles, trafic routier, chauffage urbain...).

**Par conséquent, le milieu Air est compatible avec les usages au regard de toutes les substances.**

## 7.4 ETAT DU MILIEU SOL

Rappelons que les sols sont une matrice accumulatrice qui reflète l'historique des pollutions présentes et passées.

### 7.4.1 Concentrations dans les sols

Les prélèvements de sols ont été réalisés par la société Rincent Air le 29 novembre 2023 au niveau des 5 points de mesure (cf. Figure 30 page 76).

Les résultats de la campagne de mesures dans les sols sont présentés dans le Tableau 40. Les concentrations mesurées dans les sols au niveau des points les plus proches du site (P1 et P4) sont globalement inférieures à celle mesurée sur le point témoin P5. Ce point témoin P5 présente les concentrations les plus élevées pour le chrome, le cobalt, le cuivre, le nickel, le thallium et le vanadium.

Le point P5 est situé à environ 980 mètres du site hors des vents dominants. En termes de concentration dans l'air, le point P5 est bien représentatif vis-à-vis des autres points de mesures.

Pour les sols, d'après les données ASPITET (cf. Tableau 42), le point témoin P5 se situe dans les gammes de valeurs couramment observées dans les sols ordinaires pour le chrome et pour le nickel. Le vanadium est naturellement présent dans les sols à une concentration moyenne de 100 mg/kg (ATSDR, 1992)<sup>17</sup>.

Le cuivre est mesuré au niveau du point P5 dans les gammes de valeurs observées dans le cadre d'anomalies naturelles modérées (données ASPITET).

Les campagnes de mesures des retombées atmosphériques par jauges Owen réalisées par IDEX ENVIRONNEMENT montrent la présence de cuivre sur des points qui ne sont pas les plus exposées du site.

<sup>17</sup> INERIS – Portail des substances chimiques – Vanadium (dernière mise à jour le 29/03/2024)

En effet, il a été constaté la présence de manganèse et de cuivre au niveau de l'ensemble des points, y compris les points les plus éloignés du site (points 3, 4 et 5), on retrouve donc des métaux dans des zones éloignées du site à des niveaux plus élevés que les points les plus proches (points 1 et 2). Le point local témoin P5 peut être considéré comme un point témoin non exposé aux rejets du site.

Tableau 40 : concentrations mesurées dans les sols

Famille	Substances	Unité	P1	P2	P3	P4	P5 (PLT)
ETM	Antimoine	mg/kg	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
	Arsenic	mg/kg	10	120	13	6,0	16
	Cadmium	mg/kg	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
	Chrome	mg/kg	18	19	22	17	37
	Cobalt	mg/kg	4,0	6,0	7,0	3,0	7,0
	Cuivre	mg/kg	13	16	19	5,0	34
	Manganèse	mg/kg	210	330	470	69	280
	Mercure	mg/kg	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
	Nickel	mg/kg	10	9,0	14	9,0	17
	Plomb	mg/kg	14	25	42	12	13
	Thallium	mg/kg	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,0
Vanadium	mg/kg	22	26	28	22	45	
PCDD/F	PCDD/F totaux	ng/kg	6,61	< LQ	0,27	0,67	< LQ

#### 7.4.2 Comparaison avec l'environnement local témoin

Le point P5 hors des vents dominants est considéré comme point local témoin.

Le Tableau 41 présente les concentrations mesurées au niveau du point le plus exposé en comparaison avec les valeurs mesurées au niveau du point témoin (P5).

Dans cette étape, il s'agit d'une simple comparaison des mesures avec des valeurs de pollution de fond qui peuvent être basse en zone rurale. **Une « dégradation » du milieu ne signifie pas la présence d'un problème sanitaire mais indique le besoin d'une analyse complémentaire pour l'évaluer.**

Il n'existe pas de critère numérique pour déterminer à partir de quel écart deux valeurs mesurées sont significativement différentes. De manière arbitraire, nous avons retenu une variation supérieure à 10%.

Tableau 41 : comparaison avec l'environnement local témoin du milieu « Sol »

Substances	Unité	Concentration moyenne mesurée dans les sols		Dégradation du milieu Sol
		Environnement local témoin (P5)	Point le plus exposé (hors P5)	
Antimoine	mg/kg	< 1,0	< 1,0 (P1, P2, P3, P4)	Milieu non dégradé
Arsenic	mg/kg	16	13 (P3)	Milieu non dégradé
Cadmium	mg/kg	< 0,4	< 0,4 (P1, P2, P3, P4)	Milieu non dégradé
Chrome	mg/kg	37	22 (P3)	Milieu non dégradé
Cobalt	mg/kg	7,0	7,0 (P3)	Milieu non dégradé
Cuivre	mg/kg	34	19 (P3)	Milieu non dégradé
Manganèse	mg/kg	280	470 (P3)	Milieu dégradé
Mercure	mg/kg	< 0,1	< 0,1 (P1, P2, P3, P4)	Milieu non dégradé
Nickel	mg/kg	17	14 (P3)	Milieu non dégradé
Plomb	mg/kg	13	42 (P3)	Milieu dégradé
Thallium	mg/kg	1,0	< 0,5 (P1, P2, P3, P4)	Milieu non dégradé
Vanadium	mg/kg	45	28 (P3)	Milieu non dégradé
PCDD/F totaux	ng/kg	<LQ	6,61 (P1)	Milieu dégradé

Il a été constaté une anomalie pour l'arsenic au niveau du point P2. Au niveau de ce point, tous les autres métaux présentent des concentrations classiquement rencontrées dans les sols. Ces concentrations importantes en arsenic peuvent s'expliquer par une pollution locale (potentiellement liée à l'utilisation ancienne de pesticides sur les cultures et non attribuable au site compte tenu des niveaux de concentrations mesurées pour les autres métaux). De plus, il n'apparaît pas de valeurs anormales en arsenic mesurées par les jauges Owen pour l'ensemble des points de mesures (étude IDEX ENVIRONNEMENT cf. chapitre 7.2). Pour cette raison, le point P2 sera écarté dans la suite de l'IEM.

Les résultats analytiques montrent que le milieu Sol est dégradé pour le manganèse, le plomb et les dioxines vis-à-vis du point local témoin. **Rappelons qu'une « dégradation » du milieu ne signifie pas la présence d'un problème sanitaire mais indique le besoin d'une analyse complémentaire pour l'évaluer.**

Notons également que les concentrations mesurées au niveau du point local témoin considéré comme représentatif de la pollution de fond sur la zone d'étude sont parfois supérieures aux valeurs mesurées aux points les plus exposés (hors point témoin). C'est le cas pour le chrome, le cobalt, le cuivre, le nickel, le thallium et le vanadium.

Conformément à la démarche préconisée par l'INERIS, il est nécessaire de comparer les résultats avec les valeurs de gestion disponibles pour le milieu Sol afin de vérifier la compatibilité avec les usages pour le manganèse, le plomb et les dioxines.

### 7.4.3 Comparaison aux valeurs de gestion

Pour les teneurs en métaux dans les sols, il n'existe des valeurs de gestion que pour le plomb :

- Valeur d'alerte proposée par le HCSP<sup>18</sup> : 100 mg/kg pour les sols. Lorsque la concentration moyenne du sol dépasse cette valeur, le HCSP estime que 5% des enfants qui y sont exposés risquent d'avoir une plombémie dépassant le seuil de vigilance de 25 µg/L.
- Valeur devant conduire à un dépistage du saturnisme infantile : 300 mg/kg.

Ces valeurs sont reprises par l'instruction n°DGS/EA1/EA2/EA3/EA4/2016/283 du 21 septembre 2016 relative au dispositif de lutte contre le saturnisme infantile et de réduction des expositions au plomb.

Pour le manganèse, il n'existe pas de valeurs de gestion dans les sols.

*Tableau 42 : Teneurs totales en élément traces dans les sols - Gamme de valeurs « ordinaires » et d'anomalies naturelles (données ASPITET, INRA)*

Métaux et Métalloïde	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
As	1,0 à 25,0	30 à 60 (1)	60 à 284 (1)
Cr	10 à 90	90 à 150 (1)(2)(3)(4)(5)	150 à 3180 (1)(2)(3)(4)(5)(8)(9)
Cu	2 à 20	20 à 162 (1)(4)(5)(8)	65 à 160 (8)
Mn	-	-	-
Ni	2 à 60	60 à 130 (1)(3)(4)(5)	130 à 2076 (1)(4)(5)(8)(9)
Pb	9 à 50	60 à 90 (1)(2)(3)(4)	100 à 10180 (1)(3)

(1) zones de "métallotectes" à fortes minéralisations (à plomb, zinc, barytine, fluor, pyrite, antimoine) au contact entre bassins sédimentaires et massifs cristallins. Notamment roches liasiques et sols associés de la bordure nord et nord-est du Morvan (Yonne, Côte d'Or).

(2) sols argileux développés sur certains calcaires durs du Jurassique moyen et supérieur (Bourgogne, Jura).

(3) paléosols ferrallitiques du Poitou ("terres rouges").

<sup>18</sup> Haut Conseil de la Santé Publique : Expositions au plomb : détermination de nouveaux objectifs de gestion. Juin 2014.

- (4) sols développés dans des "argiles à chailles" (Nièvre, Yonne, Indre).
- (5) sols limono-sableux du Pays de Gex (Ain) et du Plateau Suisse.
- (8) sols d'altération d'amphibolites (région de La Châtre - Indre).
- (9) matériaux d'altération d'amphibolites (région de La Châtre - Indre).

Pour les dioxines/furanes, il n'existe pas de valeurs réglementaires dans les sols. Les résultats peuvent être comparés aux teneurs dans les sols correspondant aux données RMQS<sup>19</sup> (Tableau 43).

*Tableau 43 : Teneurs dans les sols en PCDD/F (Données RMQS, source INRA INFOSOL)*

Substance	unité	Concentrations dans les sols (premier décile-centile 99)
PCDD/F (TEQ OMS 2005)	ng/kg	1,41 – 11,87

Le Tableau 44 présente la comparaison des mesures réalisées sur la zone d'étude avec la gamme de valeurs des sols « ordinaires » ASPITET-INRA pour les métaux, avec les valeurs RMQS pour les dioxines.

*Tableau 44 : comparaison avec les valeurs de gestion pour le milieu Sol*

Traceurs de risque pour le milieu SOL	Unité	Concentrations mesurées dans les sols		Valeur de gestion	Valeur ASPITET – sols "ordinaires" ou RMQS	Comparaison aux valeurs de gestion
		Environnement local témoin (P5)	Point le plus exposé (hors P5)			
Manganèse	mg/kg	280	470 (P3)	-	-	Pas de comparaison
Plomb	mg/kg	13	42 (P3)	Valeur d'alerte : 100	9 - 50	Mesures (PLT) < seuil d'alerte
				Dépistage : 300		Mesures < seuil de dépistage
PCDD/F	ng/kg	<LQ	6,61 (P1)	-	1,41 – 11,87	Mesures comprises dans la gamme de valeurs

Sur la base des données disponibles, il apparaît que les concentrations mesurées dans les sols pour le plomb et les dioxines sont inférieures aux valeurs de gestion ou RMQS. **Par conséquent, le milieu « Sol » est compatible avec les usages au regard de ces substances.**

Compte tenu de l'absence de valeurs de gestion pour le manganèse, **il est nécessaire de poursuivre la démarche d'interprétation des milieux par la réalisation d'une grille IEM pour ces substances.**

#### 7.4.4 Grille de calcul IEM

La grille de calcul IEM pour le milieu Sol est réalisée pour le manganèse.

La voie d'exposition concernée pour le milieu « Sol » est la voie par ingestion :

- **Ingestion directe** par le biais d'ingestion de poussières (mains, objets ou aliments souillés par de la terre et portés à la bouche). Des études expérimentales ont en effet permis d'estimer la part de poussières et de sols ingérés par les personnes exposées pour différentes tranches de la vie. Il est

<sup>19</sup> « GUIDE POUR LA DÉTERMINATION DES VALEURS DE FONDS DANS LES SOLS – ECHELLE D'UN SITE », Pour une connaissance de la qualité chimique habituelle des sols, ADEME, nov. 2018.

montré que les enfants, de par leurs jeux et comportements, ingèrent de plus grandes quantités de terre que les adultes (sol → homme).

- **Ingestion indirecte** par le transfert de contaminants au travers de la chaîne alimentaire. Cette voie concerne les composés susceptibles de se redéposer et qui ont de plus un caractère bio-cumulatif, c'est-à-dire qui ont la possibilité de s'accumuler sans être dégradés dans les végétaux et animaux :
  - sol → végétaux → homme ;
  - sol → céréales → volaille → (œuf →) homme).

La démarche de l'IEM conduit dans un premier temps à évaluer les risques théoriques liés à **l'ingestion directe de sol**.

Les Valeurs Toxicologiques de Référence par ingestion pour les effets chroniques à seuil sont présentées pour les substances citées précédemment dans le Tableau 45.

Les valeurs relatives aux quantités de sol ingérées par un adulte sont celles proposées par l'InVS et l'INERIS en 2012 à savoir 50 mg/j.

*Tableau 45 : valeurs toxicologiques de référence retenues pour les effets chroniques à seuil par ingestion*

Substance	Voie d'exposition	VTR (mg/kg/j)	Référence	Année de révision	Justification du choix
Manganèse	Ingestion	0.055	INSPQ	2017	Choix ANSES 2019

Le Tableau 46 présente le calcul des quotients de danger (QD) calculés à partir des concentrations maximales mesurées dans le milieu Sol, et des Valeurs Toxicologiques de référence par ingestion.

*Tableau 46 : grille de calcul IEM – milieu Sol – valeurs mesurées maximales*

Voie d'exposition unique : Ingestion directe de sol										
Facteurs de l'équation :	Cs	Qs	P	F	T	Tm	VTR		Risque	
Cette grille de calcul de l'IEM ne doit pas être utilisée pour fixer des objectifs de réhabilitation	Concentration de la substance dans le sol	Quantité journalière de sol ingérée	Poids corporel de l'individu	Fréquence d'exposition (nombre annuel d'heures ou de jours d'exposition ramené au nombre total annuel d'heures ou de jours)	Durée d'exposition théorique	Période de temps sur laquelle est moyennée l'exposition (substance sans seuil d'effet : Tm est assimilé à la durée de la vie entière, prise conventionnellement égale à 70 ans)	VTR (seuil d'effet)	VTR (sans seuil d'effet)	Quotient de Danger (QD)	Excès de Risque individuel (ERI)
	mg/kg sec	mg/j	kg	-	année	année	mg/kg/j	(mg/kg/j) <sup>-1</sup>	-	-
	Mesures terrains	Données issues de bases de données				Données issues de bases de données		Résultats		
	ETM									
<b>Manganèse</b>										
Enfant (< 6 ans)	470	91	15	1	6	70	0,055	-	0,5E-01	-
Adulte (> 17 ans)	470	50	62,5	1	70	70	0,055	-	0,1E-01	-
							<i>Milieu compatible</i>		< 0,2	< 1E-06
							<i>Milieu vulnérable</i>		0,2 - 5	1E-06 - 1E-04
							<i>Milieu incompatible</i>		> 5	> 1E-04

Les quotients de danger calculés à partir des concentrations maximales sont inférieurs à 0,2, seuil fixé pour la compatibilité du milieu pour le manganèse.



### 7.4.5 Conclusion pour le milieu Sol

Le Tableau 47 synthétise les résultats obtenus pour les concentrations dans les sols et permet de conclure sur la compatibilité du milieu Sol avec les usages.

*Tableau 47 : compatibilité avec les usages pour le milieu Sols*

Substances	Dégradation du milieu	Comparaison aux valeurs de bruit de fond	Grille IEM	Conclusion sur la compatibilité
Antimoine	Milieu non dégradé	nc	-	Milieu compatible
Arsenic	Milieu non dégradé	nc	-	Milieu compatible
Cadmium	Milieu non dégradé	nc	-	Milieu compatible
Chrome	Milieu non dégradé	nc	-	Milieu compatible
Cobalt	Milieu non dégradé	nc	-	Milieu compatible
Cuivre	Milieu non dégradé	nc	-	Milieu compatible
Manganèse	Milieu dégradé	Pas de comparaison possible	QD < 0,2	Milieu compatible
Mercur	Milieu non dégradé	Mesures comprises dans la gamme de valeurs	-	Milieu compatible
Nickel	Milieu non dégradé	nc	-	Milieu compatible
Plomb	Milieu dégradé	Mesures (PLT) < seuil d'alerte Mesures < seuil de dépistage	-	Milieu compatible
Thallium	Milieu non dégradé	nc	-	Milieu compatible
Vanadium	Milieu non dégradé	nc	-	Milieu compatible
PCDD/F	Pas de comparaison	Mesures comprises dans la gamme de valeurs	-	Milieu compatible

\*nc : non concerné car milieu non dégradé

**Par conséquent, l'état du milieu Sol est jugé compatible avec les usages.**

Le chrome, le cuivre et le vanadium sont jugés compatibles avec les usages, des sources locales pourraient expliquer les concentrations plus élevées mesurées sur le point local témoin (P5) que sur ceux à proximité du site.

En effet, les campagnes de mesures des retombées atmosphériques par jauges Owen réalisées par IDEX ENVIRONNEMENT montrent la présence de manganèse et de cuivre au niveau de l'ensemble des points, y compris les points les plus éloignés du site (points 3, 4 et 5). Le point local témoin P5 peut être considéré comme un point témoin non exposé aux rejets du site.

Il a été constaté une anomalie pour l'arsenic au niveau du point P2. Au niveau de ce point, tous les autres métaux présentent des concentrations classiquement rencontrées dans les sols. Ces concentrations importantes en arsenic peuvent s'expliquer par une pollution locale (potentiellement liée à l'utilisation ancienne de pesticides sur les cultures et non attribuable au site compte tenu des niveaux de concentrations mesurées pour les autres métaux). De plus, il n'apparaît pas de valeurs anormales en arsenic mesurées par les jauges Owen pour l'ensemble des points de mesures (étude IDEX ENVIRONNEMENT cf. chapitre 7.2). Pour cette raison, le point P2 a été écarté dans l'IEM.

Rappelons que les mesures tiennent compte de toutes les sources présentes autour des points de mesure (autres installations industrielles, sources agricoles, trafic routier, chauffage urbain...).

## 7.5 CONCLUSION SUR L'INTERPRETATION DE L'ETAT DES MILIEUX

### Milieu Air

Le milieu Air est compatible avec les usages pour l'ensemble des substances d'intérêt.

### Milieu Sol

Le milieu Sol est compatible avec les usages.

Le chrome, le cuivre et le vanadium sont jugés compatibles avec les usages, des sources locales pourraient expliquer les concentrations plus élevées mesurées sur le point local témoin (P5) que sur ceux à proximité du site.

En effet, les campagnes de mesures des retombées atmosphériques par jauges Owen réalisées par IDEX ENVIRONNEMENT montrent la présence de manganèse et de cuivre au niveau de l'ensemble des points, y compris les points les plus éloignés du site (points 3, 4 et 5). Le point local témoin P5 peut être considéré comme un point témoin non exposé aux rejets du site.

Il a été constaté une anomalie pour l'arsenic au niveau du point P2. Au niveau de ce point, tous les autres métaux présentent des concentrations classiquement rencontrées dans les sols. Ces concentrations importantes en arsenic peuvent s'expliquer par une pollution locale (potentiellement liée à l'utilisation ancienne de pesticides sur les cultures et non attribuable au site compte tenu des niveaux de concentrations mesurées pour les autres métaux). De plus, il n'apparaît pas de valeurs anormales en arsenic mesurées par les jauges Owen pour l'ensemble des points de mesures (étude IDEX ENVIRONNEMENT cf. chapitre 7.2). Pour cette raison, le point P2 a été écarté dans l'IEM.

**En conclusion, les milieux Air et Sols sont compatibles avec les usages pour l'ensemble des traceurs de risques.**

### Evolution des émissions du site :

Les émissions dans l'air du site vont évoluer du fait de la mise en place de nouvelles installations.

**C'est pourquoi, conformément au guide méthodologique de l'INERIS, une évaluation prospective des risques sanitaires liés aux rejets atmosphériques du projet est nécessaire afin d'évaluer les risques pour les populations, notamment en intégrant l'exposition par ingestion du fait des retombées atmosphériques (transfert vers la chaîne alimentaire).**

## 8. EVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES

### 8.1 EVALUATION DE L'EXPOSITION HUMAINE

L'étude de dispersion (cf. paragraphe 6) a permis d'estimer les concentrations dans l'air et les dépôts au sol imputables au site. Ces résultats serviront dans le cadre de cette étude pour estimer les expositions des populations vivant autour du site.

#### 8.1.1 Voies d'exposition

Compte tenu des rejets des installations du site, des usages et des populations avoisinantes, les voies d'exposition retenues sont les suivantes (cf. paragraphe 4) :

- l'inhalation ;
- l'ingestion :
  - de sol (ingestion directe) ;
  - de viande, volailles, œufs, lait, produits laitiers, de fruits et légumes (ingestion indirecte).

L'évaluation de l'exposition humaine est réalisée pour un scénario d'exposition appelé scénario Habitant « Majorant ». Les valeurs retenues pour l'estimation des doses d'exposition correspondent aux concentrations et dépôts estimés par la modélisation au niveau du point d'intérêt le plus exposé. Il s'agit du point 6, zone habitée la plus exposée. A noter que les concentrations enregistrées au niveau des autres points d'intérêt, en particulier au niveau des deux écoles (points 7 et 8), sont plus faibles. Le scénario d'exposition retenu est un scénario d'exposition majorant.

L'étude porte sur des expositions chroniques, c'est-à-dire des expositions récurrentes ou continues pendant plusieurs années. Par conséquent, **la durée de résidence choisie est de 30 ans**, ce qui correspond au 90<sup>ème</sup> percentile des durées de résidence en France (Nedellec<sup>20</sup> 1998), sans changer d'adresse. Cette durée de résidence est préconisée par l'INERIS et par l'observatoire des pratiques de l'évaluation des risques sanitaires dans les études d'impact<sup>21</sup>. Il peut exister des variations locales à ce chiffre. Par ailleurs, ce chiffre ne rend pas compte des personnes qui déménagent dans la même commune et qui restent donc exposées.

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

---

<sup>20</sup> Nedellec V., D. Courgeau et P. Empereur-Bissonnet, La durée de résidence des français et l'évaluation des risques liés aux sols pollués, *Energie Santé*, 9, 503-515, 1998.

<sup>21</sup> [http://www.sante.gouv.fr/htm/dossiers/etud\\_impact/index.htm](http://www.sante.gouv.fr/htm/dossiers/etud_impact/index.htm)

*Tableau 48 : récapitulatif du scénario retenu*

SCENARIO	HABITANT « MAJORANT »
Individu	Adulte (plus de 18 ans) Enfant (6 classes d'âge)
Durée d'exposition	100 % du temps (7J/7, 365 jours/an) pendant 30 ans
Valeur retenue pour l'exposition par inhalation	Concentration au niveau de la zone habitée la plus exposée (point cible n°6 habitation 6 située au sud du site)
Valeur retenue pour l'exposition par ingestion	<b>Ingestion directe</b> Dépôts au niveau de la zone habitée la plus exposée (point cible n°1 ou n°6 : habitation 1 située à l'est du site et habitation 6 située au sud, selon les substances) <b>Ingestion indirecte</b> Dépôts au niveau de la zone habitée la plus exposée (point cible n°1 ou n°6 : habitation 1 située à l'est du site et habitation 6 située au sud, selon les substances)

Le Tableau 49 rappelle les valeurs de concentrations et de dépôts au sol retenus pour le scénario d'exposition, valeurs qui seront utilisées pour le calcul des doses d'exposition par inhalation et par ingestion.

*Tableau 49 : concentrations et dépôts retenus pour le scénario d'exposition retenu*

SCENARIO HABITANT MAJORANT			
Concentrations en moyenne annuelle (exposition chronique par inhalation)			
NOX	µg/m <sup>3</sup>	5.2E-01	Point 6
SO2	µg/m <sup>3</sup>	3.3E-01	Point 6
PM10	µg/m <sup>3</sup>	3.6E-02	Point 6
PM2.5	µg/m <sup>3</sup>	3.3E-02	Point 6
HCL	µg/m <sup>3</sup>	5.2E-02	Point 6
Antimoine	µg/m <sup>3</sup>	5.0E-07	Point 6
Arsenic	µg/m <sup>3</sup>	1.1E-06	Point 6
Cadmium	µg/m <sup>3</sup>	3.4E-04	Point 6
Chrome	µg/m <sup>3</sup>	3.8E-05	Point 6
Cuivre	µg/m <sup>3</sup>	7.5E-04	Point 6
Manganèse	µg/m <sup>3</sup>	2.1E-03	Point 6
Mercuré	µg/m <sup>3</sup>	3.3E-04	Point 6
Nickel	µg/m <sup>3</sup>	2.4E-04	Point 6
Plomb	µg/m <sup>3</sup>	1.9E-04	Point 6
Vanadium	µg/m <sup>3</sup>	5.0E-07	Point 6
PCDD/F	µg/m <sup>3</sup>	6.5E-10	Point 6
Dépôts totaux au sol (exposition chronique par ingestion)			
PM10	µg/m <sup>2</sup> /s	1.8E-03	Point 1
PM2.5	µg/m <sup>2</sup> /s	3.8E-04	Point 1
Antimoine	µg/m <sup>2</sup> /s	3.6E-09	Point 1
Arsenic	µg/m <sup>2</sup> /s	7.8E-09	Point 1
Cadmium	µg/m <sup>2</sup> /s	3.3E-06	Point 1

SCENARIO HABITANT MAJORANT			
Chrome	µg/m <sup>2</sup> /s	2.7E-07	Point 1
Cuivre	µg/m <sup>2</sup> /s	5.3E-06	Point 1
Manganèse	µg/m <sup>2</sup> /s	1.5E-05	Point 6
Mercure	µg/m <sup>2</sup> /s	1.7E-06	Point 1
Nickel	µg/m <sup>2</sup> /s	1.7E-06	Point 1
Plomb	µg/m <sup>2</sup> /s	8.7E-07	Point 1
Vanadium	µg/m <sup>2</sup> /s	3.6E-09	Point 1
PCDD/F	µg/m <sup>2</sup> /s	9.5E-13	Point 1

## 8.1.2 Exposition par inhalation

### 8.1.2.1 Calcul des concentrations moyennes inhalées

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

$$CI = \frac{\sum Ci \times ti}{T}$$

Avec :

CI : concentration moyenne inhalée (µg/m<sup>3</sup>)

Ci : concentration de polluant dans l'air au lieu i (µg/m<sup>3</sup>)

ti/T : Fraction du temps d'exposition à la concentration Ci

Pour les populations résidentes et les enfants, en l'absence de données sur le temps passé par les enfants et les résidents sur la zone d'étude et en dehors, et en l'absence aussi de données sur les concentrations d'exposition des personnes pendant le temps passé en dehors du domaine d'étude, il est posé l'hypothèse majorante que les enfants et les résidents séjournent **24 heures sur 24, 7 jours sur 7 et 365 jours par an** sur la zone d'étude (ti/T=1). Il n'est pas tenu compte de la protection apportée par les habitations vis-à-vis de l'exposition.

Le Tableau 50 présente les concentrations moyennes inhalées (CI) calculées pour le scénario d'exposition retenu.

*Tableau 50 : concentrations moyennes inhalées (CI)*

Substance	Unité	SCENARIO HABITANT MAJORANT
NOX	µg/m <sup>3</sup>	5.2E-01
SO2	µg/m <sup>3</sup>	3.3E-01
PM10	µg/m <sup>3</sup>	3.6E-02
PM2.5	µg/m <sup>3</sup>	3.3E-02
HCL	µg/m <sup>3</sup>	5.2E-02
Antimoine	µg/m <sup>3</sup>	5.0E-07
Arsenic	µg/m <sup>3</sup>	1.1E-06
Cadmium	µg/m <sup>3</sup>	3.4E-04
Chrome	µg/m <sup>3</sup>	3.8E-05
Cuivre	µg/m <sup>3</sup>	7.5E-04



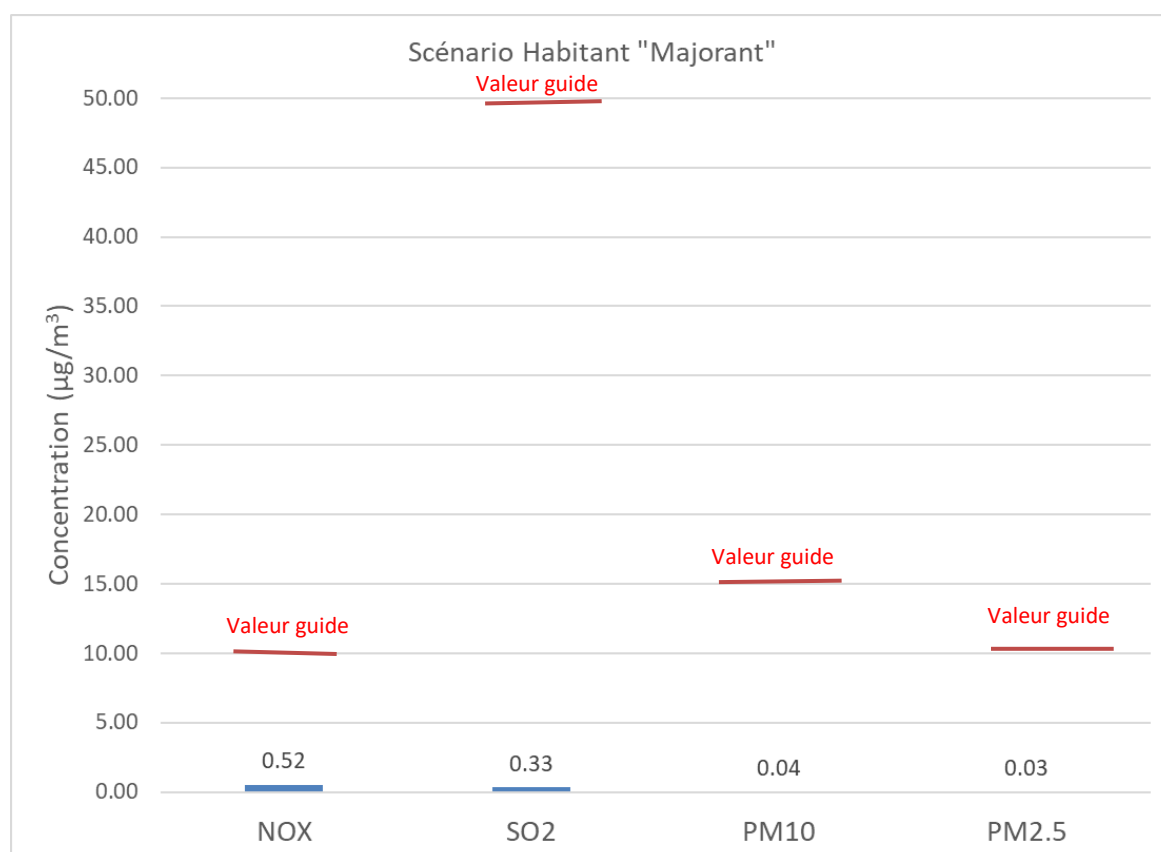
Substance	Unité	SCENARIO HABITANT MAJORANT
Manganèse	µg/m <sup>3</sup>	2.1E-03
Mercure	µg/m <sup>3</sup>	3.3E-04
Nickel	µg/m <sup>3</sup>	2.4E-04
Plomb	µg/m <sup>3</sup>	1.9E-04
Vanadium	µg/m <sup>3</sup>	5.0E-07
PCDD/F	µg/m <sup>3</sup>	6.5E-10

### 8.1.2.2 Comparaison des concentrations aux valeurs guides OMS

Les NO<sub>x</sub> (assimilés au NO<sub>2</sub>), le SO<sub>2</sub> et les poussières (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub><sup>22</sup>) ne disposent pas de valeur de référence applicable mais des valeurs guides ont été fixées par l'Organisation Mondiale de la Santé (septembre 2021) pour évaluer l'impact des émissions sur la qualité de l'air et la santé des populations exposées. Pour ces substances, les concentrations modélisées seront simplement comparées aux valeurs guides conformément à la note d'information de la DGS d'octobre 2014.

