



Dossier de demande d'autorisation environnementale

TERRA72 - projet de développement du pôle de
recyclage et de production d'énergies
renouvelables sur la commune de Montmirail (72)

Annexe 20 – Etude des risques sanitaires





Novembre 2022

SETEC

Site PAPREC CSV de Montmirail (72)

Evaluation des Risques Sanitaires

Références : Rapport ARIA/2022.059

Documents associés : -

Type de document : Rapport d'études

Avancement du document : Version 1

Accessibilité : Restreint

ARIA Technologies

8-10 rue de la Ferme – 92100 Boulogne-Billancourt

Tél. : +33 (0)1 46 08 68 60 – E-mail : info@aria.fr - <http://www.aria.fr>

S.A.S. au capital de 779 947 € - SIRET 379 180 474 00049 – Code APE 6201Z – RCS Nanterre B 379 180 474

ARIA Technologies	Titre : Site PAPREC CSV de Montmirail (72) – Evaluation des Risques Sanitaires						
N° rapport ARIA	22.059						
N° action ARIA	21.168						
Nombre de pages	147	Nombre de figures	33	Nombre de tableaux	74	Nombre d'annexes	4
Auteur(s)	ARIA Technologies, Aude HERVOUIN Ingénieure Qualité de l'air						
Sous-traitants	-						
Intérêt documentaire	Accessibilité		Confidentielle		Libre		
Oui		Non	ARIA Technologies		Restreinte		
Etat du document	Rédacteurs Nom/Date			Relecteur Nom/Date			
Version V1	Aude HERVOUIN Le 04/11/2022			Anne-Sophie SAFFRE Le 08/11/2022			
DIFFUSION	Date	DESTINATAIRES				Nombre	
Diffusion informatique	08/11/2022	SETEC				1	
Diffusion papier	-	-				-	

SOMMAIRE

1. CADRE DE L'ETUDE.....	9
2. DESCRIPTION DU SITE ET DU PROJET	10
3. INVENTAIRE DES EMISSIONS	12
3.1 Recensement des sources d'émissions et des substances émises.....	12
3.1.1 Activités liées au stockage de déchets non dangereux	12
3.1.2 Plateforme de compostage	13
3.1.3 Unité de méthanisation	13
3.1.4 Zone de tri et de valorisation des matériaux.....	14
3.1.5 Plateforme amiante.....	14
3.1.6 Plateforme CSR	14
3.1.7 Circulation des camions et engins sur le site.....	14
3.1.8 Bilan des sources d'émissions et des substances émises	15
3.2 Rejets dans l'air	17
3.2.1 Emissions liées au stockage de déchets non dangereux	17
3.2.2 Plateforme de compostage	22
3.2.3 Unité de méthanisation	24
3.2.4 Zone de tri et de valorisation	26
3.2.5 Plateforme CSR : dépoussiéreur	28
3.2.6 Circulation des engins d'exploitation	29
3.2.7 Circulation des camions.....	31
3.2.8 Bilan des émissions dans l'air	33
4. EVALUATION DES ENJEUX ET DES VOIES D'EXPOSITION	37
4.1 Aire d'étude.....	37
4.2 Populations	38
4.2.1 Localisation des zones habitées et densité de population	40
4.2.2 Populations sensibles	41
4.3 Réseau hydrographique	43
4.4 Usages autour du site.....	44
4.4.1 Occupation des sols	44
4.4.2 Usages agricoles	45
4.4.3 Activités de loisirs	46
4.4.4 Recensement des points d'eau.....	47
4.5 Météorologie.....	48
4.5.1 Données météorologiques	48
4.5.2 Analyse météorologique.....	48
4.6 Qualité de l'air	53
4.6.1 Réglementation de la qualité de l'air en France.....	53
4.6.2 Qualité de l'air en Pays de la Loire	56
4.6.3 Qualité de l'air sur la zone d'étude	57
4.7 Schéma Conceptuel d'Exposition	59
5. CHOIX DES TRACEURS DE RISQUE.....	61
5.1 Substances d'intérêt	61
5.2 Identification des dangers	61
5.3 Etude des relations dose-réponse.....	63
5.3.1 Définitions.....	63
5.3.2 Critères de choix des Valeurs Toxicologiques de Référence	64

5.3.3	Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence	66
5.4	Choix des traceurs de risque	71
6.	<u>DETERMINATION DES CONCENTRATIONS DANS L’AIR ET DES DEPOTS AU SOL.....</u>	<u>73</u>
6.1	Données d’entrée	73
6.1.1	Domaine d’étude	73
6.1.2	Topographie.....	74
6.1.3	Météorologie	75
6.1.4	Emissions	75
6.2	Détermination des concentrations dans l’air et des dépôts au sol.....	76
6.2.1	Présentation du logiciel de dispersion et paramétrages.....	76
6.2.2	Présentation des résultats.....	78
6.2.3	Réglementation de la qualité de l’air	80
6.2.4	Réglementation relative aux dépôts au sol	81
6.2.5	Concentrations moyennes annuelles	81
6.2.6	Dépôts au sol	86
7.	<u>EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES LIES AUX REJETS ATMOSPHERIQUES</u>	<u>88</u>
7.1	Evaluation de l’exposition humaine	88
7.1.1	Scénarios d’exposition retenus	88
7.1.2	Exposition par inhalation.....	90
7.1.3	Exposition par ingestion	91
7.2	Caractérisation des risques.....	94
7.2.1	Méthodologie	94
7.2.2	Evaluation des risques sanitaires pour les substances à seuil.....	96
7.2.3	Evaluation des risques sanitaires pour les substances sans seuil	98
8.	<u>INCERTITUDES</u>	<u>100</u>
8.1	Incertitudes relatives à la modélisation atmosphérique	100
8.1.1	Incertitudes liées au modèle : validation du modèle ARIA Impact	100
8.1.2	Incertitudes liées aux données d’entrée	101
8.1.3	Incertitudes liées aux paramètres du modèle.....	101
8.1.4	Incertitudes liées à la variabilité	102
8.2	Incertitudes relatives à l’évaluation des risques sanitaires	102
8.2.1	Facteurs de sous-estimation des risques.....	102
8.2.2	Facteurs de surestimation des risques	102
8.2.3	Facteurs dont le sens d’influence sur les résultats n’est pas connu ou est variable.....	103
9.	<u>SYNTHESE.....</u>	<u>104</u>
ANNEXES .....	.....	106
ANNEXE 1 : DESCRIPTION DU MODELE NUMERIQUE ARIA IMPACT .....	.....	107
ANNEXE 2 : CARTES DE CONCENTRATIONS MOYENNES ANNUELLES.....	.....	112
ANNEXE 3 : CARTES DE DEPOTS AU SOL MOYENS ANNUELS.....	.....	129
ANNEXE 4 : DETERMINATION DES CONCENTRATIONS DANS LES MILIEUX D’EXPOSITION.....	.....	140

TABLE DES ILLUSTRATIONS

TABLEAUX

Tableau 1 : sources d'émissions recensées sur le site	15
Tableau 2 : composés émis dans l'air par les installations du site	16
Tableau 3 : caractéristiques de la zone de stockage de déchets non dangereux	18
Tableau 4 : concentrations dans le biogaz	18
Tableau 5 : flux de polluants au niveau de la zone de stockage (émissions diffuses de biogaz)	18
Tableau 6 : flux de poussières générés par le déversement des déchets	19
Tableau 7 : caractéristiques des rejets canalisés de l'unité de valorisation du biogaz	19
Tableau 8 : concentration en sortie des sources canalisées de l'unité de valorisation du biogaz.....	20
Tableau 9 : flux de polluants en sortie des sources canalisées de l'unité de valorisation du biogaz	20
Tableau 10 : flux d'émission au niveau des bassins de lixiviats	21
Tableau 11 : caractéristiques des évaporateurs de lixiviats.....	21
Tableau 12 : concentration en sortie des évaporateurs de lixiviats	22
Tableau 13 : concentrations à l'émission pour les andains de compostage	23
Tableau 14 : caractéristiques des sources diffuses	24
Tableau 15 : calcul des flux émis au niveau des zones de fermentation, maturation et compost	24
Tableau 16 : émissions au niveau des différentes installations de l'unité de méthanisation.....	24
Tableau 17 : caractéristiques des sources diffuses	25
Tableau 18 : calcul des flux émis au niveau des différentes installations de l'unité de méthanisation	25
Tableau 19 : caractéristiques des rejets canalisés de l'unité de méthanisation	25
Tableau 20 : flux de polluants en sortie des sources canalisées de l'unité de méthanisation	25
Tableau 21 : facteurs d'émission retenus pour les émissions diffuses de poussières liées au criblage/concassage de terres	26
Tableau 22 : émissions diffuses de poussières liées au criblage/concassage de terres	26
Tableau 23 : caractéristiques des zones de stockage de terres polluées	26
Tableau 24 : émissions surfaciques des zones de stockage de terres polluées	27
Tableau 25 : flux de polluants des zones de stockage de terres polluées	27
Tableau 26 : caractéristiques des rejets canalisés issus de la ventilation des biopiles.....	27
Tableau 27 : concentrations retenues dans le rejet de traitement de terres polluées	27
Tableau 28 : flux de polluants en sortie de la source canalisée issus du rejet de traitement de terres polluées.....	28
Tableau 29 : caractéristiques des rejets canalisés issus du dépoussiéreur.....	28
Tableau 30 : concentration et flux retenus pour les rejets issus du dépoussiéreur	28
Tableau 31 : facteurs d'émission liés aux engins d'exploitation	29
Tableau 32 : caractéristiques des engins sur le site	30
Tableau 33 : émissions liées aux engins par zone d'activité	30
Tableau 34 : données pour le calcul des émissions liées aux véhicules circulant sur le site	31
Tableau 35 : émissions liées aux gaz d'échappement des véhicules circulant sur le site	31
Tableau 36 : nombre de jours de pluie supérieure ou égale à 0,254 mm	32
Tableau 37 : émissions liées aux envols de poussières au passage des camions	33
Tableau 38 : bilan des émissions dans l'air (en tonnes/an)	34
Tableau 39 : évolution de la population par commune (Source(s) : Insee, Recensements de la population, Mise en ligne en décembre 2021)	39
Tableau 40 : population par classe d'âge (Source(s) : Insee, Recensements de la population, Mise en ligne le 27/06/2022).....	39
Tableau 41 : établissements et installations recensant des populations sensibles	41
Tableau 42 : recensement agricole 2020 (recensement le plus récent disponible)	46
Tableau 43 : fréquence d'apparition de chaque classe de vitesse de vent toutes directions confondues	49

Tableau 44 : statistiques relatives à la pluviométrie.....	51
Tableau 45 : statistiques relatives à la température de l'air.....	52
Tableau 46 : Valeur réglementaire française relative à la qualité de l'air	54
Tableau 47 : Situation de l'année 2021 vis-à-vis des normes réglementaires pour les concentrations des différents polluants réglementés en Pays de la Loire (source : rapport annuel 2021 Air Pays de la Loire)	56
Tableau 48 : composés émis dans l'air par les installations du site.....	61
Tableau 49 : classifications CIRC et US-EPA pour les effets cancérigènes	62
Tableau 50 : identification des dangers par substance dans l'air	63
Tableau 51 : valeurs guides	67
Tableau 52 : valeurs toxicologiques de référence retenues pour les effets chroniques sans seuil	67
Tableau 53 : valeurs toxicologiques de référence retenues pour les effets chroniques à seuil	68
Tableau 54 : classement des traceurs de risque suivant le ratio flux/VTR.....	71
Tableau 55 : paramètres de calcul des dépôts pour chacune des substances étudiées.....	77
Tableau 56 : points d'intérêt retenus.....	79
Tableau 57 : réglementation en vigueur en France pour la santé humaine	80
Tableau 58 : concentrations en moyenne annuelle.....	83
Tableau 59 : flux de dépôts totaux au sol moyens annuels	87
Tableau 60 : récapitulatif du scénario retenu	88
Tableau 61 : concentrations et dépôts retenus pour le scénario d'exposition retenu.....	89
Tableau 62 : concentrations moyennes inhalées (CI)	90
Tableau 63 : paramètres relatifs aux différentes catégories d'âge (données INERIS)	93
Tableau 64 : fraction d'aliments auto-produits dans la zone d'étude (données INERIS)	94
Tableau 65 : Dose Journalière d'Exposition totale pour chaque tranche d'âge – scénario habitant majorant.....	94
Tableau 66 : quotients de danger pour les traceurs du risque à seuil par inhalation.....	96
Tableau 67 : quotients de danger pour les traceurs du risque à seuil par ingestion	97
Tableau 68 : excès de risque individuel pour les traceurs du risque sans seuil par inhalation.....	98
Tableau 69 : excès de risque individuel pour les traceurs du risque sans seuil par ingestion	98
Tableau 70 : facteurs relatifs aux végétaux.....	143
Tableau 71 : facteurs de bioconcentration air/plante (Bv exprimés par rapport à la plante fraîche) .	143
Tableau 72 : paramètres physico-chimiques.....	143
Tableau 73 : facteurs de bioconcentration sol/plante (Br exprimés par rapport à la plante fraîche) .	144
Tableau 74 : coefficient de bio-transfert dans les produits animaux (Ba exprimés par rapport à la masse fraîche de produit)	145

FIGURES

Figure 1 : projet d'évolution du site de Montmirail.....	11
Figure 2 : localisation des sources d'émission dans l'air	35
Figure 3 : zoom sur la localisation des sources de l'unité de méthanisation.....	36
Figure 4 : carte de l'aire d'étude	37
Figure 5 : communes présentes sur l'aire d'étude.....	38
Figure 6 : localisation des zones habitées et densité de population par maille de 200 mètres par 200 mètres (source : INSEE 2016).....	40
Figure 7 : localisation des établissements recevant des populations sensibles	42
Figure 8 : réseau hydrographique (BD TOPO® Hydrographie, IGN)	43
Figure 9 : occupation du sol (données CORINE Land Cover 2018).....	44
Figure 10 : culture majoritaire sur chaque îlot de culture (données RPG 2020)	45
Figure 11 : parcours de pêche (source : http://www.peche72.fr/)	46
Figure 12 : captages AEP sur l'aire d'étude.....	47
Figure 13 : rose des vents générale – 2018 à 2020 (3 ans)	49
Figure 14 : répartition des cas météorologiques en fonction de la stabilité atmosphérique	50

Figure 15 : variation moyenne mensuelle de la pluviométrie (période du 01/01/2018 au 31/12/2020)	51
Figure 16 : variation moyenne mensuelle de la température (période du 01/01/2018 au 31/12/2020)	52
Figure 17 : Carte de concentrations moyennes annuelles en NO ₂ – année 2021 (source : Air Pays de la Loire)	57
Figure 18 : Carte de concentrations moyennes annuelles en PM10 – année 2021 (source : Air Pays de la Loire)	58
Figure 19 : Carte de concentrations moyennes annuelles en PM2.5 – année 2021 (source : Air Pays de la Loire)	58
Figure 20 : schéma conceptuel d'exposition autour du site PAPREC CSV de Montmirail	60
Figure 21 : logigramme pour le choix des VTR (DGS)	65
Figure 22 : carte du domaine d'étude	73
Figure 23 : topographie du domaine d'étude (source : IGN)	74
Figure 24 : roses des vents	75
Figure 25 : méthodologie du logiciel ARIA Impact	76
Figure 26 : localisation des points d'intérêt	78
Figure 27 : carte de concentration en moyenne annuelle en H ₂ S	85
Figure 28 : carte de concentration en moyenne annuelle en PM10	85
Figure 29 : dépôts au sol moyens annuels en PM10	86
Figure 30 : comparaison avec les valeurs guides de l'OMS – risques chroniques	91
Figure 31 : quotients de danger par traceur du risque à seuil	97
Figure 32 : excès de risque individuel pour les traceurs du risque sans seuil	99
Figure 33 : contamination des végétaux (EPA, 1998)	142

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
BaP	Benzo(a)pyrène
µg	Microgrammes = 10 ⁻⁶ g
CI	Concentration Inhalée
CIRC	Centre International de Recherche sur le Cancer
CO	Monoxyde de carbone
COV	Composés Organiques Volatils
COVNM	Composés Organiques Volatils Non Méthaniques
DGS	Direction Générale de la Santé
DMS	Diméthylsulfate
DMDS	Diméthyldisulfure
ERI	Excès de Risque Individuel
ERS	Evaluation des Risques Sanitaires
ERU	Excès de Risque Unitaire
H ₂ S	Sulfure d'hydrogène
HCl	Acide chlorhydrique
HF	Acide fluorhydrique
INERIS	Institut National de l'Environnement et des RISques
INSEE	Institut national de la statistique et des études économiques
InVS	Institut de Veille Sanitaire
CH ₃ SH	Méthanethiol
ng	Nanogrammes = 10 ⁻⁹ g
NH ₃	Ammoniac
NO ₂	Dioxyde d'azote
NO _x	Oxydes d'azote assimilés au NO ₂
OEHHA	Office of Environmental Health Hazard Assessment
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
PM2.5	Poussières de diamètre inférieur à 2.5 µm
PM10	Poussières de diamètre inférieur à 10 µm
QD	Quotient de Danger
RIVM	Rijksinstituut Voor Volksgezondheid (Institut National de Santé Publique et de l'Environnement des Pays-Bas)
SO ₂	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

Dans le cadre de la réalisation du Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale (DDAE), SETEC a chargé ARIA Technologies de réaliser l'Evaluation des Risques Sanitaires (ERS) du site PAPREC CSV de Montmirail (72).

L'évaluation des risques sanitaires est menée en application de la circulaire DGPR & DGS du 9 août 2013 et conformément au guide « Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions des substances chimiques par les installations classées » publié par l'INERIS en août 2013 et sa deuxième édition de septembre 2021. 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 projet pour les populations autour de l'installation.

En l'absence de campagne de mesure réalisée dans l'environnement du site et en accord avec le client, l'évaluation de l'état des milieux n'a pas été réalisée dans le cadre de cette étude.

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. DESCRIPTION DU SITE ET DU PROJET

PAPREC exploite le site de Montmirail depuis 1979. Environ 75 000 tonnes de déchets non dangereux sont actuellement stockées sur le site chaque année, ainsi que des déchets inertes et des déchets amiantés. Des activités de valorisation sont également réalisées sur le site qui dispose d'une plateforme de compostage, d'une zone de broyage de bois, d'une zone de tri/transit de matériaux et d'une unité de valorisation du biogaz.

PAPREC envisage de développer le pôle de recyclage et de production d'énergies renouvelables, notamment avec le recyclage des terres et matériaux de chantiers, l'installation d'une unité de méthanisation, d'une chaîne de production CSR et de panneaux photovoltaïques.

Le plan du projet est présenté en Figure 1.

Figure 1 : projet d'évolution du site de Montmirail



3. INVENTAIRE DES EMISSIONS

3.1 Recensement des sources d'émissions et des substances émises

Les différentes sources recensées sur le site sont présentées ci-dessous pour chacune des activités envisagées dans le cadre du projet.

3.1.1 Activités liées au stockage de déchets non dangereux

Le site dispose :

- D'une Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux (**ISDND**) ;
- D'un réseau de collecte des **lixiviats** : les lixiviats sont envoyés vers des bassins appelés « lagunes » et sont ensuite traités sur le site ;
- D'un réseau de collecte de **biogaz** : ce biogaz est envoyé vers une unité de valorisation.

3.1.1.1 ISDND

Chaque année, environ 75 000 tonnes de déchets sont stockées sur cette installation. Le déversement de ces déchets engendre des émissions de poussières. Les fuites de biogaz au niveau du casier en exploitation, de la zone en couverture intermédiaire et de la zone réaménagée seront également prises en compte.

Dans le cas des sites de stockage de déchets non dangereux, les substances retenues par le groupe de travail de l'ASTEE¹ comme traceurs du biogaz sont les suivantes :

- sulfure d'hydrogène (H₂S) ;
- benzène ;
- 1,2 dichloroéthane.

Les émissions en sulfure d'hydrogène, benzène et 1,2 dichlorométhane provenant des fuites de biogaz sont donc retenues suivant les recommandations de l'ASTEE. Nous retiendrons également les poussières liées au déversement des déchets.

3.1.1.2 Bassins de lixiviats

Les lixiviats captés en fond de casier sont pompés et stockés dans des bassins étanches, sources d'émission d'ammoniac et de sulfure d'hydrogène. Le site disposera de quatre bassins de lixiviats (lixiviats vieux et jeunes) dans sa configuration future.

Les lixiviats sont ensuite traités et les perméats issus de ces traitements peuvent être envoyés vers des évaporateurs de lixiviats présents sur le site. Les substances actuellement surveillées dans l'air pour cette installation sont les suivantes :

- Poussières ;
- Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM) dont le benzène ;
- Sulfure d'hydrogène (H₂S) ;
- Ammoniac (NH₃) ;
- Métaux.

Nous retiendrons donc ces substances pour l'inventaire des émissions.

¹ ASTEE, Guide pour l'évaluation du risque sanitaire dans le cadre de l'étude d'impact d'une installation de stockage de déchets ménagers et assimilés, février 2005.

3.1.1.3 Unité de valorisation du biogaz

A l'horizon du projet, le biogaz produit par les casiers et subdivisions est capté et pris en charge, par ordre de priorité, par les installations suivantes :

1. Installation de cogénération, valorisation du biogaz par production d'énergie thermique et électrique, composée de 3 microturbines ;
2. Chaudière ;
3. 2 torchères : destruction du biogaz en secours des installations précédentes.

Les substances actuellement surveillées dans l'air pour ces installations sont les suivantes :

- Monoxyde de carbone (CO) ;
- Acide chlorhydrique (HCl) ;
- Acide fluorhydrique (HF) ;
- Dioxyde de soufre (SO₂) ;
- Oxydes d'azote (NO_x) ;
- Poussières ;
- Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM) dont le benzène.

Nous retiendrons donc ces substances pour l'inventaire des émissions.

3.1.2 Plateforme de compostage

La plateforme de compostage permet la valorisation de déchets verts. Un stock d'environ 1 000 m³ est considéré sur la plateforme, ainsi que trois andains de 1 500 m³ en compostage et une lagune de jus de compostage de 600 m³. Le broyage/criblage de ces déchets est réalisé sur la plateforme.

D'après le « Guide méthodologique pour l'évaluation du risque sanitaire de l'étude d'impact des installations de compostage soumises à autorisation » publié par l'ASTEE en juin 2006, les substances à retenir sont :

- Le cadmium ;
- Le nickel ;
- Le plomb ;
- Le naphthalène ;
- Le sulfure d'hydrogène (H₂S) ;
- L'ammoniac (NH₃) ;
- L'acétaldéhyde ;
- Le benzène.

3.1.3 Unité de méthanisation

L'unité de méthanisation présente sur le site dispose de plusieurs sources d'émissions diffuses : deux silos de stockage, une plateforme digestats solides, un hangar biodéconditionneur, une fumière, deux méthaniseurs, deux cuves de stockages et une cuve de maturation.

Le document « Emissions atmosphériques biologiques et chimiques de la filière de méthanisation » de l'ADEME (rapport de septembre 2019) indique des émissions de ces installations en :

- Composés Organiques Volatils (COVt) ;
- Diméthylsulfure (DMDS) ;
- Le sulfure d'hydrogène (H₂S) ;
- Méthanéthiol (CH₃SH) ;
- Diméthylsulfate (DMS).

Nous retiendrons donc ces substances pour l'inventaire des émissions.

Une chaudière et une torchère seront également présentes sur cette zone. Les substances émises par ces installations seront les mêmes que celles surveillées pour la chaudière et les torchères présentes au niveau de l'unité de valorisation du biogaz. Ces substances seront conservées dans l'inventaire des émissions.

3.1.4 Zone de tri et de valorisation des matériaux

Une installation de criblage/concassage est présente sur la zone et peut générer des émissions :

- diffuses de poussières liées aux actions de criblage/concassage ;
- liées aux gaz d'échappement du cribleur et du concasseur.

Une unité de traitement des terres polluées est également présente sur la zone de valorisation des matériaux. Les terres polluées sont stockées sur la zone puis déposées sur des aires de traitement sous forme de biopiles.

Un système d'aspiration/ventilation des gaz est mis en place dans les biopiles, puis dirigé vers un filtre à charbon actif avant rejet dans l'atmosphère.

Deux types de rejet sont ainsi identifiés :

- les rejets diffus issus des biopiles ;
- le rejet canalisé provenant du traitement de terres polluées.

Les émissions en poussières et COVNM incluant le benzène seront retenues.

3.1.5 Plateforme amiante

Une activité de transit et de regroupement de déchets d'amiante est présente sur le site.

Les déchets d'amiante reçus et manipulés sur la plateforme de transit sont conditionnés. A l'instar de la remarque précédente, et à la lumière des résultats des mesures de fibres d'amiante réalisées sur des sites similaires, au niveau de l'air ambiant d'une alvéole amiante, le nombre de fibres d'amiante mesurées est inférieur à la limite de quantification. Ainsi, l'amiante ne sera pas retenue dans cette étude.

3.1.6 Plateforme CSR

Une chaîne de production CSR sera présente sur le site, dans un bâtiment fermé disposant d'un système de dépoussiérage. Les rejets en poussières issus de cette installation seront pris en compte.

3.1.7 Circulation des camions et engins sur le site

Des engins et camions circulent sur le site et génèrent des envols de poussières et des émissions liées aux gaz d'échappement. Pour tous les véhicules et engins, les substances à prendre en compte dans l'Évaluation des Risques Sanitaires (ERS) selon l'ASTEE² sont a minima les NOx, les HAPs, les particules et le benzène. Concernant les HAPs, nous retiendrons le benzo(a)pyrène, substance la plus toxique des HAPs. Les particules quant à elles seront assimilées à des PM10 et des PM2.5, représentatives de l'activité du site.

² ASTEE, Guide pour l'évaluation du risque sanitaire dans le cadre de l'étude d'impact d'une installation de stockage de déchets ménagers et assimilés, février 2005.

3.1.8 Bilan des sources d'émissions et des substances émises

Le Tableau 1 résume les différentes sources d'émissions recensées sur le site, ainsi que les substances émises pour chaque source recensée.

Tableau 1 : sources d'émissions recensées sur le site

Activité	Installation	Source recensée	Milieu impacté	Type d'émission	Substances potentiellement émises
Déchets non dangereux	Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux (ISDND)	Zone de stockage en exploitation : - Emissions diffuses de biogaz - Déversement des déchets dans la zone en exploitation	Air	Diffuse	H ₂ S, benzène, 1,2 dichloroéthane Poussières
		Fuite de biogaz au niveau des zones de stockage intermédiaire et réaménagée	Air	Diffuse	H ₂ S, benzène, 1,2 dichloroéthane
	Valorisation du biogaz	Microturbines	Air	Canalisée	CO, HCl, HF, SO ₂ , NOx, poussières, COVNM, benzène
		Chaudière	Air	Canalisée	CO, SO ₂ , NOx, poussières, COVNM, benzène
		Torchères	Air	Canalisée	CO, HCl, HF, SO ₂ , NOx, poussières
	Bassins de lixiviats	Emissions à la surface des bassins de lixiviats bruts	Air	Diffuse	NH ₃ , H ₂ S
Evaporateurs de lixiviats		Air	Canalisée	Poussières, COVNM, benzène, H ₂ S, NH ₃ , métaux	
Compostage	Plateforme de compostage	Andains en compostage	Air	Diffuse	H ₂ S, COVNM, benzène, 1,2 dichloroéthane, poussières, BaP, nickel, plomb, naphtalène, NH ₃ , acétaldéhyde
Méthanisation	Unité de méthanisation	Silos	Air	Diffuse	COVt, H ₂ S, DMS
		Hangar biodéconditionneur	Air	Diffuse	
		Plateforme digestats	Air	Diffuse	COVt
		Cuves de stockage et de maturation	Air	Diffuse	
		Fumière	Air	Diffuse	COVt, DMDS, CH ₃ SH, DMS
		Chaudière	Air	Canalisée	CO, SO ₂ , NOx, poussières, COVNM, benzène
		Torchère	Air	Canalisée	CO, HCl, HF, SO ₂ , NOx, poussières
Zone de valorisation des matériaux	Criblage/concassage	Cribleur/concasseur (hors gaz échappement)	Air	Diffuse	Poussières
	Unité de traitement des terres polluées	6 zones de stockage de terres polluées	Air	Diffuse	COVNM, Benzène
		Rejet du biofiltre : biopile canalisée	Air	Canalisée	Poussières, COVNM, benzène
Plateforme CSR	Système de dépoussiérage	Dépoussiéreur	Air	Canalisée	Poussières
Véhicules	Circulation sur le site	Engins d'exploitation (gaz d'échappement)	Air	Diffuse	NO _x , poussières, BaP, benzène
		Circulation des camions (gaz d'échappement et soulèvement de poussières)	Air	Diffuse	

Compte-tenu de ces différentes informations, les substances émises dans l'air par les installations présentes sur le site sont synthétisées dans le Tableau 2.

Tableau 2 : composés émis dans l'air par les installations du site

Nom	N°CAS	Formule chimique
Sulfure d'hydrogène	7783-06-4	H ₂ S
Composés Organiques Volatils Non Méthaniques	-	COVNM
Composés Organiques Volatils totaux	-	COVt
Benzène	71-43-2	C ₆ H ₆
1,2 dichloroéthane	107-06-2	C ₂ H ₄ Cl ₂
Poussières	-	-
Oxydes d'azote (NOx éq NO ₂)	10102-44-0	NO ₂
Dioxyde de soufre	7446-09-5	SO ₂
Monoxyde de carbone	630-08-0	CO
Acide chlorhydrique	7647-01-0	HCl
Acide fluorhydrique	7664-39-3	HF
Ammoniac	7664-41-7	NH ₃
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques représenté par le benzo(a)pyrène	50-32-8	C ₂₀ H ₁₂
Naphtalène	91-20-3	C ₁₀ H ₈
Acétaldéhyde	75-07-0	C ₂ H ₄ O
Dioxines et furannes	-	PCDD/F
Diméthylsulfate (DMS)	77-78-1	C ₂ H ₆ O ₄ S
Diméthyldisulfure (DMDS)	624-92-0	C ₂ H ₆ S ₂
Méthanethiol	74-93-1	CH ₃ SH
Toluène	108-88-3	C ₇ H ₈
Ethylbenzène	100-41-4	C ₈ H ₁₀
Xylène	1330-20-7	C ₈ H ₁₀
Mercuré	7439-97-6	Hg
Arsenic	7440-38-2	As
Cadmium	7440-43-9	Cd
Cobalt	7440-84-4	Co
Chrome	7440-47-3	Cr
Cuivre	7440-50-8	Cu
Manganèse	7439-96-5	Mn
Nickel	7440-02-0	Ni
Plomb	7439-92-1	Pb
Antimoine	7440-36-0	Sb
Sélénium	7782-49-2	Se
Etain	7440-31-5	Sn
Tellure	13494-80-9	Te
Thallium	7440-28-0	Tl
Vanadium	7440-62-2	V
Zinc	7440-66-6	Zn

3.2 Rejets dans l'air

Les informations relatives aux données du site ont été fournies par SETEC.

Le scénario d'émission retenu correspond à un **scénario d'émission majorant**, lorsque toutes les installations prévues sur le site seront en fonctionnement.

3.2.1 Emissions liées au stockage de déchets non dangereux

3.2.1.1 Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux

3.2.1.1.1 Emissions diffuses de biogaz

Les émissions de gaz au niveau de la zone de stockage (zone en exploitation et zone réaménagée) correspondent aux émissions diffuses à travers la couverture.

Selon le guide de l'ASTEE relatif aux installations de stockage de déchets³, le flux massique diffus horaire de chaque substance dans le biogaz est exprimé selon le code de calcul suivant :

$$\text{Équation 1 : } FMD_x = PB \times TF \times C_x$$

Avec : FMD_x : flux massique horaire diffus du polluants x (mg/h)

PB : production moyenne de biogaz (m³/h)

TF : taux de fuite de biogaz dans l'installation (%)

C_x : concentration moyenne du polluant x dans le biogaz (mg/m³)

Le scénario majorant suivant a été retenu dans cette étude :

- Durant les 20 années d'exploitation de l'ISDND, on considère :
 - Un casier ouvert en cours d'exploitation de 5 000 m². Il s'agira du dernier casier en exploitation ;
 - Une zone provisoire en couverture intermédiaire d'une surface moyenne de 6 580 m² ;
 - Le reste de la zone de stockage (nouvelle et ancienne ISDND) est considérée en couverture définitive.
- Durant les 30 années de post-exploitation, l'ensemble de la zone de stockage (nouvelle et ancienne ISDND) est considéré en couverture définitive.

La production moyenne de biogaz a été estimée par SETEC :

- En moyenne sur la période d'exploitation du site (20 ans), le site produira environ 419 m³/h de biogaz (soit 3 670 440 m³/an) ;
- En période de post-exploitation (pendant 30 ans), le site produira environ 128 m³/h de biogaz (soit 1 121 280 m³/an).

Le taux de captage dépend du type de couverture. Les valeurs retenues dans cette étude et présentées dans le Tableau 3 correspondent aux taux de récupération proposés par le groupe de travail mis en place par l'ADEME en 2002, et repris dans le rapport de l'INERIS relatif aux seuils de captage des décharges⁴.

³ ASTEE, Guide pour l'évaluation du risque sanitaire dans le cadre de l'étude d'impact d'une installation de stockage de déchets ménagers et assimilés, février 2005.

⁴ INERIS, « Evaluation des risques liés aux émissions gazeuses des décharges : propositions de seuils de captage », rapport d'étude N°46533R01c, 19/12/2005.

Le Tableau 3 résume les données retenues pour le calcul des émissions liées aux émissions diffuses de biogaz au niveau de la zone de stockage de déchets non dangereux.

Tableau 3 : caractéristiques de la zone de stockage de déchets non dangereux

Stockage déchets	Unités	Exploitation du site : pendant 20 ans				Post-exploitation : pendant 30 ans
		Casier en exploitation	Zone intermédiaire	Zone réaménagée – nouvelle installation	Zone réaménagée – ancienne installation	Zone réaménagée
Superficie de la source	m ²	5 000	6 580	96 800	200 000	308 380
Production moyenne de biogaz	Nm ³ /an	3 670 440	3 670 440	3 670 440	3 670 440	1 121 280
Type de couverture	-	Zone en exploitation	Couverture provisoire (matériaux fins inertes)	Couverture définitive (matériaux inertes + géomembrane + géosynthétique)	Couverture définitive (matériaux inertes + géomembrane + géosynthétique)	Couverture définitive (matériaux inertes + géomembrane + géosynthétique)
Taux de récupération	%	35%	65%	90%	90%	90%
Taux de fuite	%	65%	35%	10%	10%	10%

Des mesures sont effectuées régulièrement sur le biogaz produit par le site. Parmi les substances retenues pour l'étude (cf. paragraphe 3.1.1.1), seul le sulfure d'hydrogène (H₂S) est mesuré dans le biogaz. La valeur maximale mesurée entre 2018 et 2020 sera retenue, elle est égale à 717,24 mg/Nm³.

Pour les autres substances à étudier, les concentrations correspondent aux données disponibles dans la littérature et proposées par le guide de l'ASTEE. Le Tableau 4 présente les concentrations dans le biogaz issues de la bibliographie ainsi que la valeur retenue pour la quantification des émissions.

Tableau 4 : concentrations dans le biogaz

	CONCENTRATIONS A L'EMISSION (mg/Nm ³)		
	Données bibliographiques guide ASTEE – valeur maximale	Valeur retenue	
		Valeur (mg/Nm ³)	Source
H ₂ S	99,97	717,24	Max mesures site
Benzène	31,08	31,08	Max guide ASTEE
1,2 dichloroéthane	8,19	8,19	Max guide ASTEE

Le Tableau 5 présente les flux d'émission pris en compte dans cette étude calculés à partir des concentrations retenues et du débit de biogaz, et pondérés sur la durée totale d'exposition prise égale à 50 ans (20 ans d'exploitation + 30 ans de post-exploitation).

Tableau 5 : flux de polluants au niveau de la zone de stockage (émissions diffuses de biogaz)

Flux d'émission (tonnes/an)	Exploitation du site : pendant 20 ans					Post-exploitation : pendant 30 ans	TOTAL pondéré sur 50 ans
	Casier en exploitation	Zone intermédiaire	Zone réaménagée – nouvelle installation	Zone réaménagée – ancienne installation	Total	Zone réaménagée	
H ₂ S	1,71E+00	9,21E-01	2,63E-01	2,63E-01	3,16E+00	8,04E-02	1,31E+00
Benzène	7,42E-02	3,99E-02	1,14E-02	1,14E-02	1,37E-01	3,48E-03	5,68E-02
1,2 dichloroéthane	1,95E-02	1,05E-02	3,01E-03	3,01E-03	3,61E-02	9,18E-04	1,50E-02

3.2.1.1.2 Déversement des déchets

Les opérations de déversement de déchets non dangereux au niveau de la zone en exploitation génèrent des émissions atmosphériques de poussières.

Selon le guide de l'ASTEE relatif aux installations de stockage de déchets⁵, les opérations de déversement d'ordures ménagères « fraîches » produisent des émissions de poussières totales comprises entre 0,0006 % à 0,01 % du poids d'ordures déversées.

La quantité maximale annuelle de déchets stockés au niveau de l'ISDND est égale à 75 kT/an. Le flux de poussières totales lié au déversement des déchets est calculé en retenant la valeur haute de la fourchette donnée par le guide de l'ASTEE.

Tableau 6 : flux de poussières générés par le déversement des déchets

	Unité	Zone de stockage en exploitation
Quantité maximale annuelle de déchets déposés	tonnes/an	75 000
Flux de poussières générés	tonnes/an	7,5

3.2.1.2 Valorisation du biogaz

Les caractéristiques des sources canalisées de l'unité de valorisation du biogaz sont présentées dans le Tableau 7. Elles ont été fournies par SETEC.

Tableau 7 : caractéristiques des rejets canalisés de l'unité de valorisation du biogaz

	Micro-turbines	Chaudière	Torchère (station bio-gaz)	Torchère (plateforme d'exploitation)
Hauteur par rapport au sol (m)	2,1	6	6	6
Diamètre interne en sortie de cheminée (m)	0,127	0,35	1,2	1,2
Température des gaz (°C)	376,4	207	725	725
Débit sur gaz sec (Nm ³ /h)	1 020	1 221	500*	250*
Vitesse des gaz (m/s)	25	15	5	5
Fonctionnement (h/an)	7 884	7 884	240	240

* Capacités maximales.

Les concentrations dans les gaz retenues en sortie de cheminée correspondent par ordre de priorité :

- Aux Valeurs Limites à l'Emission des arrêtés préfectoraux. Les VLE étant données pour les COVNM totaux, la part du benzène a été prise égale à 5% (part du benzène dans le biogaz de 3,4% d'après le guide de l'ASTEE) ;
- Aux valeurs de l'arrêté ministériel du 15/02/2016 ;
- Aux mesures maximales réalisées entre 2016 et 2020 sur le site, en prenant un facteur de sécurité égal à 2.

Le Tableau 8 présente les concentrations retenues pour cette étude. Le Tableau 9 présente les émissions en sortie des sources canalisées calculées à partir des concentrations retenues et des débits des gaz en sortie de cheminée.

⁵ ASTEE, Guide pour l'évaluation du risque sanitaire dans le cadre de l'étude d'impact d'une installation de stockage de déchets ménagers et assimilés, février 2005.

Tableau 8 : concentration en sortie des sources canalisées de l'unité de valorisation du biogaz

Substances	Concentration (mg/Nm ³)					
	Micro-turbines	Source	Chaudière	Source	Torchères	Source
CO	300	VLE	250	VLE	150	VLE
HCl	1,2	Maximum des mesures sur site avec facteur de sécurité = 2	-	-	17,8	Maximum des mesures sur site avec facteur de sécurité = 2
HF	0,5		-	-	1,4	
SO ₂	40,6	VLE	2208	Maximum des mesures sur site avec facteur de sécurité = 2	300	AM du 15/02/2016
NOx	225		225	VLE	225	VLE
Poussières totales	150		50		10	
PM10	150		50		10	
PM2.5	150		50		10	
COVNM	50		50		-	-
Benzène	2,5	5% des COVNM	2,5	5% des COVNM	-	-

Tableau 9 : flux de polluants en sortie des sources canalisées de l'unité de valorisation du biogaz

	Flux à l'émission (tonnes/an)			
	Micro-turbines (par microturbine)	Chaudière	Torchère (station bio-gaz)	Torchère (plateforme d'exploitation)
CO	2,4E+00	2,4E+00	1,8E-02	9,0E-03
HCl	9,9E-03	-	2,1E-03	1,1E-03
HF	3,7E-03	-	1,7E-04	8,4E-05
SO ₂	3,3E-01	2,1E+01	3,6E-02	1,8E-02
NOx	1,8E+00	2,2E+00	2,7E-02	1,4E-02
Poussières totales	1,2E+00	4,8E-01	1,2E-03	6,0E-04
PM10	1,2E+00	4,8E-01	1,2E-03	6,0E-04
PM2.5	1,2E+00	4,8E-01	1,2E-03	6,0E-04
COVNM	4,0E-01	4,8E-01	-	-
Benzène	2,0E-02	2,4E-02	-	-

3.2.1.3 Bassins de lixiviats

3.2.1.3.1 Emissions à la surface des bassins

Les émissions ont été calculées à partir des concentrations mesurées sur des sites similaires et des surfaces de chaque bassin. Les flux d'émission sont calculés à partir des concentrations et d'un débit surfacique fixé à 3 m³/h/m². Les émissions sont présentées dans le Tableau 10.

Tableau 10 : flux d'émission au niveau des bassins de lixiviats

	Surface (m ²)	Concentration NH ₃ (mg/m ³)	Flux surfacique NH ₃ (mg/m ² /h)	Flux NH ₃ (tonnes/an)	Concentration H ₂ S (mg/m ³)	Flux surfacique H ₂ S (mg/m ² /h)	Flux H ₂ S (tonnes/an)
Bassin 1 (à l'ouest de la zone de tri)	850	2,1	6,4	4,7E-02	4,2	12,6	9,4E-02
Bassin 2 (au sud de la plateforme d'exploitation)	15	2,1	6,4	8,3E-04	4,2	12,6	1,7E-03
Bassin 3 (au nord de la zone plâtre)	330	2,1	6,4	1,8E-02	4,2	12,6	3,6E-02
Bassin 4 (à l'est de la plateforme d'exploitation)	250	2,1	6,4	1,4E-02	4,2	12,6	2,8E-02
			TOTAL	8,0E-02		TOTAL	1,6E-01

3.2.1.3.2 Evaporateurs de lixiviats

Les caractéristiques de ces 2 sources canalisées sont présentées dans le Tableau 11. Elles ont été fournies par SETEC.

Tableau 11 : caractéristiques des évaporateurs de lixiviats

	Evaporateurs de lixiviats
Hauteur par rapport au sol (m)	6
Diamètre interne en sortie de cheminée (m)	0,8
Température des gaz (°C)	43,5
Débit sur gaz sec (Nm³/h)	5 854
Vitesse des gaz (m/s)	3,8
Fonctionnement (h/an)	7 884

Les concentrations dans les gaz retenues en sortie de cheminées correspondent par ordre de priorité :

- Aux Valeurs Limites à l'Emission des arrêtés préfectoraux ;
- Aux mesures maximales réalisées entre 2016 et 2020 sur le site, en prenant un facteur de sécurité égal à 2.

Le Tableau 12 présente les concentrations retenues pour cette étude et les émissions en sortie calculées à partir des concentrations retenues et des débits des gaz en sortie de cheminées.

Tableau 12 : concentration en sortie des évaporateurs de lixiviats

Substances	Concentration (mg/Nm ³)		Flux à l'émission (tonnes/an)
	Par évaporateur	Source	Par évaporateur
Poussières totales	961,8	<i>Maximum des mesures sur site avec facteur de sécurité = 2</i>	4,4E+01
PM10	961,8		4,4E+01
PM2.5	961,8		4,4E+01
COVNM	2,7		1,2E-01
H ₂ S	0	VLE	0,0E+00
NH ₃	50		2,3E+00
Plomb	0,1	<i>Maximum des mesures sur site avec facteur de sécurité = 2</i>	3,2E-03
Cadmium	0,01		3,6E-04
Nickel	5,6		2,6E-01
Arsenic	0,002		7,9E-05
Cobalt	0,1		2,6E-03
Chrome	3,9		1,8E-01
Cuivre	0,4		1,8E-02
Manganèse	0,5		2,1E-02
Antimoine	0,001		6,3E-05
Sélénium	0,003		1,3E-04
Etain	0,01		2,4E-04
Tellure	0,001		6,3E-05
Thallium	0,001		5,7E-05
Vanadium	0,01		5,6E-04
Zinc	0,2		1,0E-02
Mercuré	0,01	4,6E-04	

3.2.2 Plateforme de compostage

L'inventaire des émissions des substances émises par le procédé de fermentation est basé sur les documents suivants :

- « Pièce n°2 - Les risques non microbiologiques associés au compostage de déchets », Ecole Nationale de la Santé Publique, Version du 19 août 2002 ;
- « Cartographie des émissions atmosphériques des composés chimiques notamment odorants issus des composts et étude des performances de la photocatalyse pour le traitement des émissions », ADEME, Rapport du 26 mai 2010 ;
- « Guide méthodologique pour l'évaluation du risque sanitaire de l'étude d'impact des installations de compostage soumises à autorisation », ASTEE, juin 2006. Les données sont issues de l'annexe 4 de ce rapport.

Le Tableau 13 synthétise les données collectées dans la bibliographie. Compte-tenu de la variation importante des données, les valeurs retenues correspondent aux valeurs moyennes des différentes sources bibliographiques disponibles. Aucune donnée n'est disponible pour le cadmium.

Tableau 13 : concentrations à l'émission pour les andains de compostage

	Données bibliographiques						Valeur retenue
	ENSP 2002		ADEME 2010		INERIS 2011	ASTEE	
	stockage µg/m ³	andains µg/m ³	fermentation µg/m ³	maturation µg/m ³	andains µg/m ³	air µg/m ³	µg/m ³
Sulfure d'hydrogène	-	-	-	-	16	12	14
Benzène	320	700	833	400	-	1 507	Fermentation : 767 Maturation : 400 Compost : 320
1,2 dichloroéthane	0	2	-	-	-	2	Andains : 2 Compost : 0
Poussières	-	-	-	-	-	100 000	100 000
Benzo(a)pyrène	-	-	-	-	-	3,50E-03	0,0035
Nickel	-	-	-	-	-	0,34	0,34
Plomb	-	-	-	-	-	3,68	3,68
Naphtalène	22	1 400	-	-	-	113	Andains : 1 400 Compost : 22
Ammoniac	-	-	-	-	< 43	152 000	152 000
Acétaldéhyde	-	400	700	-	-	400	Fermentation : 700 Maturation : 400 Compost : 400
COV	98 800	90 200	-	-	-	-	Andains : 90 200 Compost : 98 800

Excepté pour le benzène, en l'absence de données spécifiques pour chaque étape du compostage, les données concernent l'ensemble du site de compostage émettant ces substances, c'est-à-dire les zones de fermentation, de maturation et la zone de stockage du compost frais.

Les émissions de substances issues des zones de compostage se calculent de la manière suivante :

$$\text{Équation 2 : } FMD_x = C_x \times S \times V$$

Avec :

- FMD_x : flux massique diffus du polluant x (mg/h)
- C_x : concentration moyenne du polluant x (mg/m³)
- S : surface de la zone (m²)
- V : débit surfacique (m³/h/m²)

Les flux d'émission sont calculés à partir des concentrations et d'un débit surfacique fixé à 3 m³/h/m².

Sur la plateforme de compostage se trouveront trois andains de déchets verts en compostage de 1 500 m³, un stock de déchets verts de 1 000 m³ et une lagune de jus de compostage de 600 m³. En l'absence d'information sur l'avancement du compostage des andains, nous considérerons :

- L'un des andains en fermentation ;
- L'un des andains en maturation ;
- L'un des andains comme du stockage de compost.

Nous ne disposons pas de données bibliographiques concernant les rejets de la zone de stockage de déchets verts et de la lagune de jus de compostage. Ces zones ne seront donc pas prises en compte dans la suite de l'étude.

Le Tableau 14 présente les caractéristiques des sources prises en compte et le Tableau 15 le flux en tonnes/an, pour chacune des substances étudiées.

Tableau 14 : caractéristiques des sources diffuses

Caractéristiques générales	Unités	Andains en fermentation	Andains en maturation	Compost
Surface émettrice par source	m ²	375	375	375
Hauteur par rapport au sol	m	4	4	4
Débit	m ³ /h	1 125	1 125	1 125
Fonctionnement	h/an	8 760	8 760	8 760

Tableau 15 : calcul des flux émis au niveau des zones de fermentation, maturation et compost

	Unité	Andains en fermentation	Andains en maturation	Compost
Sulfure d'hydrogène	t/an	1,4E-04	1,4E-04	1,4E-04
Benzène	t/an	7,6E-03	3,9E-03	3,2E-03
1,2 dichloroéthane	t/an	2,0E-05	2,0E-05	0,0E+00
Poussières totales	t/an	9,9E-01	9,9E-01	9,9E-01
PM10	t/an	9,9E-01	9,9E-01	9,9E-01
PM2.5	t/an	9,9E-01	9,9E-01	9,9E-01
Benzo(a)pyrène	t/an	3,4E-08	3,4E-08	3,5E-08
Nickel	t/an	3,4E-06	3,4E-06	3,4E-06
Plomb	t/an	3,6E-05	3,6E-05	3,6E-05
Naphtalène	t/an	1,4E-02	1,4E-02	2,2E-04
Ammoniac	t/an	1,5E+00	1,5E+00	1,5E+00
Acétaldéhyde	t/an	6,9E-03	3,9E-03	3,9E-03
COV	t/an	8,9E-01	8,9E-01	9,7E-01

3.2.3 Unité de méthanisation

3.2.3.1 Sources diffuses

L'inventaire des émissions des substances émises par l'unité de méthanisation est basé sur le document « Emissions atmosphériques biologiques et chimiques de la filière de méthanisation » de l'ADEME (rapport de septembre 2019). Le Tableau 16 synthétise les données collectées dans ce document.

Tableau 16 : émissions au niveau des différentes installations de l'unité de méthanisation

	Unité	Silo bâché	Silo ouvert	Plateforme digestats solides	Hangar biodéconditionneur	Fumière	Cuve de stockage	Cuve de maturation
COVt	mg/m ³	7,5E-01	1,5E+00	6,9E-01	1,5E+00	1,5E+01	3,4E-01	3,4E-01
DMDS	mg/m ³					5,4E-02		
H ₂ S	mg/m ³	4,6E-02	9,2E-02		9,2E-02			
CH ₃ SH	mg/m ³					7,9E-02		
DMS	mg/m ³	3,8E-02	7,6E-02		7,6E-02	7,6E-02		

Les émissions de substances issues des installations de l'unité de méthanisation sont calculées selon la même méthode que celle de la plateforme de compostage (cf. 3.2.2).

Le Tableau 17 présente les caractéristiques des sources prises en compte et le Tableau 18 le flux en tonnes/an, pour chacune des substances étudiées.

Tableau 17 : caractéristiques des sources diffuses

Caractéristiques générales	Unités	Silo bâché	Silo ouvert	Plateforme digestats solides	Hangar biodéconditionneur	Fumière	Cuve de stockage	Cuve de maturation
Surface émettrice par source	m ²	1 750	1 750	1 000	1 000	600	1 630	470
Hauteur par rapport au sol	m	4	4	4	4	4	8	8
Débit	m ³ /h	5 250	5 250	3 000	3 000	1 800	4 890	1 410
Fonctionnement	h/an	8 760	8 760	8 760	8 760	8 760	8 760	8 760

Tableau 18 : calcul des flux émis au niveau des différentes installations de l'unité de méthanisation

	Unité	Silo bâché	Silo ouvert	Plateforme digestats solides	Hangar biodéconditionneur	Fumière	Cuve de stockage	Cuve de maturation
COVt	t/an	3,4E-02	6,9E-02	1,8E-02	3,9E-02	2,4E-01	1,5E-02	4,3E-03
DMDS	t/an					8,5E-04		
H ₂ S	t/an	2,1E-03	4,2E-03		2,4E-03			
CH ₃ SH	t/an					1,2E-03		
DMS	t/an	1,8E-03	3,5E-03		2,0E-03	1,2E-03		

3.2.3.2 Sources canalisées

Une chaudière et une torchère seront également présentes sur l'unité de méthanisation. En l'absence de données bibliographiques, les caractéristiques des sources et les flux ont été pris égaux à ceux des installations de valorisation énergétique du biogaz. Les caractéristiques des sources canalisées et leurs flux sont rappelés en Tableau 19 et Tableau 20.