La Figure 32 présente les concentrations moyennes inhalées (CI) estimées pour le scénario d'exposition retenu en comparaison avec les valeurs guides de l'OMS. **Pour le scénario étudié, les concentrations inhalées sont inférieures aux recommandations de l'OMS.**

Figure 32 : comparaison avec les valeurs guides de l'OMS – risques chroniques



<sup>22</sup> Une VTR a été publiée pour les PM<sub>2.5</sub> par l'ANSES en janvier 2023. Ce cas particulier est traité au paragraphe 0

### 8.1.3 Exposition par ingestion

Il existe pour certains éléments comme les métaux une possibilité d'exposition par ingestion liée aux retombées atmosphériques. Il convient de distinguer deux voies d'exposition potentielles par ingestion :

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

#### 8.1.3.1 Cibles retenues

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

- classe 1 : de 0 à 1 an,
- classe 2 : de 1 à 3 ans,
- classe 3 : de 3 à 6 ans,
- classe 4 : de 6 à 11 ans,
- classe 5 : de 11 à 15 ans,
- classe 6 : de 15 à 18 ans,
- classe 7 : les plus de 18 ans.

Chaque classe d'âge inclut la borne inférieure et exclut la borne supérieure.

#### 8.1.3.2 Voies d'exposition par ingestion

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

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

Ainsi, l'exposition par ingestion et en particulier par ingestion indirecte a été estimée en effectuant un calcul à partir d'équations simples qui permet une estimation sommaire de l'apport lié à l'ingestion de légumes et fruits d'origine locale (EPA, HHRAP)<sup>23</sup>.

La méthodologie utilisée pour déterminer les concentrations dans les milieux d'exposition est détaillée en Annexe 4.

---

<sup>23</sup> EPA. Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion facilities. July 1998. EPA530-D-98-001A.

### 8.1.3.3 Calcul des doses d'exposition par voie digestive

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

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

Avec :

- DJE : Dose Journalière d'Exposition totale (mg/kg poids corporel/jour)
- $C_i$  : concentration en polluant dans l'aliment i (mg/kg)  
 i correspondant au sol (terre ingérée), aux légumes-feuilles, aux légumes-fruits, aux légumes-racines, aux fruits, à la viande de volaille, aux œufs, aux autres viandes et aux produits laitiers.
- $Q_i$  : quantité de l'aliment i ingérée (kg/jour)
- $f_i$  : fraction d'aliment i provenant de la zone d'exposition (-)
- P : masse corporelle de la cible (kg)

Les concentrations  $C_i$  dans l'aliment i sont calculées suivant les méthodologies présentées au paragraphe en Annexe 4.

Les Doses Journalières d'Exposition sont calculées en prenant comme hypothèses les valeurs de poids corporel, de consommations journalières et de taux d'autoconsommation préconisées par l'INERIS<sup>24</sup> et utilisées dans le logiciel MODUL'ERS pour chaque catégorie d'âge (cf. Tableau 51).

*Tableau 51 : paramètres relatifs aux différentes catégories d'âge (données INERIS)*

	Classe 1 : de 0 à 1 an	Classe 2 : de 1 à 3 ans	Classe 3 : de 3 à 6 ans	Classe 4 : de 6 à 11 ans	Classe 5 : de 11 à 15 ans	Classe 6 : de 15 à 18 ans	Classe 7 : les plus de 18 ans
<b>Poids (kg)</b>	7,6	12,4	17,8	28,7	47,2	60	70,4
<b>Consommation de terre</b>							
<b>Quantité de terre ingérée (mg/j)</b>	30	50	50	50	20	20	20
<b>Consommation de légumes et fruits</b>							
<b>Quantité de fruit ingérée (g/j)</b>	16	53	90	90	83	82	160
<b>Quantité de tubercules ingérée (g/j)</b>	18	52	46	46	58	60	58
<b>Quantité de légume racine ingérée (g/j)</b>	15	26	7	7	9	9	12
<b>Quantité de légume feuille ingérée (g/j)</b>	7	22	8	10	12	12	24
<b>Quantité de légume fruit ingérée (g/j)</b>	11	40	66	64	70	72	110
<b>Consommation de produits d'origine animale</b>							
<b>Quantité de bœuf ingérée (g/j)</b>	8,9	31,0	32,0	32,0	39,0	39,0	47,0
<b>Quantité de porc ingérée (g/j)</b>	0,3	22,0	25,0	25,0	32,0	34,0	40,0
<b>Quantité de viande de volaille ingérée (g/j)</b>	2,4	1,1	1,7	1,7	2,3	2,5	3,2
<b>Quantité de produits laitiers ingérée (g/j)</b>	0,1	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
<b>Quantité d'œufs ingérée (g/j)</b>	1,8	11,0	10,0	10,0	10,0	11,0	15,0
<b>Consommation de lait maternel</b>							
<b>Quantité de lait maternel (l/j)</b>	0,7	-	-	-	-	-	-

<sup>24</sup> Rapport INERIS-DRC-14-141968-11173C (juin 2017) – Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel MODUL'ERS.

*Tableau 52 : fraction d'aliments auto-produits dans la zone d'étude (données INERIS)*

<b>Catégories d'aliments</b>	<b>Fraction d'aliments auto-produits</b>
<b>Sol</b>	1
<b>Fruits</b>	0,20
<b>Tubercules</b>	0,45
<b>Légume racine</b>	0,45
<b>Légume feuille</b>	0,50
<b>Légume fruit</b>	0,55
<b>Viande de bœuf</b>	0,03
<b>Viande de porc</b>	0,04
<b>Viande de volaille</b>	0,11
<b>Œufs</b>	0,15
<b>Lait et produits laitiers</b>	0,04

Les Doses Journalières d'Exposition ainsi calculées pour les substances traceurs de risques présentant un risque par ingestion sont présentées dans le Tableau 53.

*Tableau 53 : Dose Journalière d'Exposition totale pour chaque tranche d'âge – scénario habitant majorant*

En mg/kg/jour	Antimoine	Arsenic	Cadmium	Chrome total <sup>25</sup>	Cuivre	Manganèse	Méthylmercure	Nickel	Plomb	Vanadium	2,3,7,8 dioxines
<b>DJE Classe 1 : de 0 à 1 an</b>	1.6E-09	3.1E-09	1.8E-06	1.3E-07	7.0E-06	1.2E-05	1.1E-07	8.3E-07	4.6E-07	1.6E-09	2.1E-12
<b>DJE Classe 2 : de 1 à 3 ans</b>	2.1E-09	4.0E-09	2.5E-06	1.9E-07	1.2E-05	1.9E-05	1.8E-07	1.3E-06	8.2E-07	2.3E-09	6.0E-12
<b>DJE Classe 3 : de 3 à 6 ans</b>	1.4E-09	2.6E-09	1.7E-06	1.2E-07	8.2E-06	1.5E-05	1.0E-07	8.0E-07	5.9E-07	1.5E-09	3.7E-12
<b>DJE Classe 4 : de 6 à 11 ans</b>	8.7E-10	1.7E-09	1.1E-06	7.4E-08	5.1E-06	9.3E-06	6.4E-08	5.0E-07	3.7E-07	9.4E-10	2.3E-12
<b>DJE Classe 5 : de 11 à 15 ans</b>	3.8E-10	6.7E-10	5.5E-07	3.3E-08	3.1E-06	5.2E-06	4.1E-08	2.3E-07	2.1E-07	4.2E-10	1.4E-12
<b>DJE Classe 6 : de 15 à 18 ans</b>	3.0E-10	5.3E-10	4.3E-07	2.5E-08	2.5E-06	4.2E-06	3.3E-08	1.8E-07	1.7E-07	3.3E-10	1.1E-12
<b>DJE Enfant (moyenne)</b>	<b>1.1E-09</b>	<b>2.1E-09</b>	<b>1.4E-06</b>	<b>9.4E-08</b>	<b>6.4E-06</b>	<b>1.1E-05</b>	<b>8.7E-08</b>	<b>6.3E-07</b>	<b>4.4E-07</b>	<b>1.2E-09</b>	<b>2.8E-12</b>
<b>DJE Classe 7 : les plus de 18 ans</b>	<b>6.7E-10</b>	<b>6.6E-10</b>	<b>5.5E-07</b>	<b>2.8E-08</b>	<b>3.0E-06</b>	<b>5.5E-06</b>	<b>3.9E-08</b>	<b>2.1E-07</b>	<b>2.0E-07</b>	<b>4.0E-10</b>	<b>1.3E-12</b>
<b>DJE pondérée sur 30 ans</b>	<b>2.9E-10</b>	<b>5.5E-10</b>	<b>3.8E-07</b>	<b>2.5E-08</b>	<b>1.9E-06</b>	<b>3.3E-06</b>	<b>2.5E-08</b>	<b>1.7E-07</b>	<b>1.3E-07</b>	<b>3.2E-10</b>	<b>8.6E-13</b>

<sup>25</sup> Chrome total assimilé au Cr III (cf.p36 paragraphe Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence)



## 8.2 CARACTERISATION DES RISQUES

La caractérisation des risques est la dernière étape de la démarche d'évaluation des risques sanitaires. Elle consiste à confronter les concentrations ou doses auxquelles les populations sont exposées et les valeurs toxicologiques de référence retenues.

### 8.2.1 Méthodologie

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

#### 8.2.1.1 Substances à effets à seuil

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

Le quotient de danger est donc le suivant :

$$\text{QD} = \frac{\text{Inhalation } CI}{VTR_{AS,inh}}$$

$$\text{QD} = \frac{\text{Ingestion } DJE}{VTR_{AS,ing}}$$

où :  
QD : Quotient de danger  
CI : Concentration moyenne inhalée (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )  
 $VTR_{AS,ing}$  : Valeur Toxicologique de Référence à seuil par inhalation (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )  
DJE : Dose journalière d'Exposition (en mg/kg de poids corporel/jour)  
 $VTR_{AS,inh}$  : Valeur Toxicologique de Référence à seuil par ingestion (en mg/kg/jour)

Pour l'exposition par ingestion, la DJE étant fonction des quantités ingérées, variables avec l'âge, il est calculé un QD pour chacune des tranches d'âge entre 0 et 18 ans et pour les adultes (plus de 18 ans). Dans les tableaux de résultats, les résultats de ces tranches d'âge d'enfants sont présentés sous le terme « enfants » qui est une moyenne des cinq tranches d'âge de 0 à 18 ans inclus.

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

#### 8.2.1.2 Substances à effets sans seuil

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

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

L'Excès de Risque Individuel est donc le suivant :

$$ERI = \sum \text{Inhalation} \quad CI_i \times \frac{T_i}{T_m} \times VTR_{SS,inh}$$

$$ERI = \sum \text{Ingestion} \quad DJE_i \times \frac{T_i}{T_m} \times VTR_{SS,ing}$$

où : ERI : Excès de Risque Individuel

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

$CI_i$  : Concentration inhalée pour la période d'exposition  $i$  (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

$DJE_i$  : Dose journalière d'Exposition pour la période d'exposition  $i$  (en  $\text{mg}/\text{kg}/\text{jour}$ )

$T_i$  : durée de la période d'exposition  $i$  (années)

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

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

### 8.2.1.3 Critères d'acceptabilité

Pour apprécier les résultats de la caractérisation des risques, les indicateurs de risque de chaque substance sont comparés, conformément à la circulaire du 9 août 2013 et au guide de l'INERIS 2021, aux valeurs repères suivantes :

- les QD ne doivent pas dépasser 1 ;
- les ERI ne doivent pas dépasser  $10^{-5}$ .

Ces valeurs repères (ou critères d'acceptabilité) sont utilisées par l'évaluateur pour distinguer les risques jugés « non préoccupants » des risques jugés « préoccupants » du point de vue de la santé des populations exposées.

### 8.2.1.4 Risque global

Pour tenir compte de l'exposition conjointe à plusieurs composés (exposition combinée), il est possible d'estimer le risque sanitaire global en additionnant les risques (QD ou ERI) pour tous les traceurs de risque.

**Toutefois, les critères d'acceptabilité fixés par la circulaire du 9 août 2013 et repris dans le guide INERIS 2021 s'appliquent aux résultats substance par substance, sans additionner les QD et les ERI.**

## 8.2.2 Evaluation des risques sanitaires pour les substances à seuil

Le Tableau 54 présente les Quotients de Danger (QD) calculés pour les traceurs du risque à partir des Concentrations inhalées (CI) pour le scénario Habitant Majorant (zone habitée la plus exposée) et des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) retenues. Les QD sont classés par ordre décroissant afin de hiérarchiser les substances.

*Tableau 54 : quotients de danger pour les traceurs du risque à seuil par inhalation*

Substance	Voie d'exposition	VTR ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ou $\text{mg}/\text{kg}/\text{j}$ )	Dose d'exposition (CI)		Quotient de danger (QD)	
			Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
<b>Mercur</b>	Inhalation	0.03	3.3E-04		1.1E-02	
<b>HCl</b>	Inhalation	9	5.2E-02		5.8E-03	
<b>Manganèse</b>	Inhalation (Effets cancérigènes)	0.3	2.1E-03		7.1E-03	
<b>Cadmium</b>	Inhalation (Effets cancérigènes)	0.3	3.4E-04		1.1E-03	
<b>Nickel</b>	Inhalation	0.23	2.4E-04		1.0E-03	
<b>Cuivre</b>	Inhalation	1	7.5E-04		7.5E-04	
<b>Cadmium</b>	Inhalation (Effets non cancérigènes)	0.45	3.4E-04		7.4E-04	
<b>Plomb</b>	Inhalation	0.9	1.9E-04		2.1E-04	
<b>Chrome</b>	Inhalation (Cr VI)	0.03	3.8E-05		1.3E-03	
<b>Arsenic</b>	Inhalation	0.015	1.1E-06		7.3E-05	
<b>Dioxine</b>	Inhalation	4.0E-05	6.5E-10		1.6E-05	
<b>Antimoine</b>	Inhalation	0.3	5.0E-07		1.7E-06	
<b>Vanadium</b>	Inhalation	1	5.0E-07		5.0E-07	
<b>ERI Global</b>					2.8E-02	

Pour tous les traceurs de risque à seuil, pour une exposition par inhalation, le quotient de danger est inférieur à la valeur repère égale à 1. Le mercure (Hg) présente le quotient de danger le plus élevé avec une valeur de 0,011 dans la zone habitée la plus exposée.

Concernant les risques par ingestion, le Tableau 55 présente les Quotients de Danger (QD) calculés à partir des Doses Journalières d'Exposition (DJE) estimées pour le scénario Habitant Majorant (zone habitée la plus exposée) et des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) retenues.

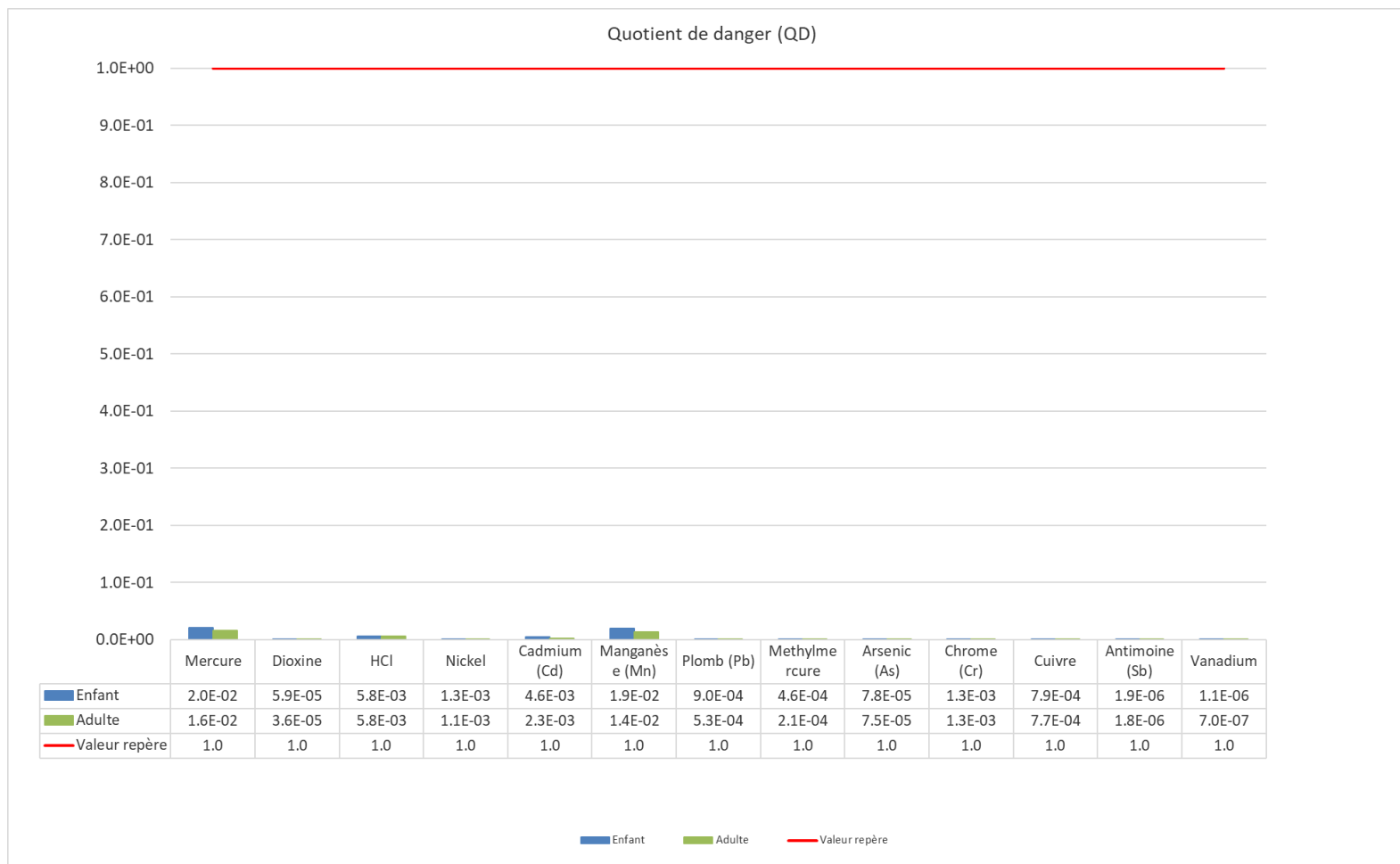
*Tableau 55 : quotients de danger pour les traceurs du risque à seuil par ingestion*

Substance	Voie d'exposition	VTR ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ou $\text{mg}/\text{kg}/\text{j}$ )	Dose Journalière d'Exposition (DJE)		Quotient de danger (QD)	
			Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
<b>Dioxine</b>	Ingestion	2.86E-10	2.8E-12	1.3E-12	9.7E-03	4.5E-03
<b>Mercure</b>	Ingestion	0.00057	5.3E-06	2.8E-06	9.3E-03	5.0E-03
<b>Cadmium (Cd)</b>	Ingestion	0.00035	1.4E-06	5.5E-07	3.9E-03	1.6E-03
<b>Plomb (Pb)</b>	Ingestion	0.00063	4.4E-07	2.0E-07	7.0E-04	3.2E-04
<b>Méthylmercure</b>	Ingestion	0.00019	8.7E-08	3.9E-08	4.6E-04	2.1E-04
<b>Nickel</b>	Ingestion	0.0028	6.3E-07	2.1E-07	2.3E-04	7.4E-05
<b>Manganèse</b>	Ingestion	0.055	1.1E-05	5.5E-06	2.0E-04	1.0E-04
<b>Cuivre</b>	Ingestion	0.15	6.4E-06	3.0E-06	4.2E-05	2.0E-05
<b>Arsenic (As)</b>	Ingestion	0.00045	2.1E-09	6.6E-10	4.6E-06	1.5E-06
<b>Chrome (Cr)</b>	Ingestion (Cr III)	0.3	9.4E-08	2.8E-08	3.1E-07	9.4E-08
<b>Vanadium</b>	Ingestion	2.00E-03	1.2E-09	4.0E-10	5.9E-07	2.0E-07
<b>Antimoine (Sb)</b>	Ingestion	0.006	1.1E-09	6.7E-10	1.8E-07	1.1E-07
<b>ERI Global</b>					2.5E-02	1.2E-02

Pour tous les traceurs de risque à seuil, pour une exposition par ingestion, le quotient de danger est très inférieur à la valeur repère égale à 1. Les dioxines présentent le quotient de danger le plus élevé avec une valeur de 0,0097 pour les enfants dans la zone habitée la plus exposée.

La Figure 33 synthétise les Quotients de Danger (QD) calculés par substance pour l'ensemble des voies d'exposition (exposition agrégée en sommant l'exposition par inhalation et par ingestion).

Figure 33 : quotients de danger par traceur du risque à seuil



Les Quotients de Danger calculés par substance sont tous très inférieurs à la valeur repère égale à 1. Toute voie d'exposition confondue, le mercure est la substance présentant le quotient de danger le plus élevé avec une valeur de 0,02.

**Les risques liés aux substances à effets à seuil induits par les rejets atmosphériques du projet peuvent être jugés « non préoccupants » selon les critères d'acceptabilité.**

### 8.2.3 Evaluation des risques sanitaires pour les substances sans seuil

Concernant les risques par inhalation, le Tableau 56 présente les Excès de Risque Individuel (ERI) calculés pour les traceurs du risque à partir des Concentrations inhalées (CI) **pour le scénario Habitant Majorant (zone habitée la plus exposée)** et des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) retenues. Les ERI sont classés par ordre décroissant afin de hiérarchiser les substances.

*Tableau 56 : excès de risque individuel pour les traceurs du risque sans seuil par inhalation*

Substances	Voie d'exposition	VTR ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ou $\text{mg}/\text{kg}/\text{j}$ )	Dose d'exposition (CI / DJE)*	Excès de Risque Individuel (ERI)
<b>Chrome VI</b>	Inhalation (Cr VI)	0.04	1.6E-05	6.5E-07
<b>Nickel</b>	Inhalation	0.00017	1.0E-04	1.7E-08
<b>Plomb</b>	Inhalation	0.000012	8.0E-05	9.6E-10
<b>Arsenic</b>	Inhalation	0.00015	4.7E-07	7.1E-11
<b>ERI Global</b>				<b>6.6E-07</b>

\*Pour les risques sans seuil, la durée d'exposition est de 30 ans (cf. paragraphe 8.2.1.2)

Pour tous les traceurs de risque sans seuil, pour une exposition par inhalation, l'Excès de Risque Individuel est inférieur à la valeur repère égale à  $1.10^{-5}$ . Le chrome VI présente l'Excès de Risque Individuel le plus élevé **par inhalation** avec une valeur de  $6,5.10^{-7}$ .

Concernant les risques par ingestion, le Tableau 57 présente les Excès de Risque Individuel (ERI) calculés à partir des Doses Journalières d'Exposition (DJE) **pour le scénario Habitant Majorant (zone habitée la plus exposée)** et des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) retenues. Les ERI sont classés par ordre décroissant afin de hiérarchiser les substances.

*Tableau 57 : excès de risque individuel pour les traceurs du risque sans seuil par ingestion*

Substances	Voie d'exposition	VTR ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ou $\text{mg}/\text{kg}/\text{j}$ )	Dose d'exposition (CI / DJE)*	Excès de Risque Individuel (ERI)
<b>Plomb</b>	Ingestion	0.0085	1.3E-07	1.1E-09
<b>Arsenic</b>	Ingestion	1.5	5.5E-10	8.3E-10
<b>ERI Global</b>				<b>2.0E-09</b>

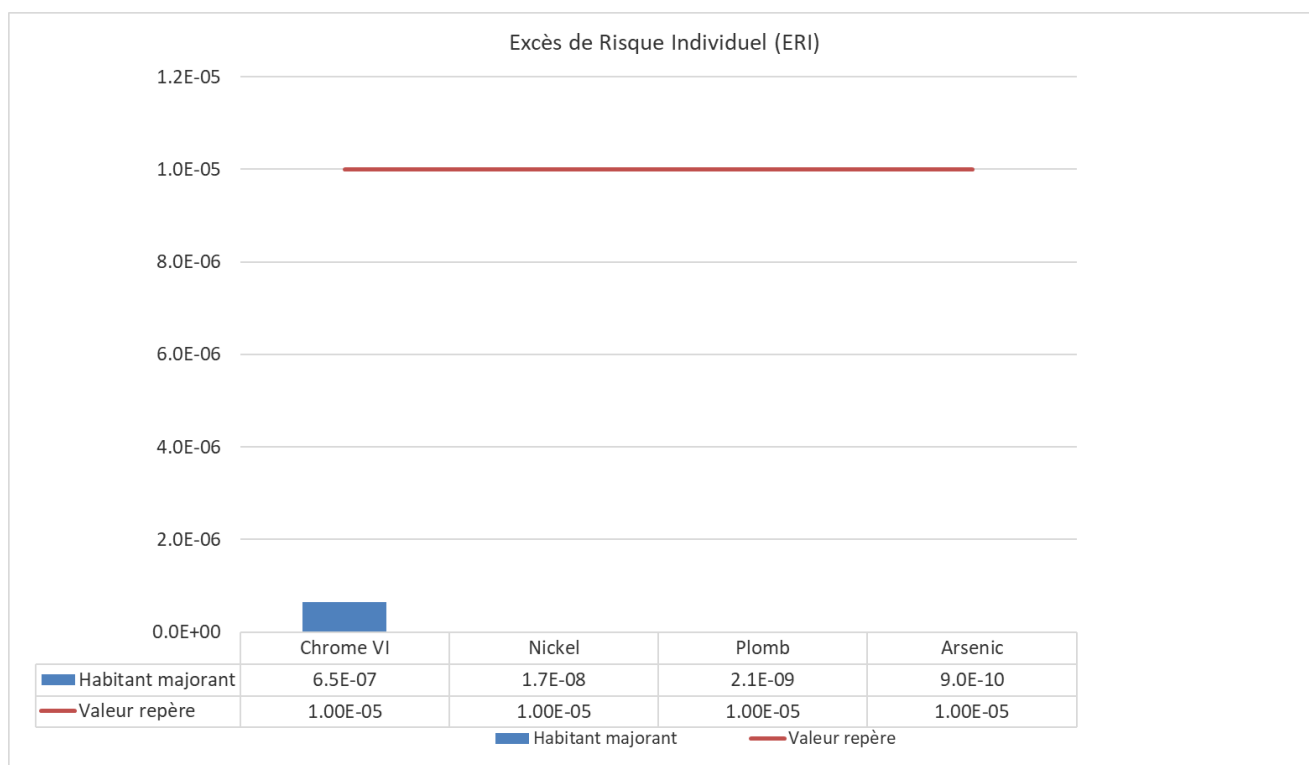
\*Pour les risques sans seuil, la durée d'exposition est de 30 ans (cf. paragraphe 8.2.1.2)

Pour tous les traceurs de risque sans seuil, pour une exposition par ingestion, l'Excès de Risque Individuel est inférieur à la valeur repère égale à  $1.10^{-5}$ . Le plomb présente l'Excès de Risque Individuel le plus élevé **par ingestion** avec une valeur de  $1,1.10^{-09}$ .

La Figure 34 synthétise les Excès de Risque Individuel (ERI) calculés par substance pour l'ensemble des voies d'exposition (exposition agrégée en sommant l'exposition par inhalation et par ingestion).



**Figure 34 : excès de risque individuel pour les traceurs du risque sans seuil**



Les Excès de Risque Individuel calculés par substance sont tous inférieurs à la valeur repère égale à  $1.10^{-5}$ . Toute voie d'exposition confondue, le chrome VI présente l'Excès de Risque Individuel le plus élevé avec une valeur de  $6,5.10^{-7}$ .

*A noter que le chrome total a été entièrement assimilé à du chrome VI, sa forme la plus toxique, pour l'exposition par inhalation, et que cela constitue une hypothèse très majorante.*

**Les risques liés aux substances sans effets à seuil induits par les rejets atmosphériques du projet peuvent être jugés « non préoccupants » selon les critères d'acceptabilité.**

## 8.2.4 Cas particulier des PM2.5

L'ANSES a publié une VTR pour les poussières PM2.5 en janvier 2023. Compte tenu des études disponibles en population générale examinant l'exposition à long terme aux PM qui montrent des effets sur la santé aux plus faibles concentrations et ce, sans, seuil discernable, l'ANSES a construit une VTR sans seuil d'effet qui couvre :

- La mortalité toutes causes non accidentelles et la réduction de l'espérance de vie ;
- Pour la santé respiratoire : la mortalité de causes respiratoires (toutes causes et causes spécifiques : BPCO12, infections des voies respiratoires inférieures) et l'incidence de maladies chroniques (asthme chez l'enfant et chez l'adulte, BPCO) ;
- Pour la santé cardiovasculaire : la mortalité de causes cardiovasculaires (toutes causes et causes spécifiques : AVC13 et cardiopathie ischémique), l'incidence d'évènements ou maladies cardiovasculaires (AVC, cardiopathie ischémique, évènements coronariens, infarctus) et l'hypertension artérielle ;
- Pour les cancers : l'incidence du cancer du poumon, la mortalité par cancer du poumon ;
- Pour la santé périnatale : le petit poids de naissance, la prématurité et la pré-éclampsie.

La VTR long terme par voie respiratoire pour les PM2,5 de l'air ambiant retenue par l'ANSES est de  $1,28.10^{-2} (\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3})^{-1}$ .

Cependant, comme indiqué dans le document ANSES<sup>26</sup>, il n'existe pas à ce jour de consensus ou recommandations sur des niveaux acceptables de risque sanitaire lié à l'exposition aux particules de l'air ambiant.

Une comparaison de l'ERI obtenue en utilisant l'ERU de l'ANSES avec le niveau de risque acceptable de  $1.10^{-5}$  (niveau de risque considéré comme acceptable dans l'évaluation des risques sanitaires en France pour les risques sans seuil) n'est donc pas pertinente et l'Anses n'a pas accompagné sa proposition de VTR par des valeurs de concentrations équivalentes à des niveaux acceptables d'excès de risque individuel (ERI).

C'est pourquoi l'ERI calculé pour les poussières fait l'objet d'un traitement particulier.

Le tableau ci-dessous indique l'ERI pour les poussières PM2.5 calculé en utilisant la VTR sans seuil pour les PM2.5.

*Tableau 58 : excès de risque individuel calculé pour les PM2.5*

Substances	Voies d'exposition	VTR sans seuil ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) <sup>-1</sup>	CI	ERI scénario résidentiel (dans la zone habitée la plus exposée)
PM2.5	Inhalation	0.0128	0.014	1,8E-04

<sup>26</sup>AVIS et RAPPORT de l'Anses relatif à la recommandation de VTR par voie respiratoire pour l'exposition à long terme aux particules de l'air ambiant extérieur (PM2,5) et à la faisabilité d'élaborer des VTR pour le carbone suie et les particules ultrafines, ANSES, JANVIER 2023

## 8.3 INCERTITUDES

Ce chapitre a pour objectif d'inventorier les incertitudes liées à la démarche d'évaluation des risques sanitaires ou aux hypothèses retenues dans les différentes étapes.

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

### 8.3.1 Incertitudes relatives à la modélisation atmosphérique

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

$$\boxed{\text{Incertitudes totales}} = \boxed{\text{Incertitudes dues au modèle}} + \boxed{\text{Incertitudes due aux données}} + \boxed{\text{Variabilité}}$$

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

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

#### 8.3.1.1 Incertitudes liées au modèle : validation du modèle ARIA IMPACT

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

- Etude RECORD (Perkins, 2005) concernant l'application de plusieurs modèles gaussiens sur deux campagnes de mesures internationales : la campagne « Prairie Grass », représentative d'un rejet au sol en milieu rural et la campagne « Indianapolis » relative à un rejet de cheminée en milieu urbain. Les résultats de cette étude sont disponibles à l'adresse web suivante [http://www.record-net.org/record/synthPDF/Synth\\_record03-0805\\_2A.pdf](http://www.record-net.org/record/synthPDF/Synth_record03-0805_2A.pdf). Les résultats de cette étude montrent qu'en milieu rural et pour un rejet au sol, ARIA Impact a tendance à sous-estimer légèrement (17%) les mesures avec un coefficient de corrélation aux mesures tout à fait acceptable. En milieu urbain, ARIA Impact a tendance à surestimer les concentrations (1%) mesurées avec un coefficient de corrélation moins performant (0.37) mais correspondant à la meilleure corrélation obtenue parmi des modèles testés ;
- Etude ARIA Technologies pour le SPPPI Dunkerque concernant l'application du modèle ARIA Impact à l'ensemble de la zone industrielle de Dunkerque pour les rejets de SO<sub>2</sub>. Les comparaisons aux capteurs du réseau OPAL'AIR ont montré un ratio modèle/mesures pour la concentration de 0.95 en moyenne ;

- Etude AFSSA des retombées en dioxines et PCB à proximité de plusieurs incinérateurs français basée sur une comparaison des dépôts calculés par ARIA Impact avec une campagne de mesures terrain. Les résultats ont été estimés satisfaisants ;
- Comparaison des résultats de déposition obtenus par le modèle ARIA Impact autour d'une installation industrielle émettant du fluor en prenant en compte des rejets canalisés et surfaciques. Le ratio modèle/mesures obtenu est de 84%.