Tableau 19 : caractéristiques des rejets canalisés de l'unité de méthanisation

	Chaudière	Torchère
Hauteur par rapport au sol (m)	6	6
Diamètre interne en sortie de cheminée (m)	0,35	1,2
Température des gaz (°C)	207	725
Débit sur gaz sec (Nm ³ /h)	1 221	500*
Vitesse des gaz (m/s)	15	5
Fonctionnement (h/an)	7 884	240

* La capacité maximale entre les 2 torchères de l'installation de valorisation énergétique du biogaz a été retenue.

Tableau 20 : flux de polluants en sortie des sources canalisées de l'unité de méthanisation

	Flux à l'émission (tonnes/an)	
	Chaudière	Torchère
CO	2,4E+00	1,8E-02
HCl	-	2,1E-03
HF	-	1,7E-04
SO ₂	2,1E+01	3,6E-02
NOx	2,2E+00	2,7E-02
Poussières totales	4,8E-01	1,2E-03
PM10	4,8E-01	1,2E-03
PM2.5	4,8E-01	1,2E-03
COVNM	4,8E-01	-
Benzène	2,4E-02	-

3.2.4 Zone de tri et de valorisation

3.2.4.1 Emissions diffuses de poussières liées aux actions de criblage/concassage

Les facteurs d'émission utilisés pour estimer les émissions diffuses de poussières liées au criblage/concassage des terres sont issus du rapport OMINEA du CITEPA : « Organisation et méthodes des inventaires nationaux des émissions atmosphériques en France – 19^{ème} édition - OMINEA », CITEPA, Mars 2022 : secteur « Exploitation des carrières ». Les facteurs d'émissions sont résumés dans le Tableau 21.

Tableau 21 : facteurs d'émission retenus pour les émissions diffuses de poussières liées au criblage/concassage de terres

Poussières totales	Unité	Facteur d'émission	Source
Roches massives	g/T roche	179	OMINEA 2022
Roches meubles	g/T roche	11	OMINEA 2022
Recyclage	g/T roche	44	OMINEA 2022

Part dans les poussières	Unité	%	Source
Roches massives	PM10	31%	OMINEA 2022
	PM2.5	4%	OMINEA 2022
Roches meubles	PM10	29%	OMINEA 2022
	PM2.5	3%	OMINEA 2022
Recyclage	PM10	37%	OMINEA 2022
	PM2.5	5%	OMINEA 2022

Pour cette étude, nous avons retenu les facteurs d'émission pour le recyclage. Les émissions estimées sont présentées dans le Tableau 22.

Tableau 22 : émissions diffuses de poussières liées au criblage/concassage de terres

	Unité	Valeur
Quantité maximale traitée	T/an	7 500
Emissions diffuses de poussières totales	T/an	0,33
Emissions diffuses de PM10	T/an	0,12
Emissions diffuses de PM2.5	T/an	0,017

Les émissions liées aux gaz d'échappement du cribleur et du concasseur seront traitées en partie 3.1.7.

3.2.4.2 Unité de traitement des terres polluées

Deux types de rejet sont identifiés :

- les rejets diffus issus des terres polluées en amont et en traitement (biopiles) ;
- le rejet canalisé provenant du traitement de terres polluées.

Zones de stockage des terres polluées en amont et en traitement (biopiles) :

Quatre zones de stockage de terres polluées en amont du traitement et deux zones de stockage de terres polluées en traitement (biopiles) sont présentes sur la plateforme de valorisation matériaux. Chacune de ces zones fait 100 m². Les émissions des zones de stockage de terres polluées en amont du traitement sont considérées identiques à celles des terres polluées en traitement (biopiles). Leurs caractéristiques sont présentées dans le Tableau 23.

Tableau 23 : caractéristiques des zones de stockage de terres polluées

	Unités	Terres polluées
Surface	m ²	6 x 100
Heures de présence	h/an	8 760

Le Tableau 24 présente leurs émissions surfaciques, issues des travaux de recherche effectués sur un site similaire. Le Tableau 25 présente leurs flux calculés à partir des émissions surfaciques, des surfaces et des heures de présence sur le site.

Tableau 24 : émissions surfaciques des zones de stockage de terres polluées

Emissions surfaciques (mg/h/m ²)	
Benzène	0,003

Tableau 25 : flux de polluants des zones de stockage de terres polluées

	Flux de polluant (t/an)	
	Par zone	Pour les 6 zones
Benzène	2,6E-06	1,6E-05

Rejets du traitement des terres polluées :

Les caractéristiques du rejet canalisé sont synthétisées dans le Tableau 26. Ces données ont été fournies par SETEC.

Tableau 26 : caractéristiques des rejets canalisés issus de la ventilation des biopiles

	Biopile
Hauteur par rapport au sol (m)	2,6
Diamètre interne en sortie de cheminée (m)	0,15
Température des gaz (°C)	13
Débit sur gaz sec (Nm ³ /h)	310
Vitesse des gaz (m/s)	0,007
Fonctionnement	8 760

Les concentrations retenues dans les rejets sont présentées dans le Tableau 27 et proviennent de mesures réalisées sur des sites similaires en appliquant un facteur de sécurité égal à 2.

Tableau 27 : concentrations retenues dans le rejet de traitement de terres polluées

	Concentrations (mg/Nm ³)
	Biopile
Poussières totales	5
COVNM	1
Benzène	0,05

Le Tableau 28 présente les émissions en sortie de la source canalisée calculées à partir des concentrations retenues et des débits des gaz en sortie.

Tableau 28 : flux de polluants en sortie de la source canalisée issus du rejet de traitement de terres polluées

	Flux à l'émission (tonnes/an)
	Biopile
Poussières totales	1,4E-02
COVNM	2,7E-03
Benzène	1,4E-04

3.2.5 Plateforme CSR : dépoussiéreur

Un rejet canalisé lié au système de dépoussiérage du bâtiment est identifié sur la plateforme CSR. Ses caractéristiques sont synthétisées dans le Tableau 29. Ces données ont été fournies par SETEC et proviennent d'un site similaire.

Tableau 29 : caractéristiques des rejets canalisés issus du dépoussiéreur

	Dépoussiéreur
Hauteur par rapport au sol (m)	14
Diamètre interne en sortie de cheminée (m)	1,1
Température des gaz (°C)	20
Débit sur gaz sec (Nm ³ /h)	50 000
Vitesse des gaz (m/s)	14,6
Fonctionnement	8 760

La concentration et le flux retenus sont présentés dans le Tableau 30. La concentration retenue correspond à la VLE pour les installations de traitement mécanique des déchets, disponible dans l'arrêté ministériel du 17 décembre 2019 relatif aux Meilleurs Techniques Disponibles (MTD) applicables à certaines installations de traitement de déchets relevant du régime de l'autorisation et de la directive IED.

Tableau 30 : concentration et flux retenus pour les rejets issus du dépoussiéreur

	Concentrations (mg/Nm ³)	Flux à l'émission (tonnes/an)
Poussières totales	5	2,19

3.2.6 Circulation des engins d'exploitation

Plusieurs engins d'exploitation sont utilisés sur le site : ils sont à l'origine d'émissions dans l'air du fait de leur gaz d'échappement.

Les facteurs d'émission utilisés pour estimer les émissions liées aux gaz d'échappement des engins mobiles non routiers utilisés sur le site sont issus des rapports suivants :

- « Organisation et méthodes des inventaires nationaux des émissions atmosphériques en France – 19^{ème} édition - OMINEA », CITEPA, Mars 2022 : secteur « industrie manufacturière – sources mobiles » (engins mobiles non routiers) ;
- EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019. European Environment Agency. Non-road mobile sources and machinery.

Les facteurs d'émissions définis pour les substances retenues pour l'inventaire des émissions sont résumés dans le Tableau 31. Ils correspondent aux facteurs donnés pour les engins utilisant du Gazole Non Routier (depuis 2011) et sont exprimés en gramme par GJoule. L'utilisation de tels facteurs d'émission nécessite de connaître la puissance (exprimée en GJ ou kW) de chaque engin utilisé sur le site.

Tableau 31 : facteurs d'émission liés aux engins d'exploitation

Substances	Unité	Facteur d'émission	Source
Benzène	g/GJ	0,36	EMEP 2019 : 2% des COVNM
NOx	g/GJ	37	OMINEA 2022
Poussières totales	g/GJ	2	OMINEA 2022
BaP	mg/GJ	1,09	OMINEA 2022

La puissance moyenne de chaque engin présent sur le site a été estimée en fonction des données disponibles sur d'autres sites. Elles sont indiquées dans le Tableau 32 qui présente également le nombre d'heures de fonctionnement des engins, fourni par SETEC.

Tableau 32 : caractéristiques des engins sur le site

Matériels/engins	Chargeuse	Compacteur	Pelle	Télescopique	Tracteur remorque	Tombereau
Puissance (en kW)	191	340	129	104	175	274
Puissance (en GJ par heure)	0,69	1,22	0,46	0,37	0,63	0,99
Temps de fonctionnement par zone d'activité (heures/an)	Tri : 750 Méthanisation : 2 000 Matériaux : 2 400 Bois : 250 Compostage : 500 Plâtre : 250 Amiante : 500	Tri : 625 Méthanisation : 125 ISDND : 500	Tri : 1 250 Matériaux : 1 000 Bois : 500 Compostage : 250 Amiante : 250 ISDND : 250 Ensemble site : 500	Tri : 500 Méthanisation : 1 000 Matériaux : 250 Amiante : 1 000 ISDND : 250 Ensemble site : 500	Tri : 500 Méthanisation : 250 Matériaux : 500 Bois : 250 Compostage : 250 Amiante : 250	Tri : 250 Matériaux : 125 Amiante : 125 ISDND : 1 500

Matériels/engins	BRH	Crible	Concasseur	Broyeur	Presse à balle	Biodéconditionneur
Puissance (en kW)	200	50	250	120	10	100
Puissance (en GJ par heure)	0,72	0,18	0,90	0,43	0,04	0,36
Temps de fonctionnement par zone d'activité (heures/an)	Matériaux : 50	Matériaux : 180 Compostage : 200	Matériaux : 120	Bois : 350 Compostage : 250	Tri : 375	

A partir du Tableau 32 et des facteurs d'émission présentés dans le Tableau 31, il est ensuite possible de calculer les émissions annuelles de polluants liées au fonctionnement des engins. Elles sont présentées par zone d'activité dans le Tableau 33.

Tableau 33 : émissions liées aux engins par zone d'activité

Emissions en T/an	Benzène	NOx	BaP	Poussières	PM10	PM2.5
Tri	9,4E-04	9,7E-02	2,9E-06	5,2E-03	5,2E-03	5,2E-03
Méthanisation	7,4E-04	7,6E-02	2,2E-06	4,1E-03	4,1E-03	4,1E-03
Matériaux	1,0E-03	1,0E-01	3,1E-06	5,6E-03	5,6E-03	5,6E-03
Bois	2,6E-04	2,6E-02	7,8E-07	1,4E-03	1,4E-03	1,4E-03
Compostage	2,2E-04	2,3E-02	6,7E-07	1,2E-03	1,2E-03	1,2E-03
Compostage - plateforme spécifique	5,2E-05	5,3E-03	1,6E-07	2,9E-04	2,9E-04	2,9E-04
ISDND	8,3E-04	8,5E-02	2,5E-06	4,6E-03	4,6E-03	4,6E-03
Plâtre	6,2E-05	6,4E-03	1,9E-07	3,4E-04	3,4E-04	3,4E-04
Amiante	4,0E-04	4,1E-02	1,2E-06	2,2E-03	2,2E-03	2,2E-03
Site	1,5E-04	1,6E-02	4,6E-07	8,4E-04	8,4E-04	8,4E-04
TOTAL	4,7E-03	4,8E-01	1,4E-05	2,6E-02	2,6E-02	2,6E-02

3.2.7 Circulation des camions

3.2.7.1 Emissions liées aux gaz d'échappement

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 5.2.1 (TRaffic Emission Factors Improved Calculation), développé par la société italienne ARIANET, partenaire d'ARIA Technologies, qui s'appuie sur la méthodologie européenne COPERT V.

Le Tableau 34 présente les données utilisées pour le calcul des émissions et le Tableau 35 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 (lorsque le casier en exploitation sera le plus éloigné de l'entrée du site par exemple). 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 PL sont présentés sur la Figure 2.

Tableau 34 : données pour le calcul des émissions liées aux véhicules circulant sur le site

Voie	Nombre de PL	Distance parcourue
	PL/an	m
Entrée ⇔ CSR	10 822	580
Entrée ⇔ Zone de tri	7 879	920
Entrée ⇔ Unité de méthanisation	8 700	740
Entrée ⇔ Zone valorisation matériaux	1 417	980
Entrée ⇔ Plateforme bois	5 556	260
Entrée ⇔ Plateforme de compostage	5 714	630
Entrée ⇔ ISDND (casier en exploitation)	2 895	1 510
Entrée ⇔ Zone plâtre	1 050	720
Entrée ⇔ Zone amiante	2 400	780

Tableau 35 : émissions liées aux gaz d'échappement des véhicules circulant sur le site

	Emissions totales (tonnes/an)
Benzène	1,1E-03
Oxydes d'azote	2,9E+01
Poussières totales	4,2E+00
PM10	2,4E+00
PM2.5	1,6E+00
Benzo(a)pyrène	7,5E-06

3.2.7.2 Emissions liées aux envols de poussières au passage des camions

Les voies utilisées par les camions sont stabilisées à l'intérieur du site.

Le calcul des émissions de poussières liées à la remise en suspension des poussières présentes sur les voies de circulation se base sur la méthodologie proposée par l'US-EPA. Elle propose un modèle de régression empirique (établi à partir de l'analyse statistique de résultats de mesures disponibles) donnant une masse de poussières émise en fonction de la distance parcourue sur les routes⁶.

Les émissions de poussières sont calculées suivant la formulation :

$$\text{Équation 3 : } E = k \times c^{0,91} \times W^{1,02}$$

- Avec :
- E : quantité de poussières émises par le roulement des véhicules (g/veh/km)
 - k : coefficient fonction de la taille de granulométrie (g/veh/km)
 - c : charge en poussières (en g/m²)
 - W : poids moyen du véhicule (tonne)

La quantité de poussières ainsi calculée est ensuite réajustée en tenant compte des jours de pluie selon la formule suivante :

$$E_{ext} = E \left(1 - \frac{P}{4N} \right)$$

- Avec :
- E_{ext} : quantité de poussières extrapolée en tenant compte des jours de pluie
 - P : nombre de jours de pluie sur une année pour laquelle la précipitation était au moins supérieure à 0,254 mm
 - N : nombre de jours sur une année. N = 365 jours

Le coefficient k dépend de la granulométrie des particules. Il est égal à 3.23 g/veh/km pour les poussières totales, 0,62 g/veh/km pour les PM10 et 0,15 g/veh/km pour les PM2.5.

La charge en poussières c est dépendante du type d'installation industrielle. L'EPA propose des valeurs pour les centres de stockage de déchets ménagers avec une moyenne de 7,4 g/m².

Le nombre de jours de pluie supérieure ou égale à 0,254 mm a été calculé à partir des données météorologiques de la station de Le Luart sur la période 01/01/2018 au 31/12/2020 et est présenté dans le Tableau 36. Il est en moyenne de 95 jours par an.

Tableau 36 : nombre de jours de pluie supérieure ou égale à 0,254 mm

Année	Nombre de jours de pluie ≥ 0,254 mm
2018	94
2019	100
2020	91
moyenne	95

⁶ US-EPA, United States - Environmental Protection Agency. Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP-42, Fifth Edition, Volume I, Chapter 13: Miscellaneous Sources; 13.2.1: Paved Roads. Final report. Janvier 2011. <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/index.html>

Le Tableau 37 présente les émissions calculées suivant la méthodologie ci-dessus.

Tableau 37 : émissions liées aux envols de poussières au passage des camions

Type	Poids moyen	Nombre de PL	Distance parcourue	Facteur d'émissions PM10	Facteur d'émissions PM2.5	Emissions de PM10	Emissions de PM2.5
	tonnes	PL/an	km	g/veh/km	g/veh/km	tonnes/an	tonnes/an
Entrée ⇔ CSR	19	10 822	580	72	17	0,45	0,11
Entrée ⇔ Zone de tri	20	7 879	920	76	18	0,55	0,13
Entrée ⇔ Unité de méthanisation	20	8 700	740	76	18	0,49	0,12
Entrée ⇔ Zone valorisation matériaux	24	1 417	980	92	22	0,13	0,03
Entrée ⇔ Plateforme bois	18	5 556	260	68	17	0,10	0,02
Entrée ⇔ Plateforme de compostage	14	5 714	630	53	13	0,19	0,05
Entrée ⇔ ISDND (casier en exploitation)	19	2 895	1 510	72	17	0,32	0,08
Entrée ⇔ Zone plâtre	10	1 050	720	38	9	0,03	0,01
Entrée ⇔ Zone amiante	5	2 400	780	18	4	0,03	0,01
					TOTAL	2,29	0,55

3.2.8 Bilan des émissions dans l'air

Le Tableau 38 présente le bilan des émissions dans l'air pour l'ensemble des sources prises en compte dans cette étude et localisées sur la Figure 2. La Figure 3 est un zoom sur les sources de l'unité de méthanisation.

En ce qui concerne les poussières, lorsque l'information de granulométrie n'est pas connue, il a été fait l'hypothèse majorante d'assimiler les poussières totales aux PM10 et aux PM2.5.

Les polluants ayant les émissions les plus importantes sont le SO₂, les NO_x et les poussières.

Tableau 38 : bilan des émissions dans l'air (en tonnes/an)

Emissions en t/an	ISDND			Valorisation biogaz			Traitement lixiviats		Plateforme de compostage			Unité de méthanisation		Zone valorisation matériaux			Plateforme CSR	Circulation des véhicules			TOTAL
	Casier en exploitation	Casiers couverture intermédiaire	Casiers couverture définitive	Micro-turbines	Chaudière	Torchères	Bassins lixiviats	Evaporateurs lixiviats	Andains de fermentation	Andains de maturation	Compost	Sources surfaciques	Sources canalisées	Criblage/concassage	Biopiles surfaciques	Biopile canalisée	Dépoussiéreur	Gaz échap. (camions)	Gaz échap. (engins)	Envol poussières (camions)	
Sulfure d'hydrogène (H2S)	6.9E-01	3.7E-01	2.6E-01	-	-	-	1.6E-01	0.0E+00	1.4E-04	1.4E-04	1.4E-04	8.8E-03	-	-	-	-	-	-	-	-	1.5E+00
Ammoniac (NH3)	-	-	-	-	-	-	8.0E-02	4.6E+00	1.5E+00	1.5E+00	1.5E+00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.2E+00
Poussières	3.0E+00	-	-	3.6E+00	4.8E-01	1.8E-03	-	8.9E+01	9.9E-01	9.9E-01	9.9E-01	-	4.8E-01	3.3E-01	-	1.4E-02	2.2E+00	4.2E+00	2.6E-02	2.8E+00	1.1E+02
PM10	3.0E+00	-	-	3.6E+00	4.8E-01	1.8E-03	-	8.9E+01	9.9E-01	9.9E-01	9.9E-01	-	4.8E-01	1.2E-01	-	1.4E-02	2.2E+00	2.4E+00	2.6E-02	2.3E+00	1.1E+02
PM2.5	3.0E+00	-	-	3.6E+00	4.8E-01	1.8E-03	-	8.9E+01	9.9E-01	9.9E-01	9.9E-01	-	4.8E-01	1.7E-02	-	1.4E-02	2.2E+00	1.6E+00	2.6E-02	5.5E-01	1.0E+02
Monoxyde de carbone (CO)	-	-	-	7.2E+00	2.4E+00	2.7E-02	-	-	-	-	-	-	2.4E+00	-	-	-	-	-	-	-	1.2E+01
Acide chlorhydrique (HCl)	-	-	-	3.0E-02	-	3.2E-03	-	-	-	-	-	-	2.1E-03	-	-	-	-	-	-	-	3.5E-02
Acide fluorhydrique (HF)	-	-	-	1.1E-02	-	2.5E-04	-	-	-	-	-	-	1.7E-04	-	-	-	-	-	-	-	1.2E-02
Dioxyde de soufre (SO2)	-	-	-	9.8E-01	2.1E+01	5.4E-02	-	-	-	-	-	-	2.1E+01	-	-	-	-	-	-	-	4.4E+01
Oxydes d'azote (NOx)	-	-	-	5.4E+00	2.2E+00	4.1E-02	-	-	-	-	-	-	2.2E+00	-	-	-	-	2.9E+01	4.8E-01	-	3.9E+01
COVNM	-	-	-	1.2E+00	4.8E-01	-	-	2.5E-01	8.9E-01	8.9E-01	9.7E-01	4.2E-01	4.8E-01	-	-	2.7E-03	-	-	-	-	5.6E+00
1,2 dichloroéthane (DCE)	7.8E-03	4.2E-03	2.9E-03	-	-	-	-	-	2.0E-05	2.0E-05	0.0E+00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.5E-02
Acétaldéhyde	-	-	-	-	-	-	-	-	6.9E-03	3.9E-03	3.9E-03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.5E-02
Benzène	3.0E-02	1.6E-02	1.1E-02	6.0E-02	2.4E-02	-	-	-	7.6E-03	3.9E-03	3.2E-03	-	2.4E-02	-	1.6E-05	1.4E-04	-	1.1E-03	4.7E-03	-	1.9E-01
Benzo(a)pyrène (BaP)	-	-	-	-	-	-	-	-	3.4E-08	3.4E-08	3.4E-08	-	-	-	-	-	-	7.5E-06	1.4E-05	-	2.2E-05
Naphtalène	-	-	-	-	-	-	-	-	1.4E-02	1.4E-02	2.2E-04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.8E-02
Méthane	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.4E-01	-	-	-	-	-	-	-	-	5.4E-01
Diméthylsulfure (DMDS)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.5E-04	-	-	-	-	-	-	-	-	8.5E-04
Diméthylsulfate (DMS)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.5E-03	-	-	-	-	-	-	-	-	8.5E-03
Méthanethiol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.2E-03	-	-	-	-	-	-	-	-	1.2E-03
Métaux :																					
Antimoine (Sb)	-	-	-	-	-	-	-	1.3E-04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.3E-04
Arsenic (As)	-	-	-	-	-	-	-	1.6E-04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.6E-04
Cadmium (Cd)	-	-	-	-	-	-	-	7.1E-04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.1E-04
Chrome (Cr)	-	-	-	-	-	-	-	3.6E-01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.6E-01
Cobalt (Co)	-	-	-	-	-	-	-	5.2E-03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.2E-03
Cuivre (Cu)	-	-	-	-	-	-	-	3.6E-02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.6E-02
Etain (Sn)	-	-	-	-	-	-	-	4.8E-04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.8E-04
Manganèse (Mn)	-	-	-	-	-	-	-	4.2E-02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.2E-02
Nickel (Ni)	-	-	-	-	-	-	-	5.1E-01	3.4E-06	3.4E-06	3.4E-06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.1E-01
Plomb (Pb)	-	-	-	-	-	-	-	6.4E-03	3.6E-05	3.6E-05	3.6E-05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.5E-03
Sélénium (Se)	-	-	-	-	-	-	-	2.6E-04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.6E-04
Tellure (Te)	-	-	-	-	-	-	-	1.3E-04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.3E-04
Thallium (Tl)	-	-	-	-	-	-	-	1.1E-04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.1E-04
Vanadium (V)	-	-	-	-	-	-	-	1.1E-03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.1E-03
Zinc (Zn)	-	-	-	-	-	-	-	2.0E-02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0E-02
Mercurure (Hg)	-	-	-	-	-	-	-	9.2E-04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.2E-04

Figure 2 : localisation des sources d'émission dans l'air

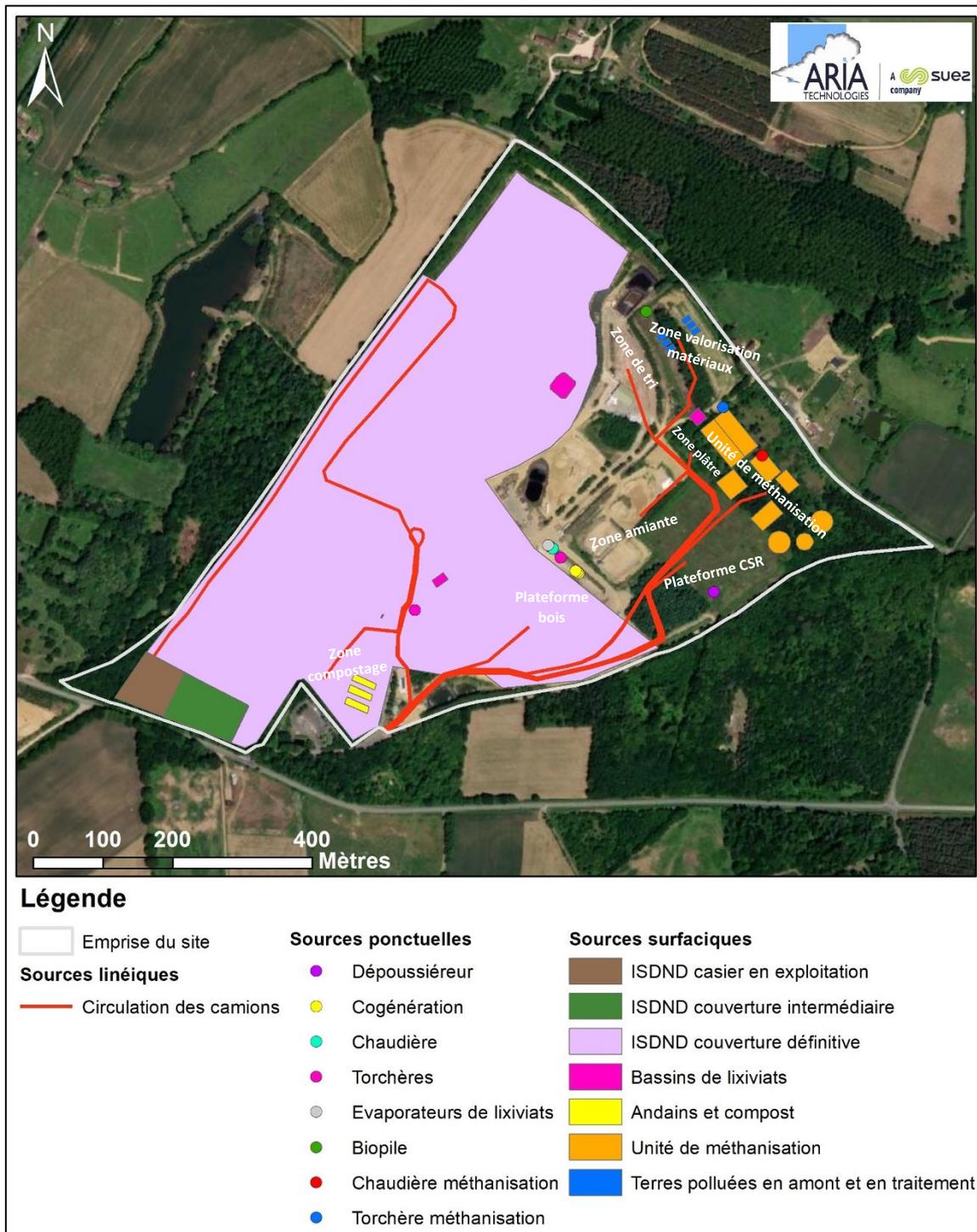
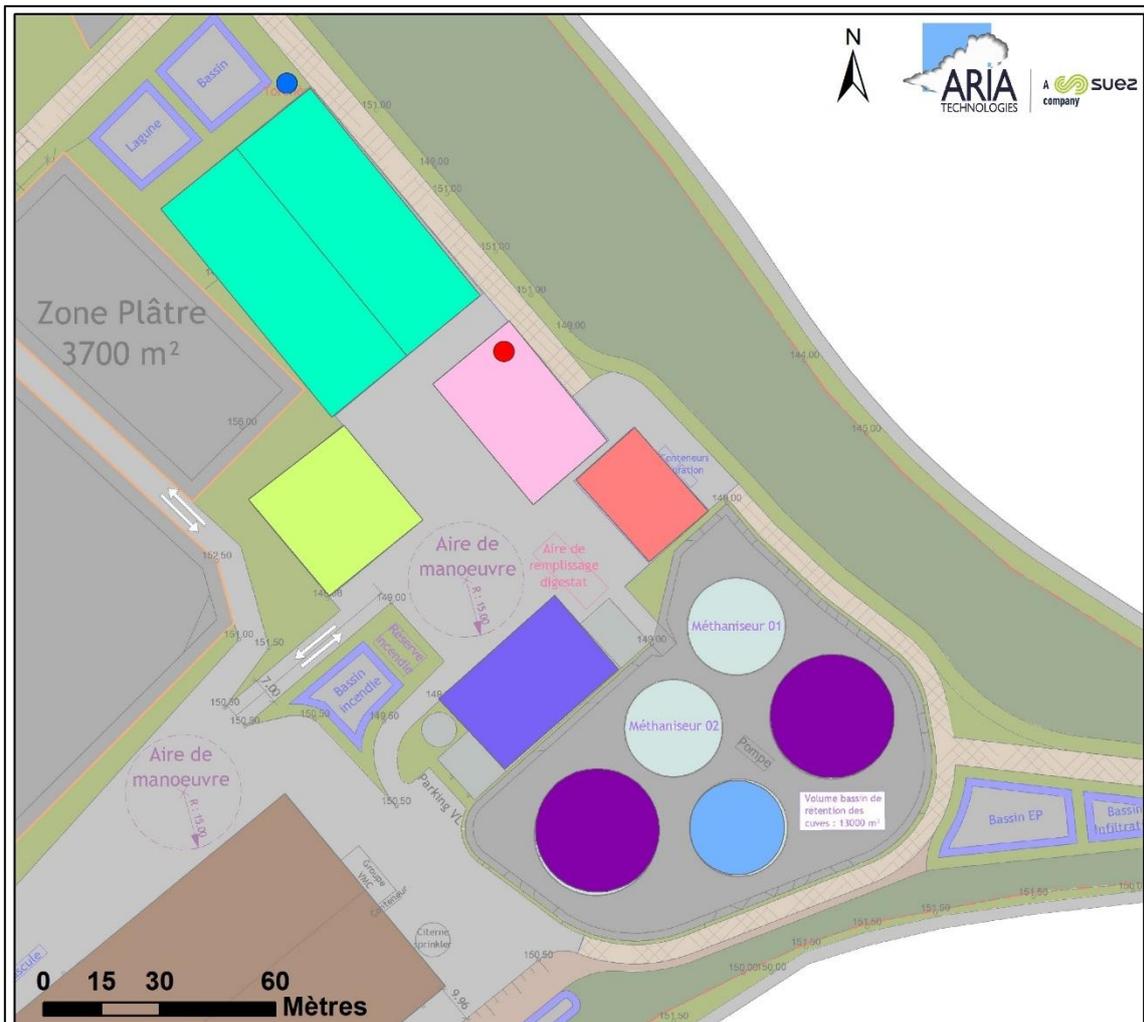


Figure 3 : zoom sur la localisation des sources de l'unité de méthanisation



Légende

Sources ponctuelles

- Chaudière méthanisation
- Torchère méthanisation

Sources surfaciques

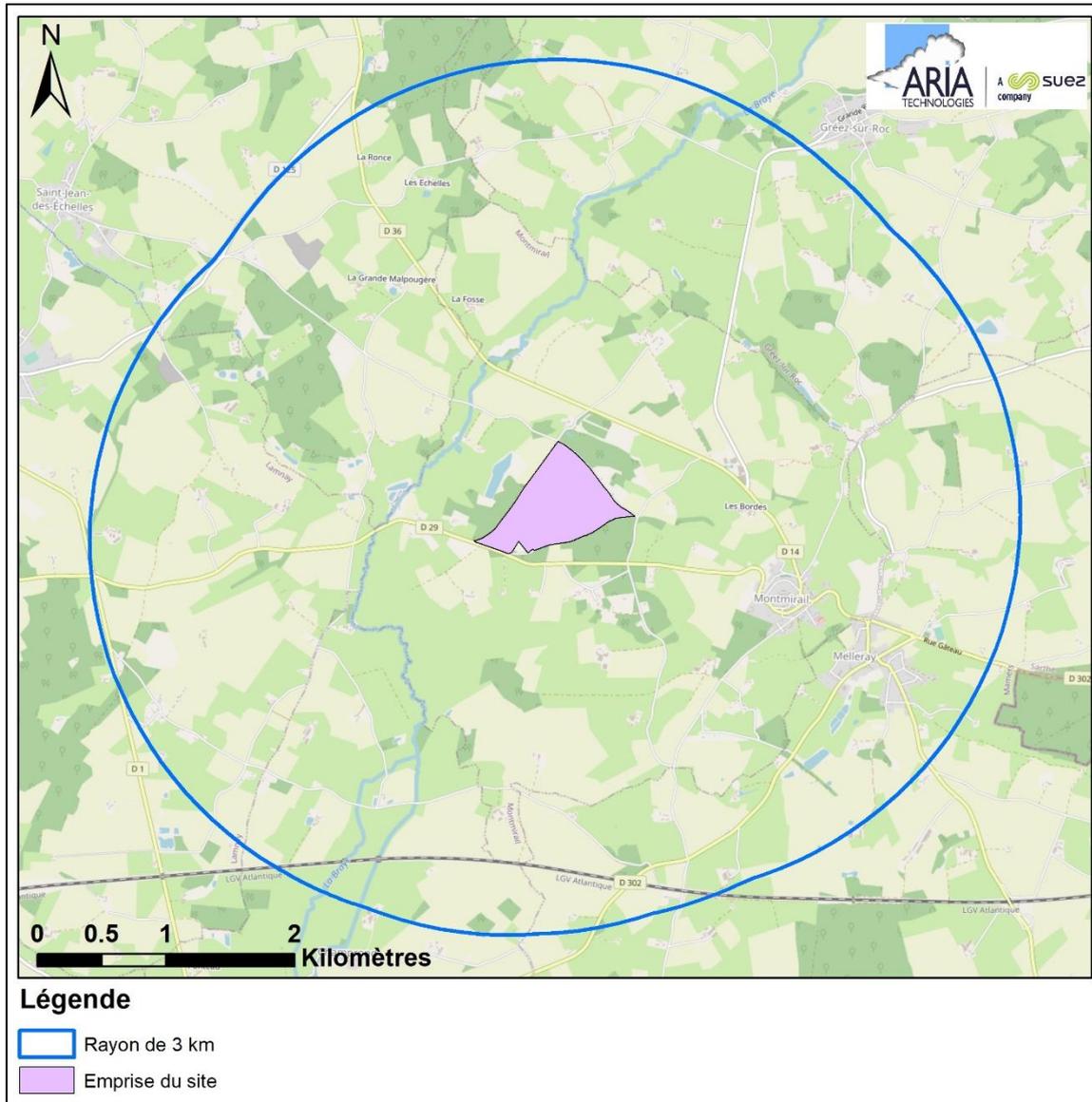
- Bâtiment méthanisation
- Hangar biodéconditionneur
- Plateforme digestats solides
- Fumière
- Silos
- Cuves de stockage
- Cuve de maturation

4. EVALUATION DES ENJEUX ET DES VOIES D'EXPOSITION

4.1 Aire d'étude

L'aire d'étude retenue est la zone située dans un rayon de 3 km des limites du site correspondant au rayon d'affichage déterminé par la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement. Ce rayon détermine un périmètre permettant de recenser les communes susceptibles d'être affectées par les risques et inconvénients dont l'installation peut être la source.

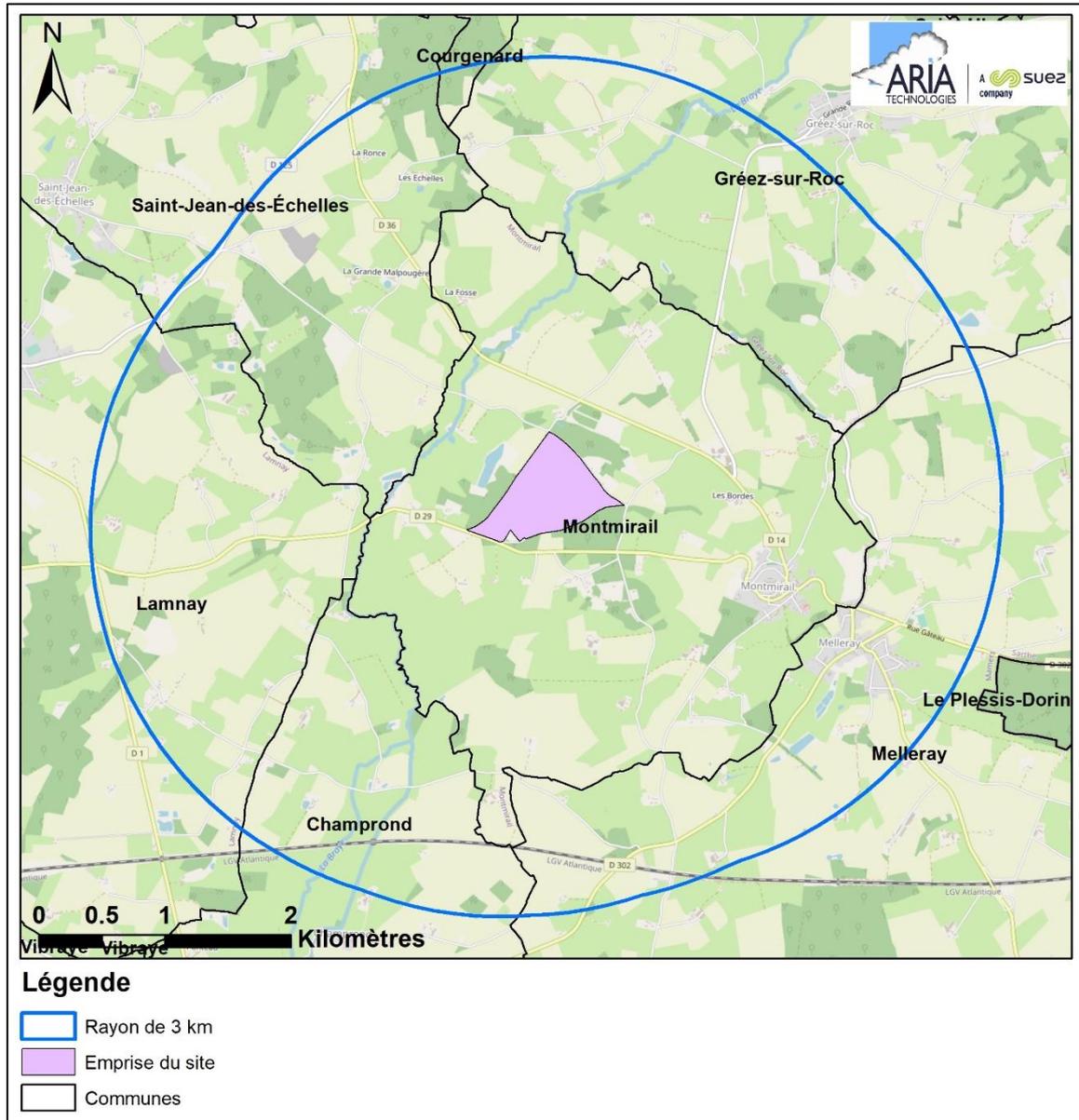
Figure 4 : carte de l'aire d'étude



4.2 Populations

Le site se trouve sur la commune de Montmirail (72). Six autres communes se situent dans l'aire d'étude : Saint-Jean-des-Echelles, Courgenard, Gréez-sur-Roc, Melleray, Champrond et Lamnay. Les seuls centres urbains situés dans un rayon de 3 km sont les bourgs de Montmirail et de Melleray. Des zones habitées dispersées sont présentes autour du site.

Figure 5 : communes présentes sur l'aire d'étude



Le Tableau 39 présente l'évolution de la population par commune et le Tableau 40 présente les données de population par catégorie d'âge en 2019 par commune.

Tableau 39 : évolution de la population par commune (Source(s) : Insee, Recensements de la population, Mise en ligne en décembre 2021)

Libellé géographique	Population en 1990	Population en 1999	Population en 2010	Population en 2019
Champrond	65	100	82	72
Courgenard	445	458	476	490
Grééz-sur-Roc	410	398	384	327
Lamnay	647	696	926	932
Melleray	505	492	485	430
Montmirail	447	462	404	374
Saint-Jean-des-Echelles	230	233	255	238

Tableau 40 : population par classe d'âge (Source(s) : Insee, Recensements de la population, Mise en ligne le 27/06/2022)

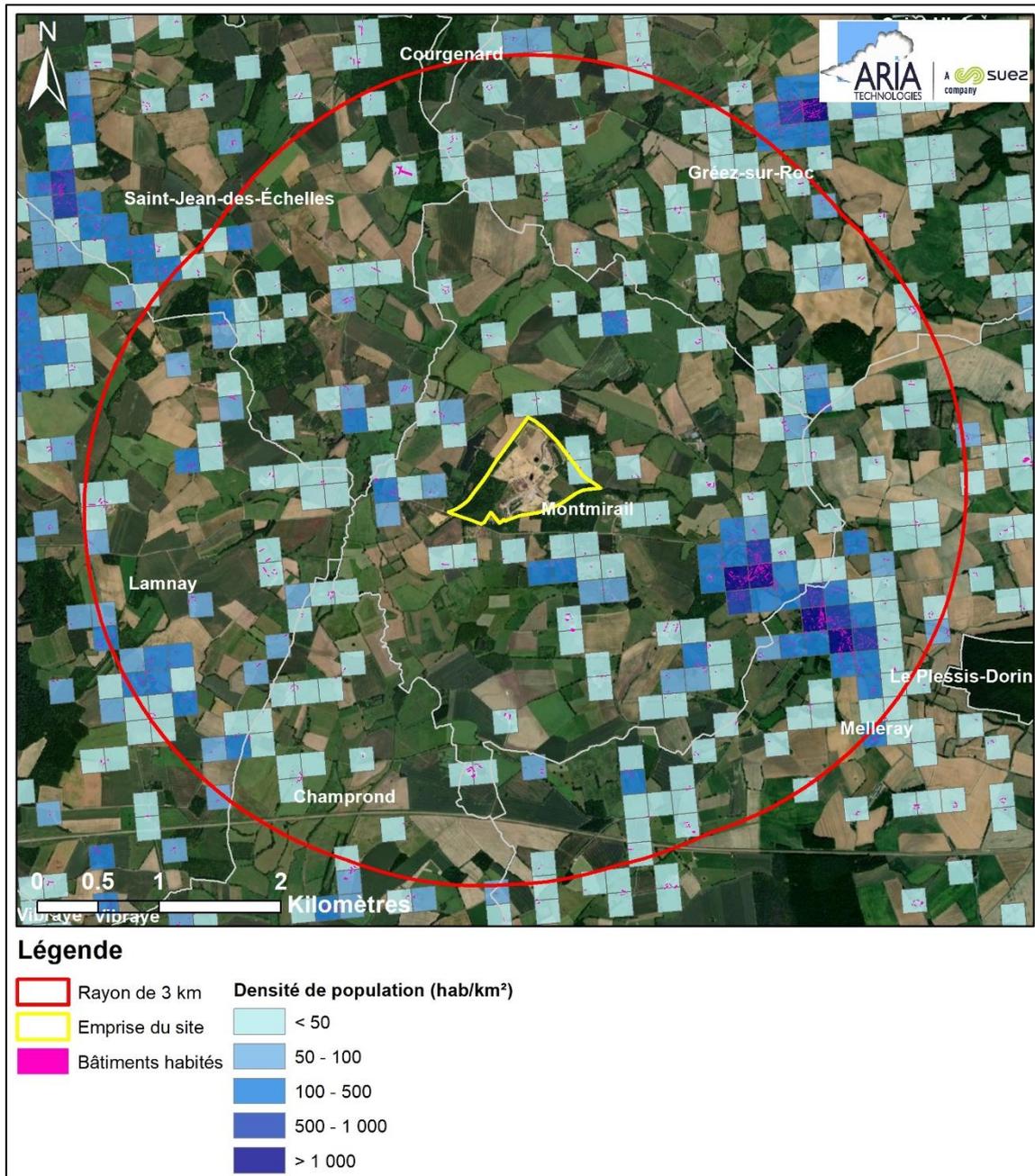
Communes	Population 2019	Pop 0-14 ans	Pop 15-29 ans	Pop 30-44 ans	Pop 45-59 ans	Pop 60-74 ans	Pop 75-89 ans	Pop 90 ans ou plus
Champrond	72	11	8	12	22	17	2	0
Courgenard	490	96	71	90	101	82	48	2
Grééz-sur-Roc	327	35	38	39	77	78	52	8
Lamnay	932	195	146	185	215	140	45	6
Melleray	430	83	41	75	93	79	55	4
Montmirail	374	46	40	51	66	68	73	30
Saint-Jean-des-Echelles	238	43	29	39	56	48	18	5

4.2.1 Localisation des zones habitées et densité de population

Les données de population proviennent des données INSEE géolocalisées sur des carreaux de 200 mètres par 200 mètres (année 2016, la plus récente disponible au moment de la rédaction du document).

La Figure 6 localise les zones habitées et présente la densité de population dans la zone d'étude. Les premières habitations sont situées au nord-est, à proximité immédiate des limites du site.

Figure 6 : localisation des zones habitées et densité de population par maille de 200 mètres par 200 mètres (source : INSEE 2016)



4.2.2 Populations sensibles

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, terrains de sport extérieurs.

Les sites sensibles présents dans l'aire d'étude et susceptibles d'être impactés par le site sont recensés, on dénombre :

- 2 écoles primaires (source : annuaire de l'éducation nationale <http://www.education.gouv.fr/>),
- 1 maison de retraite (source : FINES⁷),
- 8 équipements sportifs extérieurs (source : <http://www.res.sports.gouv.fr/>).

L'établissement recevant des populations sensibles le plus proche (hippodrome de la Croix Verte) se trouve à environ 660 m au sud-est du site.

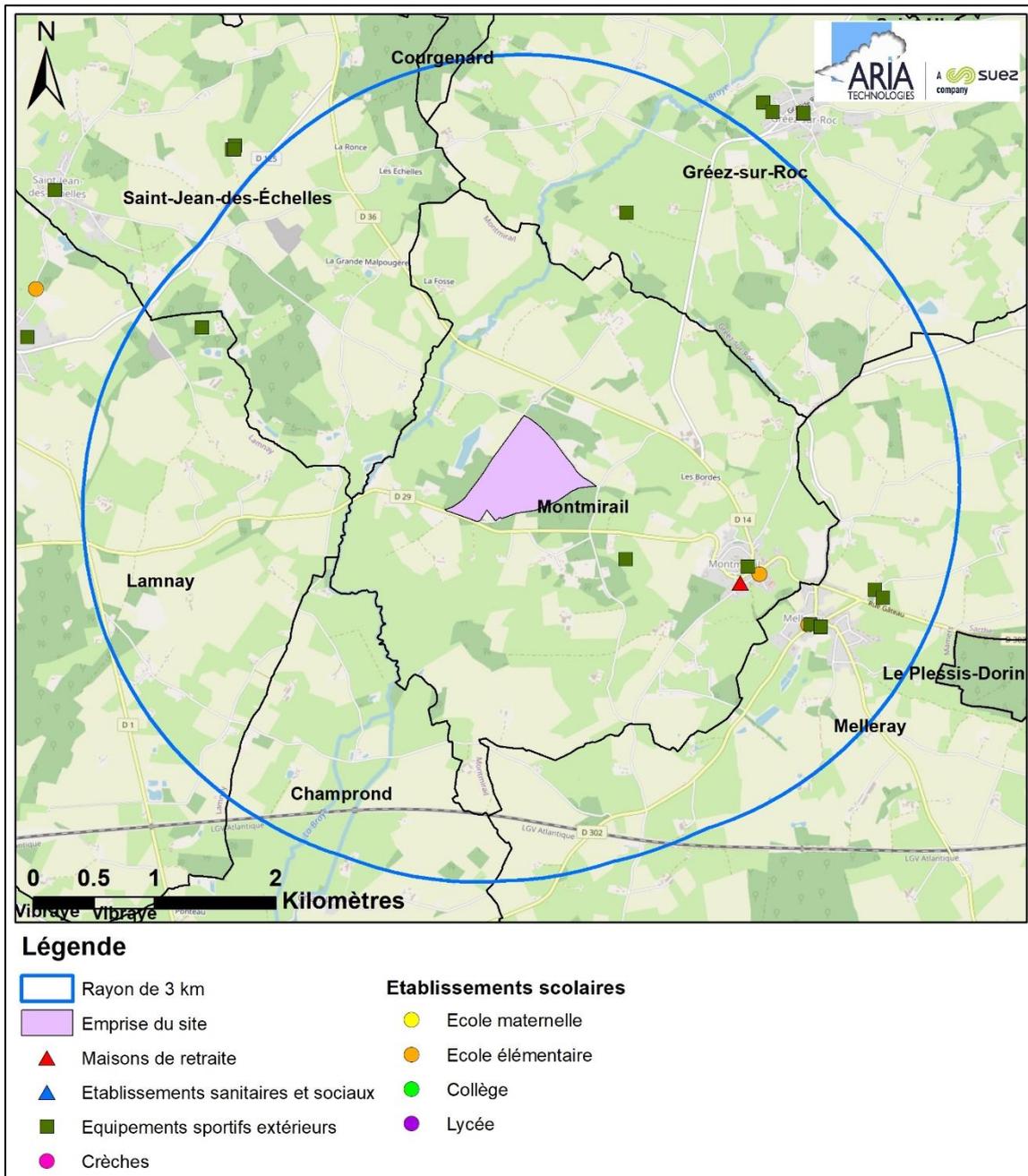
La Figure 7 localise ces établissements sensibles, ils sont recensés en Tableau 41.

Tableau 41 : établissements et installations recensant des populations sensibles

Type	Etablissement	Commune
Etablissements scolaires	Ecole primaire	MONTMIRAIL
	Ecole élémentaire	MELLERAY
Equipements sportifs extérieurs	Plateau EPS	MELLERAY
	Circuit de randonnée	MELLERAY
	Court de tennis	MELLERAY
	Terrain de football	MELLERAY
	Hippodrome de la Croix Verte	MONTMIRAIL
	Circuit de randonnée	MONTMIRAIL
	L'écurie Blery	SAINT-JEAN-DES-EHELLES
	Centre équestre du Pic	GREEZ-SUR-ROC
Maisons de retraite	EHPAD L'Arc en Ciel	MONTMIRAIL

⁷ Fichier National des Etablissements Sanitaires et Sociaux

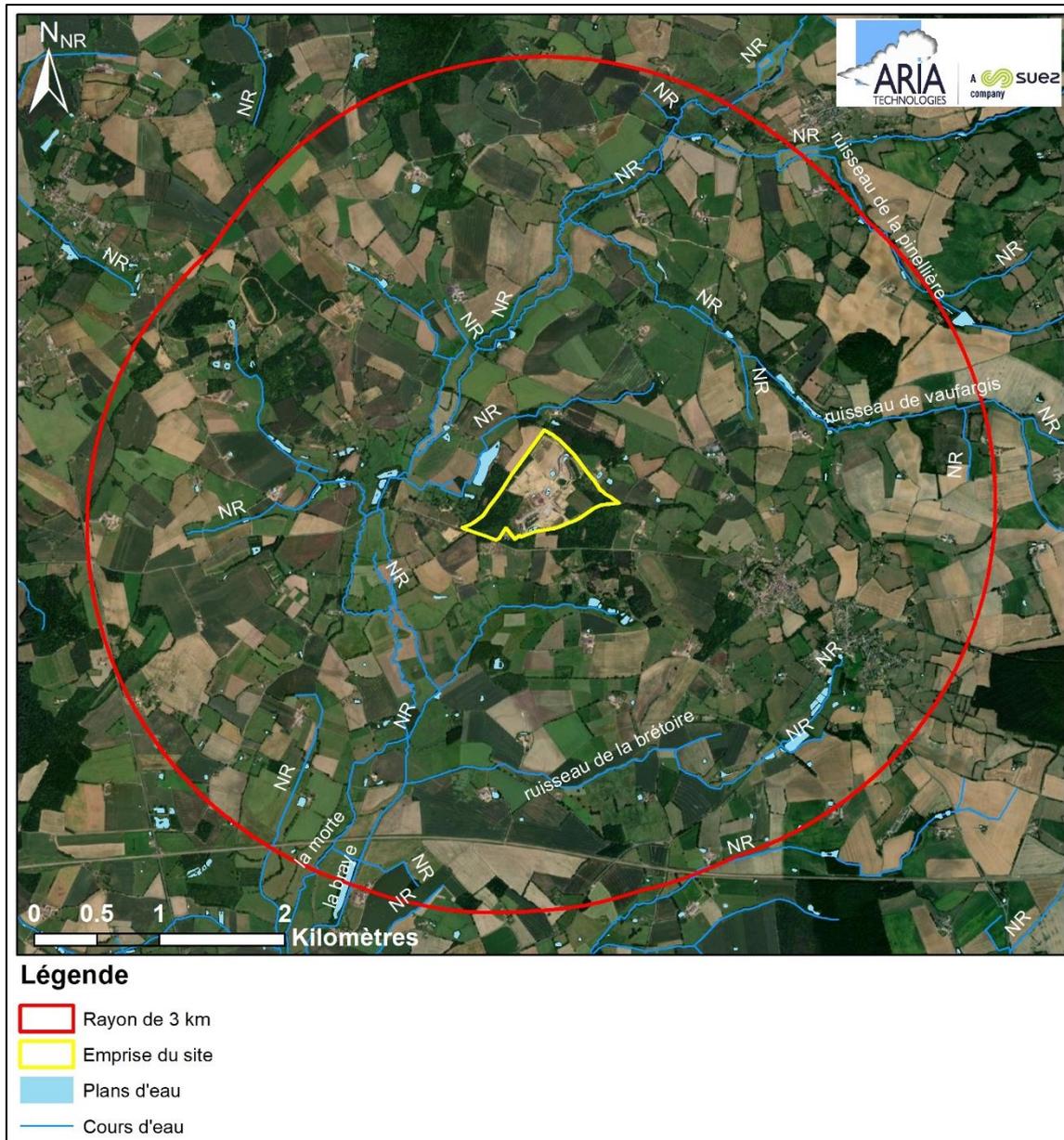
Figure 7 : localisation des établissements recevant des populations sensibles



4.3 Réseau hydrographique

Des cours d'eau se trouvent dans le domaine d'étude comme le montre la Figure 8.