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

### **8.3.1.2 Incertitudes liées aux données d'entrée**

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

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

#### *8.3.1.2.1 Incertitudes liées aux émissions*

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

#### *8.3.1.2.2 Incertitudes liées aux mesures météorologiques*

Les données météorologiques ont été fournies par Meteomatics (données Meteomatics Mix<sup>27</sup>). Le point d'extraction est situé sur le site.

Les simulations Meteomatics peuvent remplacer des mesures dans la plupart des régions. Une donnée issue de simulation sera plus précise pour un lieu donné que les mesures prises à plus de 20 km (dans les zones de montagnes, la simulation est déjà plus précise qu'une mesure à une distance de 3-10 km).

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

#### *8.3.1.2.3 Incertitudes liées aux paramètres du modèle*

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

---

<sup>27</sup> Le Meteomatics Mix combine différentes sources en un mélange intelligent, de sorte que la meilleure source de données est choisie pour chaque heure et chaque lieu : combine l'ECMWF avec plus de 25 autres modèles météorologiques, mélange de modèles météorologiques et de terrain, de données sur l'utilisation des sols et de données astronomiques, calibrés avec les données de la station pour une précision encore plus grande. Résolution : 100 m

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

### **8.3.1.3 Incertitudes liées à la variabilité**

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

## **8.3.2 Incertitudes relatives à l'évaluation des risques sanitaires**

### **8.3.2.1 Facteurs de sous-estimation des risques**

#### **Facteurs pris en compte dans l'ERS**

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

#### **Exposition par voie cutanée non considérée**

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

#### **Exposition via l'ingestion d'eau**

L'exposition via l'ingestion d'eau du robinet n'a pas été prise en compte dans l'étude. L'eau consommée à partir du robinet subit un traitement en usine d'eau potable qui lui confère une composition différente de celle de la ressource utilisée.

### **8.3.2.2 Facteurs de surestimation des risques**

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

#### **Emissions**

Les quantités de polluants pris en compte dans la modélisation correspondent aux Valeurs Limites à l'Emission (VLE) et sont majorantes.

#### **Durée d'exposition**

En absence de données sur le temps d'exposition des personnes, il est pris l'hypothèse qu'elles séjournent sur leur lieu d'habitation en permanence (365 j/an, 24h/24) pendant toute la durée de vie du site égale à 30 ans. De plus, les personnes ne seront pas exposées en permanence car elles sont amenées à se déplacer pour des raisons personnelles (congés, loisirs) et professionnelles.

#### **Zone d'exposition**

En première approche, la zone d'exposition étudiée est la zone habitée la plus exposée aux émissions du site pour les risques par inhalation. De plus, il a été fait l'hypothèse que des personnes séjournent sur cette maille en permanence et mangent, comme produits locaux, des produits cultivés/élevés sur

la maille cultivée où les dépôts sont les plus importants. **Cette hypothèse est très majorante (somme des cas les plus pénalisants) et n'est pas représentative d'une situation réelle.**

### Pénétration des polluants dans les habitats

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

### Spéciation du Chrome

#### Voie d'exposition par inhalation

D'après le guide ASTEE pour l'évaluation du risque sanitaire dans l'étude d'impact d'une UIOM de 2003, la forme chimique du chrome émis dans l'air n'est pas connue précisément. Le chrome VI serait minoritaire dans les émissions d'UIOM, ainsi le ratio chrome VI/chrome total retenu est de 0,1.

Le quotient de danger a été calculé pour chacune des formes du chrome (soit 90% de Cr+III et 10% de Cr+VI) pour la voie d'exposition par inhalation.

Substances	Voies d'exposition	VTR	CI Zone habitée la plus exposée	QD zone habitée la plus exposée
Chrome III	Inhalation	2	3.4E-05	1.7E-05
Chrome VI	Inhalation	0.03	3.4E-06	1.1E-04
<b>QD Global</b>				1.3E-04

Pour la voie d'exposition par inhalation, le quotient de danger calculé en considérant que 100% du chrome total est du Cr VI dans le présent rapport (1,3E-03 cf. Tableau 54) est majorant par rapport au calcul du quotient de danger avec ratio (1,3E-04).

#### Voie d'exposition par ingestion

D'après la fiche de données toxicologiques de l'INERIS<sup>28</sup>, dans les sols, le chrome existe sous plusieurs degrés d'oxydation, principalement le chrome III et dans une moindre quantité, le chrome VI. Le chrome VI est largement transformé en chrome III. Le chrome III s'adsorbe plus que le chrome VI.

Ainsi le chrome VI n'est pas retenu pour la voie d'exposition par ingestion dans la présente étude.

### 8.3.2.3 Facteurs dont le sens d'influence sur les résultats n'est pas connu ou est variable

#### Constance des paramètres

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

#### Interactions des polluants

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

<sup>28</sup> INERIS –DRC-01-05590-00DF253.doc – Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques : Chrome et ses dérivés, Version N°2-4-février 05



## 9. SYNTHÈSE

SUEZ Consulting a sollicité ARIA Technologies pour la réalisation d'une Evaluation des Risques Sanitaires (ERS) et une Interprétation de l'Etat des Milieux (IEM) liée à l'UVE de Taden (22) dans le cadre de la modification des lignes d'incinération du site. Dans le cadre de ce projet, la ligne 1 sera rénovée, la ligne 2 sera démantelée et remplacée par une nouvelle ligne (ligne 1 bis).

Le présent document présente l'évaluation des risques sanitaires réalisée :

- en application de la circulaire DGPR & DGS du 9 août 2013 ;
- conformément au guide « Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions des substances chimiques par les installations classées » publié par l'INERIS en août 2013 et sa deuxième édition de 2021 (notamment Annexe 4 : Evaluation de l'état des milieux pour les études d'impact ICPE : identification et priorisation des mesures à réaliser) ;
- sur la base des données disponibles au moment de la rédaction de la version 1 du présent document.

### Inventaire des émissions

Les émissions recensées sur le site correspondent à des rejets canalisés et diffus dans l'air. Compte tenu des émissions, seules les émissions canalisées issues de l'UVE ont été conservées dans cette étude.

### Evaluation des enjeux et des voies d'exposition

Les premières zones habitées sont situées à environ 30 mètres à l'est des limites du site. Plusieurs établissements accueillant des populations sensibles et installations sportives en extérieur ont été recensés dans un rayon de 3 km autour du site. L'établissement recevant des personnes sensibles le plus proche (école primaire de Taden) se trouve à environ 1 140 mètres des limites du site.

Le site est principalement entouré de prairies, de forêts, de zones agricoles, de tissus urbains discontinus et de plans d'eau.

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

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

Les traceurs de risque ont ensuite été choisis à partir des émissions estimées, des toxicités des substances émises et des classements de ratios calculés en divisant les émissions par les VTR pour chaque substance recensée. Les substances retenues comme traceurs de risques sont les suivantes :

- Acide chlorhydrique,
- Mercure,
- Méthyl mercure,
- Cadmium,
- Antimoine,
- Arsenic,
- Plomb,
- Nickel,
- Vanadium,
- Chrome,
- Cuivre,
- Manganèse,
- Dioxines/furanes.

Le NO<sub>2</sub>, le SO<sub>2</sub> et les poussières (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>) sont également retenus en tant que traceurs d'émission car ce sont des traceurs de combustion.

Une étude de dispersion a été réalisée afin d'estimer les concentrations dans l'air et les dépôts au sol imputables aux installations du projet. **Les concentrations en moyenne annuelle** estimées par modélisation **sont inférieures aux valeurs limites** de la qualité de l'air pour tous les traceurs de risque lorsqu'elles existent. Les concentrations les plus élevées sont situées sur site ou en bordure de site dans des zones non habitées, et diminuent rapidement au fur et à mesure que l'on s'éloigne du site.

### **Interprétation de l'Etat des Milieux**

Afin de caractériser les milieux d'exposition, une campagne de mesure autour du site a été réalisée par la société RINCENT Air entre le 29 novembre et le 13 décembre 2023, en 5 points de mesure permettant de mesurer les concentrations en traceurs de risque dans l'air ambiant et dans les sols.

L'emplacement des points de mesures a été établi sur la base de la localisation des population sensibles et des zones habitées.

L'Interprétation de l'Etat des Milieux est synthétisée dans le tableau ci-dessous :

Milieu d'exposition	Interprétation de l'Etat des Milieux		
	Milieu compatible	Milieu vulnérable	Milieu incompatible
Milieu Air	Compatible	-	-
Milieu Sols	Compatible	-	-

Rappelons que les mesures tiennent compte de toutes les sources présentes autour des points de mesure (autres installations industrielles, sources agricoles, trafic routier, chauffage urbain...).

Les émissions dans l'air du site vont évoluer du fait de la mise en place de nouvelles installations.

**C'est pourquoi, conformément au guide méthodologique de l'INERIS, une évaluation prospective des risques sanitaires liés aux rejets atmosphériques du projet est nécessaire afin d'évaluer les risques pour les populations, notamment en intégrant l'exposition par ingestion du fait des retombées atmosphériques (transfert vers la chaîne alimentaire).**

### **Evaluation des Risques Sanitaires**

L'évaluation de l'exposition humaine est réalisée pour un scénario d'exposition appelé scénario Habitant « Majorant ».

SCENARIO	HABITANT « MAJORANT »
Individu	Adulte (plus de 18 ans) Enfant (6 classes d'âge)
Durée d'exposition	100 % du temps (7J/7, 365 jours/an) pendant 30 ans
Valeur retenue pour l'exposition par inhalation	Concentration au niveau de la zone habitée la plus exposée <sup>29</sup> (points cibles n°6 habitation 6 située au sud du site)
Valeur retenue pour l'exposition par ingestion	<b>Ingestion directe</b> Dépôts au niveau de la zone habitée la plus exposée (point cible n°1 ou n°6 : habitation 1 située à l'est du site et habitation 6 située au sud, selon les substances) <b>Ingestion indirecte</b> Dépôts au niveau de la zone habitée la plus exposée (point cible n°1 ou n°6 : habitation 1 située à l'est du site et habitation 6 située au sud, selon les substances)

<sup>29</sup> Les concentrations au niveau des autres points d'intérêt, en particulier les 2 écoles, sont inférieures à celles enregistrées au niveau du point P6. C'est un scénario d'exposition majorant.

Une étude de dispersion a été réalisée afin d'estimer les concentrations dans l'air et les dépôts au sol imputables aux installations du site.

Le tableau suivant synthétise les risques sanitaires estimés :

	Scénario Habitant Majorant	Valeur repère
Risques à seuil	QDmax = 0,02 Pour le mercure	1
Risques sans seuil	ERImax = $6,5 \cdot 10^{-7}$ Pour le chrome VI	$1 \cdot 10^{-5}$

Les risques sanitaires calculés pour les substances à seuil d'effet et pour les substances sans seuil d'effet (effets cancérigènes généralement) restent très inférieurs aux valeurs repères.

### **Conclusion**

Suivant les critères d'acceptabilité de la démarche intégrée des résultats de l'IEM et de l'ERS et compte tenu des hypothèses majorantes retenues, les risques sanitaires liés aux émissions atmosphériques du projet de l'UVE de Taden, évalués en premier niveau d'approche, sont jugés non préoccupants en l'état actuel des connaissances.

Les points de surveillance actuels pour le suivi des retombées atmosphériques du site restent pertinents dans le futur de l'installation de l'UVE de Taden. Ils permettront la comparaison avant/après la mise en service du site dans sa configuration future.

# ANNEXES

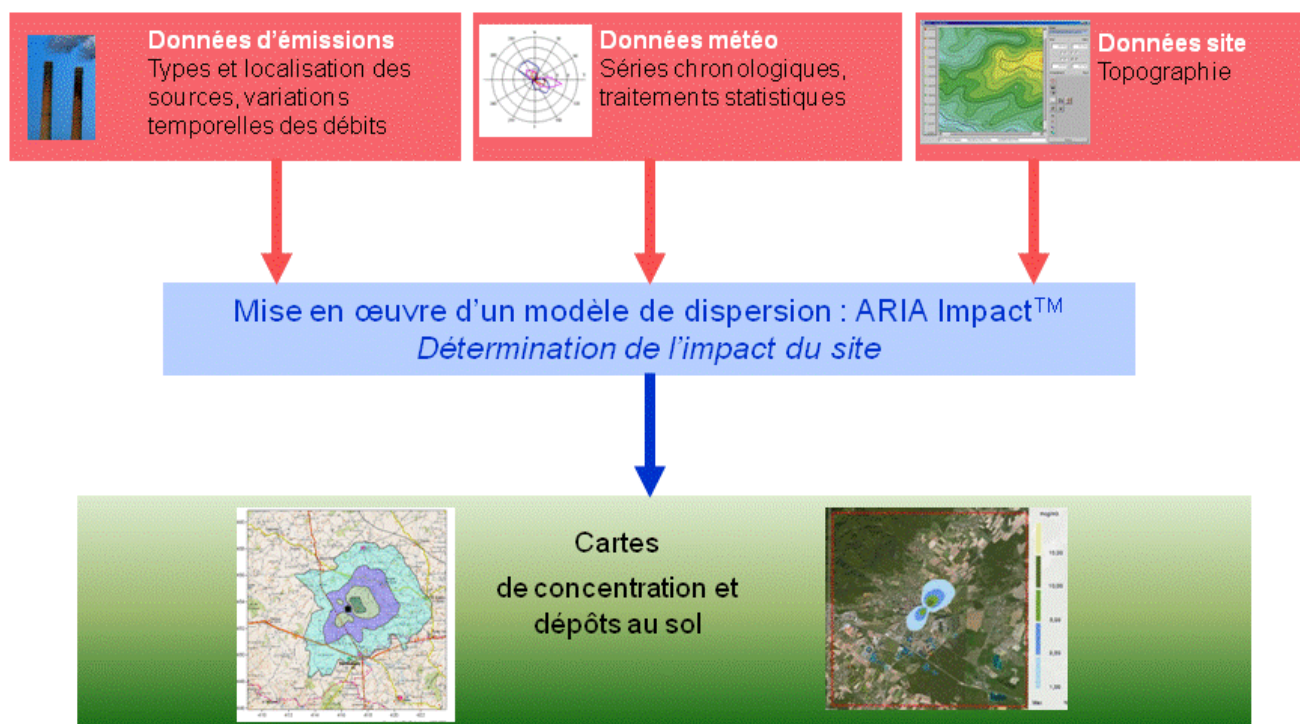
## **Annexe 1 : Description du modèle ARIA Impact**

**ARIA Impact™** est un modèle de type "gaussien", conforme aux recommandations de l'E.P.A.<sup>30</sup>. ARIA Impact **répond également aux prescriptions de l'INERIS** pour la modélisation de la dispersion de la pollution atmosphérique des rejets des installations industrielles (cf. Annexe 2 du Guide méthodologique INERIS : Evaluation des Risques Sanitaires liés aux substances chimiques dans l'Etude d'Impact des ICPE). C'est un logiciel de modélisation de la pollution atmosphérique qui permet de répondre à l'ensemble des éléments demandés par la législation française sur la qualité de l'air et européenne, et de fournir les éléments indispensables à :

- l'évaluation des risques sanitaires d'une installation industrielle (moyenne annuelle, centiles, dépôts),
- l'évaluation de l'impact olfactif (concentration d'odeurs, fréquences de dépassement de seuil),
- l'évaluation de l'impact sur la qualité de l'air d'un aménagement routier (moyenne annuelle, centiles).

ARIA Impact™ permet d'étudier **l'impact à long terme** d'une installation en reconstruisant l'impact statistique des émissions à partir d'une chronique météorologique réelle de plusieurs années. Cette approche donne, sur de longues périodes, des résultats cohérents avec les observations des réseaux de la surveillance de la qualité de l'air pour des distances supérieures à 100 mètres.

Le schéma ci-dessous présente la démarche qui est mise en œuvre dans les études d'impact :



<sup>30</sup> Agence de l'environnement américain (Environment Protection Agency).



## Fonctionnalités techniques

### Logiciel multi-espèces et multi-sources

ARIA Impact™ permet de modéliser la dispersion de :

- de **polluants gazeux** (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>...) : dispersion passive pure sans vitesse de chute ;
- de **polluants particulaires** (PM10, métaux lourds, dioxines...) : dispersion passive et prise en compte des effets gravitaires en fonction de la granulométrie. Les poussières sont représentées sur un nombre arbitraire de classes de taille : si la granulométrie des émissions est connue, des calculs détaillés peuvent être effectués.
- des **odeurs** : mélange de molécules odorantes dont la composition est inconnue, exprimée en unité d'odeur ;
- de **polluants radioactifs**.

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

- Des **sources ponctuelles** industrielles (incinérateur, centrale thermique...),
- Des **sources diffuses** ou volumiques (atelier de peinture, carrières...),
- Des **sources linéiques** (trafic automobile).

### Choix de la météorologie adaptée à la complexité de l'étude

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

- **Modélisation pour une situation particulière** : il s'agit de modéliser la dispersion des polluants atmosphériques pour une situation météorologique fixée par l'utilisateur (modélisation pour une vitesse de vent et une direction de vent données). Ce mode de calcul peut être utilisé par exemple pour étudier un cas de dysfonctionnement associé à une situation météorologique défavorable, une phase de démarrage, ou encore pour comparer des scénarios d'émissions entre eux.
- **Modélisation statistique depuis une rose des vents** : il s'agit de modéliser la dispersion des polluants atmosphériques en prenant en compte les fréquences d'occurrence d'une rose des vents général. Il est alors possible de calculer des moyennes annuelles, le centile 100 ou des fréquences de dépassement de seuil. Ce mode de calcul est bien adapté pour les polluants gazeux et si la marche de production et d'émissions est constante sur l'année.
- **Modélisation statistique à partir d'une base météorologique complète** : il s'agit de modéliser la dispersion des polluants atmosphériques en prenant en compte une base complète de données météorologiques. Dans ce cas, un calcul académique est réalisé pour chaque échéance météorologique de la base de données. Il est alors possible de calculer des moyennes annuelles, des centiles (98, 99.5 etc...) ou des fréquences de dépassement de seuil. Les statistiques sont donc réalisées à partir de la modélisation de chaque séquence météorologique horaire sur plusieurs années (8760 situations météo sur une année) ce qui permet de bien tenir compte des variations diurnes et saisonnières des concentrations.

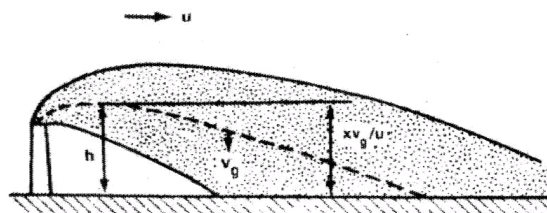
### Variation temporelle des émissions

ARIA Impact™ permet de prendre en compte les variations temporelles des émissions. Les émissions peuvent varier en fonction de l'heure, du jour et du mois de l'année. Il est également possible d'intégrer

des périodes de fonctionnement particulières (arrêt technique, panne de fonctionnement du système de traitement des gaz...).

### Dépôts au sol

ARIA Impact™ peut prendre en compte la chute de particules par effet gravitaire. Dans ce cas, la vitesse de chute est automatiquement calculée en fonction de la granulométrie et de la densité des particules, faisant varier l'axe d'inclinaison du panache. De plus, la vitesse de dépôt sec définie dans les caractéristiques des espèces permet de calculer les **dépôts secs**.



ARIA Impact™ permet également de prendre en compte le lessivage du panache par la pluie. Cette fonction permet de calculer les **dépôts humides** en plus des dépôts secs.

### Dispersion par vents calmes

La prise en compte des vents calmes dans les calculs de dispersion implique l'utilisation d'un modèle plus performant (modèle 3D à bouffées gaussiennes). ARIA Impact™ intègre en standard un algorithme spécifique permettant de calculer l'impact des sources dans le cas de vents calmes, contrairement aux modèles gaussiens classiques.

Un vent est considéré calme lorsque la vitesse du vent est inférieure à 1 m/s.

### Reconstitution de profils verticaux météorologiques

Dans le cas de cheminée, la surélévation du panache est calculée entre autres à partir de la vitesse du vent et de la température de l'air. Ces valeurs sont fournies dans la base de données météorologique. Cependant, ces données correspondent la plupart du temps à des mesures de station sol, c'est-à-dire qu'elles sont mesurées à environ 10 mètres du sol. Pourtant, les valeurs de vitesse de vent et de température observées au sommet de la cheminée peuvent varier de manière importante suivant la hauteur de celle-ci : par exemple, plus la cheminée est haute, plus la vitesse du vent est élevée au niveau du débouché.

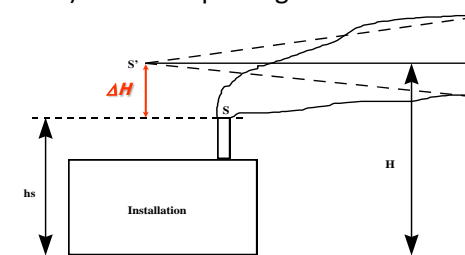
Afin de prendre en compte cette variation de vitesse de vent dans les calculs de la dispersion des polluants atmosphériques, le logiciel ARIA Impact™ peut calculer des profils verticaux de vent en fonction des mesures de vent au sol, de la turbulence atmosphérique et de l'occupation des sols, afin de connaître la vitesse du vent au niveau du débouché de la cheminée.

### Prise en compte de la couche de mélange

ARIA Impact™ peut calculer la hauteur de couche de mélange à partir des données météorologiques horaires disponibles. Cette hauteur de mélange est alors prise en compte dans le calcul de dispersion par réflexion des panaches sur la couche de mélange.

### Surélévation de panache issu de cheminée

Dans le cas de cheminée, lorsque les rejets sont chauds ou que la vitesse d'éjection des fumées est importante, on peut prendre en compte une surélévation du panache. En effet, les fumées de combustion vont s'élever au-dessus de la cheminée jusqu'à ce que leur vitesse ascensionnelle initiale et les effets de différence de densité (dus à la différence de température air/fumées) ne soient plus significatifs. Tout se passe comme si l'émission des rejets se faisait à une hauteur réelle d'émission (hauteur de la cheminée) augmentée de la surhauteur due aux conditions d'éjection. ARIA Impact™ prend en compte les effets de la surélévation des fumées de cheminée. Plusieurs formulations permettant de calculer la surélévation des fumées sont codées dans ARIA Impact afin



d'adapter la formule la plus adéquate au cas d'étude (Formule de Holland, Formule de Briggs, Formule de Concawe...).

### **Conversion des NOx en NO et NO<sub>2</sub>**

Dans le cas de la modélisation des émissions liées au trafic automobile, ARIA Impact™ contient un algorithme simple permettant de calculer les concentrations en NO et NO<sub>2</sub> à partir des concentrations en NOx, à l'aide de la formule de conversion de Middleton.

### **Prise en compte simplifiée de la topographie**

ARIA Impact™ permet de prendre en compte de manière simplifiée les topographies peu marquées. Un algorithme simple permettant de prendre en compte le relief, sans faire appel à des calculs de vents tridimensionnels, peut être activé dans le module de calcul. Cet algorithme permet de rapprocher du relief l'axe du panache pour des atmosphères stables.

### **Envois de poussières**

ARIA Impact™ contient un module spécifique pour le calcul des envolées de poussières fines, dans le cas d'un **stockage de poussières exposé au vent**.

Cette option permet d'estimer la quantité de poussières émises par une source surfacique en fonction de la rafale de vent, puis de modéliser la dispersion de ces poussières. Il peut s'agir par exemple d'un tas de charbon dont, par vent fort, les poussières fines vont s'envoler. Le calcul de la quantité émise de poussières passe par l'estimation du potentiel d'érosion du stockage, puis des facteurs d'émission fonction de la rafale de vent.

## **Résultats**

### **Grandeurs calculées**

ARIA Impact™ permet de calculer les grandeurs suivantes :

- **moyennes mensuelles et/ou annuelles** de polluant autour du site, en concentrations et dépôts au sol,
- **fréquences de dépassement de seuils** en moyennes journalières ou horaires (normes françaises et européennes),
- **centiles 98, 99.8, 100** ou autres valeurs de centiles sur une base de calcul prédéfinie (horaire, journalière, 8 heures...).

Les résultats de concentrations peuvent être exprimés en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $\text{ng}/\text{m}^3$ ,  $\text{pg}/\text{m}^3$  ou  $\text{fg}/\text{m}^3$  pour les polluants classiques, en  $\text{uo}/\text{m}^3$  pour les odeurs et en  $\text{Bq}/\text{m}^3$  pour les polluants radioactifs.

### **Cartographies**

Les résultats obtenus avec ARIA Impact™ peuvent être présentés sous forme cartographique au format image, mais aussi en des formats numériques **compatibles** avec la plupart des **Systèmes d'Informations Géographiques** tels que Mapinfo, ArcView ou SURFER.

Un export des résultats vers **Google Earth** permet également de visualiser les résultats sur une photo aérienne directement avec le logiciel Google Earth.



## Validation du logiciel ARIA Impact™

L'association RECORD (Recherche coopérative sur les déchets et l'environnement) a demandé à l'Ecole Centrale de Lyon une étude sur les logiciels de modélisation utilisés dans le cadre des études d'impact air pour des industriels. Dans le cadre de cette étude, des comparaisons du modèle ARIA Impact™ ont été réalisées sur les cas-tests de l'outil européen d'évaluation « Model Validation kit ». Cet outil est utilisé pour évaluer les modèles de dispersion atmosphérique. Il s'agit d'une série de cas-tests intégrant des jeux de mesures de terrain qui sont largement référencés dans la validation des modèles. L'évaluation des modèles sur des cas-tests consiste à comparer les résultats d'un modèle à des mesures de terrain représentatives de situations simples. La synthèse du rapport rédigé par l'Ecole Centrale de Lyon est téléchargeable sur le site Internet de l'association RECORD<sup>31</sup>.

Les résultats de cette étude ont montré que la moyenne des concentrations modélisées sur toutes les expériences est proche de la moyenne des concentrations mesurées. D'autre part, le coefficient de corrélation de 0,6 et le pourcentage de résultats dans un facteur 2 par rapport aux mesures de l'ordre de 60% sont satisfaisants. Cette étude montre également qu'ARIA Impact™ a des résultats statistiques équivalents à ceux des autres logiciels de dispersion, dont les logiciels de référence de l'US-EPA AERMOD et ISCST3.

Le logiciel ARIA Impact™ a également fait l'objet de nombreuses comparaisons mesures/calculs dans le cadre d'études spécifiques. Certaines d'entre elles sont reprises dans le dossier de validation du logiciel ARIA Impact™, disponible sur simple demande.

## Limite du modèle

ARIA Impact™ **n'est pas applicable** dans les conditions suivantes :

- **lorsque la topographie est trop importante** (zones montagneuses, reliefs pouvant modifier la trajectoire des panaches) : ARIA Impact™ considère la trajectoire du panache rectiligne. Le module spécifique à la topographie ne permet pas au panache de contourner la montagne (il passe au-dessus), ce qui n'est pas le cas en particulier en cas d'atmosphère stable ;
- **lorsque la station météorologique n'est pas représentative de la climatologie du site** : la météorologie est considérée constante sur l'ensemble du domaine d'étude. Il n'y a pas de reconstitution 3D météorologique.

Les résultats du logiciel ARIA Impact™ ne sont pas interprétables à moins de 100 mètres des sources d'émissions.

<sup>31</sup> Rapport : « Modélisation de la dispersion des émissions atmosphériques d'un site industriel – Vers un guide de l'utilisateur - Phase 1 : Etat de l'art, Phase 2 : Evaluation des modèles », R. PERKINS, 2005  
<http://www.record-net.org/record/resultetudes.php>

## **Annexe 2 : Recensement des populations sensibles**

Commune	Type d'établissement	Dénomination
Auceleuc	Ecoles	ECOLE PRIMAIRE PUBLIQUE DE AUCALEUC
	Equipements sportifs extérieurs	COURT DE TENNIS - COMPLEXE SPORTIF
		PLATEAU EPS/MULTISPORTS/CITY-STADES
Dinan	Crèches/Haltes-garderies	HALTE GARDERIE LES RHÉORIES
		MULTI-ACCUEIL DE DINAN
		RPAM DE LA CODI
		CRÈCHE A L'ABORD'AGES
	Ecoles	ECOLE ÉLÉMENTAIRE PRIVÉE DIWAN
		ECOLE PRIMAIRE PRIVÉE SAINTE CROIX
		ECOLE PRIMAIRE PUBLIQUE LA RUCHE
		ECOLE PRIMAIRE PUBLIQUE DES FONTAINES
		ECOLE PRIMAIRE PUBLIQUE LA GARAYE
	Collèges/Lycées	COLLÈGE ROGER VERCEL
		COLLÈGE FRANCOIS BROUSSAIS
		COLLÈGE PRIVÉ LES CORDELIERS
		COLLÈGE PRIVÉ NOTRE-DAME DE LA VICTOIRE
		LYCÉE PROFESSIONNEL LA FONTAINE DES EAUX - LYCÉE DES MÉTIERS DE LA GESTION ÉNERGÉTIQUE DES BATIMENTS
		LYCÉE POLYVALENT LA FONTAINE DES EAUX - LYCÉE DES MÉTIERS DE LA GESTION ÉNERGÉTIQUE DES BATIMENTS
		LYCÉE AGRICOLE PRIVÉ DOMINIQUE SAVIO DE DINAN
		LYCÉE GÉNÉRAL ET TECHNOLOGIQUE PRIVÉ LES CORDELIERS-NOTRE DAME DE LA VICTOIRE
		SECTION D'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL DU LYCÉE LA FONTAINE-DES-EAUX
		SECTION D'ENSEIGNEMENT GÉNÉRAL ET PROFESSIONNEL ADAPTÉ DU COLLÈGE ROGER VERCEL
	Etablissements sanitaires	IME LES VALLEES
		EHPAD LE CONNETABLE
		RESIDENCE YVES BLANCHOT EHPAD
		EHPAD JARDIN ANGLAIS CH DINAN
		MR PETITES SOEURS DES PAUVRES
		CENTRE EDUC. KER GOAT VILLA PRINTANIA
		CENTRE MEDICO-PSYCHOLOGIQUE
		MAS LES CHANTS D'EOLE
		FOYER LOGEMENT MA MAISON
		CMPEA CATTI LA MAISON BLEUE
		PENSION DE FAMILLE "LES 4 CHÈNES"
		CTRE HOSPITALIER DINAN
		CENTRE HOSPITALIER ST JEAN DE DIEU
		USLD LES MALORINESCH DINAN
FOYER DE VIE LES GRANDS ROCHERS		
FOYER LA COURTINE		
MAISON DE RETRAITE PAX		
Equipements sportifs extérieurs	TERRAIN DE HANDBALL - LYCÉE DE LA FONTAINE DES EAUX	
	TERRAIN DE BASKET-BALL - LYCÉE DE LA FONTAINE DES EAUX	
	TERRAIN DE FOOTBALL - LYCÉE DE LA FONTAINE DES EAUX	
	ANNEAU DE ROLLER - LYCÉE DE LA FONTAINE DES EAUX	
	TERRAIN DE HANDBALL - LYCÉE DE LA FONTAINE DES EAUX	