Figure 8 : réseau hydrographique (BD TOPO® Hydrographie, IGN)

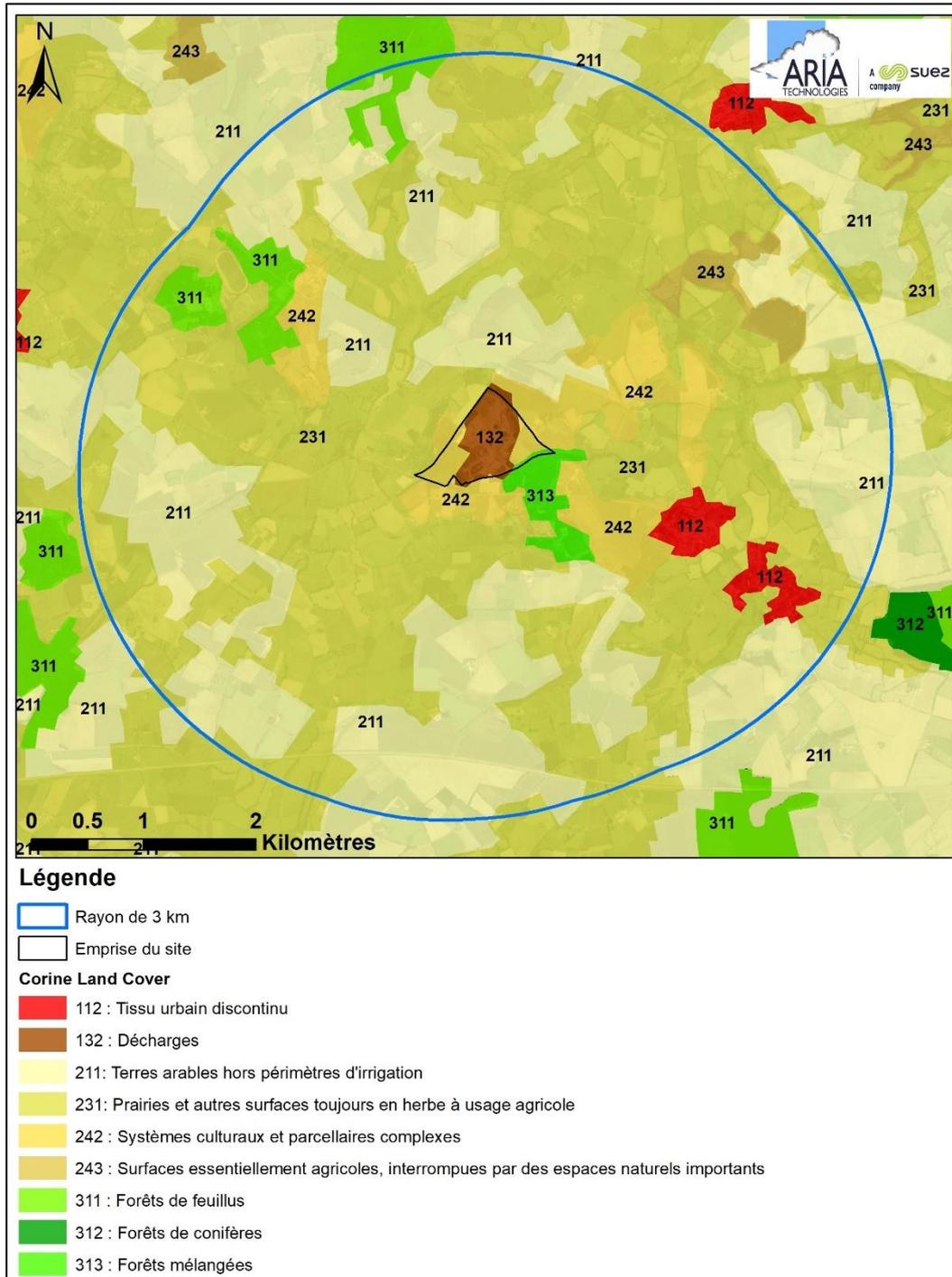


4.4 Usages autour du site

4.4.1 Occupation des sols

Le site est entouré majoritairement de prairies, de zones agricoles et de forêts. Ces principales zones sont localisées sur la Figure 9 (données issues de la base CORINE Land Cover 2018⁸).

Figure 9 : occupation du sol (données CORINE Land Cover 2018)

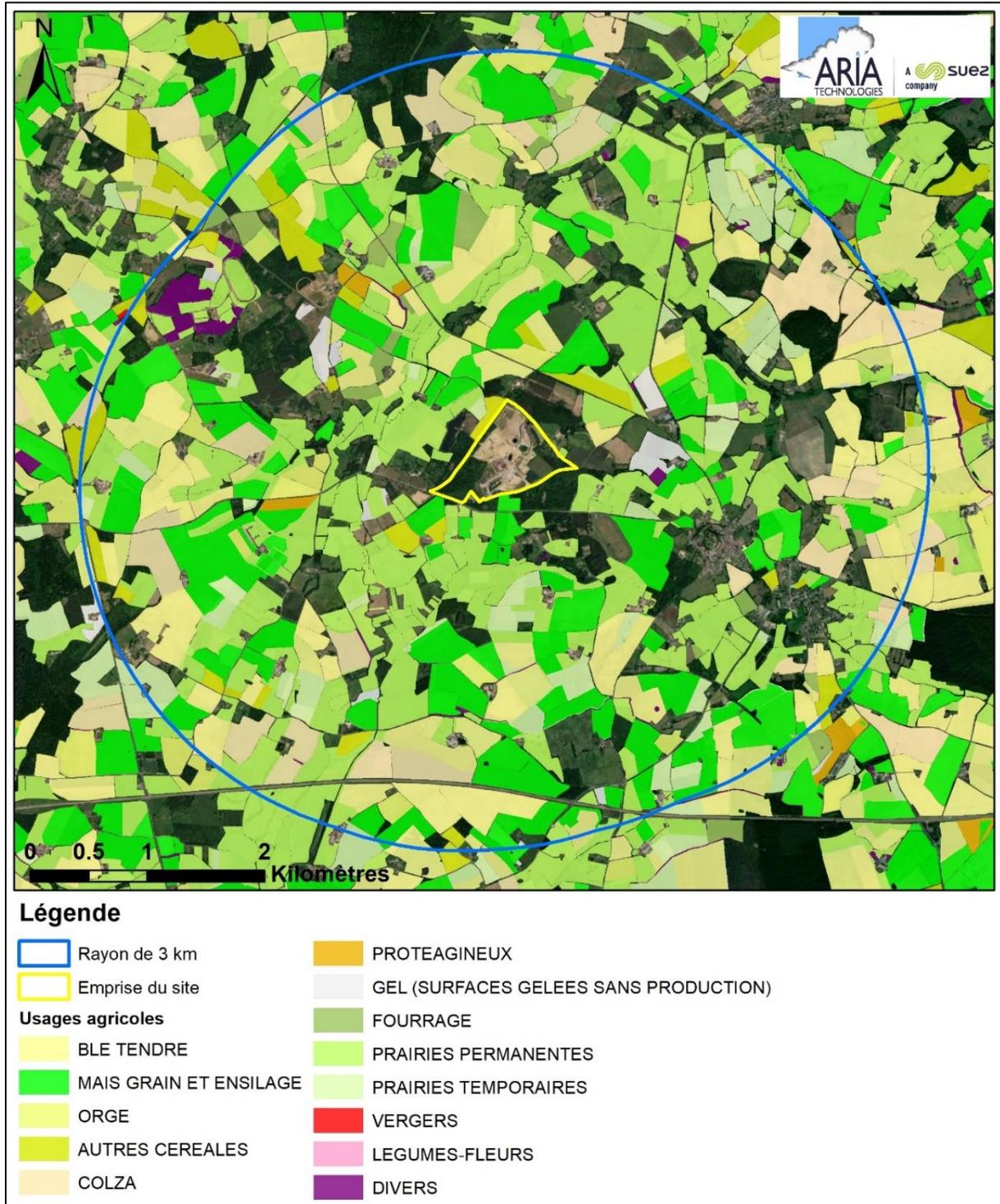


⁸ Les produits CORINE Land ont été réalisés avec un financement de l'Union européenne, dans le cadre du programme Copernicus, <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/>

4.4.2 Usages agricoles

Comme le montre la Figure 9, on note la présence de zones agricoles autour du site. Afin d’avoir une présentation plus précise des zones de cultures, la Figure 10 présente les cultures majoritaires sur chaque îlot de cultures pour l’année 2020. Les zones agricoles correspondent en grande partie à des prairies (permanentes ou temporaires) et à des cultures de céréales (blé, maïs, orge).

Figure 10 : culture majoritaire sur chaque îlot de culture (données RPG 2020)



Le Tableau 42 présente les résultats du recensement général agricole 2020 (dernier recensement disponible). 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 42 : recensement agricole 2020 (recensement le plus récent disponible)

Communes	Exploitations agricoles ayant leur siège dans la commune	Superficie agricole utilisée en hectare
Champrond	6	559
Courgenard	14	955
Gréez-sur-Roc	8	540
Lamnay	15	1312
Melleray	22	2155
Montmirail	8	1091
Saint-Jean-des-Echelles	9	520

4.4.3 Activités de loisirs

4.4.3.1 Activité de pêche

L'Association Agréée de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques (AAPPMA) « Les pêcheurs des sources de la Braye » surveille des parcours de pêche sur la Braye au niveau de la commune de Gréez-sur-Roc.

Figure 11 : parcours de pêche (source : <http://www.peche72.fr/>)



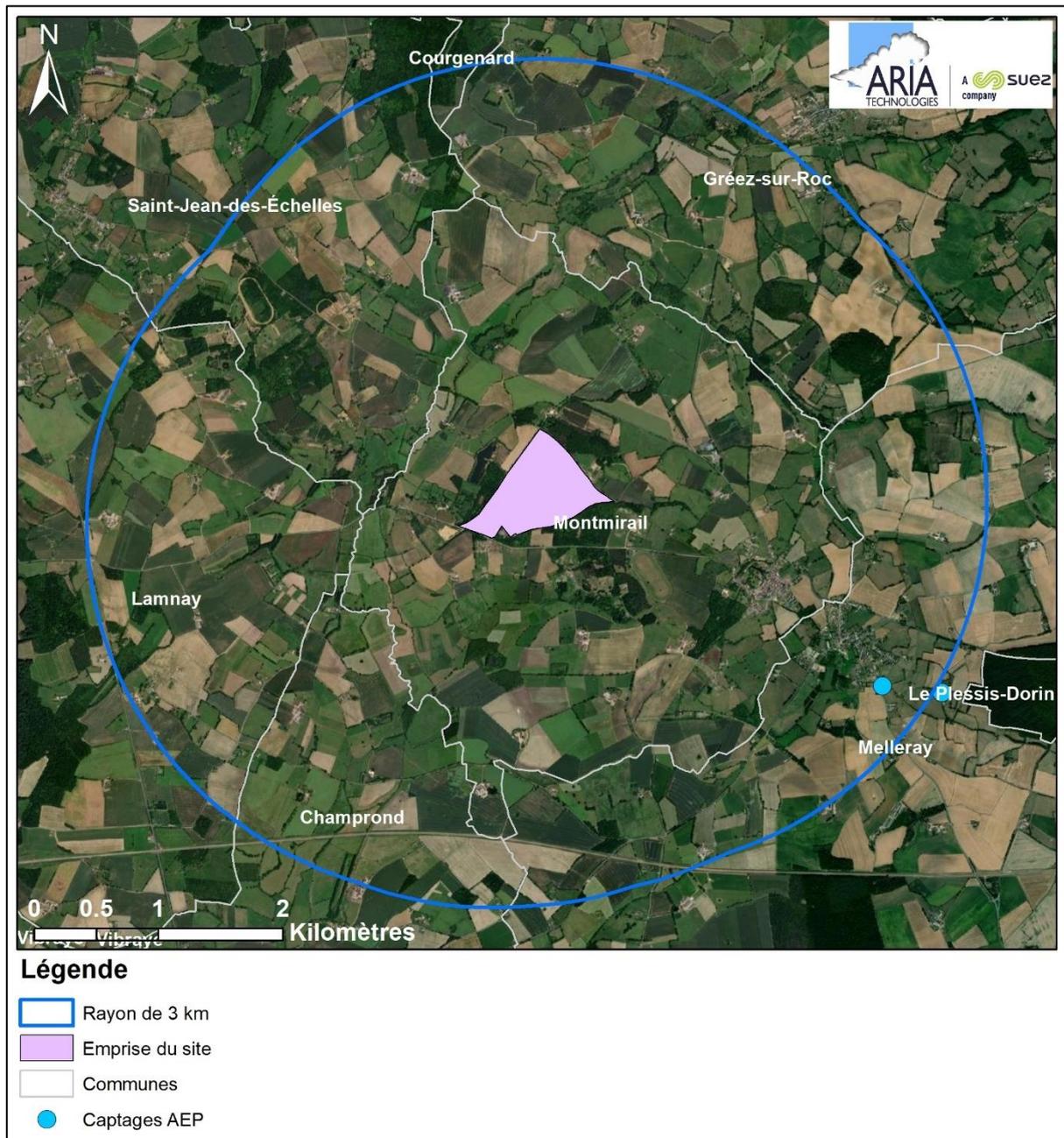
4.4.3.2 Activité de baignade

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

4.4.4 Recensement des points d'eau

Un captage d'Alimentation en Eau Potable (AEP) est recensé sur l'aire d'étude, dans la commune de Melleray (<http://www.adeseaufrance.fr/>).

Figure 12 : captages AEP sur l'aire d'étude



4.5 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 pluviométrie et 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.

4.5.1 Données météorologiques

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

- 1. sa position géographique :** la station retenue doit être la plus proche possible de l'installation et il ne doit pas exister d'obstacle majeur entre la station et la zone d'étude.
- 2. 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 des données concernant le vent, la température et la nébulosité toutes les 3 heures pendant plusieurs années. Les stations « journalières » sont donc éliminées.
- 3. la pertinence des données météorologiques.**

Selon les critères ci-dessus, les données météorologiques retenues pour la simulation de dispersion proviennent de la station météorologique du Luart pour les données de vent (vitesse et direction), de température et de pluie, ainsi que de la station du Mans pour les données de nébulosité (station la plus proche observant ce paramètre).

Les données météorologiques utilisées sont des données trihoraires (1 mesure toutes les 3 heures). Ces fichiers comportent trois années de données : du 01/01/2018 au 31/12/2020.

4.5.2 Analyse météorologique

4.5.2.1 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 d'apparition des vents en fonction de la direction d'où vient le vent.

La Figure 13 présente la rose des vents générale calculée à partir des données trihoraires sur la période 01/01/2018 au 31/12/2020. Le Tableau 43 synthétise les fréquences d'occurrence par classe de vitesse, toutes directions confondues.

Figure 13 : rose des vents générale – 2018 à 2020 (3 ans)

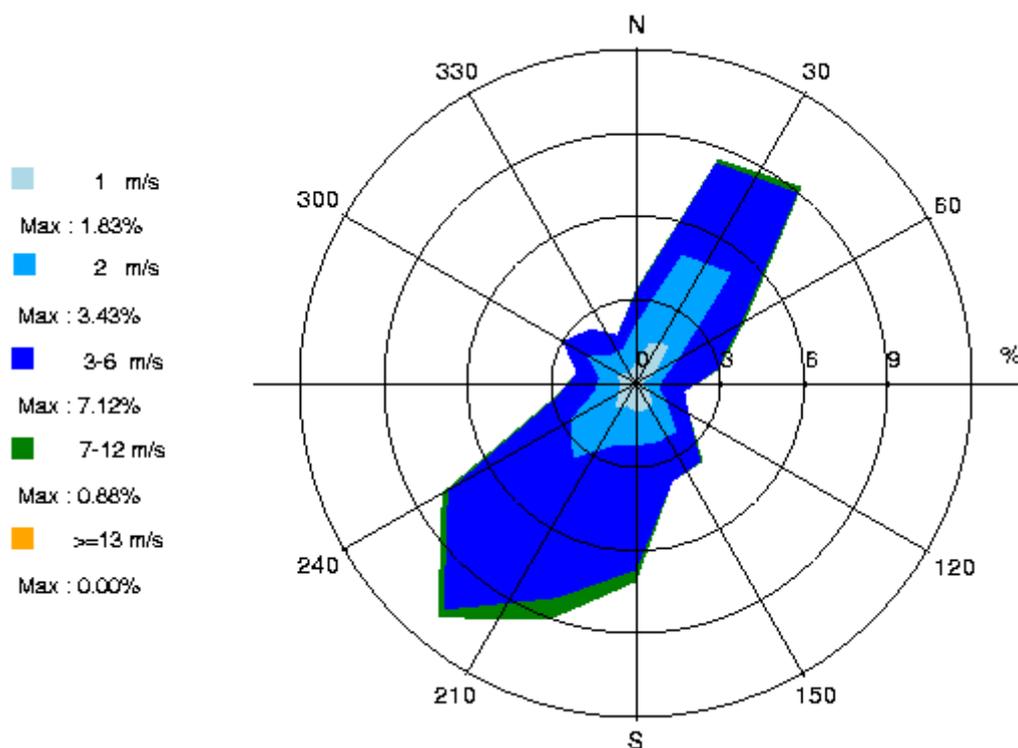


Tableau 43 : fréquence d'apparition de chaque classe de vitesse de vent toutes directions confondues

Classe de vitesse (m/s)	calmes	1	2	3-6	7-12	>=13
Borne de l'intervalle	[0 ; 0,9[	[0,9 ; 1,5[	[1,5 ; 2,5[	[2,5 ; 6,5[	[6,5 ; 12,5[	[12,5 ; ∞[
Fréquence (%)	12,8	14,0	25,3	45,1	2,8	0,0

Sur la période retenue pour cette étude (du 01/01/2018 au 31/12/2020), les principaux résultats de cette analyse sont les suivants :

- la rose des vents montre deux directions principales :
 - vents du sud-ouest (39 % des occurrences du vent mesuré ont une direction comprise entre 180° et 270°⁹) ;
 - vents du nord/nord-est (34 % des occurrences du vent mesuré ont une direction comprise entre 340° et 80°).
- sur l'ensemble des directions, les vents ont une vitesse moyenne de 2,6 m/s (9,5 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 très fréquents et représentent 26,8 % des estimations dont 12,8 % 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 peu fréquents et représentent 2,8 % des observations.

⁹ 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.

4.5.2.2 Stabilité atmosphérique

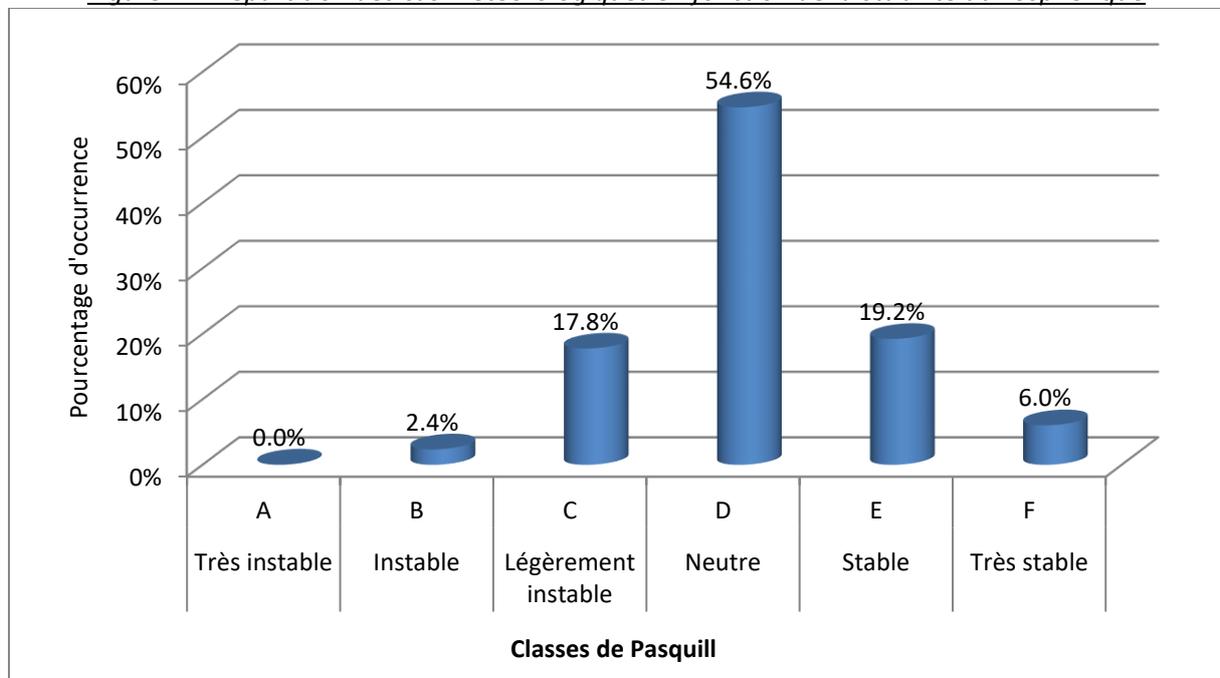
La stabilité de l'atmosphère est destinée à quantifier les propriétés diffuses de l'air dans les basses couches. Elle est souvent associée à la structure thermique de l'atmosphère : par exemple, les situations d'inversion thermique se produisent lorsque l'atmosphère est stable.

Elle est déterminée à partir du vent et de la nébulosité 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

La Figure 14 présente la répartition des cas météorologiques en fonction de la stabilité atmosphérique.

Figure 14 : répartition des cas météorologiques en fonction de la stabilité atmosphérique



La classe D de Pasquill est la plus fréquemment observée (54,6 %), ce qui est très favorable pour la dispersion atmosphérique.

Les vents ont une vitesse moyenne d'environ 0,4 m/s en situation très stable - donc pénalisante pour la dispersion des émissions, tandis qu'en atmosphère neutre, elle est de 3,1 m/s.

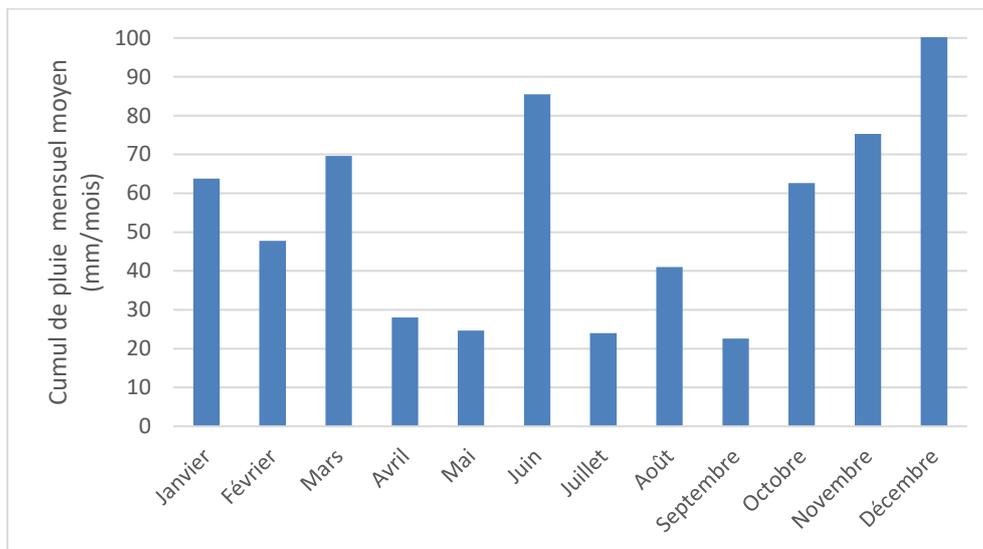
4.5.2.3 Pluviométrie

Dans le cadre de cette étude, nous tiendrons compte des données de pluviométrie.

Tableau 44 : statistiques relatives à la pluviométrie

	Pluviométrie annuelle (mm)
2018	783,3
2019	554,7
2020	597,3
Moyenne	645,1

Figure 15 : variation moyenne mensuelle de la pluviométrie (période du 01/01/2018 au 31/12/2020)



Notons qu'en moyenne sur la période étudiée (du 01/01/2018 au 31/12/2020), il est tombé environ 645,1 mm de pluie par an, l'année 2018 étant l'année la plus pluvieuse (cf. Tableau 44).

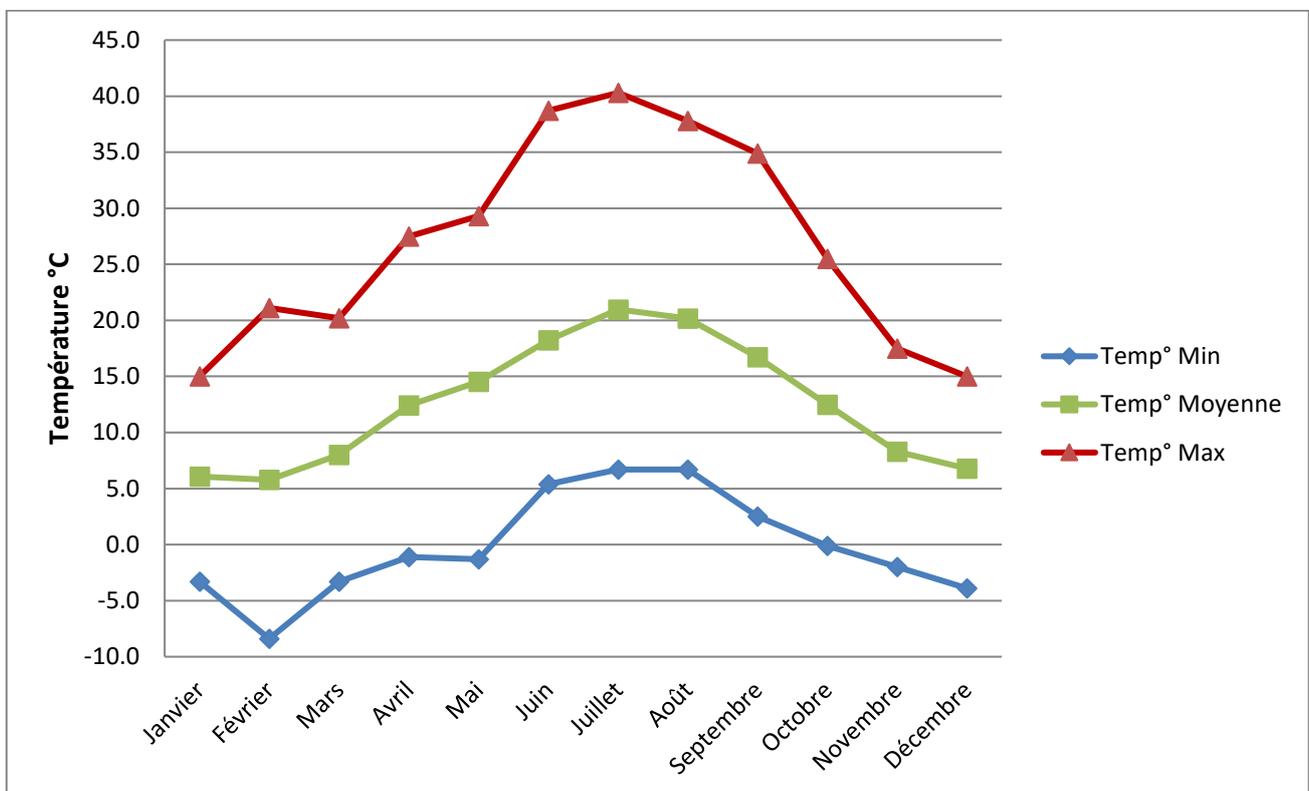
4.5.2.4 Températures

La température de l'air, dernier paramètre intervenant dans le processus de dispersion des polluants, est en moyenne de 12,6°C pour les trois années d'observations et varie peu au cours des trois années comme le montre le Tableau 45. La Figure 16 présente les variations moyennes mensuelles de la température minimale, moyenne et maximale sur la période du 01/01/2018 au 31/12/2020.

Tableau 45 : statistiques relatives à la température de l'air

	Température moyenne (°C)
2018	12,4
2019	12,2
2020	13,1
Moyenne	12,6

Figure 16 : variation moyenne mensuelle de la température (période du 01/01/2018 au 31/12/2020)



4.6 Qualité de l'air

4.6.1 Réglementation de la qualité de l'air en France

Les concentrations de polluants dans l'air caractérisent la qualité de l'air que l'on respire. Les critères réglementaires de qualité dans l'air sont régis par différents niveaux :

- **Valeur cible** : niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble.
- **Objectif de qualité** : niveau à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.
- **Valeur limite** : niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble.
- **Niveau critique** : niveau fixé sur la base des connaissances scientifiques, au-delà duquel des effets nocifs directs peuvent se produire sur certains récepteurs, tels que les arbres, les autres plantes ou écosystèmes naturels, à l'exclusion des êtres humains.
- **Seuil d'information et de recommandation** : niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population et qui rend nécessaires l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions.
- **Seuil d'alerte** : niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou de dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence.

Le Tableau 46 présente les valeurs réglementaires françaises du Code de l'Environnement (Titre II Livre II) relatif aux objectifs de qualité de l'air et aux valeurs limites.

Tableau 46 : Valeur réglementaire française relative à la qualité de l'air

	Valeurs limites	Objectifs de qualité	Seuil de recommandation et d'information	Seuils d'alerte	Valeur cible (en moyenne annuelle)
NO₂	<p>En moyenne annuelle : depuis le 01/01/2010 : 40 µg/m³.</p> <p>En moyenne horaire : depuis le 01/01/2010 : 200 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 18 heures par an (centile 99.8)</p>		<p>En moyenne horaire : 200 µg/m³</p>	<p>En moyenne horaire :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 400 µg/m³ dépassé sur 3h consécutives - 200 µg/m³ si dépassement de ce seuil la veille, et risque de dépassement de ce seuil le lendemain 	-
SO₂	<p>En moyenne journalière : 125 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 3 jours par an (centile 99.2)</p> <p>En moyenne horaire : 350 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 24 heures par an (centile 99.7)</p>	<p>En moyenne annuelle : 50 µg/m³</p>	<p>En moyenne horaire : 300 µg/m³</p>	<p>En moyenne horaire sur 3h consécutives : 300 µg/m³</p>	-
PM10 (Particules fines de diamètre inférieur ou égal à 10 micromètres)	<p>En moyenne annuelle : depuis le 01/01/05 : 40 µg/m³.</p> <p>En moyenne journalière : depuis le 01/01/2005 : 50 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an (centile 90.4)</p>	<p>En moyenne annuelle : 30 µg/m³</p>	<p>En moyenne journalière : 50 µg/m³</p>	<p>En moyenne journalière : 80 µg/m³</p>	-
CO	<p>Maximum journalier de la moyenne sur 8 heures (centile 100) : 10 000 µg/m³.</p>	-	-	-	-
Benzène	<p>En moyenne annuelle : depuis le 01/01/2010 : 5 µg/m³.</p>	<p>En moyenne annuelle : 2 µg/m³.</p>	-	-	-
PM2.5 (Particules fines de diamètre inférieur ou égal à 2,5 µm)	<p>En moyenne annuelle : 25 µg/m³ depuis l'année 2015</p>	<p>En moyenne annuelle : 10 µg/m³</p>	-	-	20 µg/m ³
Arsenic	-	-	-	-	6 ng/m ³
Cadmium	-	-	-	-	5 ng/m ³

	Valeurs limites	Objectifs de qualité	Seuil de recommandation et d'information	Seuils d'alerte	Valeur cible (en moyenne annuelle)
Nickel	-	-	-	-	20 ng/m ³
Plomb	En moyenne annuelle : depuis le 01/01/02 : 0,5 µg/m ³	En moyenne annuelle : 0,25 µg/m ³	-	-	-
Benzo(a)pyrène (traceur du risque cancérigène lié aux HAP)	-	-	-	-	1 ng/m ³
Ozone		<p>Seuil de protection de la santé, pour le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures : 120 µg/m³ pendant une année civile.</p> <p>Seuil de protection de la végétation, AOT 40* de mai à juillet de 8h à 20h : 6 000 µg/m³.h</p>	En moyenne horaire : 180 µg/m ³ .	<p>Pour une protection sanitaire pour toute la population, en moyenne horaire : 240 µg/m³ sur 1 heure</p> <p>Pour la mise en œuvre progressive de mesures d'urgence, en moyenne horaire :</p> <p>1er seuil : 240 µg/m³ dépassé pendant trois heures consécutives.</p> <p>2e seuil : 300 µg/m³ dépassé pendant trois heures consécutives.</p> <p>3e seuil : 360 µg/m³.</p>	<p>Seuil de protection de la santé : 120 µg/m³ pour le max journalier de la moyenne sur 8h à ne pas dépasser plus de 25 jours par année civile en moyenne calculée sur 3 ans.</p> <p>Seuil de protection de la végétation : AOT 40* de mai à juillet de 8h à 20h : 18 000 µg/m³.h en moyenne calculée sur 5 ans.</p>

4.6.2 Qualité de l'air en Pays de la Loire

La qualité de l'air en région Pays de la Loire est surveillée par le réseau de surveillance de la qualité de l'air Air Pays de la Loire, qui possède un dispositif déployé sur la région permettant de mesurer les concentrations dans l'air de différents polluants atmosphériques.

Les concentrations mesurées dans la région pour les différents polluants réglementés respectent les valeurs réglementaires de la qualité de l'air pour la majorité des polluants. La population de l'agglomération de Nantes est tout de même exposée à des dépassements du seuil d'information pour les PM10, et l'objectif de qualité de l'ozone est dépassé dans toutes les agglomérations où des mesures sont réalisées, mis à part à Laval (cf. Tableau 47, extrait du rapport annuel 2021 d'Air Pays de la Loire¹⁰).

Tableau 47 : Situation de l'année 2021 vis-à-vis des normes réglementaires pour les concentrations des différents polluants réglementés en Pays de la Loire (source : rapport annuel 2021 Air Pays de la Loire)

	PARTICULES PM10		PARTICULES FINES PM2,5	DIOXYDE D'AZOTE NO ₂		OZONE O ₃		DIOXYDE DE SOUFRE SO ₂		BENZÈNE C ₆ H ₆	BENZO(A) PYRÈNE B(a)P	ARSENIC As	CADMIUM Cd	NICKEL Ni	PLOMB Pb	MONOXYDE DE CARBONE CO
	Court terme	Long terme	Long terme	Court terme	Long terme	Court terme	Long terme	Court terme	Long terme	Long terme	Long terme	Long terme	Long terme	Long terme	Long terme	Long terme
Nantes - agglo (44)	●						●									
Saint-Nazaire (44)																
Basse-Loire (44)																
Angers (49)																
Cholet (49)																
La Roche-sur-Yon (85)																
Zone rurale (85)																
Laval (53)																
Zone rurale (53)																
Le Mans (72)																

● RESPECT DES VALEURS RÉGLEMENTAIRES
 ● DÉPASSEMENT D'UN OBJECTIF DE QUALITÉ OU D'UNE VALEUR CIBLE
 ● DÉPASSEMENT D'UNE VALEUR LIMITE
 ● DÉPASSEMENT DU SEUIL D'INFORMATION
 ● DÉPASSEMENT DU SEUIL D'ALERTE
 ● NON MESURÉ, NON QUANTIFIÉ

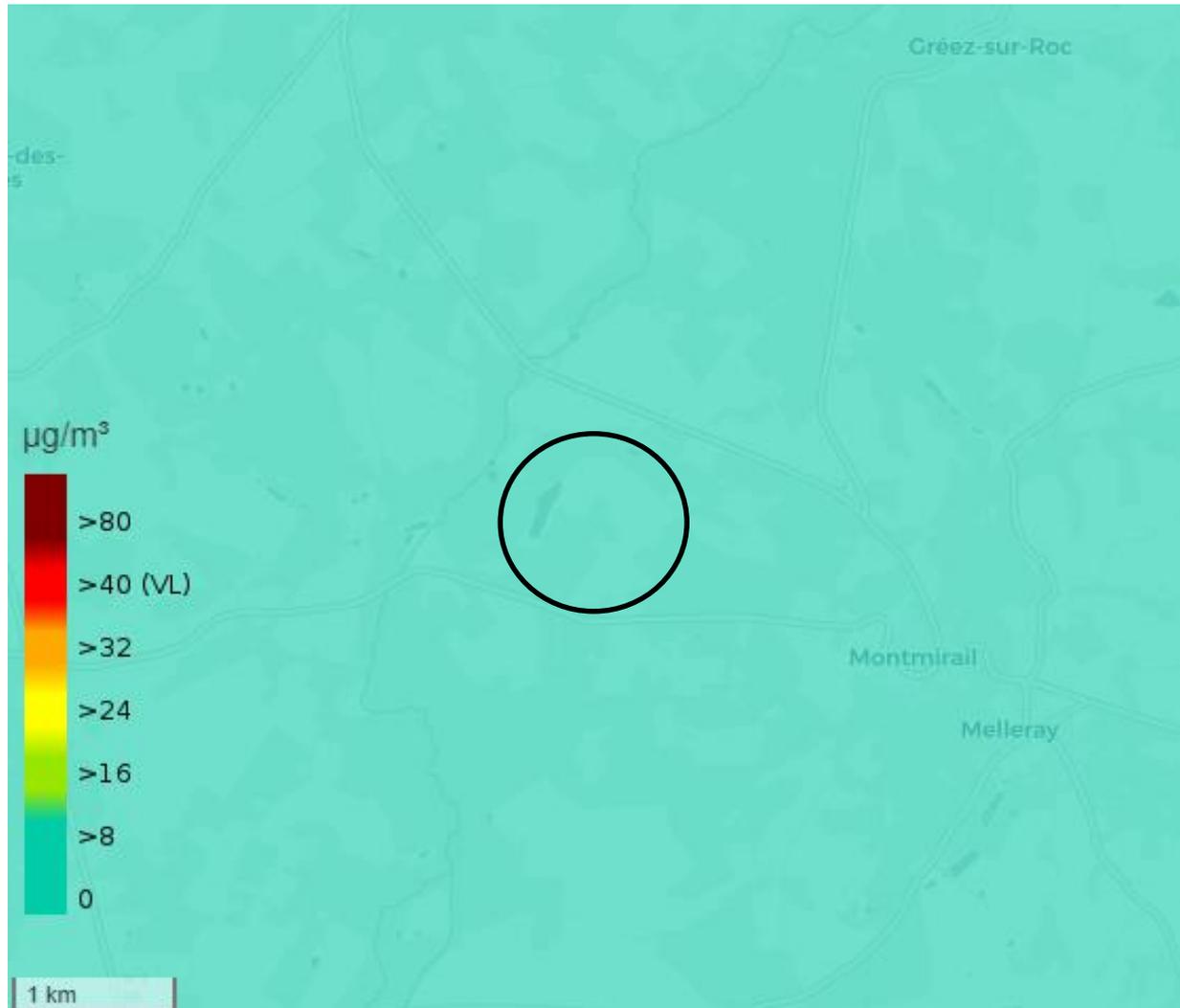
¹⁰ « La qualité de l'air dans les Pays de la Loire – Rapport annuel 2021 », Air Pays de la Loire, juin 2022.

4.6.3 Qualité de l'air sur la zone d'étude

Aucune station Air Pays de la Loire n'est présente à moins de 30 km de la zone d'étude.

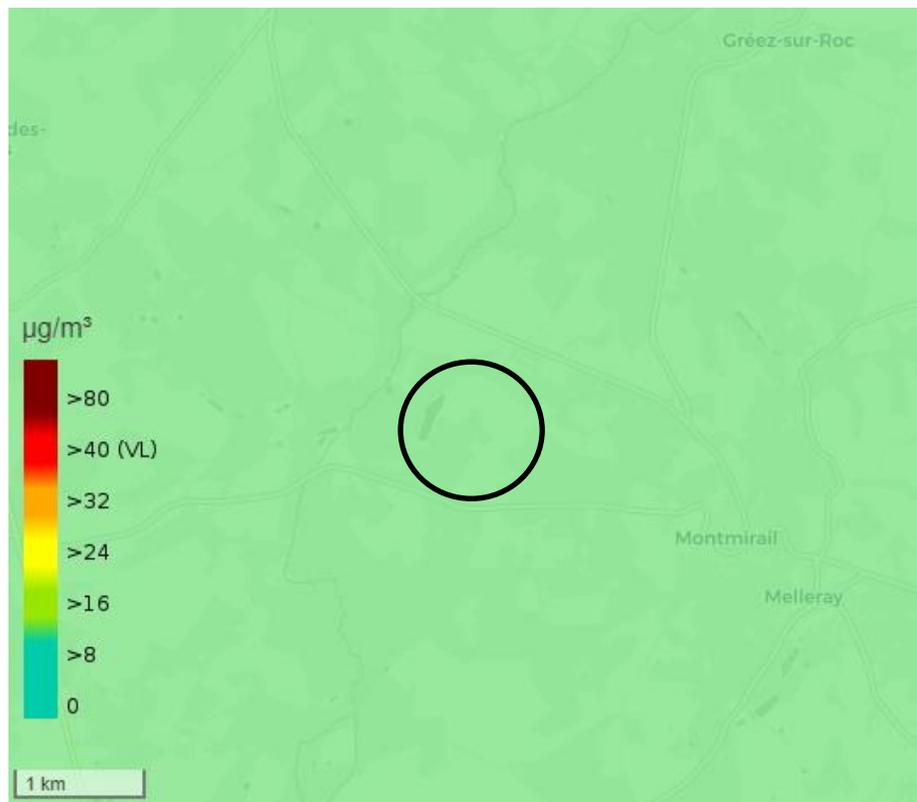
Des cartes à l'échelle des communes présentant les concentrations annuelles en dioxyde d'azote (NO₂) et en particules (PM10 et PM2.5) sont également disponibles sur le site Opendata d'Air Pays de la Loire (<https://data.airpl.org/>), notamment sur la zone d'étude. En noir est représentée l'aire d'étude.

Figure 17 : Carte de concentrations moyennes annuelles en NO₂ – année 2021 (source : Air Pays de la Loire)



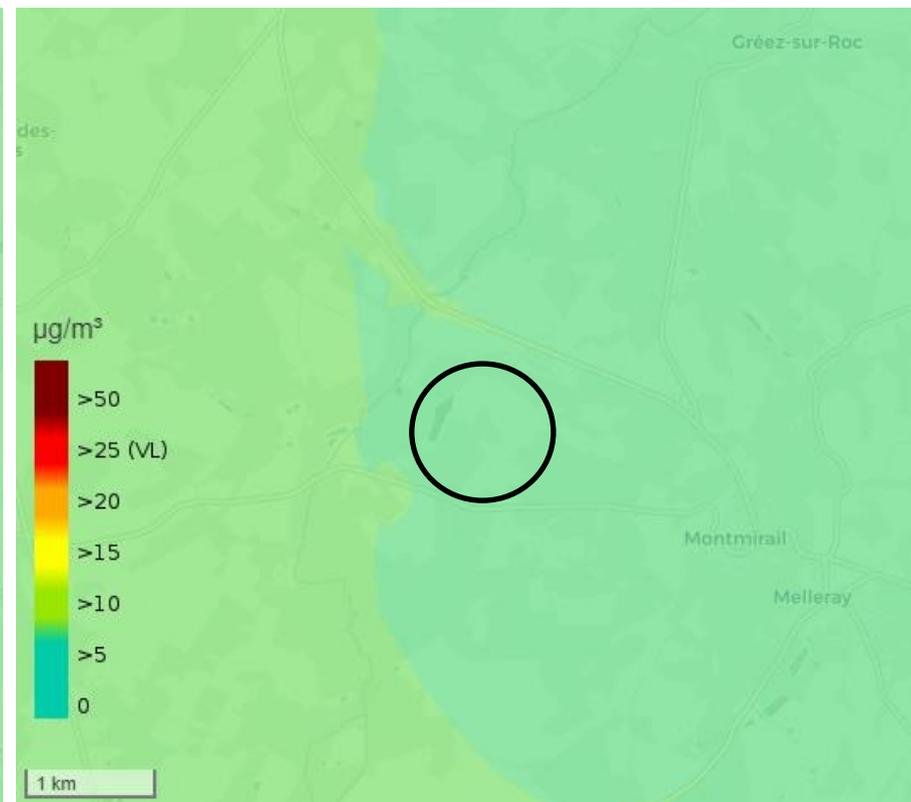
Les concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote sont très inférieures à la valeur limite à proximité du site.

Figure 18 : Carte de concentrations moyennes annuelles en PM10 – année 2021 (source : Air Pays de la Loire)



Les concentrations de poussières inférieures à 10 μm (PM10) sont très inférieures à la valeur limite et à l'objectif de qualité à proximité du site.

Figure 19 : Carte de concentrations moyennes annuelles en PM2.5 – année 2021 (source : Air Pays de la Loire)



Les concentrations de poussières inférieures à 2,5 μm (PM2.5) sont inférieures à la valeur limite à proximité du site mais atteignent l'objectif de qualité de l'air à l'ouest de celui-ci.

4.7 Schéma Conceptuel d'Exposition

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. **La voie d'exposition par inhalation est donc conservée.**

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.

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

Ainsi, au regard des données locales relatives à la caractérisation des milieux (cf. chapitre 1) :

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

En ce qui concerne la voie cutanée, elle ne sera pas conservée. Elle peut être en effet considérée comme négligeable par rapport à l'inhalation et l'ingestion. De plus, il n'existe pas de valeur toxicologique de référence (VTR) pour cette voie d'exposition¹¹.

¹¹ La note d'information de la DGS du 31 octobre 2014 précise en effet qu'« en l'absence de procédures établies pour la construction de VTR pour la voie cutanée, ils [les pétitionnaires] ne doivent envisager aucune

Aucun lieu de baignade n'a été recensé dans un rayon de 3 km autour du site. **La voie d'exposition des populations par ingestion d'eau lors de la baignade ou par contact cutané est donc écartée.**

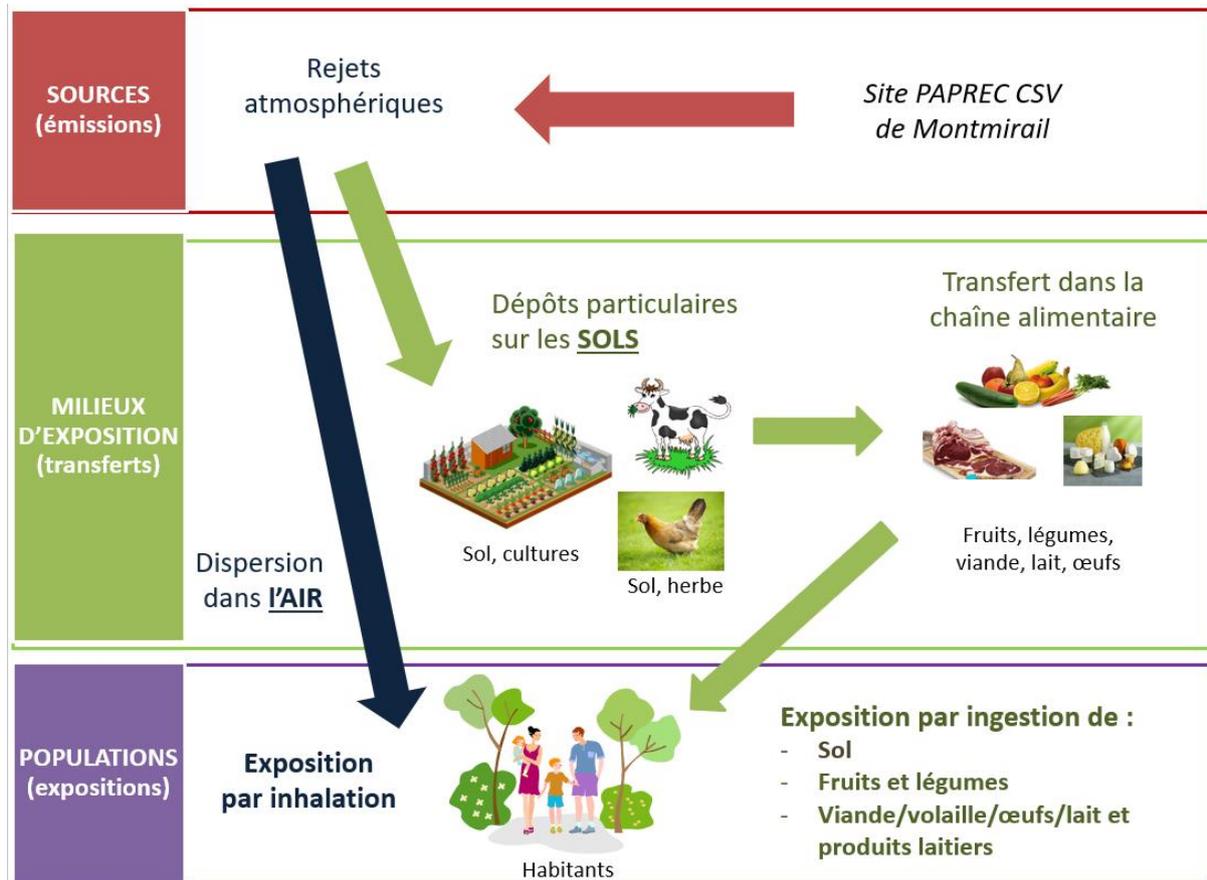
L'exposition *via* l'ingestion d'eau du robinet n'est pas retenue dans la présente étude. En effet, l'eau consommée à partir du robinet subit un traitement en usine d'eau potable qui lui confère une composition différente de celle de la ressource utilisée.

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 viande, volailles, œufs, lait, produits laitiers ;
 - de fruits et légumes.

Le Schéma Conceptuel d'Exposition autour du site est présenté sur la Figure 20.

Figure 20 : schéma conceptuel d'exposition autour du site PAPREC CSV de Montmirail



transposition à cette voie de VTR disponibles pour les voies orale ou respiratoire ».

5. CHOIX DES TRACEURS DE RISQUE

5.1 Substances d'intérêt

Le recensement des sources d'émission et des substances émises (cf. paragraphe 1) a permis de quantifier les émissions dans l'air pour les substances présentées dans le Tableau 48.