Commune	Type d'établissement	Dénomination
		TERRAIN DE BASKET-BALL - ESPACE E.P.S. DE LA RUCHE
		TERRAIN DE HANDBALL - ESPACE E.P.S. DE LA SOURCE
		TERRAIN DE FOOTBALL - ESPACE E.P.S. DE LA SOURCE
		SKATE PARK - TERRAINS DES CORDIERS
		TERRAIN DE FOOTBALL - TERRAINS DES CORDIERS
		TERRAIN DE FOOTBALL - TERRAINS DES CORDIERS
		TERRAIN DE FOOTBALL - TERRAINS DES CORDIERS
		MUR DE TENNIS - TERRAINS DES CORDIERS
		COURT DE TENNIS - TERRAINS DES CORDIERS
		PAS DE TIR À L'ARC - TERRAINS DES CORDIERS
		TERRAIN DE FOOTBALL - TERRAINS DES CORDIERS
		TERRAIN DE FOOTBALL - TERRAINS DES CORDIERS
		COURT DE TENNIS - TERRAINS DES CORDIERS
		COURT DE TENNIS - TERRAINS DES CORDIERS
		COURT DE TENNIS - TERRAINS DES CORDIERS
		COURT DE TENNIS - TERRAINS DES CORDIERS
		COURT DE TENNIS - TERRAINS DES CORDIERS
		TERRAIN DE FOOTBALL - STADE MUNICIPAL
		TERRAIN DE FOOTBALL - STADE MUNICIPAL
		PISTE D'ATHLÉTISME ISOLÉE - STADE MUNICIPAL
		AIRE DE SAUT - STADE MUNICIPAL
		AIRE DE LANCER - STADE MUNICIPAL
		TERRAIN DE BASKET-BALL - STADE MUNICIPAL
		TERRAIN DE HANDBALL - STADE MUNICIPAL
		TERRAIN DE VOLLEY-BALL - STADE MUNICIPAL
		TERRAIN DE BOULES - BOULODROMES DES FOSSÉS
		TERRAIN DE BOULES - BOULODROMES DES FOSSÉS
		TERRAIN DE BOULES - BOULODROMES DES FOSSÉS
		TERRAIN DE BOULES - BOULODROMES DES FOSSÉS
		TERRAIN DE BOULES - BOULODROMES DES FOSSÉS
TERRAIN DE BOULES - BOULODROMES DES FOSSÉS		
Languenan	Ecoles	ECOLE PRIMAIRE PRIVÉE SAINTE ANNE
		ECOLE PRIMAIRE PUBLIQUE DE LANGUENAN
	Equipements sportifs extérieurs	TERRAIN DE BOULES - BOULODROMES EXTÉRIEURS
		TERRAIN DE BOULES - BOULODROMES EXTÉRIEURS
		TERRAIN DE FOOTBALL
Lanvallay	Crèches/Haltes-garderies	MICRO-CRÈCHE MARMAILLE ET PATALO
	Ecoles	ECOLE MATERNELLE PUBLIQUE DE LANVALLAY
		ECOLE PRIMAIRE PUBLIQUE DE LANVALLAY
	Etablissements sanitaires	EHPAD LOUIS GAUTHIER
	Equipements sportifs extérieurs	TERRAIN DE BOULES - BOULODROMES DU BOURG
		TERRAIN DE BOULES - BOULODROMES DU BOURG
		TERRAIN DE FOOTBALL - TERRAIN DES SPORTS
		TERRAIN DE FOOTBALL - TERRAIN DES SPORTS
TERRAIN DE FOOTBALL - TERRAIN DES SPORTS		
TERRAIN DE FOOTBALL - TERRAIN DES SPORTS		

Commune	Type d'établissement	Dénomination
		SKATE PARK - ESPACE MULTISPORTS
		TERRAIN DE FOOTBALL - ESPACE MULTISPORTS
		COURT DE TENNIS - ESPACE MULTISPORTS
		TERRAIN DE VOLLEY-BALL - ESPACE MULTISPORTS
		TERRAIN DE HANDBALL - ESPACE MULTISPORTS
		TERRAIN DE BASKET-BALL - ESPACE MULTISPORTS
		TERRAIN DE HOCKEY SUR GAZON - ESPACE MULTISPORTS
		SITE D'ACTIVITÉS AQUATIQUES ET NAUTIQUES - MAISON DE LA RANCE
Pleslin-Trigavou	Ecoles	ECOLE PRIMAIRE PRIVÉE SAINT JOSEPH
		ECOLE PRIMAIRE PUBLIQUE DE PLESLIN TRIGAVOU
	Equipements sportifs extérieurs	TERRAIN DE FOOTBALL - COMPLEXE SPORTIF
		COURT DE TENNIS - COMPLEXE SPORTIF
		PLATEAU EPS/MULTISPORTS/CITY-STADES - COMPLEXE SPORTIF
		TERRAIN DE FOOTBALL
		TERRAIN DE FOOTBALL
PAS DE TIR À L'ARC - COMPLEXE SPORTIF		
Plouër-sur-Rance	Crèches/Haltes-garderies	RPAM DE PLOUER SUR RANCE
	Ecoles	ECOLE PRIMAIRE PRIVÉE SAINT JOSEPH
		ECOLE PRIMAIRE PUBLIQUE DE PLOUER SUR RANCE
	Collèges/Lycées	COLLÈGE PRIVÉ SAINT STANISLAS
	Etablissements sanitaires	EHPAD RESIDENCE PRE SUZUN
Equipements sportifs extérieurs	CIRCUIT DE MOTOCROSS	
Quévert	Ecoles	ECOLE PRIMAIRE PUBLIQUE LE PETIT PRINCE
	Etablissements sanitaires	HOPITAL DE JOUR ROSE DES VENTS
		EHPAD MAURICE PEIGNE CH DINAN
		FAM LES GRANDS ROCHERS
		CDEF 22 LE CHENE
	Equipements sportifs extérieurs	COURT DE TENNIS - COMPLEXE SPORTIF
		TERRAIN DE FOOTBALL - COMPLEXE SPORTIF 2
PISTE D'AÉRODROME TRELIVAN		
Saint-Samson-sur-Rance	Ecoles	ECOLE PRIMAIRE PUBLIQUE DE ST SAMSON SUR RANCE
	Equipements sportifs extérieurs	PLATEAU EPS/MULTISPORTS/CITY-STADES
		TERRAIN DE FOOTBALL - COMPLEXE SPORTIF
Taden	Crèches/Haltes-garderies	ASSISTANTE MATERNELLE AGRÉÉE MÉLANIE LANGLAIS
	Ecoles	ECOLE MATERNELLE PUBLIQUE DU MOULIN
		ECOLE PRIMAIRE PUBLIQUE DE TADEN
	Equipements sportifs extérieurs	TERRAIN DE FOOTBALL - COMPLEXE SPORTIF
		PLATEAU EPS/MULTISPORTS/CITY-STADES
		COURT DE TENNIS - CAMPING MUNICIPAL DE LA "HALLERAIIS"
		PLATEAU EPS/MULTISPORTS/CITY-STADES - CAMPING MUNICIPAL DE LA "HALLERAIIS"
		COURT DE TENNIS - CAMPING MUNICIPAL DE LA "HALLERAIIS"
		TERRAIN DE FOOTBALL - COMPLEXE SPORTIF B
		PLATEAU EPS/MULTISPORTS/CITY-STADES - COMPLEXE SPORTIF B
CARRIÈRE - ST VALAY EQUITATION		
CARRIÈRE - ST VALAY EQUITATION		

Commune	Type d'établissement	Dénomination
Vicomté-sur-Rance	Equipements sportifs extérieurs	PORT DE PLAISANCE

## **Annexe 4 : Rapport de la campagne de mesure – Rincent Air**



## UVE DE TADEN (22)

# CAMPAGNE DE MESURE DE POLLUANTS DANS L'AIR AMBIANT ET LES SOLS

**Commanditaire :**  
Aria Technologies

**Référence :**  
RP-AF23125-V1

**Date d'émission :**  
19/01/2024

**Auteur :**  
Vincent Pradeilhes  
[vincent.pradeilhes@rincenf.com](mailto:vincent.pradeilhes@rincenf.com)  
07 56 89 52 89

**Validation :**  
Benjamin Forestier  
[benjamin.forestier@rincenf.com](mailto:benjamin.forestier@rincenf.com)  
07 56 98 41 27

---

Rincenf Air - Cap Environnement SARL  
5 rue Edmond Michelet 93360 Neuilly-Plaisance | Tél. : 01 48 71 90 10 | Email : [production@rincenf.fr](mailto:production@rincenf.fr)  
N° SIRET : 421 640 962 00054 | TVA Intra : FR24 421 640 962 | Code APE : 7112B



## SOMMAIRE

<b>I. CADRE ET OBJECTIF DE L'ETUDE</b> .....	<b>3</b>
<b>II. METHODOLOGIE</b> .....	<b>3</b>
II. 1. POLLUANTS MESURES.....	3
II. 2. MESURES DES COMPOSES GAZEUX .....	3
II. 3. MESURES DES PARTICULES PM <sub>10</sub> .....	4
II. 4. MESURES DANS LES SOLS.....	4
II. 5. ECHANTILLONNAGE.....	4
<b>III. RESULTATS</b> .....	<b>6</b>
III. 1. CONDITIONS DE LA CAMPAGNE .....	6
III. 2. POLLUANTS ATMOSPHERIQUES .....	7
III. 3. POLLUANTS DANS LES SOLS .....	8
III. 1.1) ELEMENTS TRACES METALLIQUES .....	8
III. 1.2) DIOXINES ET FURANNES .....	8
<b>IV. SYNTHESE</b> .....	<b>9</b>





## I. CADRE ET OBJECTIF DE L'ETUDE

Ce rapport présente les résultats de la campagne de mesure des concentrations en polluants dans l'air ambiant et dans les sols réalisée dans l'environnement de l'usine de valorisation énergétique (UVE) de Taden (22) du 29/11/2023 au 13/12/2023.

## II. METHODOLOGIE

### II. 1. Polluants mesurés

En lien avec les émissions atmosphériques identifiées, les polluants suivants sont mesurés :

Polluants particulaires	Polluants gazeux	Polluants dans les sols
Particules PM <sub>10</sub>	Dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> ) Dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> ) Ammoniac (NH <sub>3</sub> ) Acide chlorhydrique (HCl) Acide fluorhydrique (HF)	Éléments traces métalliques (ETM) Dioxines et furanes (PCDD-F)

Tableau 1 : polluants mesurés

### II. 2. Mesures des composés gazeux

Ces mesures sont réalisées par capteurs à diffusion passive. Les capteurs contiennent un adsorbant spécifique qui piège les polluants présents dans l'air ambiant. Le résultat des analyses est une concentration moyenne sur la période de mesure.

Les capteurs sont placés dans des boîtes de protection placées en hauteur sur les supports verticaux publics disponibles afin d'améliorer la représentativité et limiter les actes de vandalisme.

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques de la méthode pour chaque type de capteurs utilisés :



Boîte de protection avec capteurs NO<sub>2</sub> et C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>

Polluant	Adsorbant	Analyse	Limite de détection	Incertitude
NO <sub>2</sub>	Triéthanolamine	Spectrométrie UV	0,6 µg/m <sup>3</sup>	20,9 % à 40 µg/m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	Carbonate de potassium et glycérine	Chromatographie ionique	3,0 µg/m <sup>3</sup>	19,4 % à 125 µg/m <sup>3</sup>
NH <sub>3</sub>	Acide phosphorique	Spectrométrie visible	0,6 µg/m <sup>3</sup>	20,3 % à 10 µg/m <sup>3</sup>
HCl	Triéthanolamine	Désorption chimique et chromatographie ionique	0,1 µg/m <sup>3</sup>	25 %
HF	Gel de silice	Désorption chimique et chromatographie ionique	0,3 µg/m <sup>3</sup>	25 %

Tableau 2 : paramètres d'analyse des mesures d'air ambiant

Les analyses de NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> et NH<sub>3</sub> sont réalisées par le laboratoire suisse Passam Ag accrédité ISO 17025 (STS 149) pour la mesure de la qualité de l'air ambiant par la méthode des tubes à diffusion passive utilisant des techniques de spectrophotométrie et de chromatographie en phase gazeuse. Les analyses de HCl et HF sont réalisées par le laboratoire Tera Environnement, accrédité COFRAC pour la mesure des COV en air ambiant.



### II. 3. Mesures des particules PM<sub>10</sub>

La mesure de référence des particules en air ambiant nécessite une instrumentation complexe à mettre en œuvre, notamment pour des besoins d'alimentation électrique. Généralement ces contraintes ne permettent pas de caractériser la pollution atmosphérique sur tous les points souhaités. Dans le cadre de cette étude, une méthode alternative est donc proposée.

Cette méthode conforme à la norme allemande VDI 2119 (mesure des particules de diamètre aérodynamique entre 2,5 et 80 µm) consiste à recueillir les particules de manière passive à l'aide de collecteurs pouvant être placés sur les supports verticaux du domaine public de la même façon que les boîtes de prélèvement des polluants gazeux (cf. illustration).



Collecteur passif PM<sub>10</sub>

Les collecteurs contiennent un film adhésif sur lequel les particules se déposent par sédimentation. L'analyse granulométrique des films par microscope électronique permet d'évaluer la teneur des PM<sub>10</sub> dans l'air ambiant au cours de la période d'exposition des films.

### II. 4. Mesures dans les sols

Les prélèvements de sol sont réalisés à une profondeur de 5 à 15 cm et conditionnés en flaconnage adapté à l'analyse ultérieure des polluants. Chaque point de mesure fait l'objet de 4 prélèvements réalisés en différents emplacements (sur une surface de 1 m<sup>2</sup>) afin de constituer un échantillon composite.

Les échantillons sont ensuite envoyés au laboratoire Wessling, accrédité COFRAC pour la mesure des ETM et PCDD-F dans les sols selon les méthodes suivantes :

Famille	ETM	PCDD-F		
Composés	Chrome (Cr)	Mercuré (Hg)	2,3,7,8 TCDD	2,3,4,7,8 PeCDF
	Nickel (Ni)	Plomb (Pb)	1,2,3,7,8 PeCDD	1,2,3,4,7,8-HxCDF
	Cuivre (Cu)	Cobalt (Co)	1,2,3,4,7,8-HxCDD	1,2,3,6,7,8 HxCDF
	Arsenic (As)	Manganèse (Mn)	1,2,3,6,7,8 HxCDD	2,3,4,6,7,8 HxCDF
	Cadmium (Cd)	Thallium (Tl)	1,2,3,7,8,9-HxCDD	1,2,3,7,8,9-HxCDF
	Antimoine (Sb)	Vanadium (V)	1,2,3,4,6,7,8 HpCDD	1,2,3,4,6,7,8 HpCDF
			Octa CDD	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF
Analyse	Spectrométrie de masse à plasma couplé par induction (ICP/MS)	2,3,7,8 TCDF	Octa CDF	
		1,2,3,7,8 PeCDF		
		Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse haute résolution (HRGC-HRMS)		

Tableau 3 : paramètres d'analyse des mesures dans les sols

### II. 5. Echantillonnage

Les campagnes de mesure sont réalisées aux périodes suivantes :

- Prélèvements en air ambiant : du 29 novembre au 13 décembre 2023
- Prélèvements de sols : lors de la pose des capteurs le 29 novembre 2023

L'échantillonnage est établi pour 5 points de mesure selon la répartition suivante :

N°	Localisation
P1	Premières habitations à environ 150 mètres sous impact des vents majoritaires SO
P2	Premières habitations à environ 600 mètres sous impact des vents majoritaires SO
P3	Premières habitations à environ 800 mètres sous impact des vents secondaires NE
P4	Premières habitations en bordure est du site
P5	Point témoin : zone résidentielle à environ 1 km hors impact des vents

Tableau 4 : localisation des points et polluants mesurés



La figure suivante présente l'implantation des points de mesure.

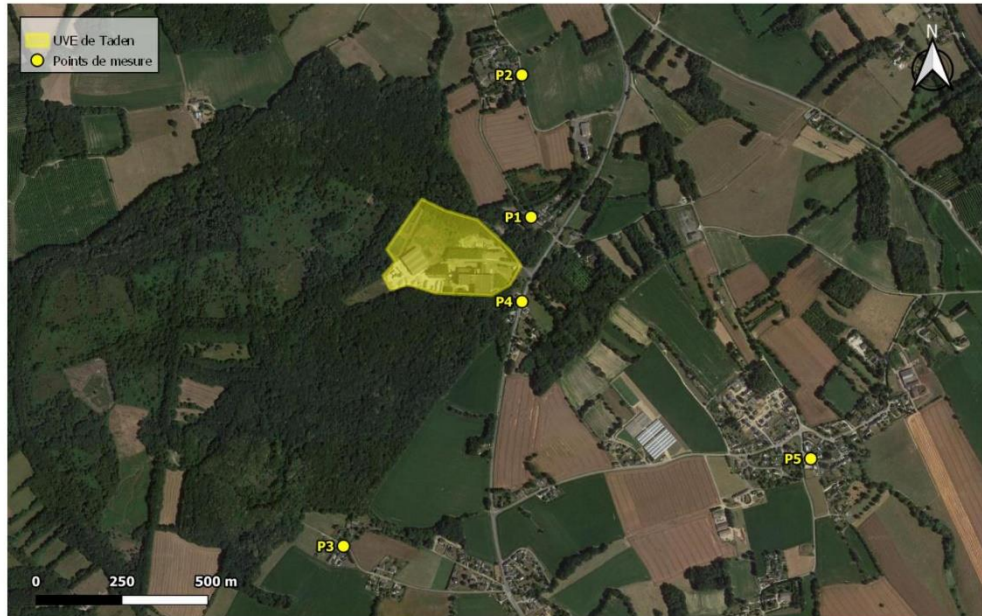


Figure 1 : plan d'échantillonnage des mesures en air ambiant

Les photographies de chaque point sont présentées en annexe 1.





### III. RESULTATS

#### III. 1. Conditions de la campagne

Le graphique suivant présente les températures et précipitations enregistrées par la station Météo France de Dinard durant la campagne de mesure par rapport aux normales annuelles :

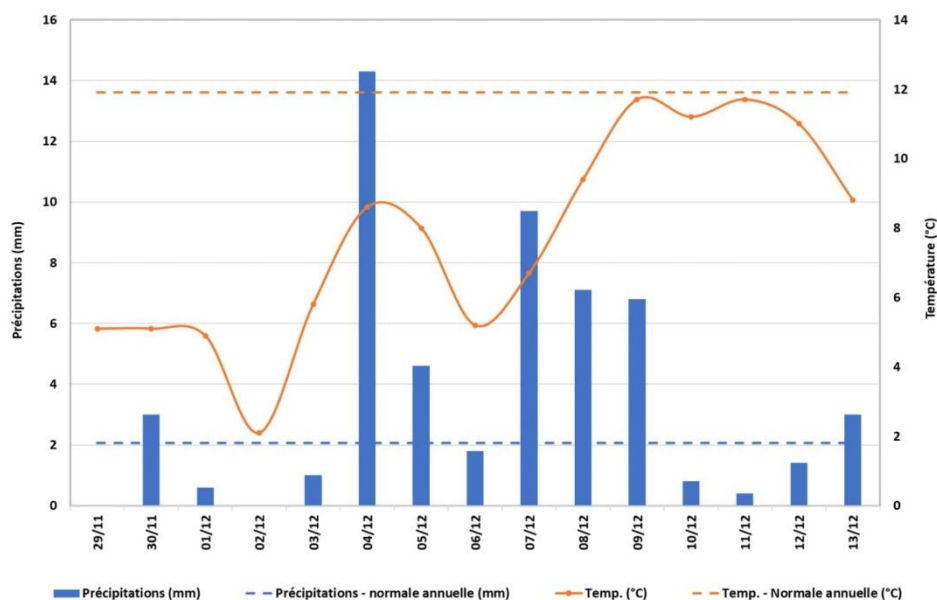


Figure 2 : températures et précipitations pendant les mesures (données : Météo France)

Les conditions météorologiques se caractérisent par des températures plus faibles que la normale annuelle, notamment au début de la campagne de mesure, ce qui peut indiquer une augmentation des concentrations en polluants liée au chauffage en zone résidentielle. En revanche les précipitations sont supérieures à la normale annuelle (3,6 mm/j en moyenne contre 2,4 mm/j), ce qui peut entraîner une diminution des concentrations en particules  $PM_{10}$  dans l'air ambiant liée à un phénomène d'abatement au sol.

Le graphique ci-contre présente la rose des vents au cours des mesures. Celle-ci présente des directions de vent majoritairement en provenance de l'ensemble du secteur sud. Ces directions placent les points P1 et P2 sous l'impact du site durant la période de mesure. La faible provenance de vents issus du secteur nord place les points P3 et P5 hors impact des émissions du site pendant la campagne.

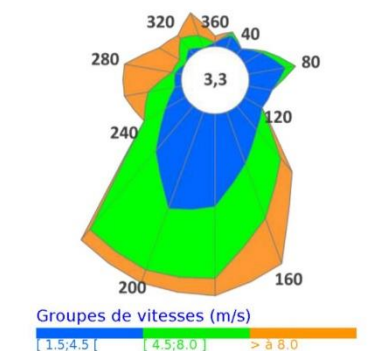


Figure 3 : rose des vents pendant la campagne



### III. 2. Polluants atmosphériques

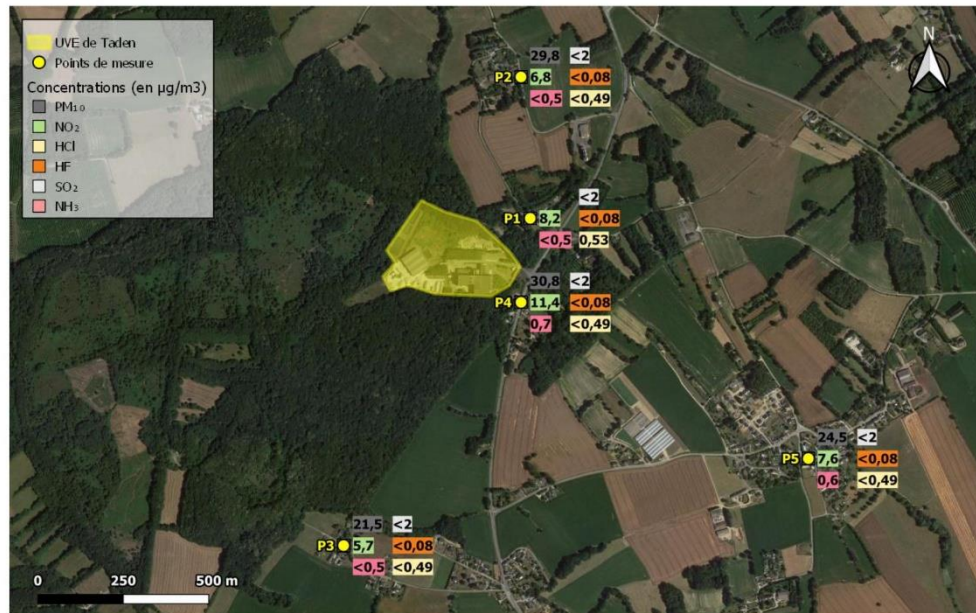
Les résultats des mesures de polluants dans l'air ambiant sont indiqués dans le tableau ci-dessous. Les valeurs maximales sont présentées en orange et les valeurs réglementaires (décret n°2010-1250) en grisé :

Composés	P1	P2	P3	P4	P5	Valeur limite	Objectif de qualité
Particules PM <sub>10</sub>	NR*	29,8	21,5	30,8	24,5	40	30
Dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> )	8,2	6,8	5,7	11,4	7,6	40	40
Dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> )	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	-	50
Ammoniac (NH <sub>3</sub> )	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,7	0,6	-	-
Acide chlorhydrique (HCl)	0,53	< 0,49	< 0,49	< 0,49	< 0,49	-	-
Acide fluorhydrique (HF)	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	< 0,08	-	-

\* échantillon contaminé du fait de l'installation d'un oiseau dans le capteur

Tableau 5 : résultats des mesures en air ambiant en µg/m<sup>3</sup>

La figure suivante présente les résultats de mesure des polluants dans l'air ambiant :



La cartographie des résultats indique des concentrations en particules PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> et NH<sub>3</sub> maximales au niveau du point P4 qui est le plus proche du site, ce qui peut indiquer un impact de l'activité industrielle sur la qualité de l'air ambiant. Néanmoins, ce point étant également situé en bordure de la route départementale RD2, la circulation routière sur cet axe peut expliquer les valeurs plus importantes en NO<sub>2</sub> et PM<sub>10</sub>. Par ailleurs, la concentration en NH<sub>3</sub> sur P1, également proche du site et sous les vents dominants, est inférieure à la limite de quantification ce qui ne confirme pas l'impact sur ce polluant.

Les concentrations des autres polluants sont proches ou inférieures à la limite de quantification sur tous les points.

Toutes les concentrations mesurées sont inférieures aux valeurs limites des polluants réglementés (PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>).



### III. 3. Polluants dans les sols

#### III.1.1) Eléments traces métalliques

Le tableau suivant présente les concentrations mesurées en ETM (en mg/kg), comparées aux gammes de concentrations dans les sols d'après la base de données du programme ASPITET<sup>1</sup> et du RMQS<sup>2</sup>. Les concentrations maximales pour chaque polluant sont présentées en orange.

ETM (mg/kg)	Bruit de fond	P1	P2	P3	P4	P5
Antimoine (Sb)	-	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Arsenic (As)	1 – 25	10	120	13	6,0	16
Cadmium (Cd)	0,05 – 0,45	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Chrome (Cr)	10 – 90	18	19	22	17	37
Cobalt (Co)	2 – 23	4,0	6,0	7,0	3,0	7,0
Cuivre (Cu)	2 – 20	13	16	19	5,0	34
Manganèse (Mn)	567	210	330	470	69	280
Mercure (Hg)	0,02 – 0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Nickel (Ni)	2 – 60	10	9,0	14	9,0	17
Plomb (Pb)	9 – 50	14	25	42	12	13
Thallium (Tl)	-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,0
Vanadium (V)	-	22	26	28	22	45

Tableau 6 : résultats des mesures ETM dans les sols

Les concentrations en polluants dans les sols ne présentent pas de tendance homogène selon les points de mesure. Le point P2 (plus éloigné que P1 par rapport au site) présente la concentration la plus importante en arsenic, avec une valeur supérieure au bruit de fond français, de même en P5 (point témoin) pour le cuivre. Les concentrations mesurées pour les autres ETM sont comprises dans les bruits de fond sur tous les points de mesure.

#### III.1.2) Dioxines et furannes

Le tableau suivant présente les équivalents toxiques des 17 congénères exprimées en ng/kg de sol. Les résultats obtenus sont comparés aux valeurs médianes du bruit de fond d'après le BRGM<sup>3</sup>.

PCDD/PCDF (ng/kg)	Bruit de fond	P1	P2	P3	P4	P5
2,3,7,8 TCDD	-	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
1,2,3,7,8 PCDD	-	2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
1,2,3,4,7,8 HxCDD	-	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0
1,2,3,6,7,8 HxCDD	-	5,3	<3,0	<3,0	3,8	<3,0
1,2,3,7,8,9 HxCDD	-	4,1	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0
1,2,3,4,6,7,8 HpCDD	-	45	<15	24	27	<15
OCDD	-	100	<50	110	75	<50
2,3,7,8 TCDF	-	2,2	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
1,2,3,7,8 PCDF	-	2,4	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
2,3,4,7,8 PCDF	-	3,8	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
1,2,3,4,7,8 HxCDF	-	4,4	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0
1,2,3,6,7,8 HxCDF	-	4,8	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0
2,3,4,6,7,8 HxCDF	-	6,1	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0
1,2,3,7,8,9 HxCDF	-	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0
1,2,3,4,6,7,8 HpCDF	-	24	<15	<15	<15	<15
1,2,3,4,7,8,9 HpCDF	-	<15	<15	<15	<15	<15
OCDF	-	<50	<50	<50	<50	<50
Total TEQ-OMS 2005 excl. LQ	1,1-11,9	6,61	-	0,27	0,67	-

Tableau 7 : équivalents toxiques des PCDD-F dans les sols

Les concentrations en PCDD-F sont plus importantes sur P1 que sur les autres points, pouvant indiquer un impact du site à proche distance sous les vents de secteur sud. La concentration totale sur ce point reste néanmoins dans la gamme du bruit de fond en France.

<sup>1</sup> ASPITET - Apports d'une Stratification Pédologique pour l'Interprétation des Teneurs en Eléments Traces.

<sup>2</sup> RMQS - Réseau de Mesure de la Qualité des Sols : centile 10 et centile 99 des résultats.

<sup>3</sup> BRGM - Dioxines/furannes dans les sols français : troisième état des lieux - analyses 1998-2012





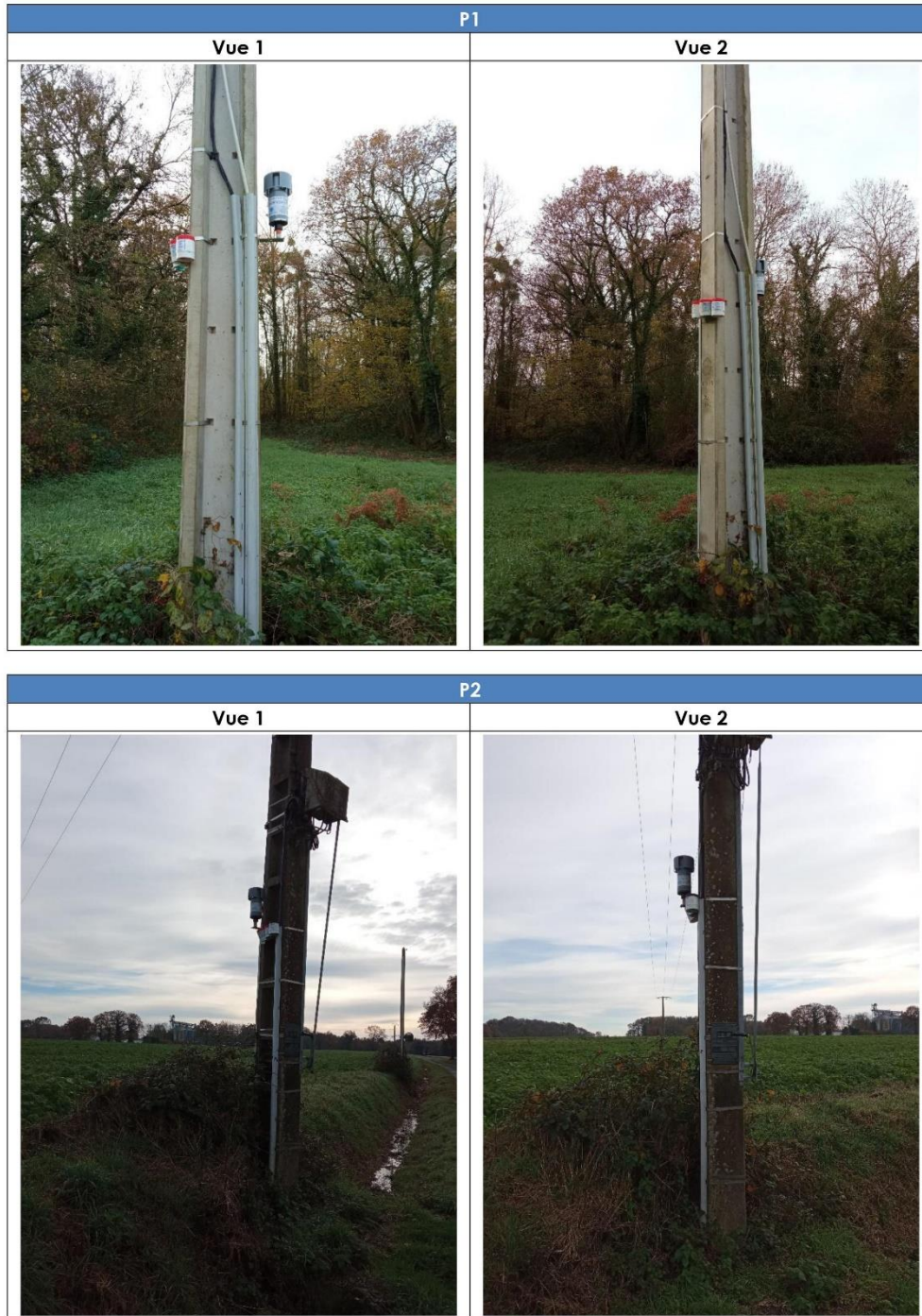
#### IV. SYNTHÈSE

Une campagne de mesure des concentrations en polluants dans l'air ambiant et dans les sols a été réalisée dans l'environnement de l'UVE de Taden (22) du 29 novembre au 13 décembre 2023. Ces mesures se sont déroulées sous des conditions météorologiques propices à une augmentation des concentrations en polluants gazeux par rapport à la moyenne annuelle et à une diminution des concentrations de particules en suspension. Dans ces conditions, la campagne de mesure se caractérise par les résultats suivants :

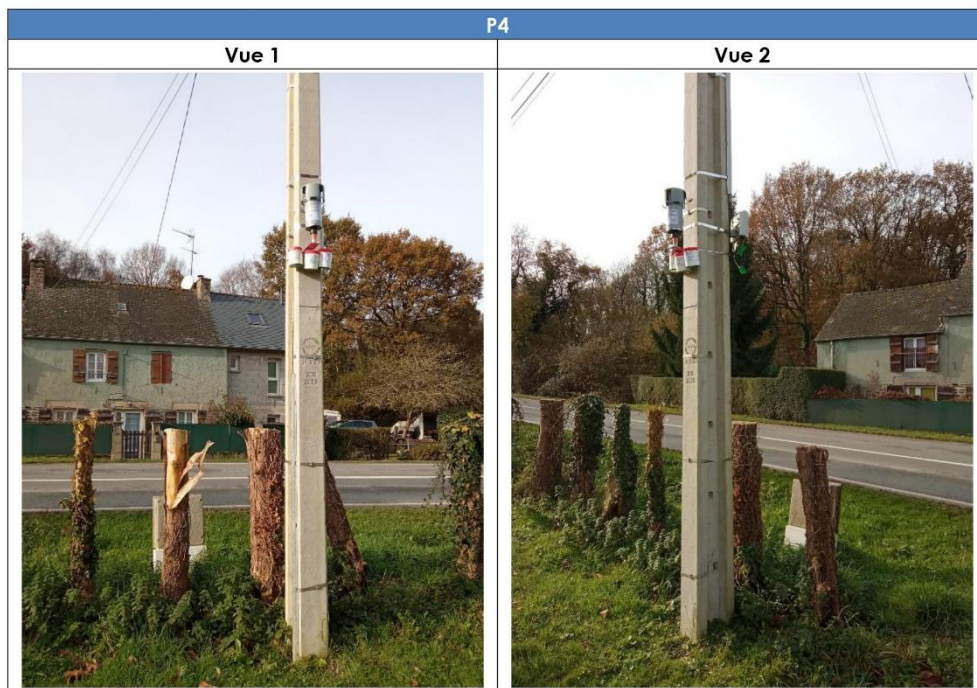
- Des concentrations en NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> et NH<sub>3</sub> maximales observées à proximité du site à l'est, mais en bordure de la RD2, ce qui ne permet pas de conclure à un impact lié à l'activité pour le NO<sub>2</sub> et les PM<sub>10</sub>. Les concentrations en NH<sub>3</sub> sont par ailleurs inférieures sur le point le plus proche au nord (sous les vents dominants) ce qui ne permet pas non plus de conclure à un impact du site.
- Des concentrations en SO<sub>2</sub>, HCl et HF inférieures ou très proches de la limite de quantification sur tous les points, ne permettant pas de dégager de tendance sur la zone d'étude.
- Des concentrations en ETM dans les sols disparates selon les points de mesure, n'indiquant pas de tendance particulière.
- Des concentrations en PCCD-F dans les sols plus importantes sur le point le plus proche au nord, pouvant indiquer un impact éventuel du site, mais avec des valeurs comprises dans le bruit de fond national.
- Aucun dépassement des valeurs limites de protection de la santé pour tous les polluants réglementés dans l'air ambiant.