Tableau 48 : composés émis dans l'air par les installations du site

Nom	N°CAS	Formule chimique
Sulfure d'hydrogène	7783-06-4	H ₂ S
Benzène	71-43-2	C ₆ H ₆
1,2 dichloroéthane	107-06-2	C ₂ H ₄ Cl ₂
Acétaldéhyde	75-07-0	C ₂ H ₄ O
Oxydes d'azote (NO _x éq. NO ₂)	10102-44-0	NO _x
Poussières	-	-
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques représentés par le benzo(a)pyrène	50-32-8	B(a)P
Naphtalène	91-20-3	C ₁₀ H ₈
Méthane	74-82-8	CH ₄
Diméthylsulfure	624-92-0	C ₂ H ₆ S ₂
Diméthylsulfate	77-78-1	C ₂ H ₆ O ₄ S
Méthanethiol	74-93-1	CH ₃ SH
Etain	7440-31-5	Sn
Sélénium	7782-49-2	Se
Cadmium	7440-43-9	Cd
Mercure	7439-97-6	Hg
Arsenic	7440-38-2	As
Nickel	7440-02-0	Ni
Plomb	7439-92-1	Pb
Chrome	7440-47-3	Cr
Cobalt	7440-48-4	Co
Cuivre	7440-50-8	Cu
Manganèse	7439-96-5	Mn
Antimoine	7440-36-0	Sb
Tellure	13494-80-9	Te
Thallium	7440-28-0	Tl
Vanadium	7440-62-2	V
Zinc	7440-66-6	Zn
Ammoniac	7664-41-7	NH ₃
Monoxyde de carbone	630-08-0	CO
Acide chlorhydrique	7647-01-0	HCl
Acide fluorhydrique	7664-39-3	HF
Dioxyde de soufre	7446-09-5	SO ₂
Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM)	-	-

Les oxydes d'azote sont assimilés au dioxyde d'azote (NO₂), substance présentant le plus d'intérêt du point de vue toxicologique.

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 50 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 et l'EPA. Le Tableau 49 rappelle la définition des différentes classifications.

Tableau 49 : classifications CIRC et US-EPA pour les effets cancérigènes

CIRC – OMS	US EPA
1 : cancérigènes pour l'homme	A : cancérigènes pour l'homme (preuves suffisantes chez l'homme)
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)
	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)
4 : absence connue d'effets cancérigènes chez l'homme et chez l'animal	E : absence connue d'effets cancérigènes chez l'homme et chez l'animal

Tableau 50 : identification des dangers par substance dans l'air

Nom	N°CAS	Effets/Organes cibles	Voies d'exposition principales	Cancérogénicité	
				CIRC	EPA
Sulfure d'hydrogène	7783-06-4	Système nerveux	Inhalation	-	-
Benzène	71-43-2	Système immunitaire ; Système sanguin	Inhalation	1	A
1,2 dichloroéthane	107-06-2	Poumons, foie, reins	Inhalation	2B	B2
Acétaldéhyde	75-07-0	Epithélium olfactif	Inhalation	1	B2
Oxydes d'azote	10102-44-0	Système respiratoire	Inhalation	-	-
Poussières	-	Système respiratoire	Inhalation ; Ingestion	-	-
Benzo(a)pyrène	50-32-8	Système respiratoire ; Système hépatique ; Système reproducteur ; Système nerveux	Inhalation ; Ingestion	2A	B2
Naphtalène	91-20-3	Système respiratoire ; Système olfactif	Inhalation ; Ingestion	2B	-
Diméthylsulfure	624-92-0	-	Inhalation	-	-
Diméthylsulfate	77-78-1	-	Inhalation	2A	-
Méthanethiol	74-93-1	-	Inhalation	-	-
Méthane	74-82-8	-	Inhalation	-	-
Etain	7440-31-5	-	Inhalation ; Ingestion	-	-
Sélénium	7782-49-2	Sélenose clinique	Inhalation ; Ingestion	3	-
Cadmium	7440-43-9	Système respiratoire ; Reins ; Os	Inhalation, Ingestion	1	B1
Mercure	7439-97-6	Systèmes nerveux ; Système rénal	Inhalation, Ingestion	3	D
Arsenic	7440-38-2	Développement, système nerveux, peau ; poumons	Inhalation ; Ingestion	1	A
Nickel	7440-02-0	Système respiratoire ; Développement	Inhalation, Ingestion	2B	A
Plomb	7439-92-1	Système hématologique, système nerveux ; Reins	Inhalation, Ingestion	2A	B2
Chrome	7440-47-3	Reins	Inhalation, Ingestion	1	A
Cobalt	7440-48-4	Système respiratoire	Inhalation, Ingestion	2B	-
Cuivre	7440-50-8	Intestin	Inhalation, Ingestion	-	D
Manganèse	7439-96-5	Système nerveux	Inhalation, Ingestion	3	D
Antimoine	7440-36-0	Système respiratoire	Inhalation, Ingestion	-	-
Tellure	13494-80-9	-	Inhalation, Ingestion	-	-
Thallium	7440-28-0	-	Inhalation, Ingestion	-	-
Vanadium	7440-62-2	Développement	Inhalation ; Ingestion	-	-
Zinc	7440-66-6	Diminution hématies	Ingestion	-	-
Ammoniac	7664-41-7	Système respiratoire	Inhalation	-	-
Acide chlorhydrique	7647-01-0	Système respiratoire	Inhalation	3	-
Acide fluorhydrique	7664-39-3	Os	Inhalation	-	-
Dioxyde de soufre	7446-09-5	Système respiratoire	Inhalation	3	-

5.3 Etude des relations dose-réponse

5.3.1 Définitions

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

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

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

- **les toxiques à effets sans seuil** tels que les cancérigènes génotoxiques pour lesquels il n'est pas possible de définir un niveau d'exposition sans risque pour la population. Pour ces produits, des excès unitaires de risque (ERU) ont été définis. Ils correspondent à la probabilité supplémentaire de survenue de cancer dans une population exposée à $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (durant toute sa vie¹² 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 :

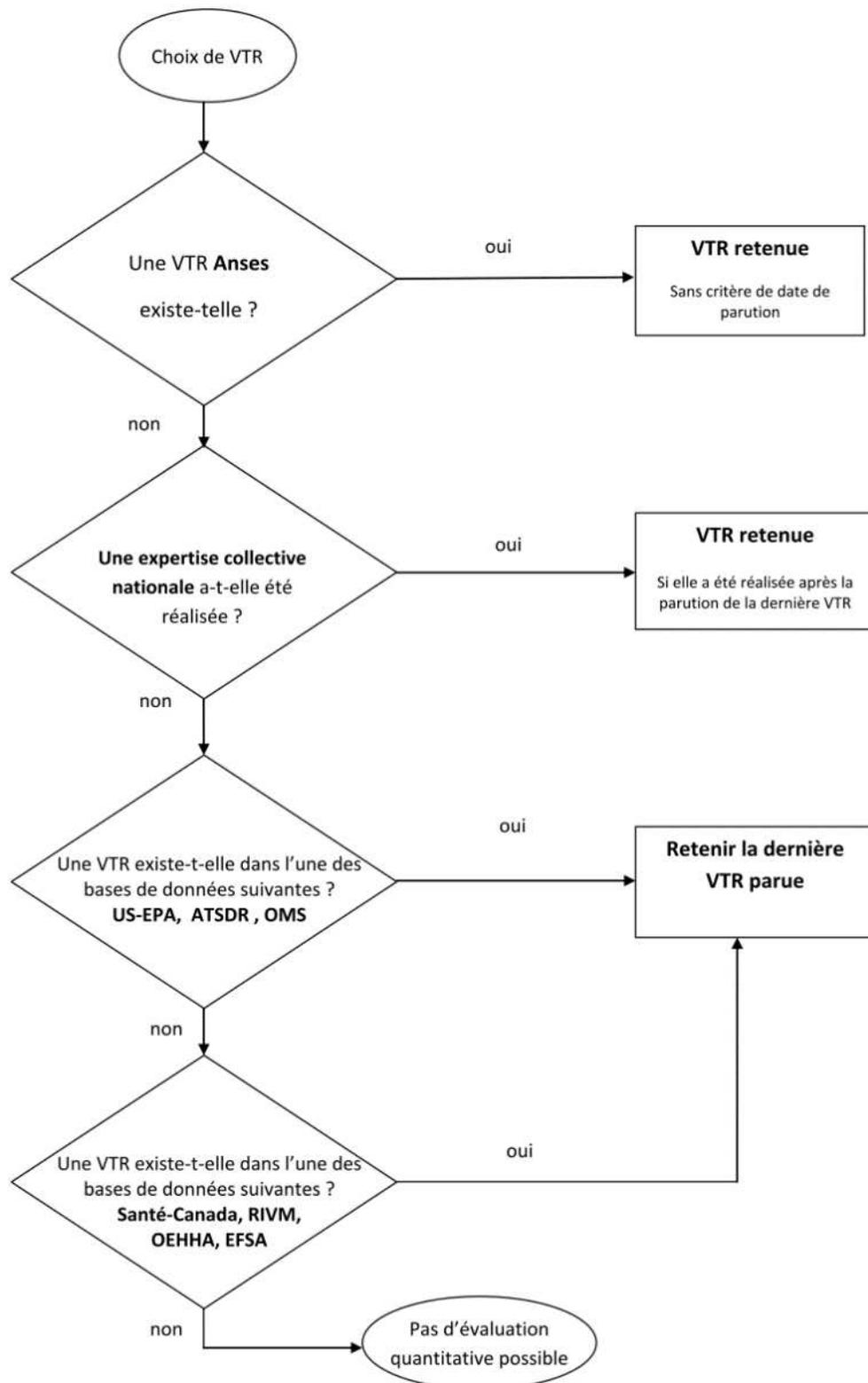
- Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) ;
- Environmental Protection Agency (US-EPA) ;
- Organisation Mondiale de la Santé (OMS/IPCS) ;
- Agency for Toxic Substances and Diseases Registry (ATSDR) ;
- Office of Environmental Health Hazard Assessment (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** français 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 21 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.

¹² conventionnellement prise égale à 70 ans.

Figure 21 : logigramme pour le choix des VTR (DGS)



5.3.3 Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence

A partir des VTR disponibles dans la littérature consultée, les Tableau 52 et Tableau 53 résument les VTR retenues pour cette étude.

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

NO₂, SO₂, poussières (PM₁₀, PM_{2.5}) : 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. Pour ces substances, seules les concentrations dans l'air sont comparées aux valeurs recommandées par l'Organisation Mondiale de la Santé. En ce qui concerne le SO₂, l'INERIS recommande de comparer les concentrations moyennes annuelles estimées à la valeur fixée par l'OMS pour une exposition aigüe (40 µg/m³ sur 24h) également pour des expositions chroniques, à défaut de VTR et de valeur guide correspondante, plutôt que la valeur réglementaire (50 µg/m³ en moyenne annuelle), cette dernière étant moins protectrice. Le Tableau 51 présente les valeurs guides retenues pour les poussières (PM₁₀, PM_{2.5}), le SO₂ et le NO₂ en l'absence de VTR.

Chrome : le chrome total est composé du chrome VI et du chrome III.

- pour l'exposition par inhalation : D'après l'inventaire des émissions, les émissions de chrome proviennent des évaporateurs de lixiviats. D'après des mesures sur un site similaire, le chrome VI représente en moyenne 0,5% du chrome total dans les lixiviats, avec une valeur maximale de 1,1%. Pour le calcul des risques par inhalation, on considère que le chrome VI représente 2% du chrome total, et que le chrome III représente 98% du chrome total.
- pour l'exposition par ingestion : dans les sols, le chrome se trouve essentiellement sous la forme III et peu sous la forme VI (INERIS, 2005). C'est pourquoi le chrome total a été assimilé à du chrome III pour le calcul des risques par ingestion.

Pour le **monoxyde de carbone (CO)**, le **méthane**, le **diméthylsulfure (DMDS)**, le **diméthylsulfate (DMS)**, le **méthanethiol**, le **tellure (Te)** et le **thallium (Tl)**, la littérature ne fournit pas de VTR ni de valeur guide pour une exposition chronique. Ces substances ne seront donc pas retenues dans le cadre de l'ERS.

Tableau 51 : valeurs guides

Composé	Voie d'exposition	Valeurs guides	Source et Date	Organe cible / Effets critiques	Type d'étude
NO ₂	Inhalation	10 µg/m ³	OMS 2021	Système respiratoire	Homme
PM10	Inhalation	15 µg/m ³	OMS 2021	Système respiratoire	Homme
PM2.5	Inhalation	5 µg/m ³	OMS 2021	Système respiratoire	Homme
SO ₂	Inhalation	40 µg/m ³ (moyenne sur 24h)	OMS 2021	Système respiratoire	Homme

Tableau 52 : valeurs toxicologiques de référence retenues pour les effets chroniques sans seuil

Substance	Voie d'exposition	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	VTR	Référence	Année de révision	Justification du choix
Benzène	Inhalation	Système sanguin	Leucémie	2,6.10 ⁻⁵ (µg.m ⁻³) ⁻¹	ANSES	2014	VTR ANSES prioritaire
1,2 dichloroéthane	Inhalation	Glandes mammaires	Tumeurs	3,4.10 ⁻⁶ (µg.m ⁻³) ⁻¹	ANSES	2009	VTR ANSES prioritaire
Acétaldéhyde	Inhalation	Cloison nasale	Tumeurs	2,2.10 ⁻⁶ (µg.m ⁻³) ⁻¹	EPA	1991	Choix INERIS 2017
Benzo(a)pyrène	Inhalation	Système respiratoire	Apparition de tumeurs respiratoires	6.10 ⁻⁴ (µg.m ⁻³) ⁻¹	EPA	2017	Choix INERIS 2018
	Ingestion	Estomac	Cancer	1,0 (mg/kg/j) ⁻¹	EPA	2017	Choix INERIS 2018
Naphthalène	Inhalation	Systèmes respiratoire et olfactif	Neuroblastomes	0,0056 (mg.m ⁻³) ⁻¹	ANSES	2013	VTR ANSES prioritaire
	Ingestion	Systèmes respiratoire et olfactif	Adénomes et neuroblastomes	0,12 (mg/kg/j) ⁻¹	OEHHA	2011	Choix INERIS 2014
Arsenic	Inhalation	Poumons	Cancer	1,5.10 ⁻⁴ (µg.m ⁻³) ⁻¹	TCEQ	2012	Choix ANSES
	Ingestion	Peau	Cancer	1.5 (mg/kg/j) ⁻¹	EPA	1998	Choix INERIS (2010)
Nickel	Inhalation	Poumons	Cancer	1,7.10 ⁻⁴ (µg.m ⁻³) ⁻¹	TCEQ	2011	Valeur retenue par l'ANSES
Plomb	Inhalation	Poumons	Cancer	1,2.10 ⁻⁵ (µg.m ⁻³) ⁻¹	OEHHA	2011	Choix INERIS 2013
	Ingestion	Reins	Cancer	0,0085 (mg/kg/j) ⁻¹	OEHHA	2011	Choix INERIS 2013
Chrome	Inhalation (Cr VI)	Poumons	Augmentation du risque de cancer pulmonaire	0,04 (µg/m ³) ⁻¹	OMS-IPCS	2013	Choix ANSES (2015)

Tableau 53 : valeurs toxicologiques de référence retenues pour les effets chroniques à seuil

Substance	Voie d'exposition	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	VTR	Référence	Année de révision	Justification du choix
H ₂ S	Inhalation	Système respiratoire	-	2 µg/m ³	EPA	2003	Choix INERIS 2011
Benzène	Inhalation	Système immunitaire	-	10 µg/m ³	ATSDR	2007	Choix ANSES 2008
1,2 dichloroéthane	Inhalation	Foie	Insuffisance hépatique	3 000 µg/m ³	ATSDR	2001	Seule VTR dans les bases ATSDR, EPA, OMS
Acétaldéhyde	Inhalation	-	Dégénérescence de l'épithélium olfactif	160 µg/m ³	ANSES	2014	VTR ANSES prioritaire
Benzo(a)pyrène	Inhalation	Développement	Baisse de survie des embryons	2.10 ⁻³ µg/m ³	EPA	2017	Choix INERIS 2018
	Ingestion	Développement	Changement comportemental	3.10 ⁻⁴ mg/kg/j	EPA	2017	Choix INERIS 2018
Naphtalène	Inhalation	Systèmes respiratoire et olfactif	Lésions de l'épithélium	37 µg/m ³	ANSES	2013	VTR ANSES prioritaire
	Ingestion	-	Perte de poids	0,02 mg/kg/j	EPA	1998	Choix INERIS 2014
Sélénium	Inhalation	-	Sélénose clinique	20 µg/m ³	OEHHA	2001	Seule VTR disponible
	Ingestion	-	Sélénose clinique	0,005 mg/kg/j	US EPA	1991	Choix INERIS 2011
Cadmium	Inhalation (Effets non cancérogènes)	Reins	Augmentation de 5% atteinte tubulaire dans la population générale	0,45 µg/m ³	ANSES	2012	VTR ANSES prioritaire
	Inhalation (Effets cancérogènes)	Système respiratoire	Incidence combinée des tumeurs pulmonaires	0,3 µg/m ³	ANSES	2012	VTR ANSES prioritaire
	Ingestion	Système squelettique	Risque d'ostéoporose ou de fractures osseuses	0,35 µg/kg/j	ANSES	2019	VTR ANSES prioritaire
Mercure	Inhalation	Systèmes nerveux	Effets neurologiques : troubles de la mémoire, un manque d'autonomie ainsi que des tremblements de la main	0,03 µg/m ³	OEHHA	2008	Choix INERIS 2014
	Ingestion (Hg inorganique)	Système rénal	-	5,7.10 ⁻⁴ mg/kg/j	EFSA	2012	Choix ANSES 2016
	Ingestion (Hg organique)	Système nerveux	-	1,9.10 ⁻⁴ mg/kg/j	EFSA	2012	Choix ANSES

Substance	Voie d'exposition	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	VTR	Référence	Année de révision	Justification du choix
Arsenic	Inhalation	Développement, système nerveux, peau	Diminution des fonctions intellectuelles	0,015 µg/m ³	OEHHA	2008	Choix INERIS 2010
	Ingestion	Peau	Lésions cutanées	0,45 µg/kg/j	Fobig	2009	Choix INERIS 2010
Nickel	Inhalation	Appareil respiratoire	Atteinte des épithéliums	0,23 µg/m ³	TCEQ	2011	Choix ANSES
	Ingestion	Développement	Perte de poids	0,0028 mg/kg/j	EFSA	2015	Choix ANSES 2018
Plomb	Inhalation	Système hématologique, système nerveux	Anémies ; Encéphalopathie, neuropathies, troubles mentaux	0,9 µg/m ³	ANSES	2013	VTR ANSES prioritaire
	Ingestion	Systèmes nerveux et rénal	Encéphalopathie, neuropathies, troubles mentaux ; néphropathie, fibrose, insuffisance rénale	6,3.10 ⁻⁴ mg/kg/j	ANSES	2013	Choix ANSES 2013
Chrome	Inhalation (Cr VI)	Système respiratoire	Modification de la lactate déshydrogénase dans le liquide de lavage broncho-alvéolaire	0,03 µg/m ³	OMS CICAD	2013	Choix INERIS 2017
	Inhalation (Cr III)	Système respiratoire	Inflammation chronique des poumons	2 µg/m ³	INERIS	2017	Choix INERIS
	Ingestion (Cr III)	-	Pas d'effets observés	0,3 mg/kg/j	EFSA	2014	Choix ANSES
Cobalt	Inhalation	Système respiratoire	Diminution de la fonction respiratoire	0,1 µg/m ³	OMS CICAD	2006	VTR la plus récente dans la base EPA, ATSDR et OMS
	Ingestion	-	-	1,5 µg/kg/j	AFSSA	2010	VTR la plus récente dans la base Santé Canada, RIVN, OEHHA, AFSSA
Cuivre	Inhalation	-	-	1 µg/m ³	RIVM	2001	Choix INERIS 2019
	Ingestion	Foie	-	0,15 mg/kg/j	EFSA	2018	Choix INERIS 2019
Manganèse	Inhalation	Système nerveux	Coordination œil-main anormale	0,3 µg/m ³	ATSDR	2012	Choix ANSES 2015
	Ingestion	Système nerveux	Effets neuro-développementaux chez le nourrisson	0,055 mg/kg/j	INSPQ	2017	Choix ANSES 2019
Antimoine	Inhalation	Poumons	Inflammation des poumons chez les rats	0,3 µg/m ³	ATSDR	2019	Seule VTR disponible
	Ingestion	-	-	0,006 mg/kg/j	OMS	2003	Choix ANSES

Substance	Voie d'exposition	Organe /Système cible	Effet(s) observé(s)	VTR	Référence	Année de révision	Justification du choix
Vanadium	Inhalation	-	Développement	1 µg/m ³	RIVM	2009	Choix INERIS 2011
	Ingestion	-	-	2 µg/kg/j	RIVM	2009	Seule VTR disponible
Zinc	Ingestion	Intestin	Crampes d'estomac, nausées et vomissements	0,3 mg/kg/j	US-EPA	2005	VTR la plus récente dans la base EPA, ATSDR et OMS
Etain	Ingestion	-	-	0,2 mg/kg/j	RIVM	2009	Seule VTR disponible
Ammoniac	Inhalation	Système respiratoire	Diminution de la fonction pulmonaire	500 µg/m ³	ANSES	2018	VTR ANSES prioritaire
Acide chlorhydrique	Inhalation	Système respiratoire	-	9 µg/m ³	OEHHA	2000	Seule VTR disponible
Acide fluorhydrique	Inhalation	Os	Fluorose osseuse	14 µg/m ³	OEHHA	2003	Choix INERIS 2011

5.4 Choix des traceurs de risque

Conformément à la démarche décrite dans le guide INERIS 2021 et aux pratiques courantes, les traceurs de risque sont choisis en fonction des émissions, des toxicités des substances émises, des concentrations dans l'environnement, des classements des ratios des émissions divisées par les VTR pour les effets à seuil.

Les critères de choix suivants sont définis :

- toutes les substances présentant des risques cancérigènes sont retenues ;
- 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 ;
 - les substances pour lesquelles le ratio est compris entre 1 et 10% sont retenues au cas par cas.

Le classement des traceurs de risque suivant le ratio flux/VTR est présenté dans le Tableau 54 ainsi que le choix (retenu/non retenu) effectué. Pour chaque voie (ingestion ou inhalation) apparaissent :

- 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 54 : classement des traceurs de risque suivant le ratio flux/VTR

Substances	Substance cancérigène	Emissions t/an	VTR à seuil		Score Emissions/VTR à seuil		Retenu	
			Inhalation µg/m3	Ingestion µg/kg/j	Inhalation	Ingestion		
Sulfure d'hydrogène	NON	1.5E+00	2.0E+00	-	7.4E-01	-	Oui ⇒	score > 10% du score max par inhalation
Benzène	OUI	1.9E-01	1.0E+01	-	1.9E-02	-	Oui ⇒	cancérigène
1,2 dichloroéthane	OUI	1.5E-02	3.0E+03	-	5.0E-06	-	Oui ⇒	cancérigène
Acétaldéhyde	OUI	1.5E-02	1.6E+02	-	9.2E-05	-	Oui ⇒	cancérigène
Benzo(a)pyrène	OUI	2.2E-05	2.0E-03	3.0E-01	1.1E-02	7.2E-05	Oui ⇒	cancérigène
Naphtalène	OUI	2.8E-02	3.7E+01	2.0E+01	7.5E-04	1.4E-03	Oui ⇒	cancérigène
Cadmium	OUI	7.1E-04	4.5E-01	3.5E-01	1.6E-03	2.0E-03	Oui ⇒	cancérigène
Mercur	NON	9.2E-04	3.0E-02	5.7E-01	3.1E-02	1.6E-03	Non ⇒	score < 2% du score max par inhalation et < 1% du score max par ingestion
Arsenic	OUI	1.6E-04	1.5E-02	4.5E-01	1.1E-02	3.5E-04	Oui ⇒	cancérigène
Nickel	OUI	5.1E-01	2.3E-01	2.8E+00	2.2E+00	1.8E-01	Oui ⇒	cancérigène
Plomb	OUI	6.5E-03	9.0E-01	6.3E-01	7.2E-03	1.0E-02	Oui ⇒	cancérigène
Étain	NON	4.8E-04	-	2.0E+02	-	2.4E-06	Non ⇒	score < 1% du score max par ingestion
Chrome total	NON	3.6E-01	-	3.0E+02	-	1.2E-03	Oui ⇒	cancérigène
Chrome III (98% Cr total)	NON	3.5E-01	2.0E+00	-	1.8E-01	-	Oui ⇒	cancérigène
Chrome VI (2% Cr total)	OUI	7.2E-03	3.0E-02	-	2.4E-01	-	Oui ⇒	cancérigène
Cobalt	OUI	5.2E-03	1.0E-01	1.5E+00	5.2E-02	3.5E-03	Oui ⇒	cancérigène
Cuivre	NON	3.6E-02	1.0E+00	1.5E+02	3.6E-02	2.4E-04	Non ⇒	score < 2% du score max par inhalation et < 1% du score max par ingestion
Manganèse	NON	4.2E-02	3.0E-01	5.5E+01	1.4E-01	7.7E-04	Oui ⇒	score > 5% du score max par inhalation
Antimoine	NON	1.3E-04	3.0E-01	6.0E+00	4.2E-04	2.1E-05	Non ⇒	score < 1% du score max par inhalation et par ingestion
Sélénium	NON	2.6E-04	2.0E+01	5.0E+00	1.3E-05	5.2E-05	Non ⇒	score < 1% du score max par inhalation et par ingestion
Vanadium	NON	1.1E-03	1.0E+00	2.0E+00	1.1E-03	5.6E-04	Non ⇒	score < 1% du score max par inhalation et par ingestion
Zinc	NON	2.0E-02	-	3.0E+02	-	6.6E-05	Non ⇒	score < 1% du score max par ingestion
Ammoniac	NON	9.2E+00	5.0E+02	-	1.8E-02	-	Non ⇒	score < 1% du score max par inhalation
Acide chlorhydrique	NON	3.5E-02	9.0E+00	-	3.9E-03	-	Non ⇒	score < 1% du score max par inhalation
Acide fluorhydrique	NON	1.2E-02	1.4E+01	-	8.2E-04	-	Non ⇒	score < 1% du score max par inhalation

Les substances retenues comme traceurs de risques sont les suivantes :

- Sulfure d'hydrogène ;
- Benzène ;
- 1,2 dichloroéthane ;
- Acétaldéhyde ;
- Benzo(a)pyrène ;
- Naphtalène ;
- Cadmium ;
- Arsenic ;
- Nickel ;
- Plomb ;
- Chrome ;
- Cobalt ;
- Manganèse.

L'**ammoniac** sera également retenu car avec le cadmium, le nickel, le plomb, le naphtalène, le sulfure d'hydrogène, l'acétaldéhyde et le benzène : il fait partie des substances retenues comme traceurs de risque par le guide de l'ASTEE relatif aux installations de compostage soumises à autorisation.