**Annexe 1 : Photographies des points de mesure**





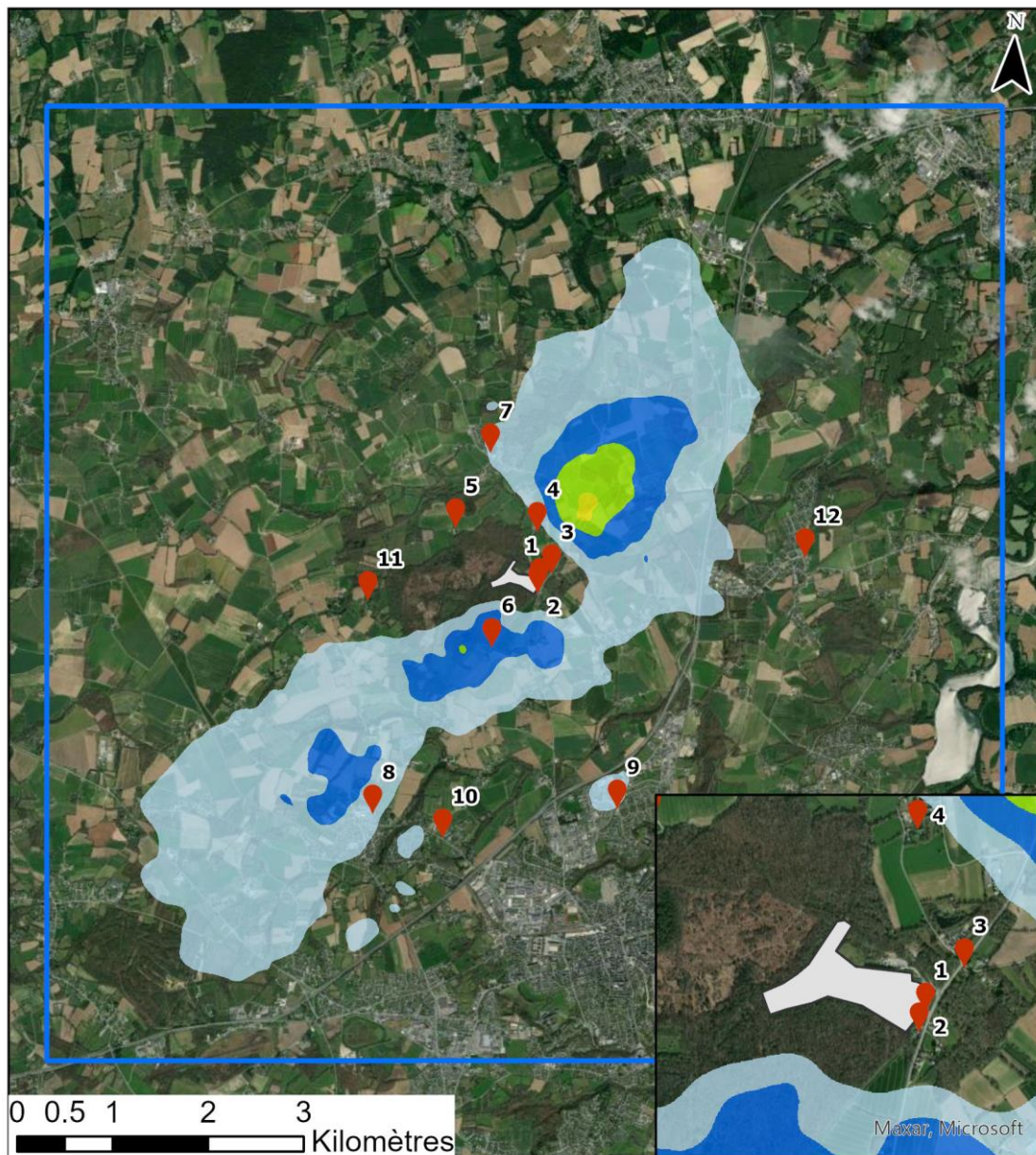







## **Annexe 3 : Cartes de concentration en moyenne annuelle**



Figure 35 : carte de concentration en moyenne annuelle en COV totaux ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



**Légende**

-  Points cibles
-  Périmètre du site
-  Domaine

**Concentration en COVT en moyenne annuelle ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**





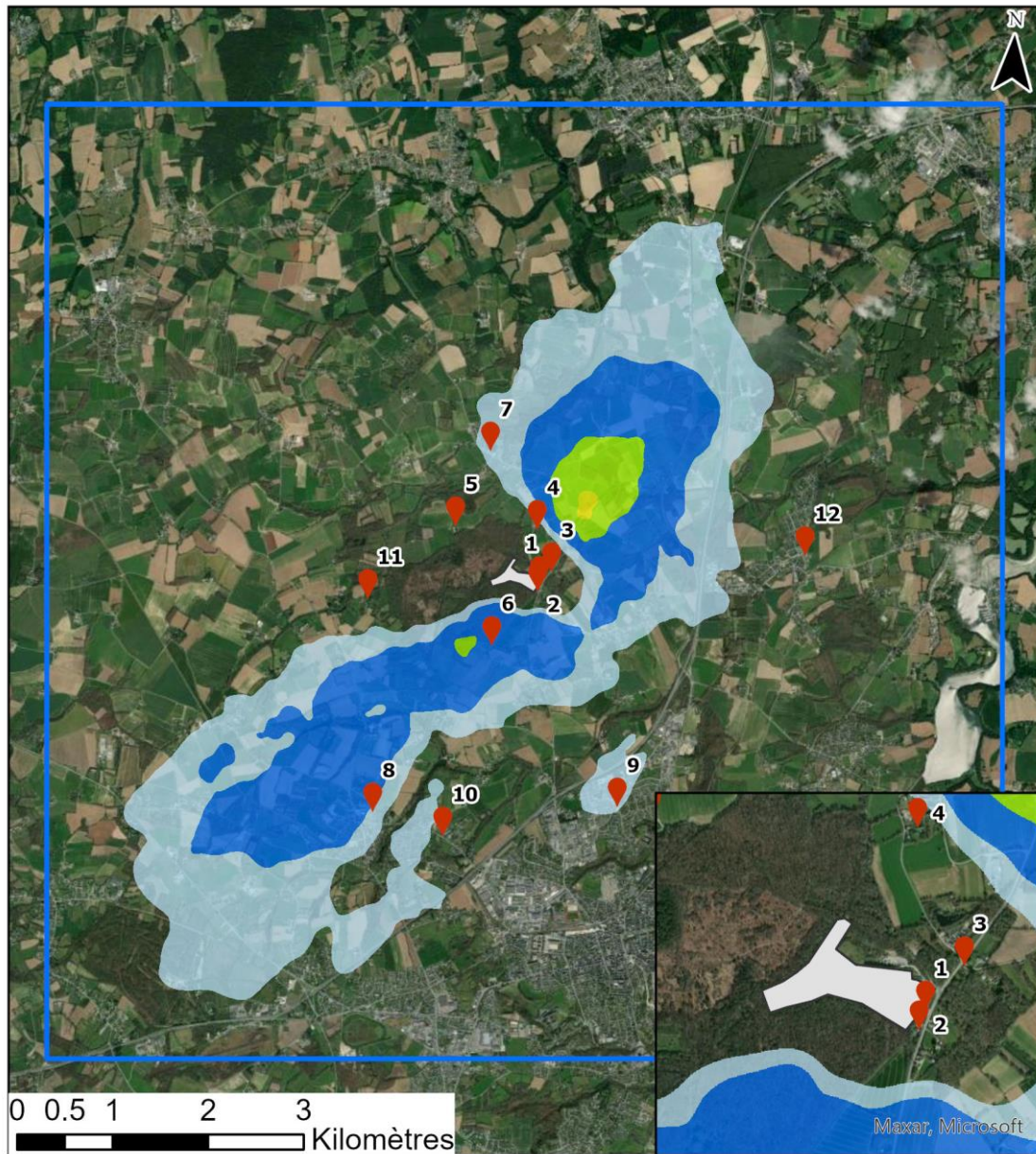
- < 0,04
-  0,04 - 0,06
-  0,06 - 0,08
-  0,08 - 0,1
-  > 0,1








Figure 36 : carte de concentration en moyenne annuelle en NOx ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



### Légende

-  Points cibles
-  Périmètre du site
-  Domaine

### Concentration en dioxyde d'azote en moyenne annuelle ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

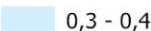
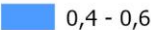
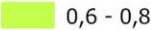
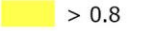
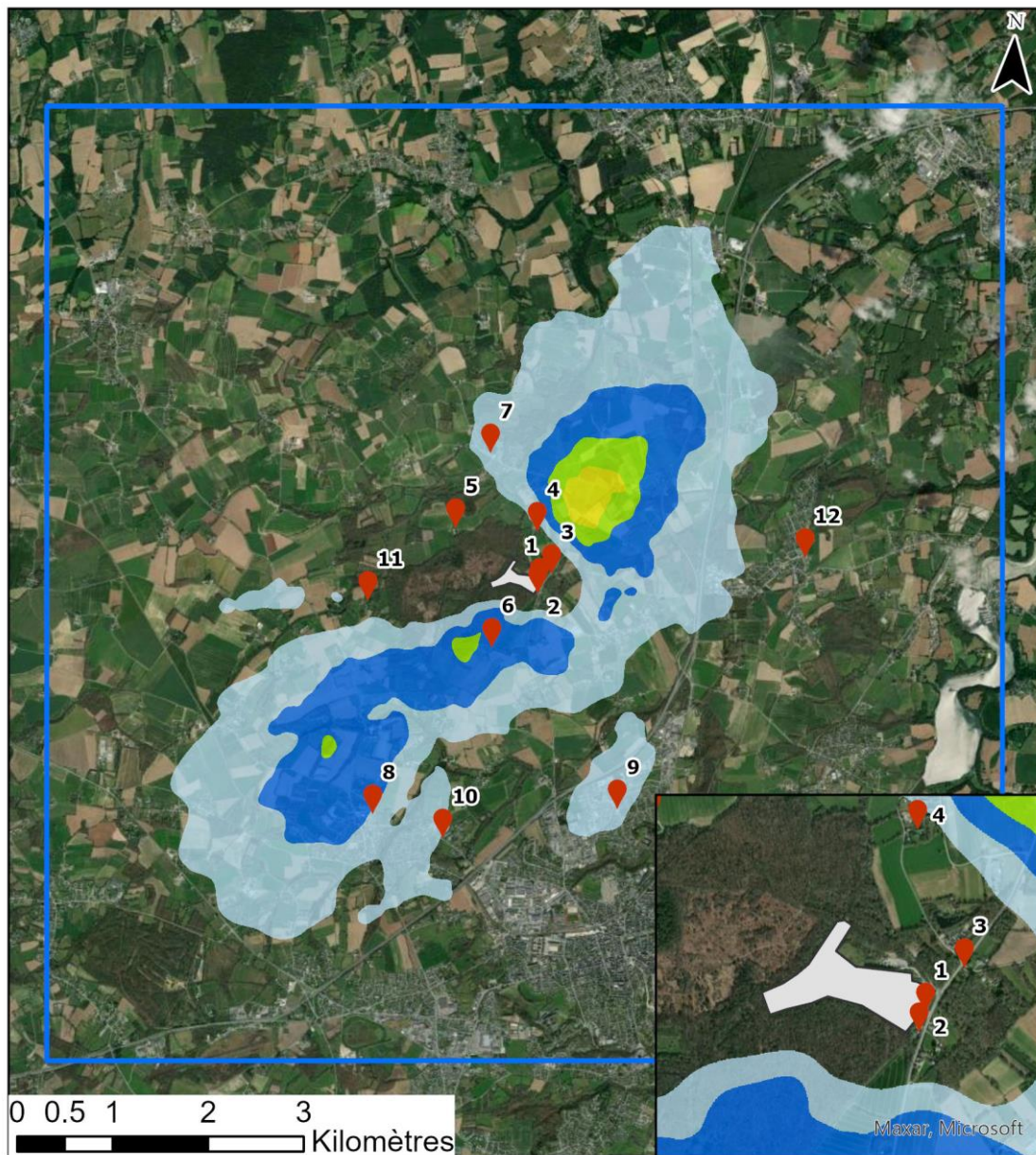
- < 0,3
-  0,3 - 0,4
-  0,4 - 0,6
-  0,6 - 0,8
-  > 0,8








Figure 37 : carte de concentration en moyenne annuelle en PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



### Légende

-  Points cibles
-  Périmètre du site
-  Domaine

### Concentration en PM10 en moyenne annuelle ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )





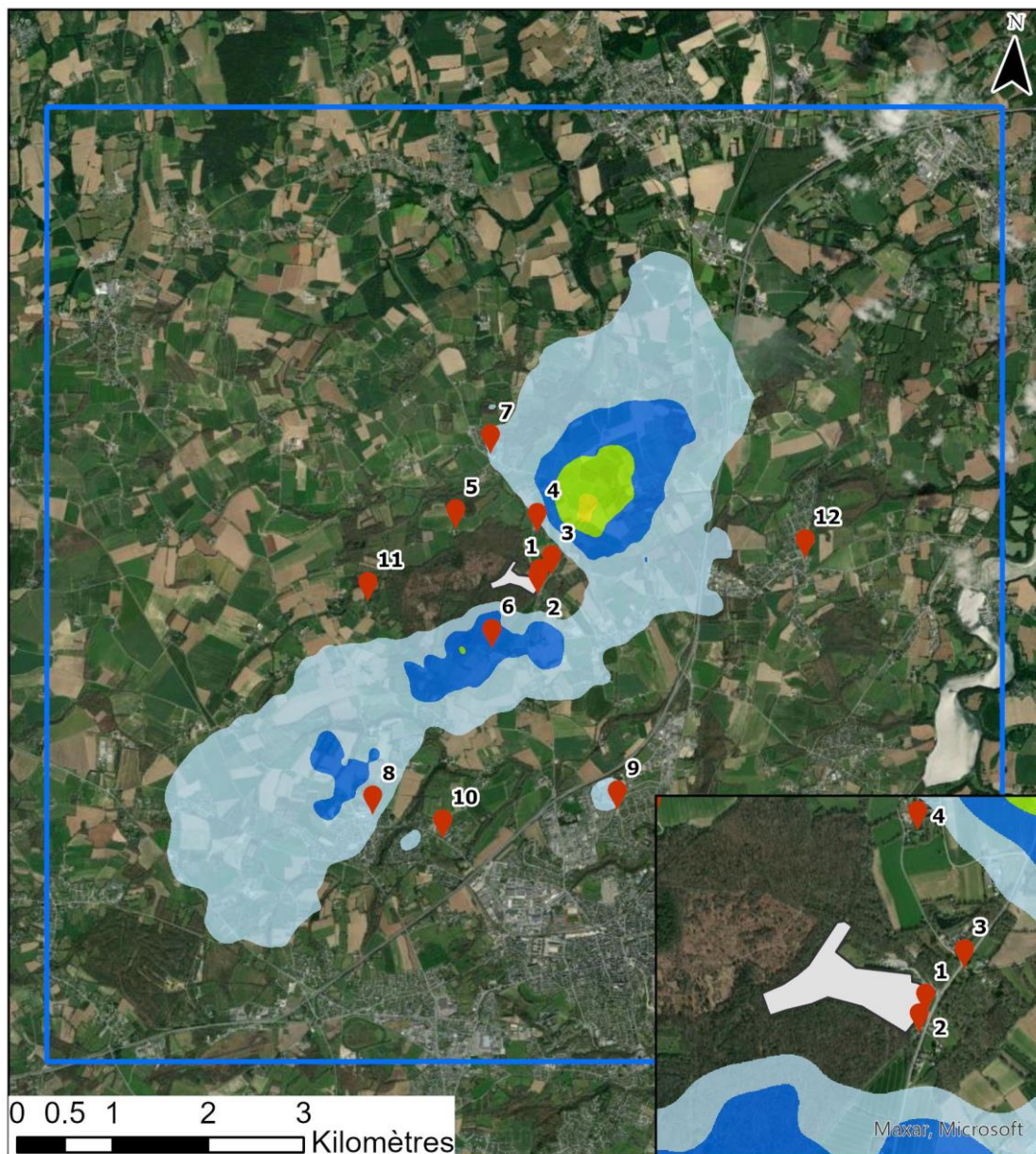
- < 0,02
-  0,02 - 0,03
-  0,03 - 0,04
-  0,04 - 0,05
-  > 0,05








Figure 38 : carte de concentration en moyenne annuelle en  $SO_2$  ( $\mu g/m^3$ )



**Légende**

-  Points cibles
-  Périmètre du site
-  Domaine

**Concentration en dioxyde de soufre en moyenne annuelle ( $\mu g/m^3$ )**


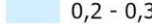
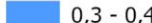
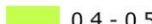

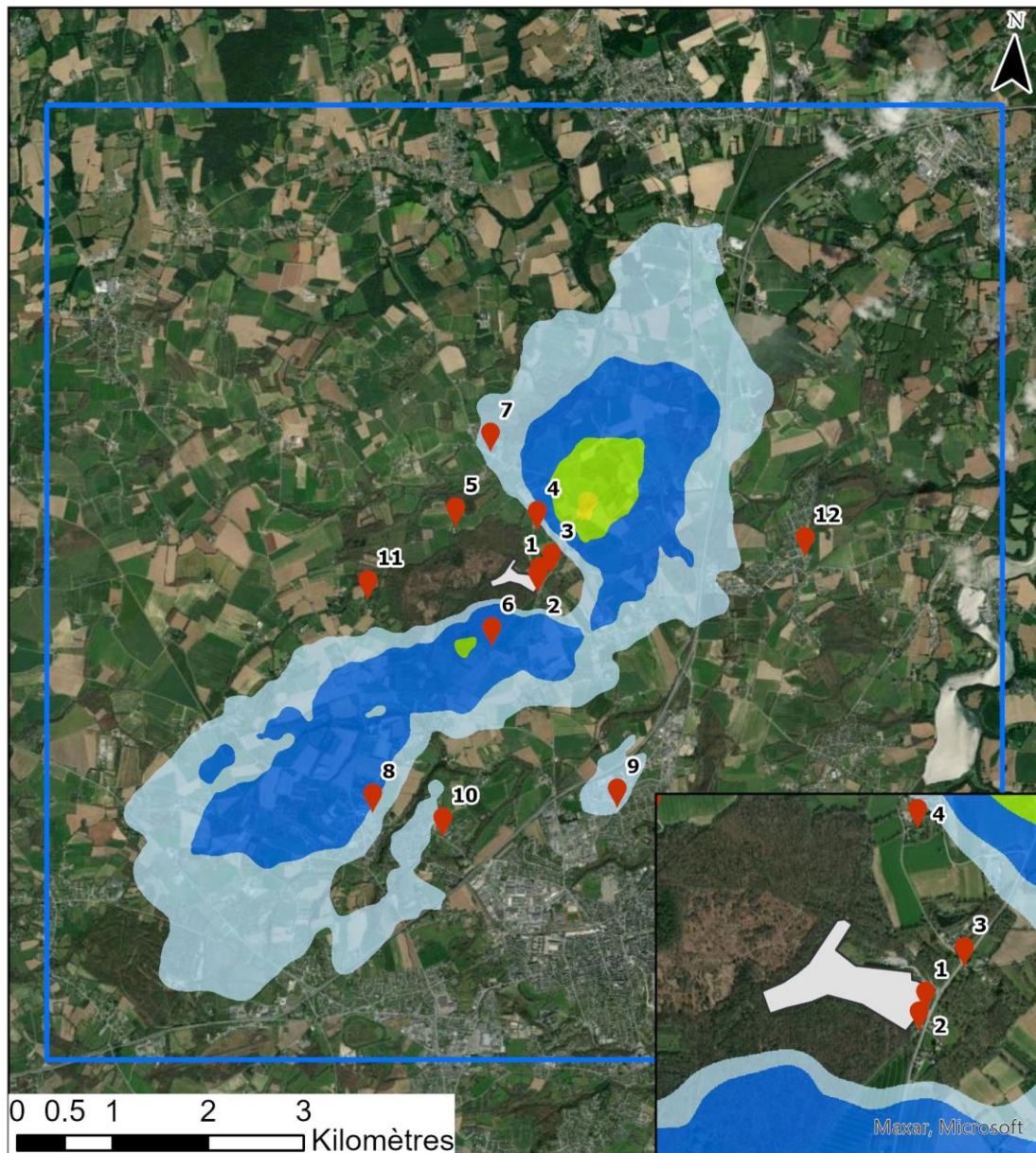
-  < 0,2
-  0,2 - 0,3
-  0,3 - 0,4
-  0,4 - 0,5
-  > 0,5








Figure 39 : carte de concentration en moyenne annuelle en HCl ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



### Légende

-  Points cibles
-  Périmètre du site
-  Domaine

### Concentration en HCl en moyenne annuelle ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )






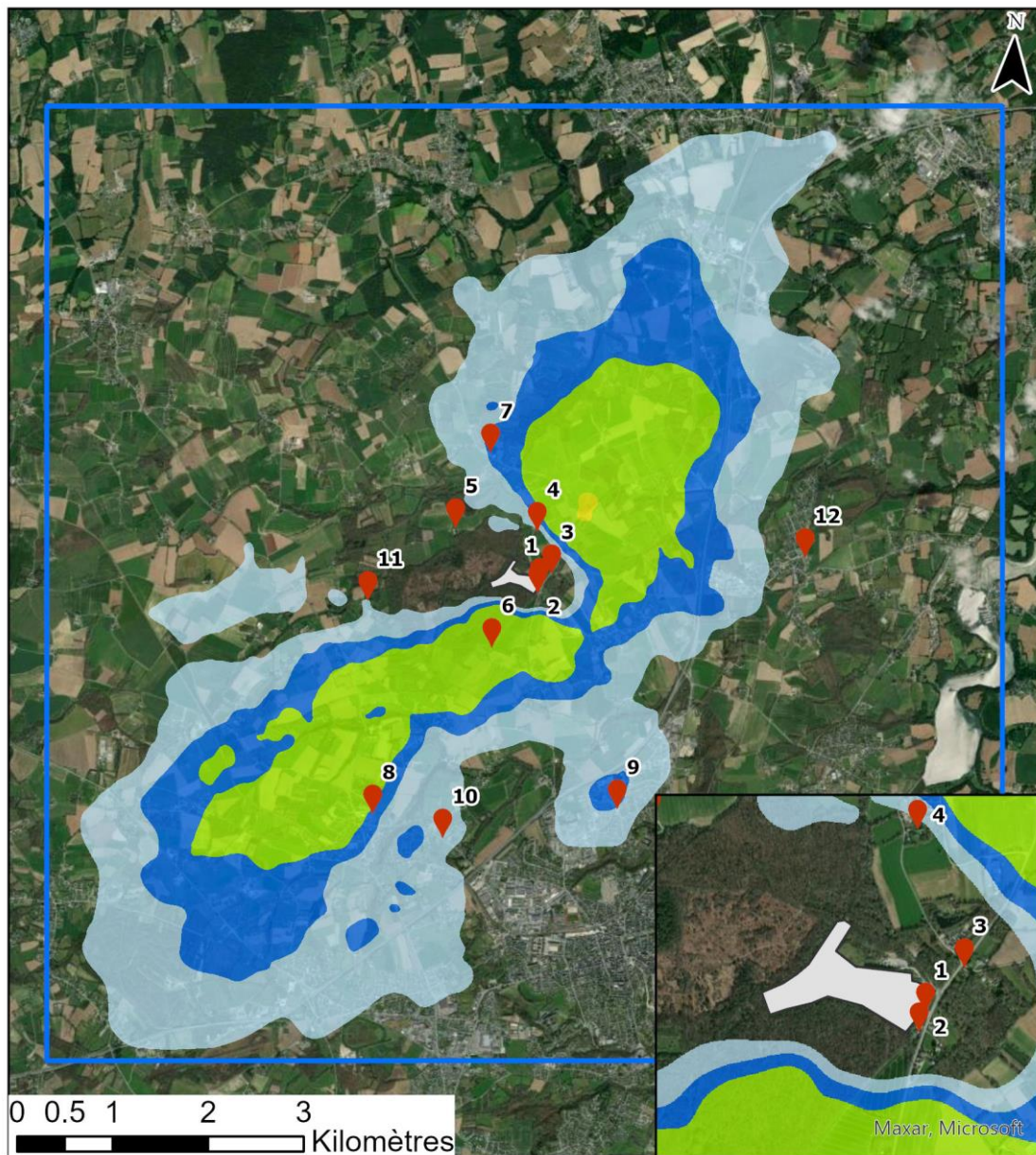
-  < 0,03
-  0,03 - 0,04
-  0,04 - 0,06
-  0,06 - 0,08
-  > 0,08








Figure 40 : carte de concentration en moyenne annuelle en HF ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



### Légende

-  Points cibles
-  Périmètre du site
-  Domaine

### Concentration en HF en moyenne annuelle ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )






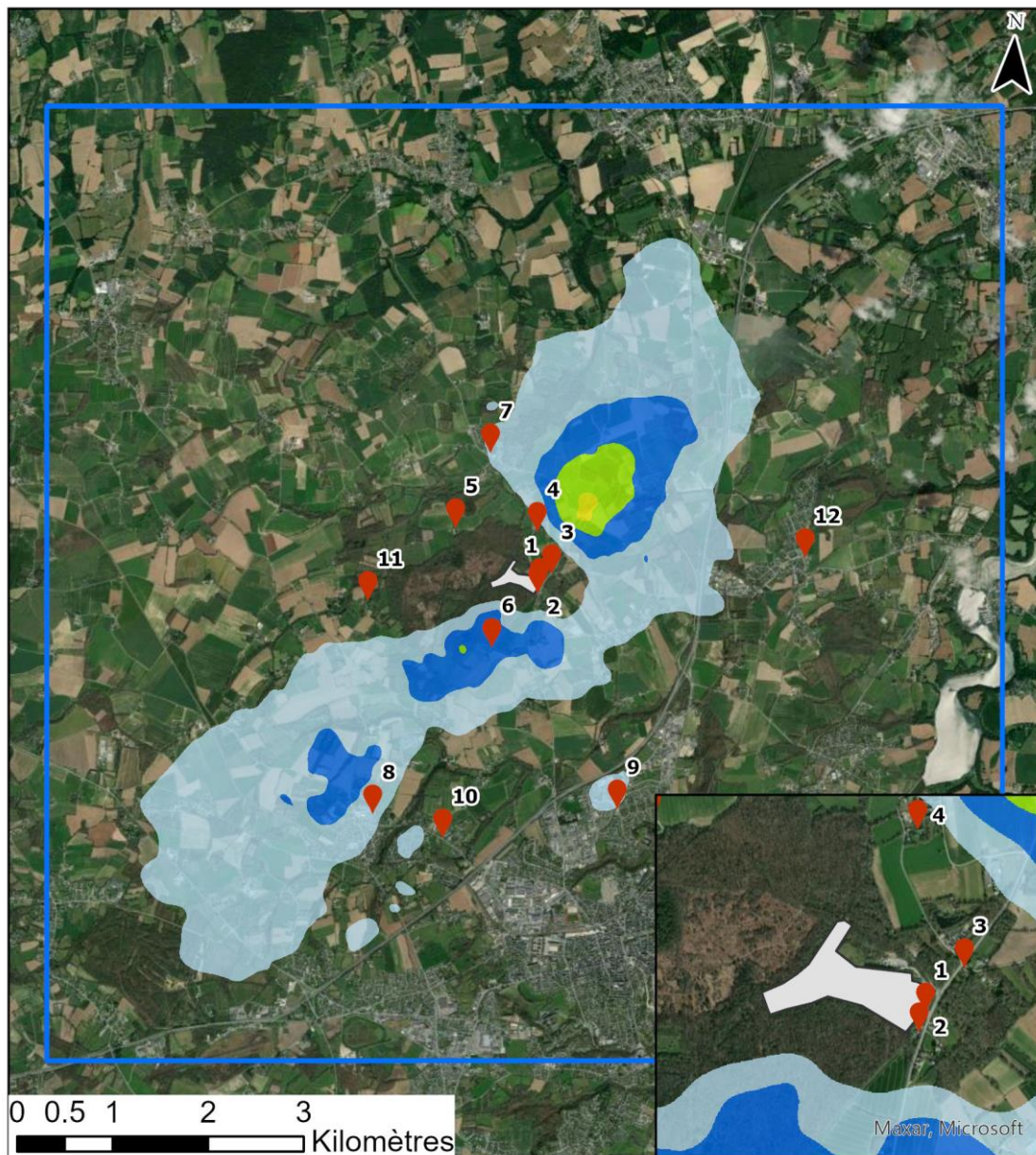
-  < 0,003
-  0,003 - 0,004
-  0,004 - 0,005
-  0,005 - 0,01
-  > 0,01








Figure 41 : carte de concentration en moyenne annuelle en  $\text{NH}_3$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



### Légende

-  Points cibles
-  Périmètre du site
-  Domaine

### Concentration en $\text{NH}_3$ en moyenne annuelle ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )





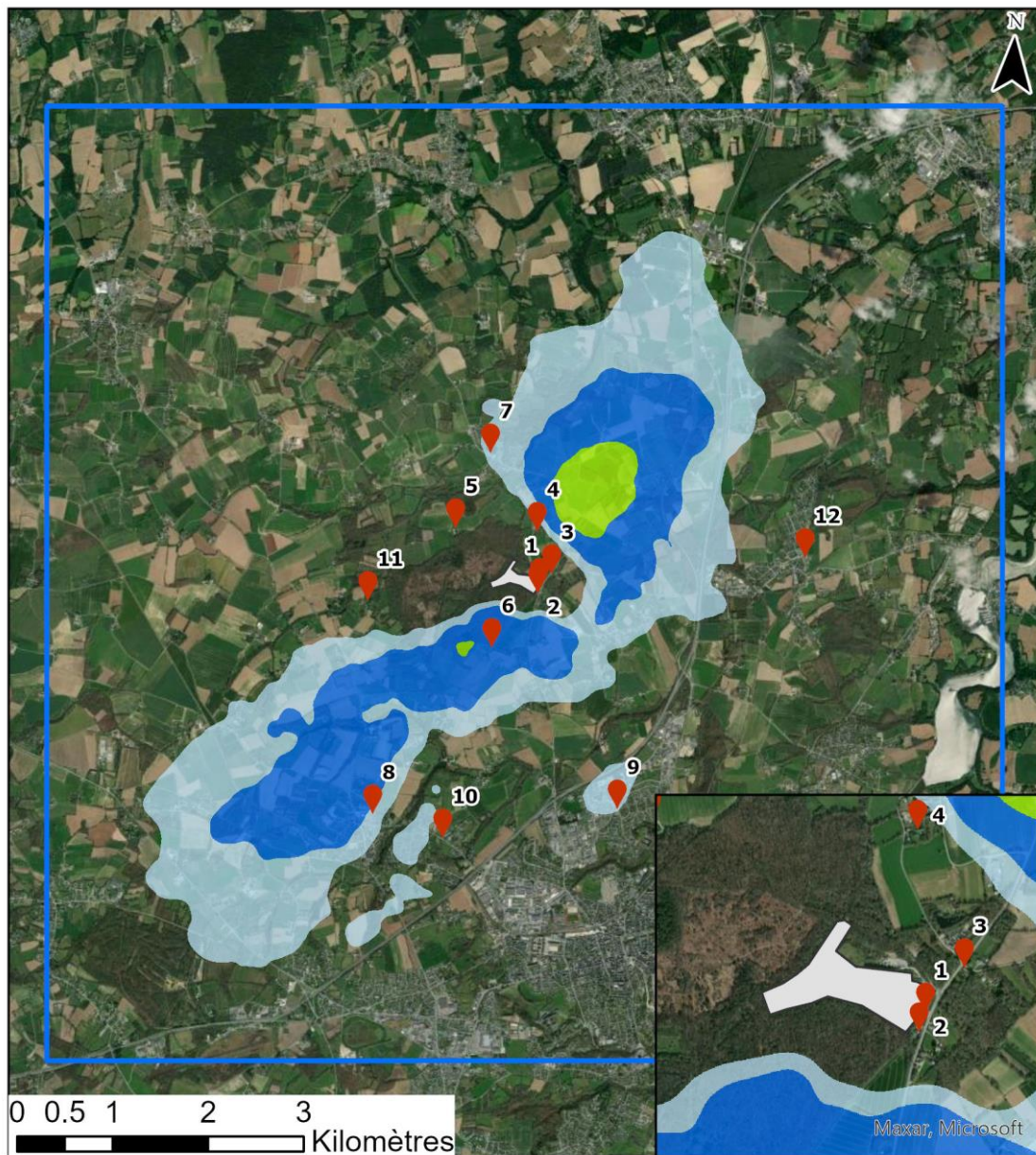
- < 0,04
-  0,04 - 0,06
-  0,06 - 0,08
-  0,08 - 0,1
-  > 0,1








Figure 42 : carte de concentration en moyenne annuelle en antimoine ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



**Légende**

-  Points cibles
-  Périmètre du site
-  Domaine

**Concentration en antimoine en moyenne annuelle ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**





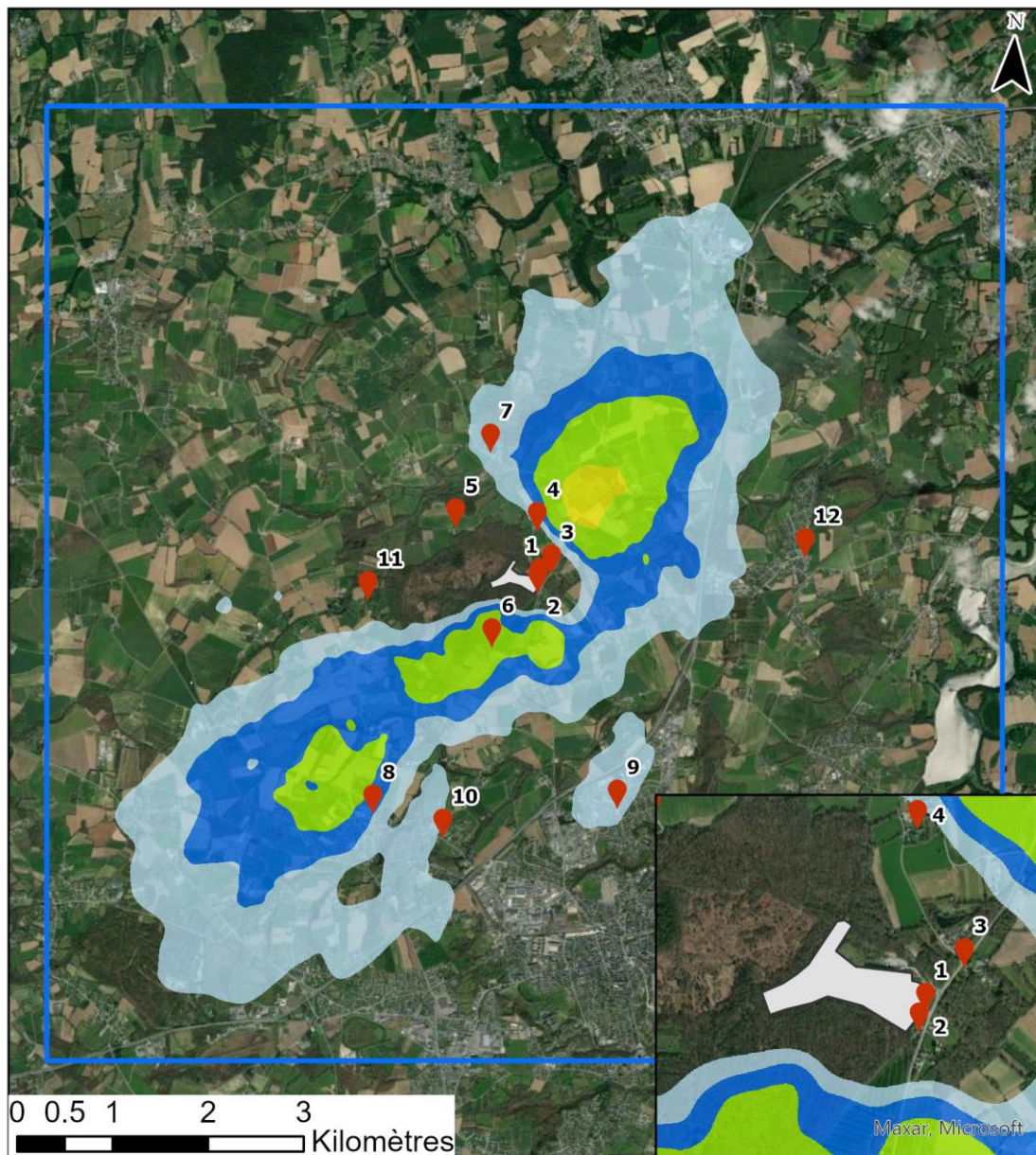
- < 3e-07
-  3e-07 - 4e-07
-  4-07 - 6e-07
-  6e-07 - 8e-07
-  > 8e-07








Figure 43 : carte de concentration en moyenne annuelle en arsenic ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



**Légende**

-  Points cibles
-  Périmètre du site
-  Domaine

**Concentration en arsenic en moyenne annuelle ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**





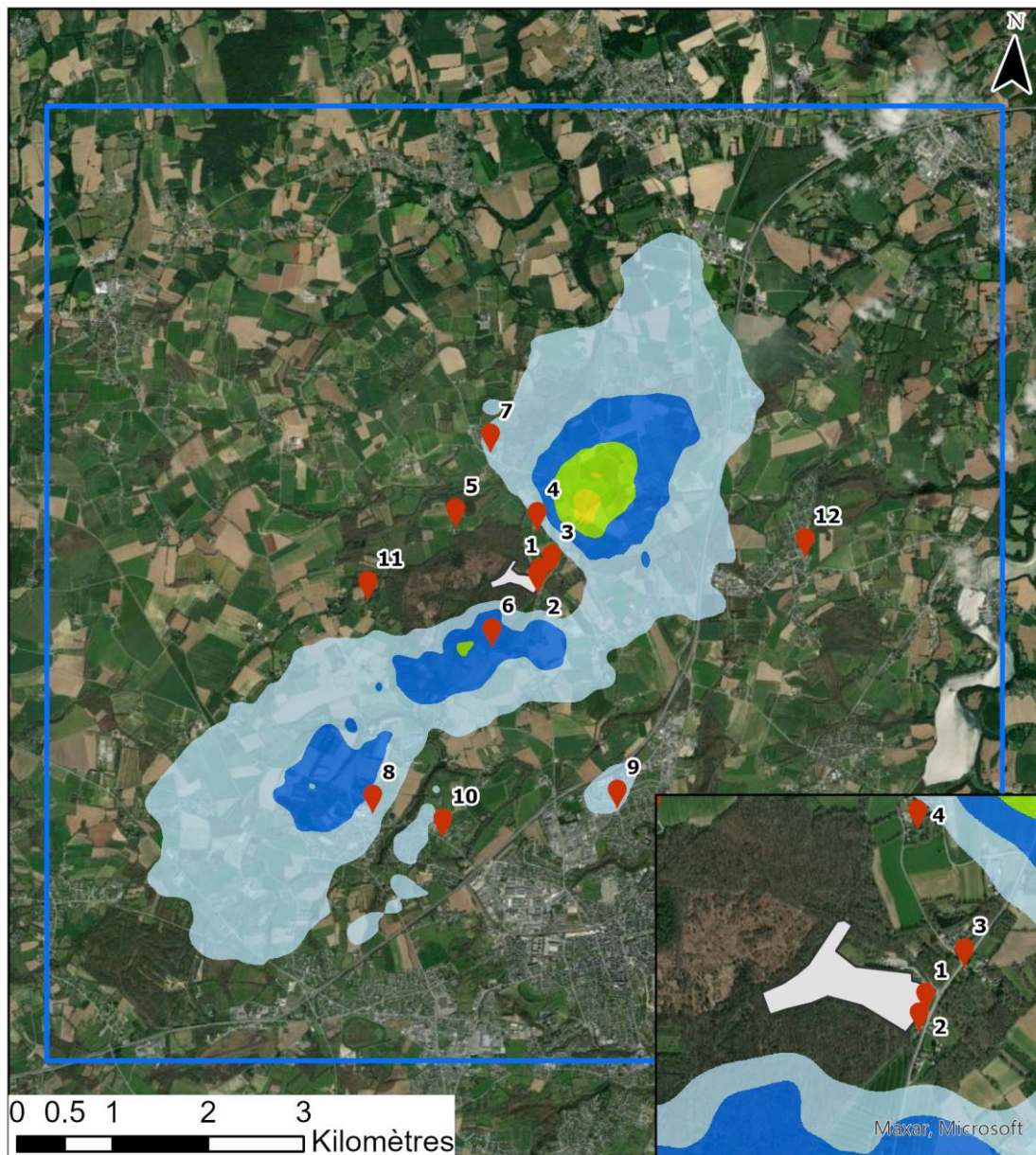
- < 6e-07
-  6e-07 - 8e-07
-  8e-07 - 1e-06
-  1e-06 - 1,5e-06
-  > 1,5e-06








Figure 44 : carte de concentration en moyenne annuelle en cadmium ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



**Légende**

-  Points cibles
-  Périmètre du site
-  Domaine

**Concentration en cadmium en moyenne annuelle ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**





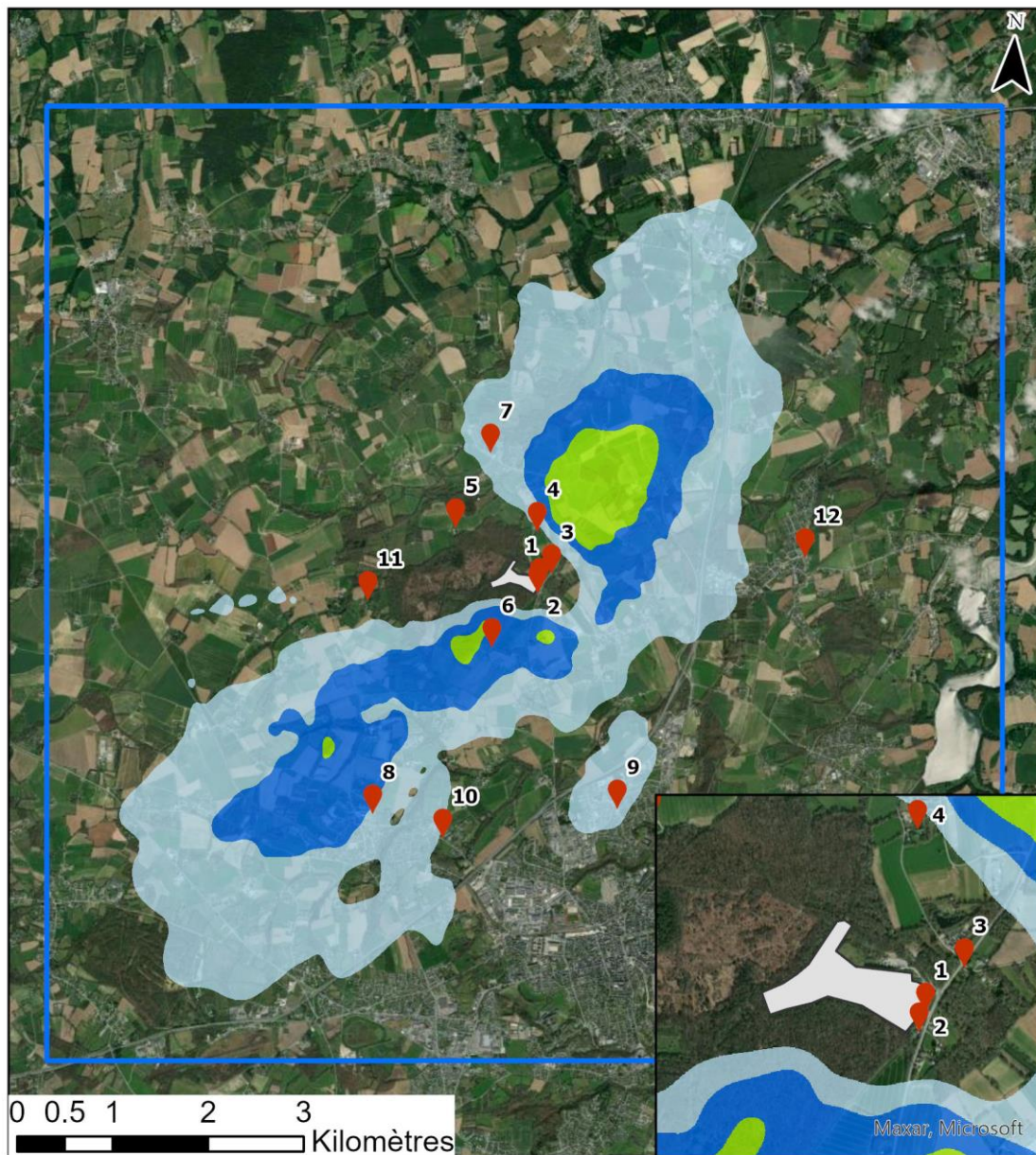
- < 0,0002
-  0,0002 - 0,0003
-  0,0003 - 0,0004
-  0,0004 - 0,0005
-  > 0,0005








Figure 45 : carte de concentration en moyenne annuelle en chrome ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



### Légende

-  Points cibles
-  Périmètre du site
-  Domaine

### Concentration en chrome en moyenne annuelle ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )





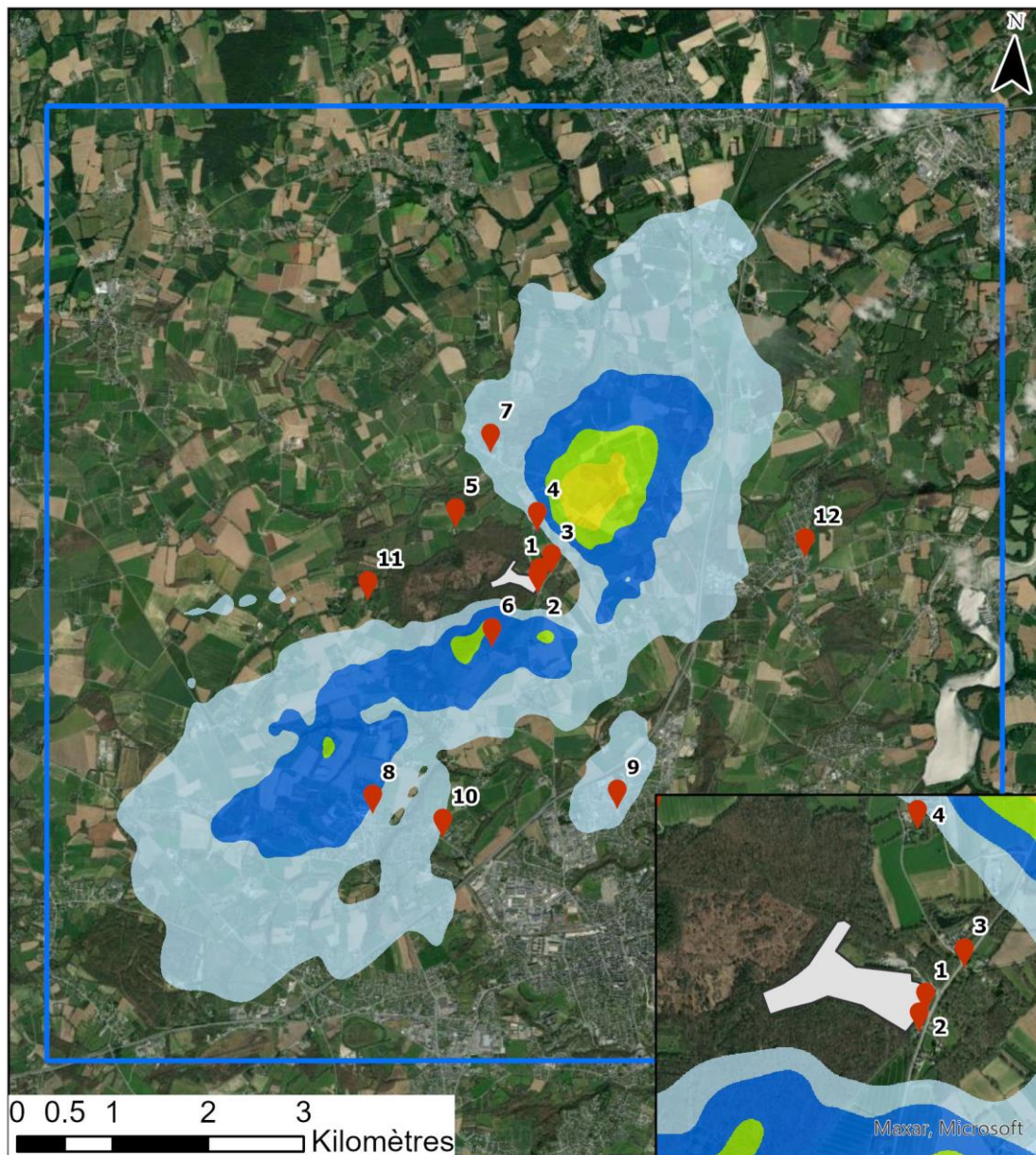
- $< 2 \times 10^{-5}$
-   $2 \times 10^{-5} - 3 \times 10^{-5}$
-   $3 \times 10^{-5} - 4 \times 10^{-5}$
-   $4 \times 10^{-5} - 6 \times 10^{-5}$
-   $> 6 \times 10^{-5}$








Figure 46 : carte de concentration en moyenne annuelle en cuivre ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



### Légende

-  Points cibles
-  Périmètre du site
-  Domaine

### Concentration en cuivre en moyenne annuelle ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )





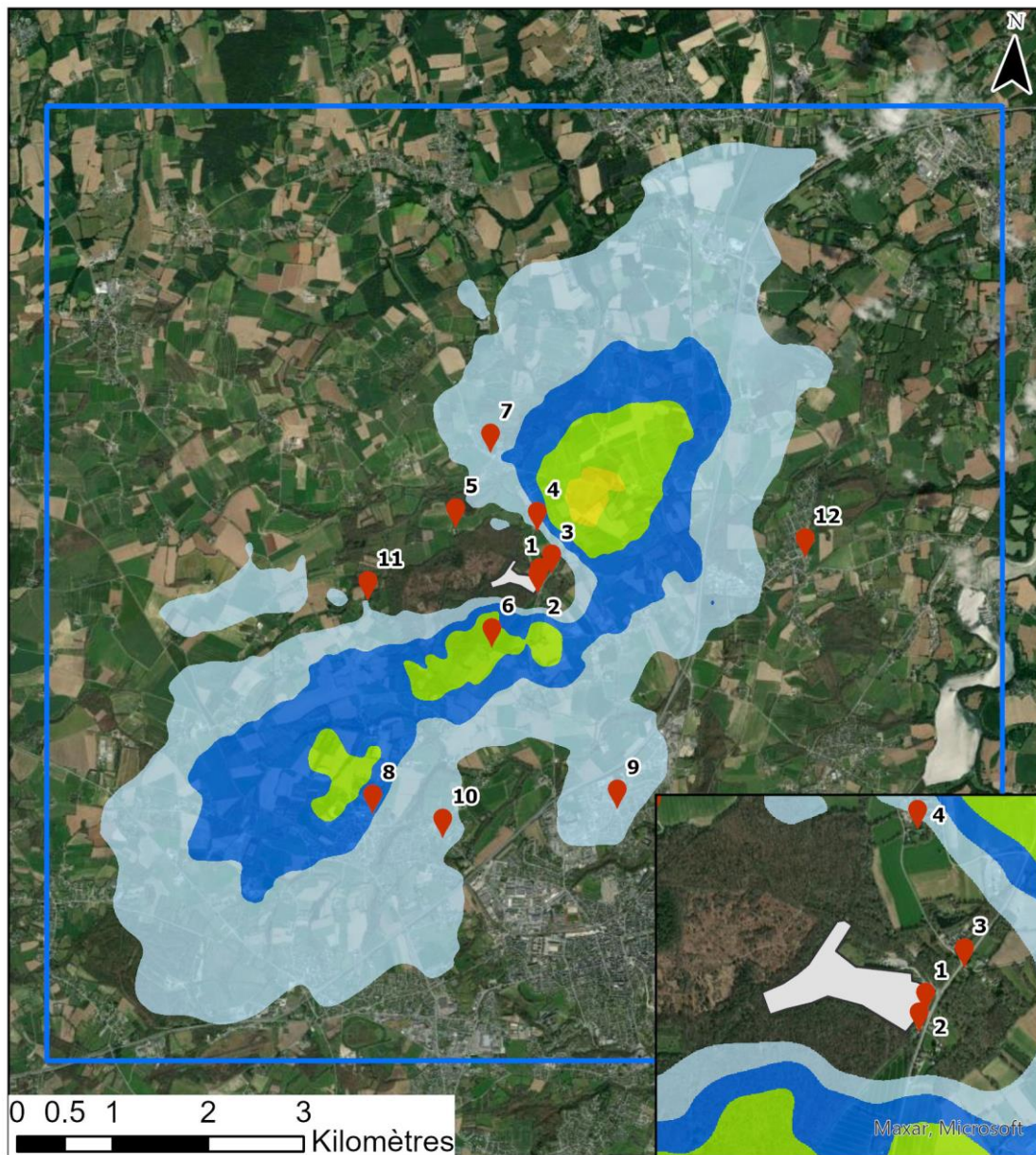
- < 0,0004
-  0,0004 - 0,0006
-  0,0006 - 0,0008
-  0,0008 - 0,001
-  > 0,001








Figure 47 : carte de concentration en moyenne annuelle en manganèse ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



### Légende

-  Points cibles
-  Périmètre du site
-  Domaine

### Concentration en manganèse en moyenne annuelle ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )





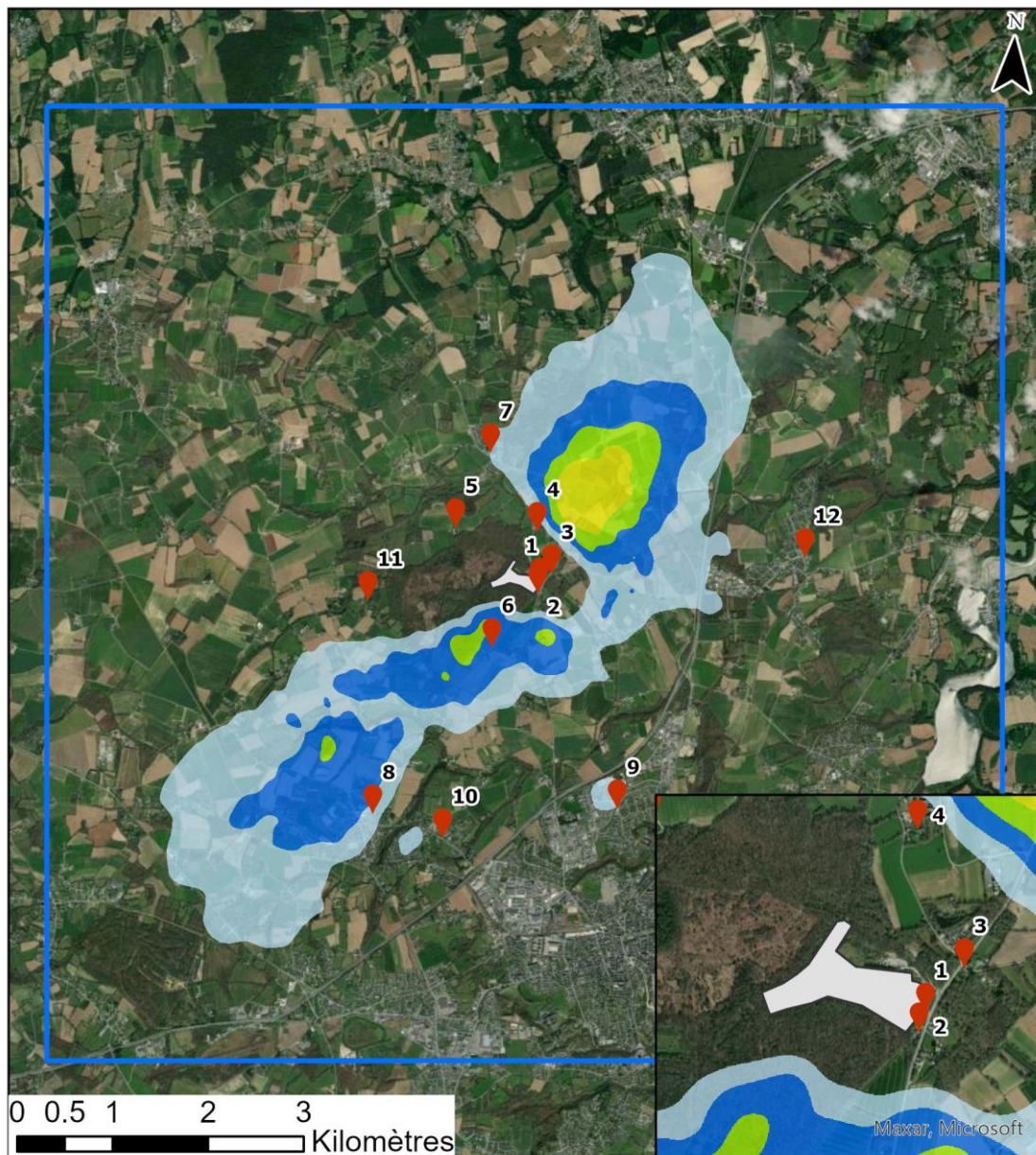
- < 0,001
-  0,001 - 0,0015
-  0,0015 - 0,002
-  0,002 - 0,003
-  > 0,003








Figure 48 : carte de concentration en moyenne annuelle en nickel ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



### Légende

-  Points cibles
-  Périmètre du site
-  Domaine

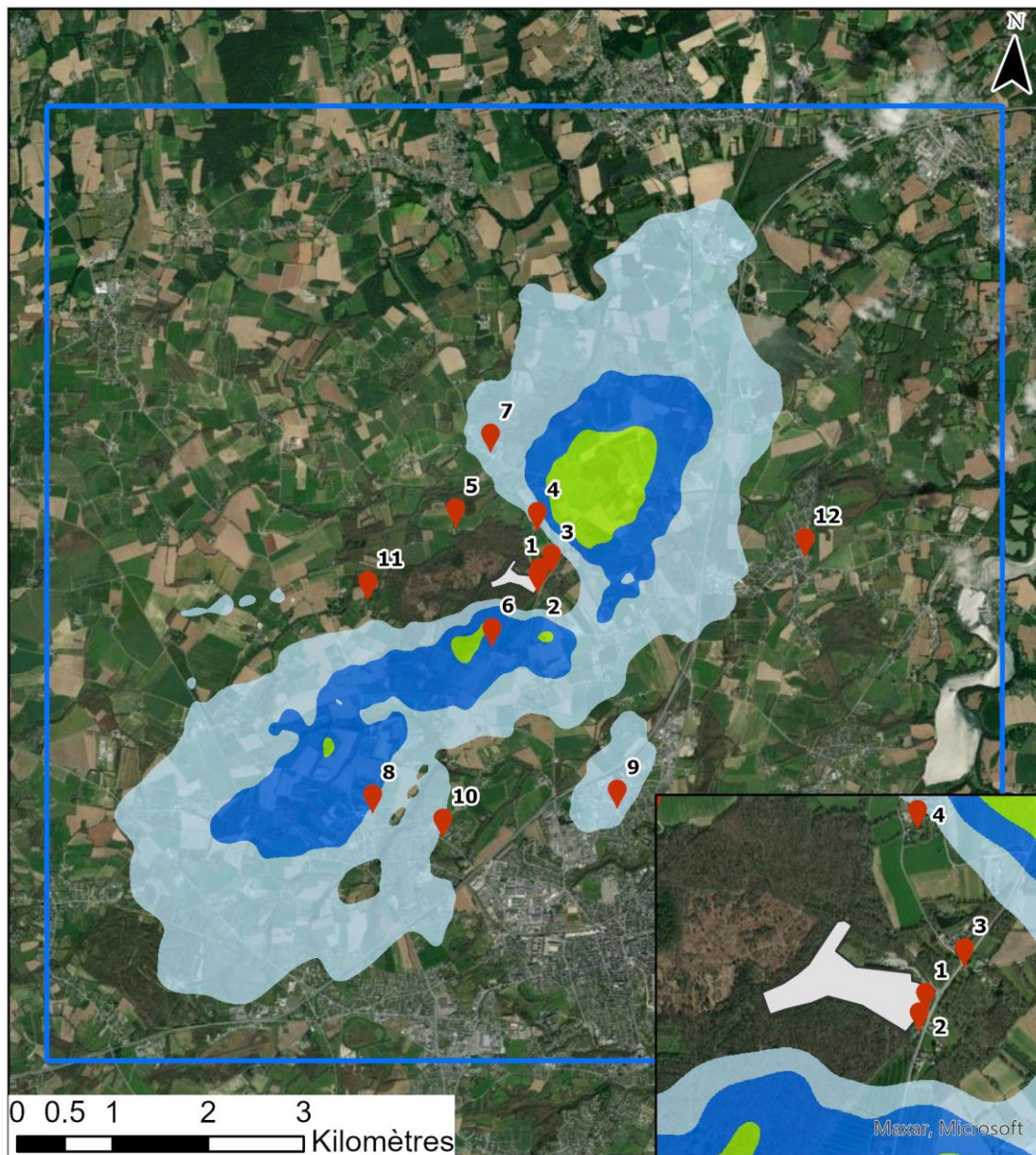
### Concentration en nickel en moyenne annuelle ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

-   $< 1,5\text{e-}04$
-   $1,5\text{e-}04 - 2\text{e-}04$
-   $2\text{e-}04 - 2,5\text{e-}04$
-   $2,5\text{e-}04 - 3\text{e-}04$
-   $> 3\text{e-}04$








Figure 49 : carte de concentration en moyenne annuelle en plomb / monoxyde de plomb ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



### Légende

-  Points cibles
-  Périmètre du site
-  Domaine

### Concentration en plomb en moyenne annuelle ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )


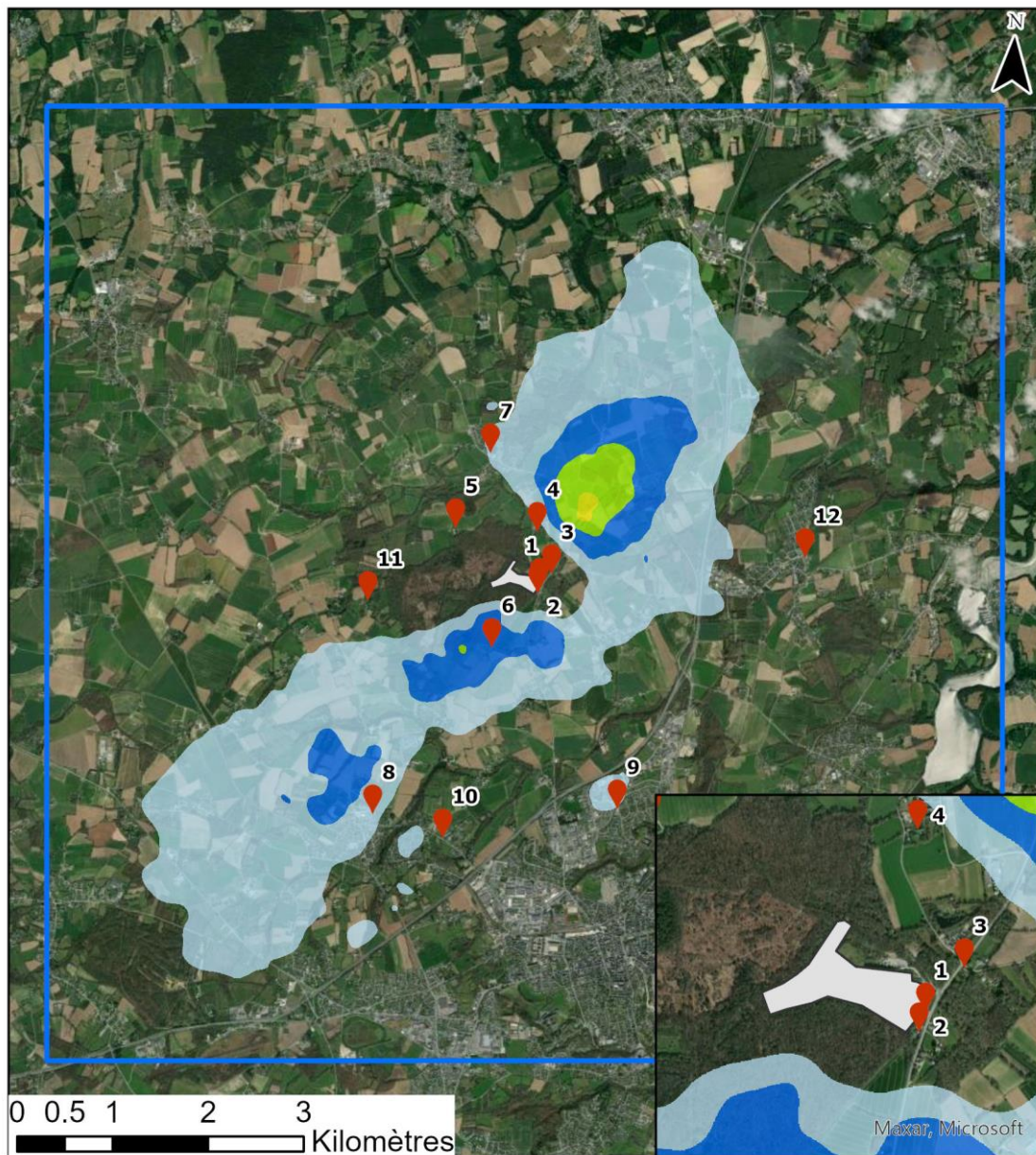
- <math>< 1\text{e-}04</math>
-  -  -  - 








Figure 50 : carte de concentration en moyenne annuelle en mercure ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



**Légende**

-  Points cibles
-  Périmètre du site
-  Domaine

**Concentration en mercure en moyenne annuelle ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**





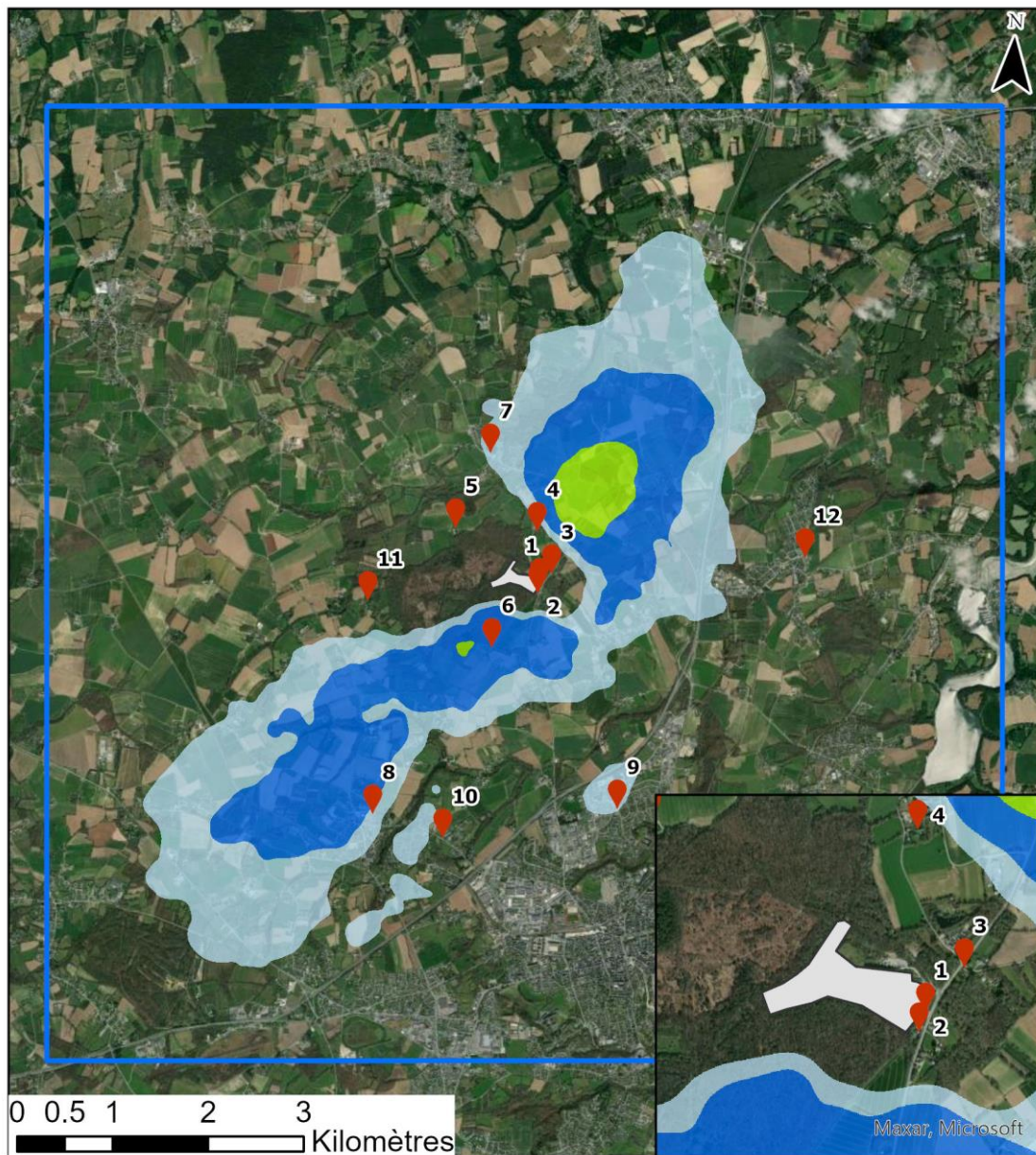
- <math>< 2e-04</math>
-  <math>2e-04 - 3e-04</math>
-  <math>3e-04 - 4e-04</math>
-  <math>4e-04 - 5e-04</math>
-  > <math>5e-04</math>








Figure 51 : carte de concentration en moyenne annuelle en vanadium ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



### Légende

-  Points cibles
-  Périmètre du site
-  Domaine

### Concentration en vanadium en moyenne annuelle ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )






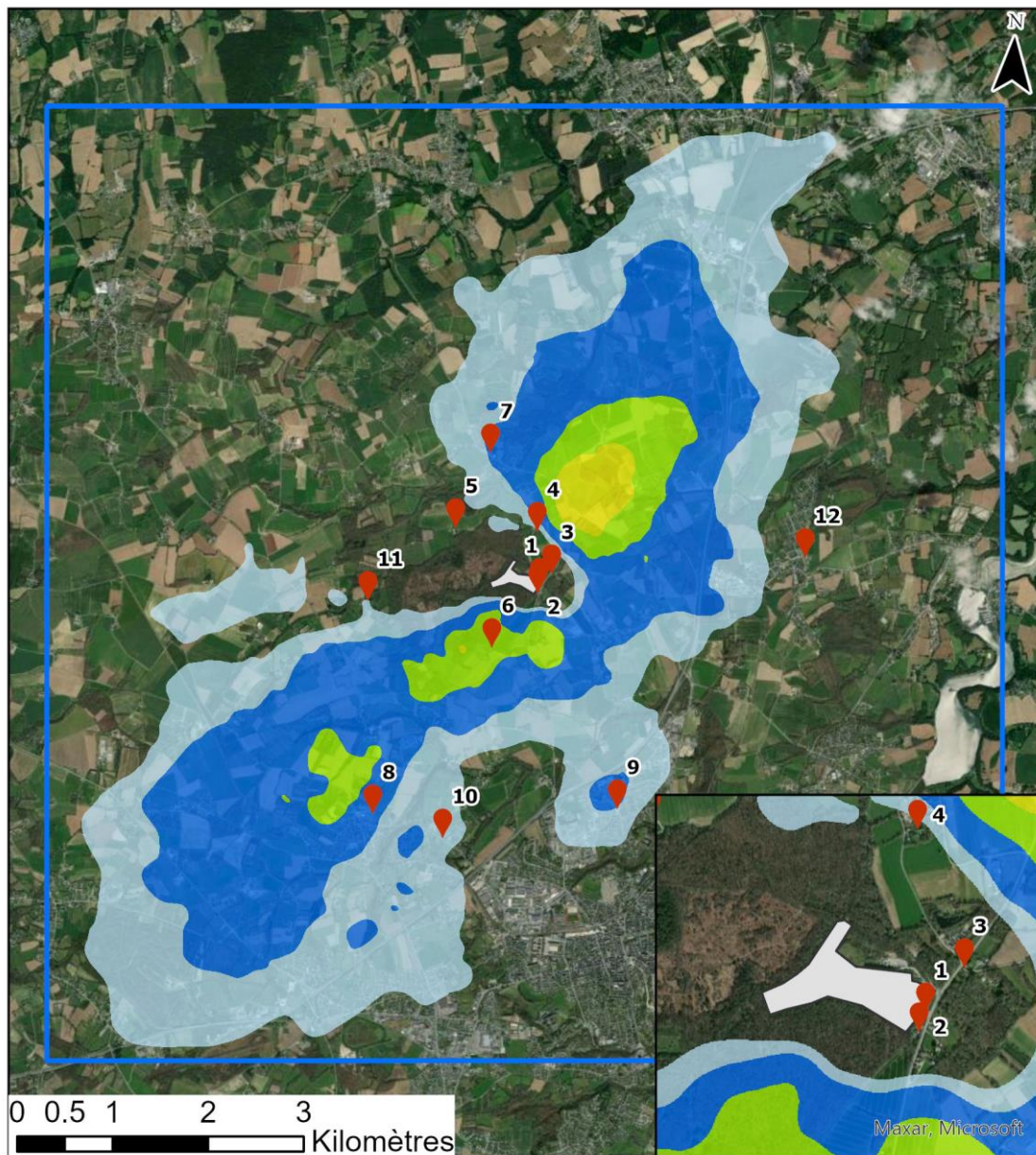
-   $< 3\text{e-}07$
-   $3\text{e-}07 - 4\text{e-}07$
-   $4\text{e-}07 - 6\text{e-}07$
-   $6\text{e-}07 - 8\text{e-}07$
-   $> 8\text{e-}07$












Figure 52 : carte de concentration en moyenne annuelle en dioxines ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



**Légende**

-  Points cibles
-  Périmètre du site
-  Domaine

**Concentration en dioxines en moyenne annuelle ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

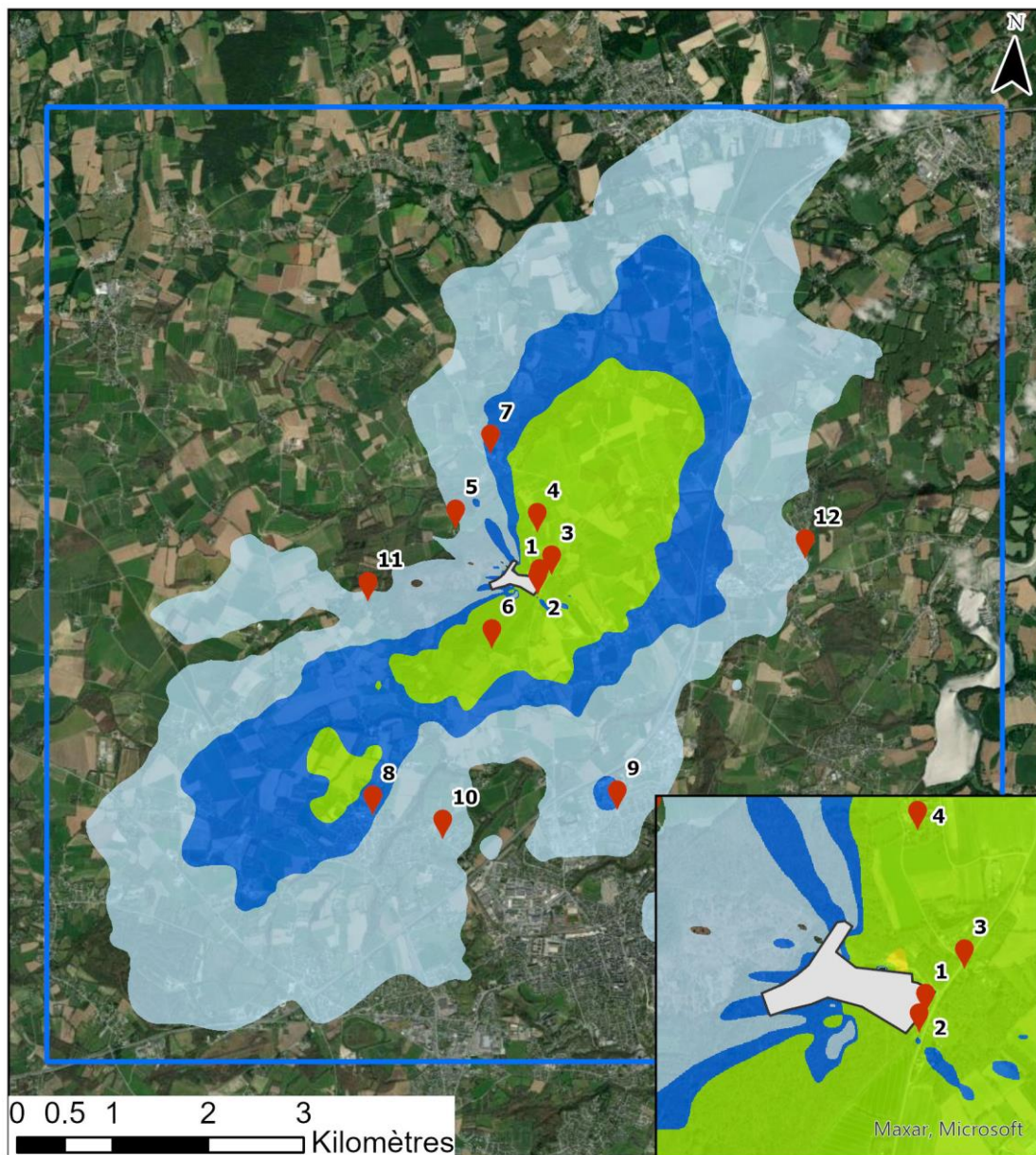
- <math>3e-10</math>
-  -  -  - 






## **Annexe 4 : Cartes des dépôts au sol**



Figure 53 : carte des dépôts au sol en antimoine



### Légende

-  Points cibles
-  Périmètre du site
-  Domaine

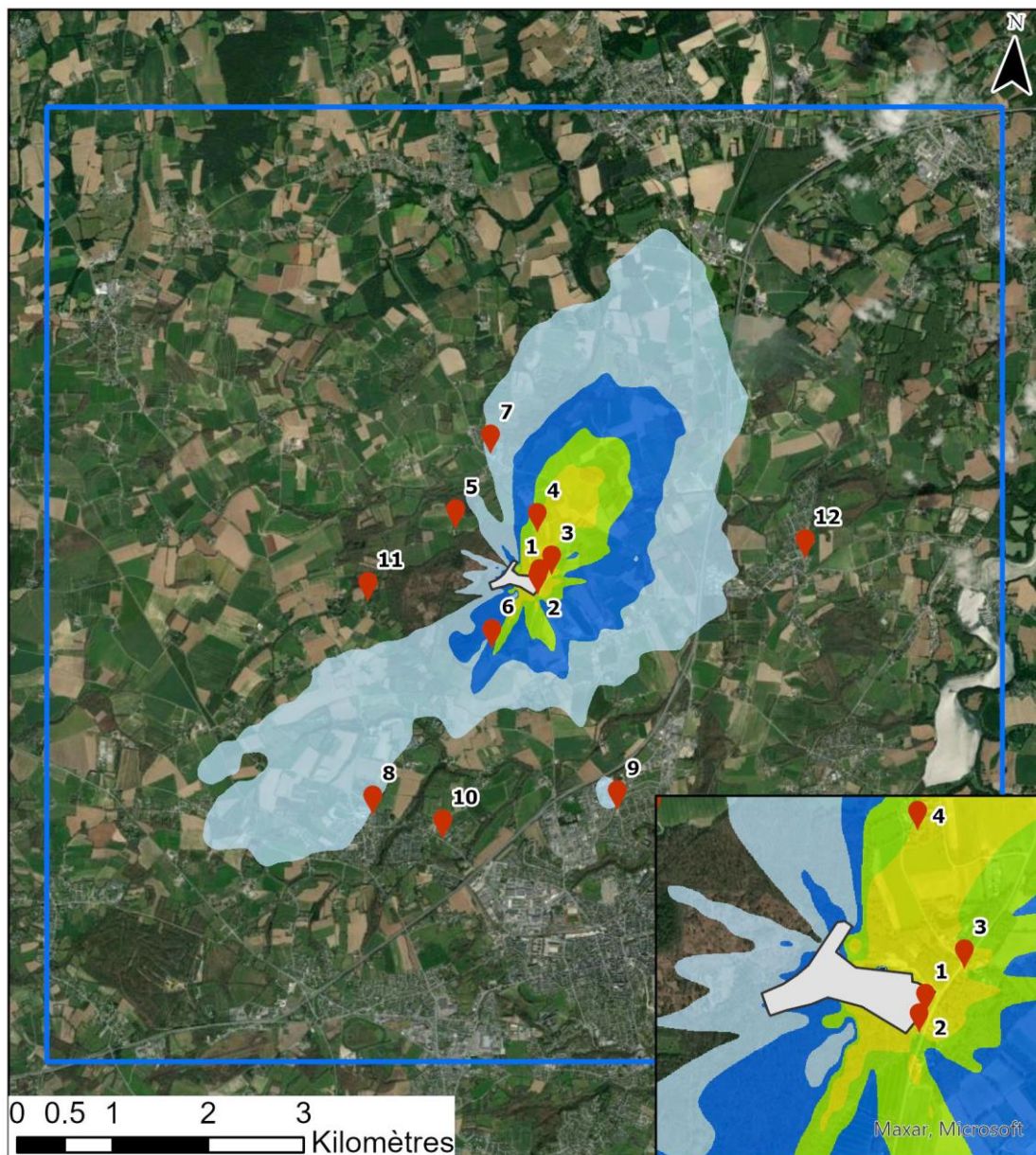
### Dépôts au sol moyens annuels d'antimoine ( $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$ )

-   $< 1\text{e-}09$
-   $1\text{e-}09 - 1,5\text{e-}09$
-   $1,5\text{e-}09 - 2\text{e-}09$
-   $2\text{e-}09 - 8\text{e-}09$
-   $> 8\text{e-}09$








Figure 54 : carte des dépôts au sol en arsenic



**Légende**

-  Points cibles
-  Périmètre du site
-  Domaine

**Dépôts au sol moyens annuels d'arsenic ( $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$ )**



- $< 2e-09$
-   $2e-09 - 3e-09$
-   $3e-09 - 4e-09$
-   $4e-09 - 5e-09$
-   $> 5e-09$








Figure 55 : carte des dépôts au sol en cadmium



**Légende**

-  Points cibles
-  Périmètre du site
-  Domaine

**Dépôts au sol moyens annuels de cadmium ( $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$ )**





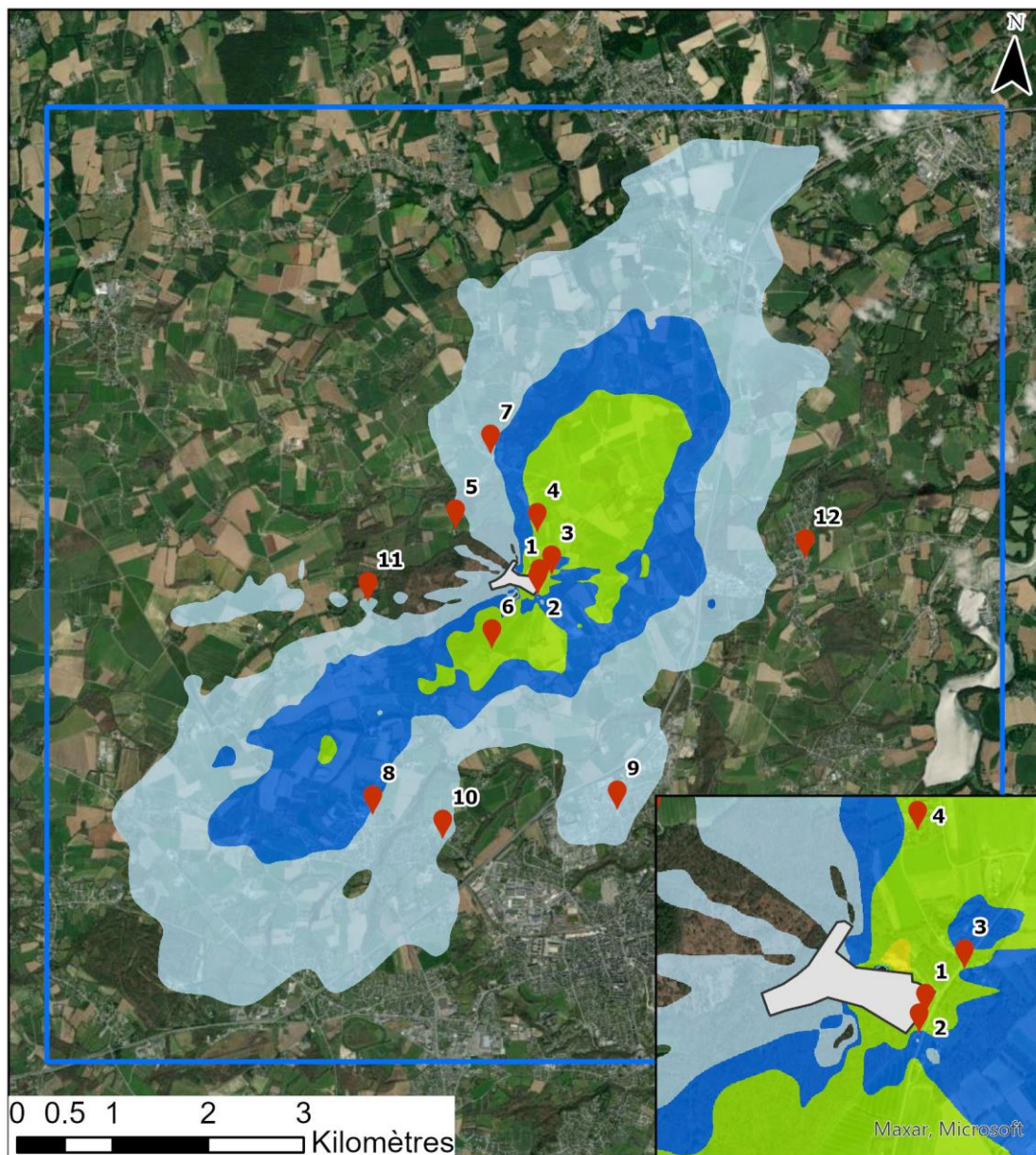
- < 2e-06
-  2e-06 - 4e-06
-  4e-06 - 5e-06
-  5e-06 - 6e-06
-  > 6e-06








Figure 56 : carte des dépôts au sol en chrome



**Légende**

-  Points cibles
-  Périmètre du site
-  Domaine

**Dépôts au sol moyens annuels de chrome ( $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$ )**






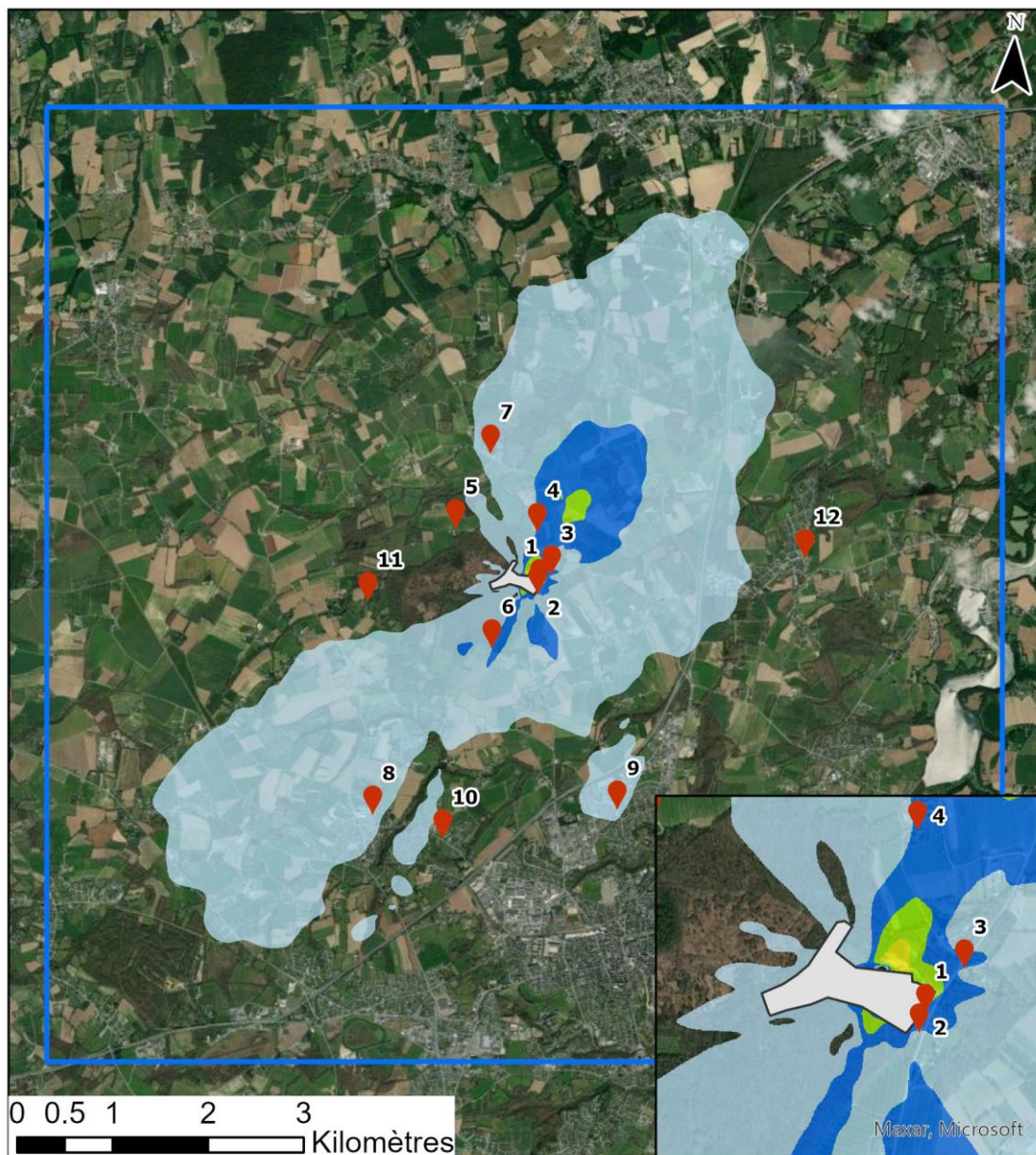
-   $< 1\text{e}-07$
-   $1\text{e}-07 - 1,5\text{e}-07$
-   $1,5\text{e}-07 - 2\text{e}-07$
-   $2\text{e}-07 - 5\text{e}-07$
-   $> 5\text{e}-07$





Figure 57 : carte des dépôts au sol en cuivre



### Légende

- Points cibles
- Périmètre du site
- Domaine

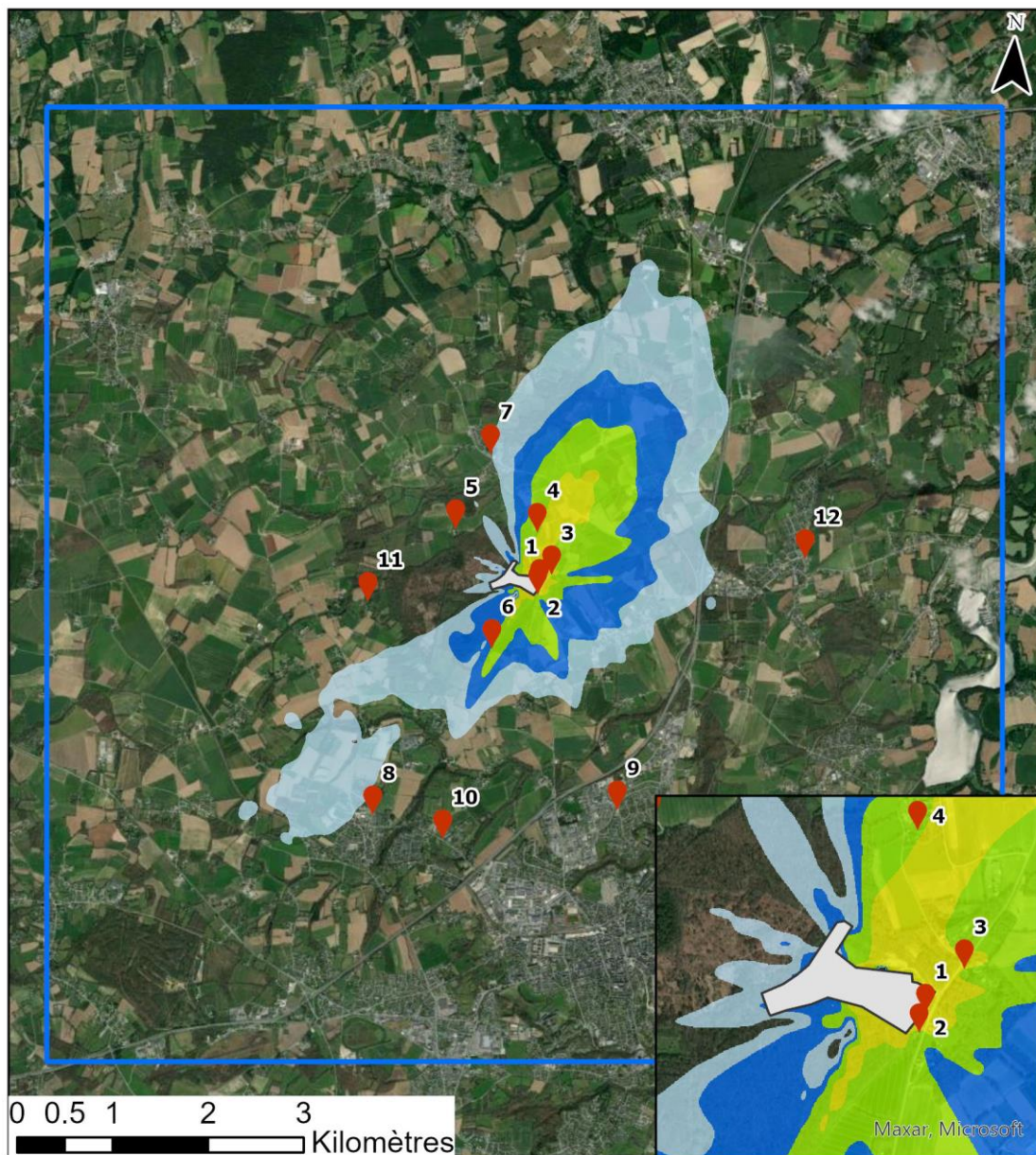
### Dépôts au sol moyens annuels de cuivre ( $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$ )

- $< 2\text{e}-06$
- $2\text{e}-06 - 4\text{e}-06$
- $4\text{e}-06 - 6\text{e}-06$
- $6\text{e}-06 - 1\text{e}-05$
- $> 1\text{e}-05$








Figure 58 : carte des dépôts au sol en dioxines



### Légende

-  Points cibles
-  Périmètre du site
-  Domaine

### Dépôts au sol moyens annuels en dioxines ( $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$ )





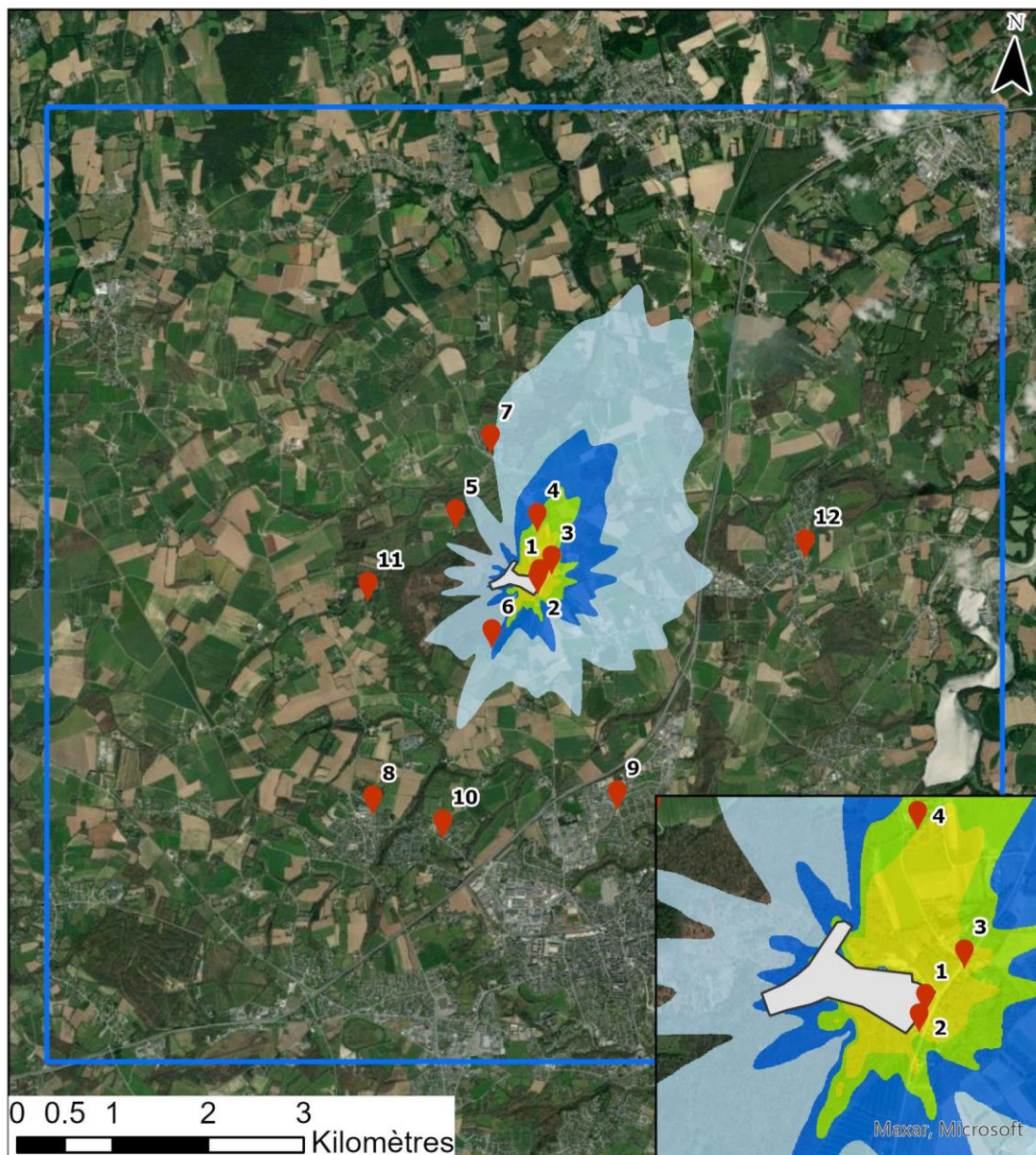
- <  $3\text{e-}13$
-   $3\text{e-}13$  -  $4\text{e-}13$
-   $4\text{e-}13$  -  $5\text{e-}13$
-   $5\text{e-}13$  -  $7\text{e-}13$
-   $> 7\text{e-}13$





Figure 59 : carte des dépôts au sol en mercure



### Légende

- Points cibles
- Périmètre du site
- Domaine

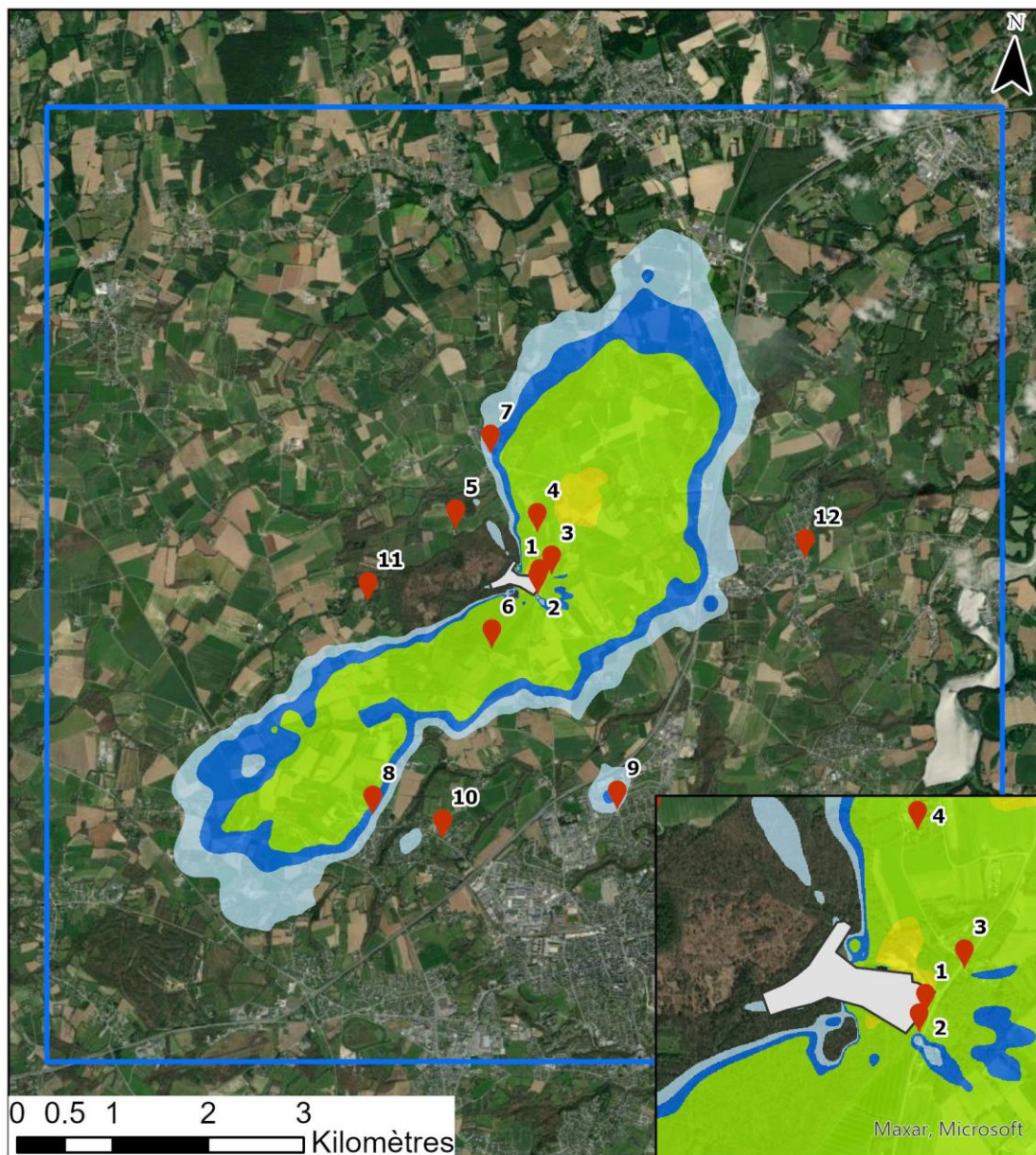
### Dépôts au sol moyens annuels en mercure ( $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$ )

- <math>2.5 \times 10^{-7}</math> - <math>5 \times 10^{-7}</math>
- <math>5 \times 10^{-7}</math> - <math>7,5 \times 10^{-7}</math>
- <math>7,5 \times 10^{-7}</math> - <math>1 \times 10^{-6}</math>
- > <math>1 \times 10^{-6}</math>








Figure 60 : carte des dépôts au sol en manganèse



### Légende

-  Points cibles
-  Périmètre du site
-  Domaine

### Dépôts au sol moyens annuels de manganèse ( $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$ )






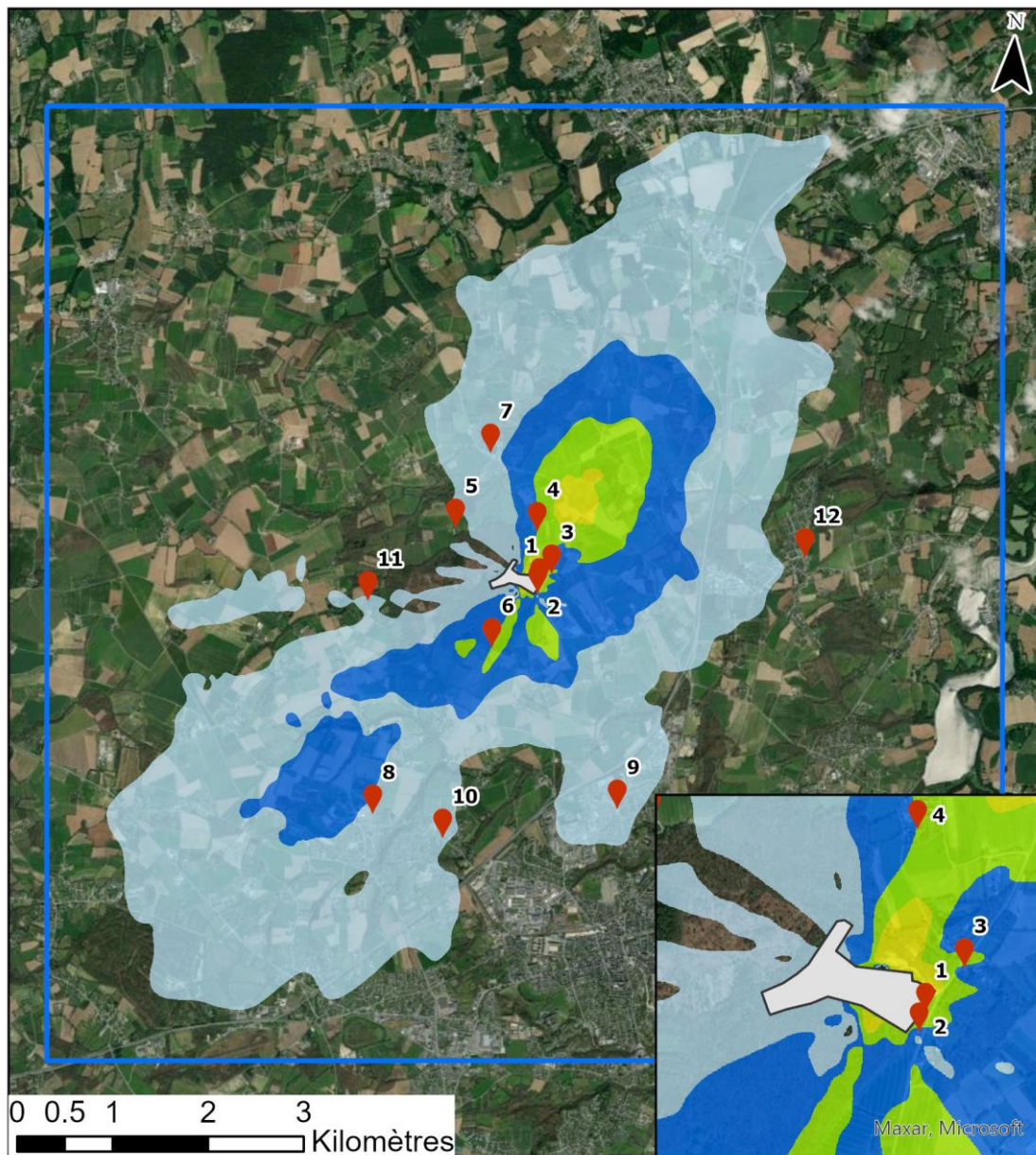
-   $< 8\text{e-}06$
-   $8\text{e-}06 - 9\text{e-}06$
-   $9\text{e-}06 - 1\text{e-}05$
-   $1\text{e-}05 - 2\text{e-}05$
-   $> 2\text{e-}05$








Figure 61 : carte des dépôts au sol en plomb



### Légende

-  Points cibles
-  Périmètre du site
-  Domaine

### Dépôts au sol moyens annuels en plomb ( $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$ )





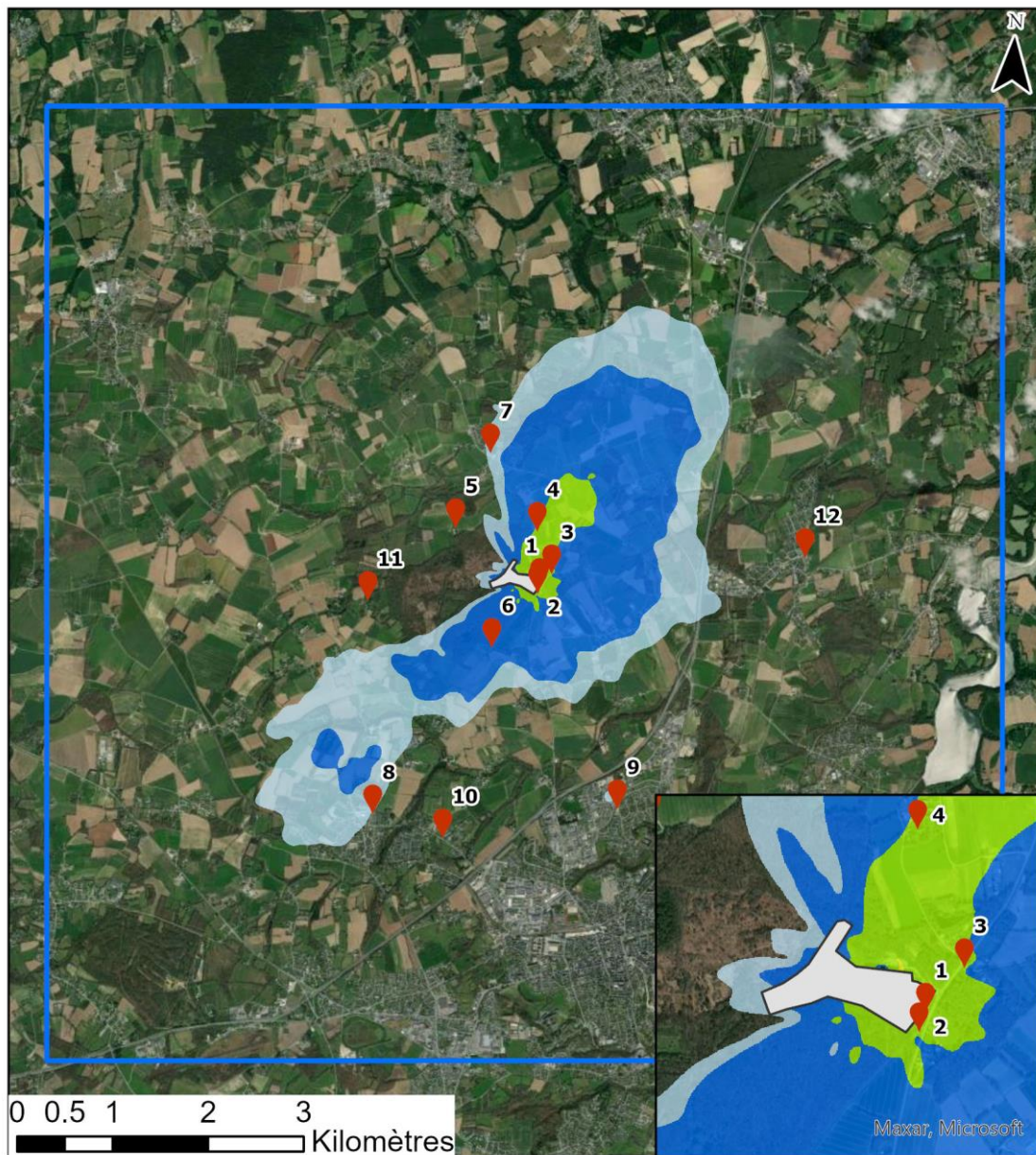
- $< 3e-07$
-   $3e-07 - 5e-07$
-   $5e-07 - 7e-07$
-   $7e-07 - 1e-06$
-   $> 1e-06$








Figure 62 : carte des dépôts au sol en PM10



**Légende**

-  Points cibles
-  Périmètre du site
-  Domaine

**Dépôts au sol moyens annuels en PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$ )**






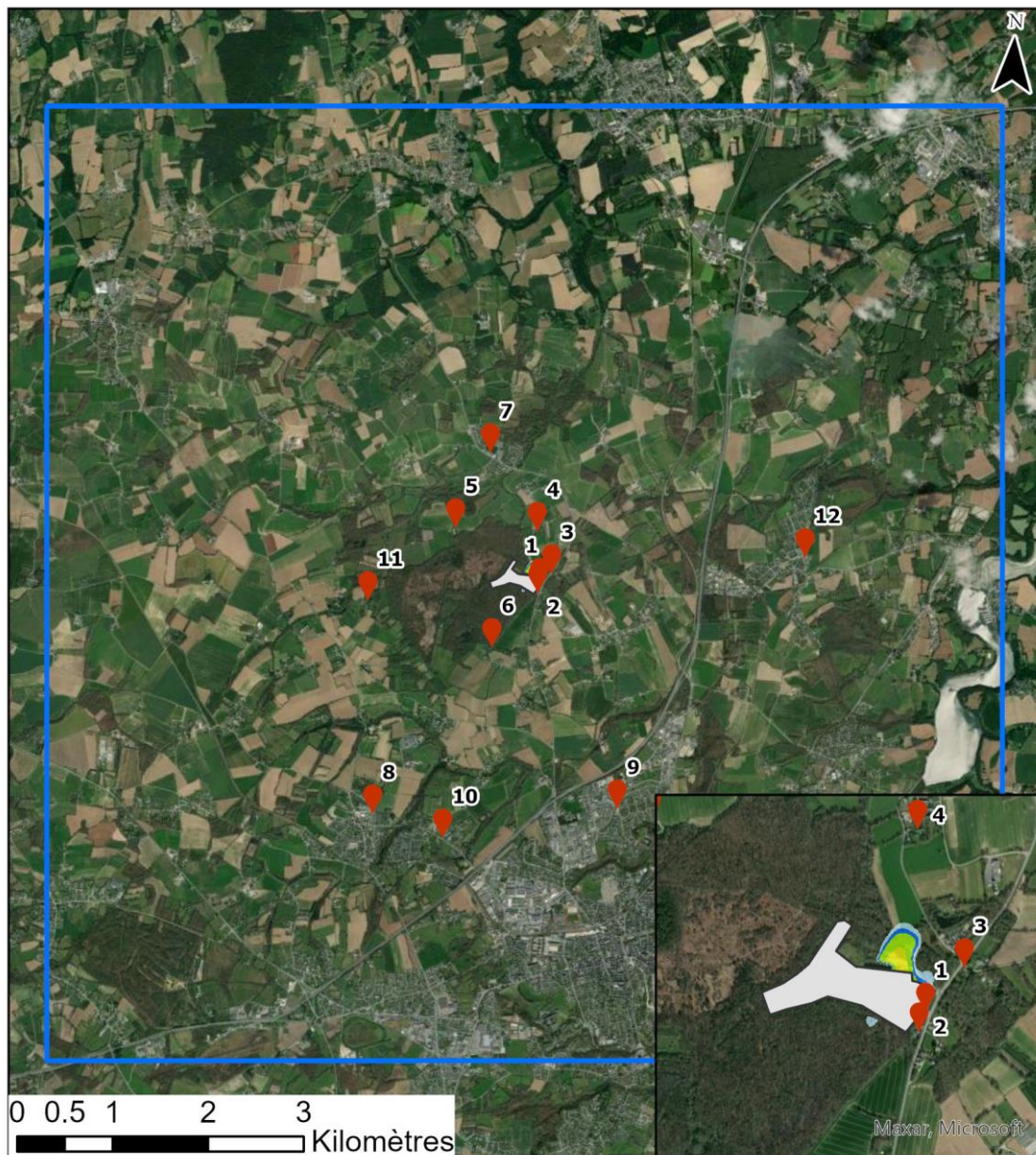
-  0.00105 - 0.0004
-  0.0014 - 0.0005
-  0.0015 - 0.001
-  0.002 - 0.005
-  > 0.005













Figure 63 : carte des dépôts au sol en vanadium



**Légende**

-  Points cibles
-  Périmètre du site
-  Domaine

**Dépôts au sol moyens annuels de vanadium ( $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$ )**

-   $< 5\text{e-}09$
-   $5\text{e-}09 - 5,5\text{e-}09$
-   $5,5\text{e-}09 - 6\text{e-}09$
-   $6\text{e-}09 - 8\text{e-}09$
-   $> 8\text{e-}09$



## **Annexe 5 : Détermination des concentrations dans les milieux d'exposition**

Cette annexe présente les modes de calculs des concentrations en composés dans les milieux auxquels les personnes sont exposées, à partir des données de la modélisation selon la méthode de l'EPA (HHRAP)<sup>32</sup>.

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

### Détermination des concentrations dans les sols

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

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

Avec :

- C<sub>sol</sub> : concentration dans le sol (mg/kg)
- D : quantité de dépôt sur le sol (mg/m<sup>2</sup>/an)
- T : durée d'exposition (année)
- ρ : densité du sol (kg/m<sup>3</sup>)
- h : hauteur du sol (m)

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

- densité de sol sec : ρ=1 300 kg/m<sup>3</sup>
- durée d'exposition : T= 50 ans

Les concentrations dans le sol ont été calculées :

- dans la couche superficielle de **1 cm d'épaisseur**, dans les zones d'habitation et de pâturages, pour l'ingestion directe de poussières (homme et animaux),
- dans la couche superficielle de **20 cm d'épaisseur**, dans les zones d'habitations ou de culture, où sont cultivés les végétaux,
- dans la couche superficielle de **10 cm d'épaisseur** au niveau des zones de pâturage et dans laquelle se trouvent les racines de l'herbe (valeur proposée dans la mise à jour de décembre 2004 du rapport GT-GIC<sup>33</sup>).

Dans cette étude, nous considérerons **Dcult = Dpât = Dpop = Dépôt sur la zone retenue pour le scénario étudié**.

---

<sup>32</sup> EPA. Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion facilities. July 1998. EPA530-D-98-001A.

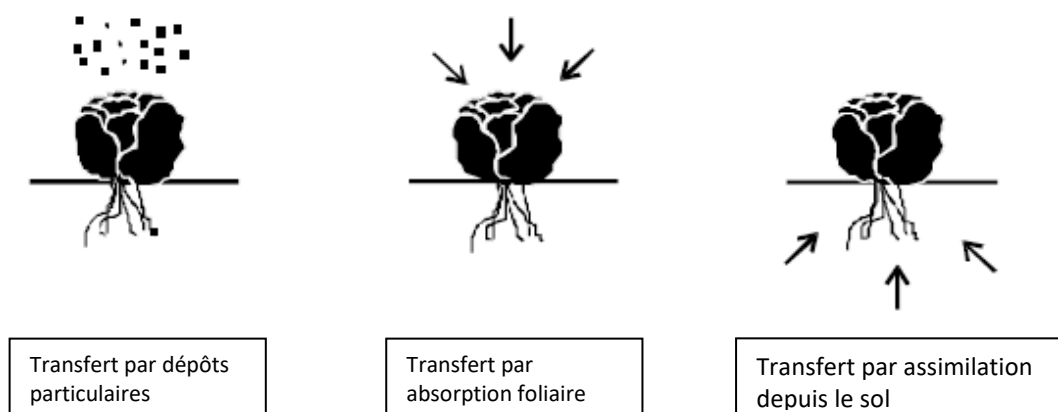
<sup>33</sup> « Mise à jour de l'étude de l'évaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion », INERIS, Décembre 2004

## Détermination des concentrations dans les végétaux

La contamination des végétaux a trois origines (cf. Figure 64) :

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

*Figure 64 : contamination des végétaux (EPA, 1998)*



### Transfert lié aux dépôts particulaires sur les plantes

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

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

Avec :

- $C_{dp}$  : concentration dans les plantes due au phénomène de déposition (mg/kg frais)
- D : quantité de dépôt sur le sol (mg/m<sup>2</sup>/an)
- $R_p$  : fraction interceptée par les cultures (-)
- $k_p$  : coefficient de perte sur la surface de la plante (année<sup>-1</sup>) - effet « weathering »
- $T_p$  : durée de culture (année)
- $Y_p$  : rendement de production (kg sec/m<sup>2</sup>)
- $t_{ms}$  : teneur en matière sèche de la plante (-)

Les facteurs relatifs aux végétaux utilisés sont issus des rapports de l'INERIS<sup>34/35</sup> et sont présentés dans le Tableau 59.

<sup>34</sup> INERIS. Evaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion, INERIS (mai 2003).

<sup>35</sup> « Mise à jour de l'étude de l'évaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion », INERIS, Décembre 2004



**Tableau 59 : facteurs relatifs aux végétaux**

Type de plante	t <sub>ms</sub>	Yp (kg sec /m <sup>2</sup> )	Rp	Kp (an <sup>-1</sup> )	Tp (an)
Légumes-racines	0,2	-	-	-	-
Légumes-feuilles	0,086	0,246	0,215	18	0,164
Légumes-fruits	0,063	10,52	0,996	18	0,164
Fruit	0,15	0,252	0,053	18	0,164
Herbe	0,2	0,24	0,5	18	0,12
Grains	0,882	-	-	-	-

**Transfert lié à l'absorption foliaire**

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

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

Avec :

C<sub>gp</sub> : concentration dans les plantes due à l'absorption foliaire (mg/kg frais)

C<sub>a</sub> : concentration de polluant dans l'air (µg/m<sup>3</sup>)

B<sub>v</sub> : coefficient de bio-transfert air-plante (m<sup>3</sup>/kg frais)

F<sub>v</sub> : Fraction de polluant sous forme gazeuse (-)

VG : facteur correctif empirique (pour tenir compte du transfert réduit des polluants vers l'intérieur de la plante à vocation alimentaire et de la réduction de la contamination due aux techniques de préparation).

VG = 0,01 pour les polluants ayant un coefficient de partage octanol-eau (Kow) supérieur à 10 000 et VG = 1 pour les polluants ayant un coefficient de partage octanol-eau inférieur à 10 000.

Les facteurs de bioconcentration air/plante (B<sub>v</sub>) utilisés sont issus de préférence de la base de données HHRAP (EPA, 2005). Les données HHRAP ont été privilégiées pour la transparence des sources d'informations. Ce facteur est nul pour les métaux.

**Transfert lié à l'assimilation des polluants par la plante**

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

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

Avec :

C<sub>rp</sub> : concentration dans la plante due au transfert sol/plante (mg/kg frais)

C<sub>s</sub> : concentration dans le sol (mg/kg sol sec), dans les 20 premiers cm pour les racines, les feuilles, les fruits, les grains, et dans les 10 premiers cm pour l'herbe.

B<sub>r</sub> : facteur de bio concentration sol/plante spécifique, dans les racines, les feuilles, les fruits, les grains du végétal, l'herbe (mg/kg frais ou sec de plante / mg/kg de sol sec).

Les facteurs de bioconcentration sol/plante (B<sub>r</sub>) utilisés sont présentés dans le Tableau 60 et sont issus de préférence de la base de données HHRAP (EPA, 2005) et, à défaut de l'étude réalisée par le Groupe Radioécologie Nord-Cotentin (1999)<sup>36</sup>. Les données HHRAP ont été privilégiées pour la transparence des sources d'informations.

<sup>36</sup> GNRC, Rapport détaillé du GT3 (source : IPSN/DPHD/SAER) – 1999 et son annexe VIII-2

GNRC, Karine Beaugelin-Seiller, Adaptation du modèle de transfert GT3-GRNC dans un écosystème agricole aux

**Tableau 60 : facteurs de bioconcentration sol/plante (Br exprimés par rapport à la plante fraîche)**

	Br sol/racine	Br sol/feuille	Br sol/leg-fruit	Br sol/fruit	Br sol/grain	Br sol/herbe	Source biblio
unité	kg sol sec/kg frais de plante						
Cadmium	1.28E-02	1.08E-02	7.88E-03	1.88E-02	5.47E-02	7.28E-02	HHRAP 2005
Nickel	1.60E-03	8.01E-04	5.87E-04	1.40E-03	5.29E-03	6.40E-03	HHRAP 2005
Plomb	1.80E-03	1.17E-03	8.57E-04	2.04E-03	7.94E-03	9.00E-03	HHRAP 2005

### **Contamination totale des plantes**

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

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

Avec :

- C<sub>p</sub> : concentration totale dans les plantes (mg/kg frais)
- C<sub>dp</sub> : concentration dans les plantes due au phénomène de déposition (mg/kg frais)
- C<sub>gp</sub> : concentration dans les plantes due à l'absorption foliaire (mg/kg frais)
- C<sub>rp</sub> : concentration dans la plante due au transfert sol/plante (mg/kg frais)

### **Détermination des concentrations dans les produits d'origine animale**

On suppose de manière majorante que toute la nourriture ingérée par l'animal provient de la zone d'exposition.

Les facteurs de bioconcentration dans les produits animaux (Ba) utilisés sont présentés dans le Tableau 61 et sont issus de préférence de la base de données HHRAP (EPA, 2005) et, à défaut de l'étude réalisée par le Groupe Radioécologie Nord-Cotentin (1999)<sup>37</sup>. Les données HHRAP ont été privilégiées pour la transparence des sources d'informations.

**Tableau 61 : coefficient de bio-transfert dans les produits animaux (Ba exprimés par rapport à la masse fraîche de produit)**

Substance	Baboeuf	Balait	Bavolaille	Baoeuf	Blait matern	Source
unité	j/kg frais	j/l frais	j/kg frais	j/kg frais	j/kg frais	
Cadmium	1.20E-04	6.50E-06	1.06E-01	2.50E-03		HHRAP 2005
Nickel	6.00E-03	1.00E-03	5.00E-03	4.00E-01		HHRAP 2005 & GRNC - GR3
Plomb	3.00E-04	2.50E-04	1.2	1.2		HHRAP 2005 & GRNC - SERLAB/01-39

### **Transfert vers la viande de bœuf**

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

polluants inorganiques non radioactifs – Paramètres [1] de transfert, Rapport IPSN DPRE/SERLAB/01-39

<sup>37</sup> GNRC, Rapport détaillé du GT3 (source : IPSN/DPHD/SAER) – 1999 et son annexe VIII-2

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

$$C_{\text{boeuf}} = (Q_{\text{herbe}} \cdot C_{\text{herbe}} + Q_s \cdot C_s \cdot B_s) \times Ba_{\text{boeuf}}$$

Avec :

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

Les paramètres relatifs au bœuf sont les suivants (INERIS<sup>38</sup>) :

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

### **Transfert vers le lait**

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

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

Avec :

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

Les paramètres relatifs à la vache laitière sont les suivants (INERIS<sup>38</sup>) :

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

### **Transfert vers la viande de volaille**

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

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

Avec :

- $C_{\text{volaille}}$  : concentration dans la viande de volaille (mg/kg de viande fraîche)

---

<sup>38</sup> INERIS. Evaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion, INERIS (mai 2003).

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

Les paramètres relatifs aux volailles sont les suivants (INERIS<sup>38</sup>) :

$Q_{\text{grain}} = 0,2$  kg frais/j  
 $Q_s = 0,02$  kg sec/j

### **Transfert vers les œufs**

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

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

Avec :

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

Les paramètres relatifs aux volailles sont les suivants (INERIS<sup>38</sup>) :

$Q_{\text{grain}} = 0,2$  kg frais/j  
 $Q_s = 0,02$  kg sec/j