Le **NO₂**, le **SO₂** et les **poussières (PM10 et PM2.5)** sont également retenus en tant que traceurs d'émission car ce sont des traceurs de combustion (torchère, chaudière, camions...). 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.

6. DETERMINATION DES CONCENTRATIONS DANS L'AIR ET DES DEPOTS AU SOL

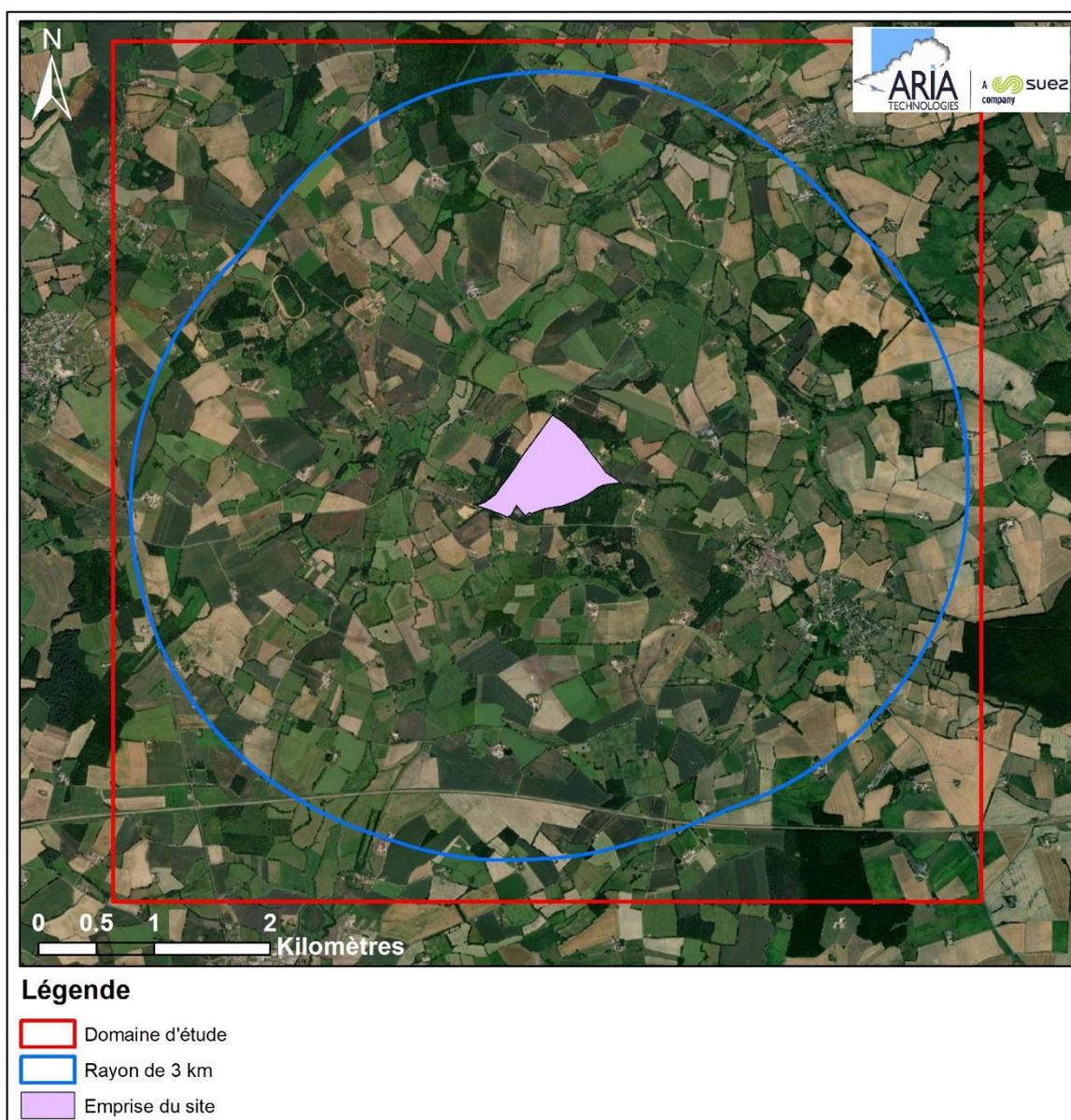
Afin d'estimer les concentrations dans l'environnement attribuables au site, une étude de dispersion a été réalisée pour les substances d'intérêt retenues pour le milieu Air (cf. paragraphe 5).

6.1 Données d'entrée

6.1.1 Domaine d'étude

Le domaine d'étude retenu correspond à un carré de 7,5 km de côté centré sur le site. Il intègre le rayon de 3 km autour des limites du site.

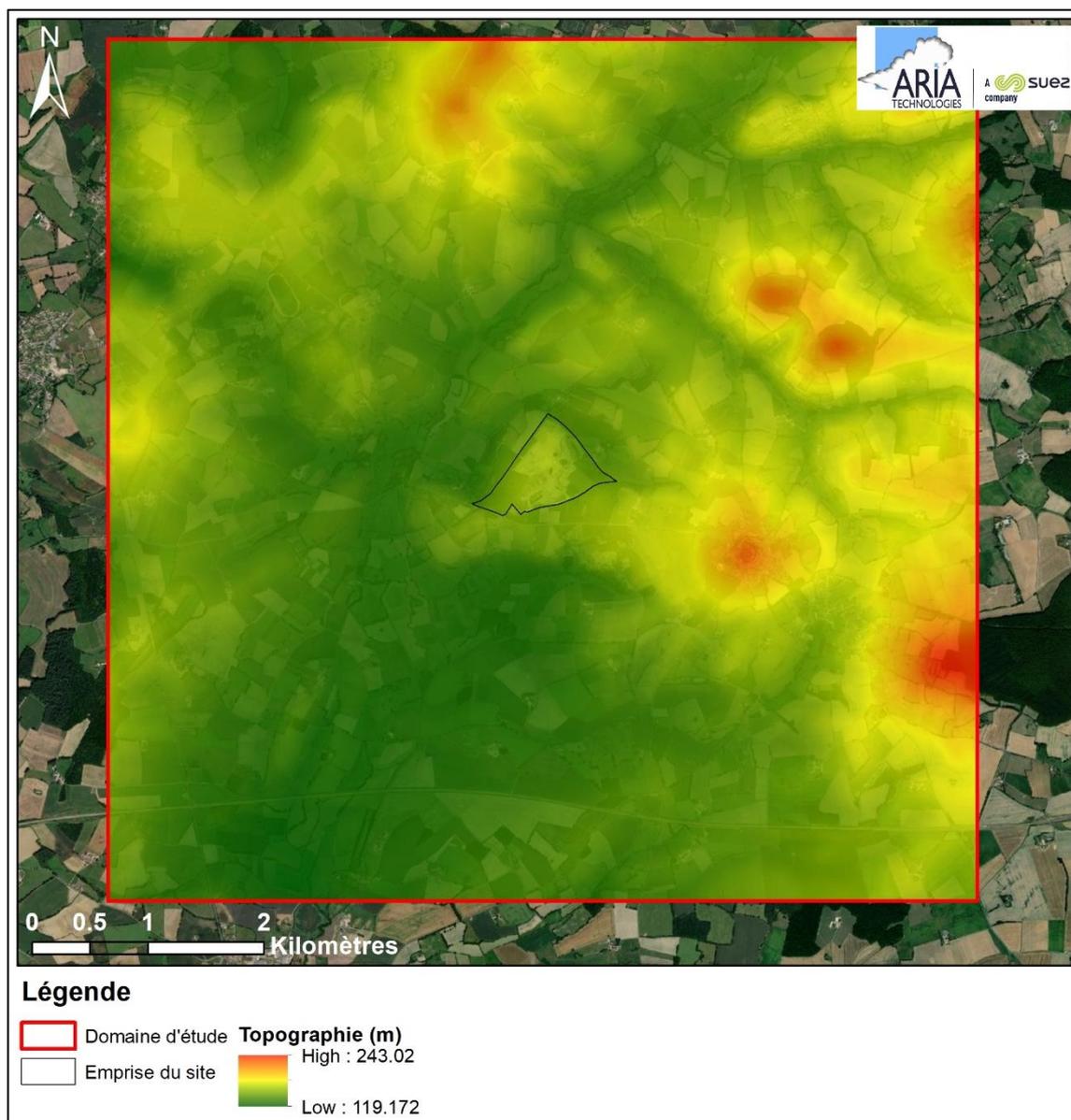
Figure 22 : carte du domaine d'étude



6.1.2 Topographie

La topographie est issue d'un Modèle Numérique de Terrain au pas de 75 mètres. La Figure 23 présente une vue 2D de la topographie sur le domaine d'étude. Le relief est compris entre 119 et 243 mètres NGF.

Figure 23 : topographie du domaine d'étude (source : IGN)



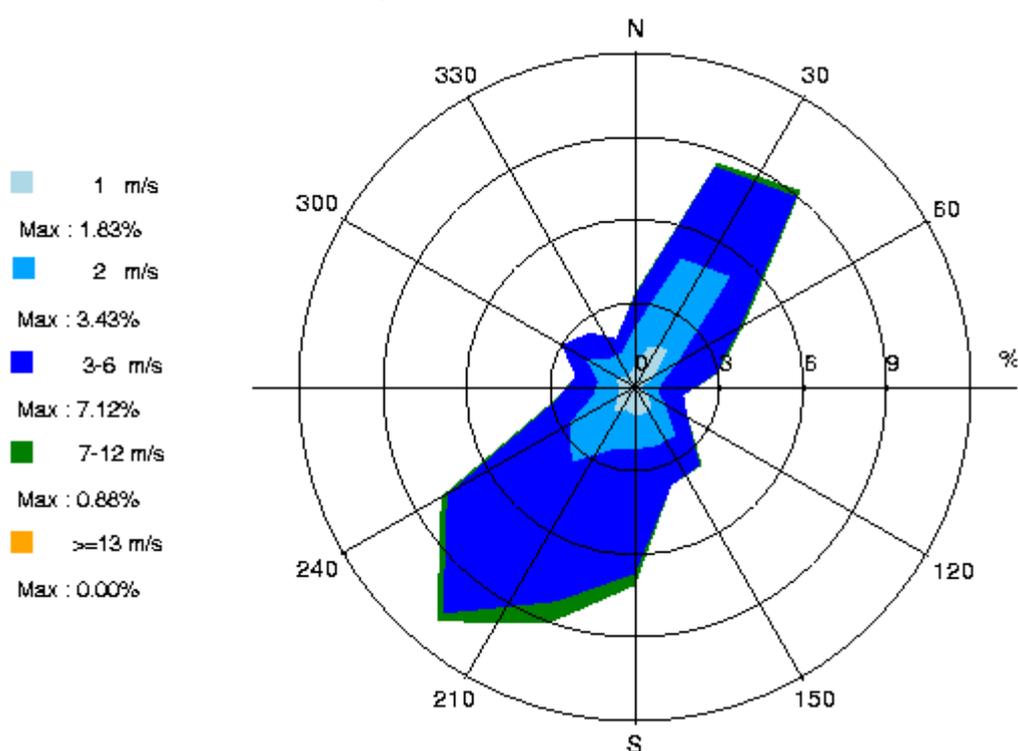
6.1.3 Météorologie

Les données météorologiques proviennent de la station météorologique de Le Luart pour les données de vent (vitesse et direction), de température et de pluie, ainsi que de la station de Le Mans pour les données de nébulosité (cf. paragraphe 4.5).

Les données météorologiques utilisées sont des mesures trihoraires (1 mesure toutes les 3 heures). Ce fichier comporte trois années de mesures : du 01/01/2018 au 31/12/2020. Ce choix correspond aux recommandations des instances administratives (DREAL, DDASS) : en effet, l'INERIS conseille d'utiliser des données horaires ou trihoraires sur 3 ans minimum dans son guide méthodologique relatif aux évaluations des risques sanitaires¹³.

L'analyse détaillée de ces données est présentée au paragraphe 4.5. La Figure 24 rappelle la rose des vents sur les trois années retenues pour cette étude.

Figure 24 : roses des vents



6.1.4 Emissions

Les émissions prises en compte correspondent aux émissions estimées, présentées au paragraphe 1.

¹³ « Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions des substances chimiques par les installations classées », INERIS, août 2013.

6.2 Détermination des concentrations dans l'air et des dépôts au sol

6.2.1 Présentation du logiciel de dispersion et paramétrages

6.2.1.1 Présentation générale du logiciel

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.

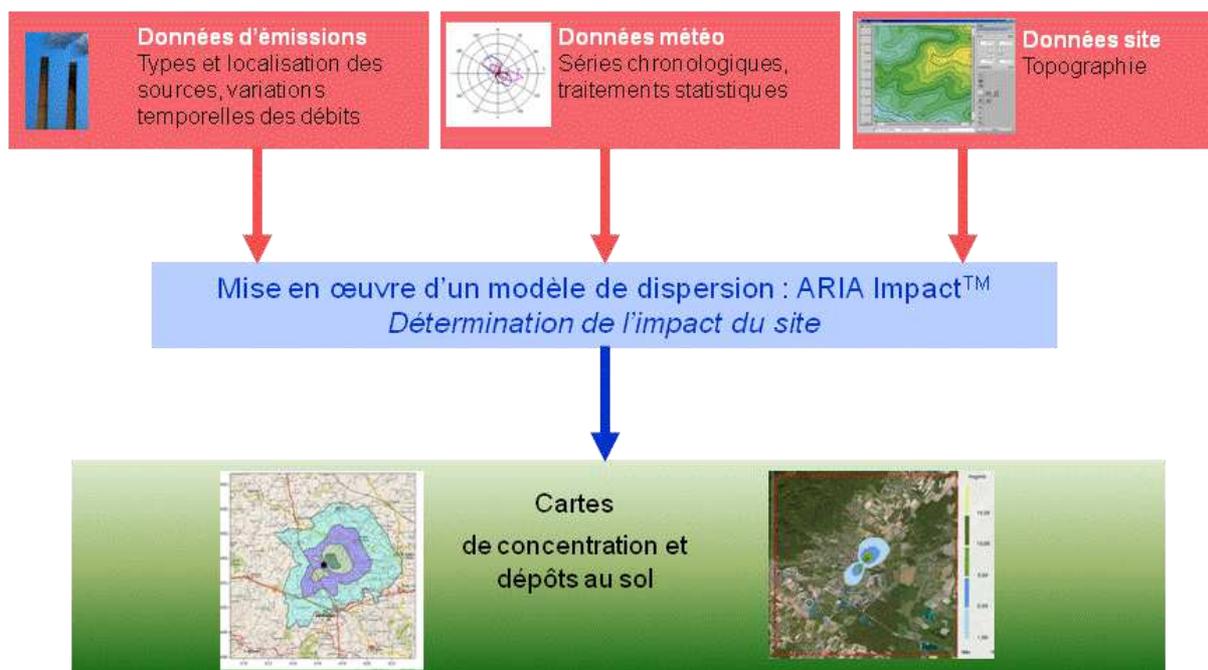
Sans être un modèle tridimensionnel, ARIA Impact peut prendre en compte la topographie de manière simplifiée.

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 et remis à jour en septembre 2021).

Une description détaillée du modèle est présentée en Annexe 1.

Le diagramme ci-dessous schématise la méthodologie.

Figure 25 : méthodologie du logiciel ARIA Impact



6.2.1.2 Paramétrages du modèle de dispersion

Les hypothèses de calcul suivantes ont été prises en compte :

- une prise en compte simplifiée de la topographie ;
- un modèle de dispersion selon les écarts-types de Pasquill (modèle standard adapté pour les sites ruraux) ;
- une surélévation du panache due à la vitesse d'éjection et à la température des fumées suivant la formulation de Briggs ;
- le calcul des dépôts au sol liés à la chute gravitaire des particules (dépôts secs) et au lessivage du panache par la pluie (dépôts humides) ;
- une maille de calcul de 50 mètres ;
- les émissions présentées au paragraphe 1.

6.2.1.2.1 Calcul des dépôts au sol

Concernant les calculs de dépôts au sol, les calculs prennent en compte les dépôts secs et humides 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.

6.2.1.2.2 Caractéristiques des substances

Le Tableau 55 résume les valeurs utilisées dans le cadre de cette étude pour le calcul des dépôts.

Tableau 55 : paramètres de calcul des dépôts pour chacune des substances étudiées

Polluant	Phase du polluant	Vitesse de dépôt sec (m/s)	Coefficient de lessivage (s^{-1})	Diamètre de particules	Source biblio.
NO ₂ , SO ₂ , H ₂ S, NH ₃ , COV	Gaz	0	1,0.10 ⁻⁵	0	-
PM10	Particules	1,3.10 ⁻²	4,0.10 ⁻⁴	10	[3]
PM2.5	Particules	6.10 ⁻³	8,0.10 ⁻⁵	2,5	[3]
Benzo(a)pyrène, Naphtalène	Particules	5,0.10 ⁻⁴	1,0.10 ⁻⁵	1,3	[2]
Arsenic	Particules	2,2.10 ⁻³	5,0.10 ⁻⁵	5	[1]
Cadmium	Particules	4,5.10 ⁻³	7,0.10 ⁻⁵	5	[1]
Chrome	Particules	5.10 ⁻³	5,0.10 ⁻⁵	5	[1]
Cobalt	Particules	4,1.10 ⁻³	5,0.10 ⁻⁵	5	[1]
Manganèse	Particules	5,6.10 ⁻³	5,0.10 ⁻⁵	5	[1]
Nickel	Particules	4,5.10 ⁻³	5,0.10 ⁻⁵	5	[1]
Plomb	Particules	3.10 ⁻³	3,3.10 ⁻⁵	5	[1]

[1] « Empirical atmospheric deposition parameters – a survey », T.A. McMahon, P. J. Denison, Atmospheric Environment Vol 13 (1979), 571-585.

[2] "Atmospheric particle size distributions of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans (PCDD/Fs) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and their implications for wet and dry deposition", Heike Kaupp, Mickael S. McLachlan, Atmospheric Environment Vol 33 (1999), 85-95.

[3] Underwood, AEA Technology, Harwell, 2001 : Review of Deposition Velocity and washout coefficient.

6.2.2 Présentation des résultats

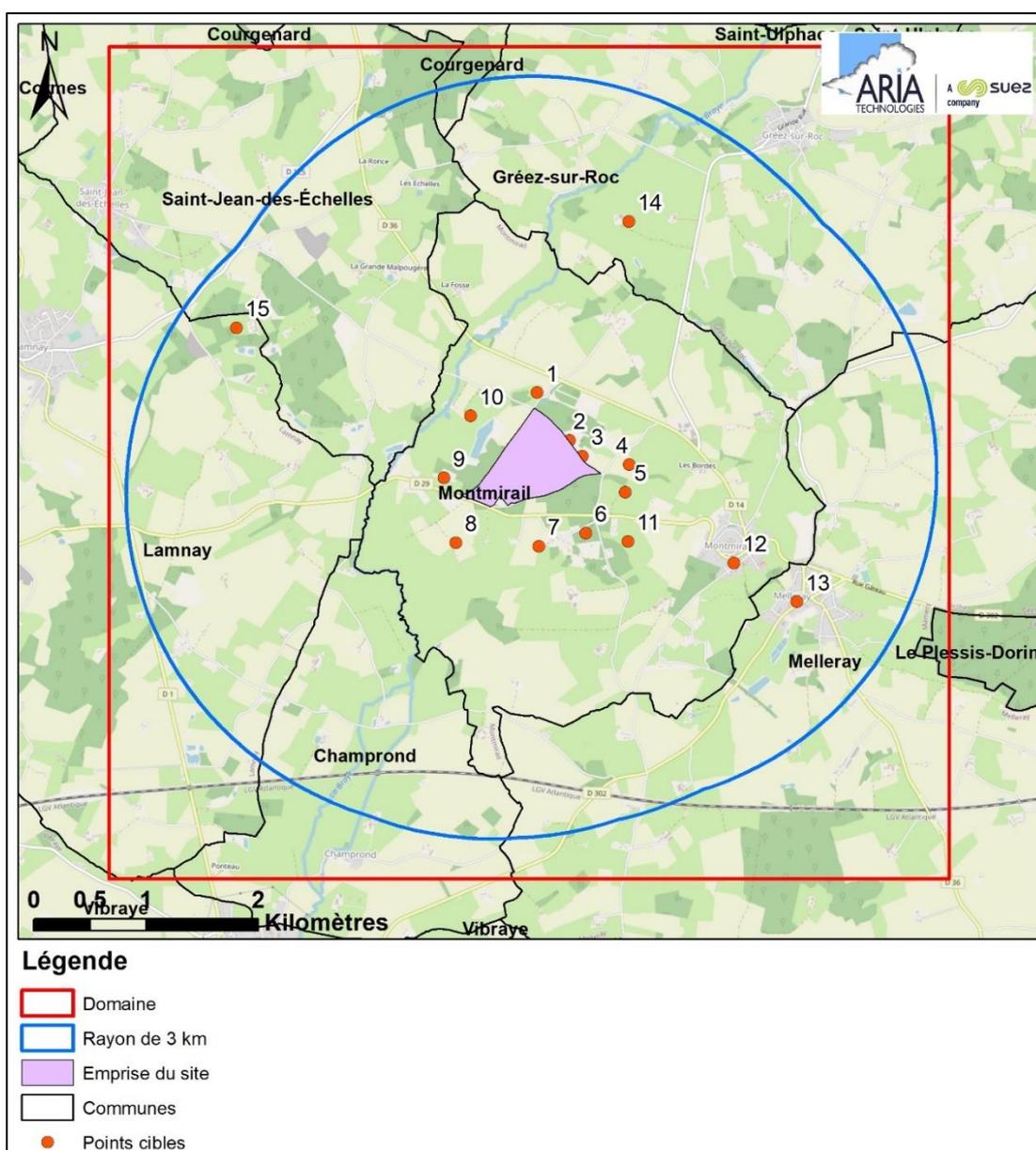
Les résultats sont exprimés sous forme de :

- 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ⁽¹⁴⁾ et le $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$ pour les dépôts au sol.

Les résultats sont également présentés au niveau de points d'intérêt (habitations les plus proches du site dans chaque direction, maison de retraite, école et équipements sportifs extérieurs) présentés sur la Figure 26 et dans le Tableau 56.

Figure 26 : localisation des points d'intérêt



¹⁴ microgramme de polluant par mètre cube d'air. $1 \mu\text{g} = 1.10^{-6} \text{ g}$

Tableau 56 : points d'intérêt retenus

Id	Nom	Distance au site (m)
1	Habitation au nord - Montmirail	150
2	Habitation au nord-est - Montmirail	10
3	Habitation au nord-est 2 - Montmirail	10
4	Habitation à l'est - Montmirail	270
5	Habitation à l'est 2 - Montmirail	270
6	Habitation au sud-est - Montmirail	450
7	Habitation au sud - Montmirail	440
8	Habitation au sud-ouest - Montmirail	420
9	Habitation à l'ouest - Montmirail	220
10	Habitation au nord-ouest - Montmirail	420
11	Hippodrome de la Croix Verte - Montmirail	660
12	EHPAD L'Arc en Ciel - Montmirail	1 440
13	Ecole élémentaire publique - Melleray	2 110
14	Centre équestre du Pic – Gréez-sur-Roc	1 890
15	Ecurie Blery - Lamnay	2 510

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 57 rappelle les valeurs réglementaires pour la qualité de l'air¹⁵ pour les substances prises en compte dans cette étude.

Tableau 57 : réglementation en vigueur en France pour la santé humaine

Substance	Valeurs limites	Objectifs de qualité	Valeur cible (en moyenne annuelle)
NO ₂	En moyenne annuelle : depuis le 01/01/2010 : 40 µg/m ³ . En moyenne horaire : depuis le 01/01/2010 : 200 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 18 heures par an (centile 99.8)	-	-
SO ₂	En moyenne journalière : 125 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 3 jours par an (centile 99.2) En moyenne horaire : 350 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 24 heures par an (centile 99.7)	En moyenne annuelle : 50 µg/m ³	-
PM10 (Particules fines de diamètre inférieur ou égal à 10 micromètres)	En moyenne annuelle : depuis le 01/01/05 : 40 µg/m ³ . En moyenne journalière : depuis le 01/01/2005 : 50 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an (centile 90.4)	En moyenne annuelle : 30 µg/m ³	-
Benzène	En moyenne annuelle : depuis le 01/01/2010 : 5 µg/m ³ .	En moyenne annuelle : 2 µg/m ³ .	-
PM2.5 (Particules fines de diamètre inférieur ou égal à 2,5 µm)	En moyenne annuelle : 25 µg/m ³ depuis l'année 2015	En moyenne annuelle : 10 µg/m ³	20 µg/m ³
Arsenic	-	-	6 ng/m ³
Cadmium	-	-	5 ng/m ³
Nickel	-	-	20 ng/m ³
Plomb	En moyenne annuelle : depuis le 01/01/02 : 0,5 µg/m ³	En moyenne annuelle : 0,25 µg/m ³	-
Benzo(a)pyrène	-	-	1 ng/m ³

- **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.

¹⁵ 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).

6.2.4 Réglementation relative aux dépôts au sol

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 Suisse¹⁶ : 200 mg/m²/jour
- l'Allemagne¹⁷ : 350 mg/ m²/jour

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" en PM10 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/m²/jour.

6.2.5 Concentrations moyennes annuelles

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

Le Tableau 58 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 en bordure du site ;
- au niveau de la zone de culture la plus exposée ;
- au niveau des points cibles présentés précédemment (cf. Figure 26) correspondant aux premières habitations et points sensibles.

Pour l'ensemble des substances étudiées mis à part les PM2.5, **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 inférieures aux valeurs limites françaises de la qualité de l'air**. L'objectif de qualité pour les PM2.5 est quant à lui atteint en bordure de site (zone inhabitée).

Parmi les points cibles étudiés, le point n°8 (Habitation au sud-ouest - Montmirail) est le plus exposé pour le 1,2 dichloroéthane et le H₂S, le point n°3 (Habitation au nord-est 2 - Montmirail) est le plus exposé pour les NOx, et le point n°2 (Habitation au nord-est - Montmirail) est le plus exposé pour toutes les autres substances.

Aux points géographiques les plus exposés en dehors des limites de site, situés en bordure de site, zones non habitées, les concentrations moyennes annuelles calculées représentent au maximum :

- Moins de 1 % de la valeur cible pour l'arsenic et le cadmium ;
- 3 % de la valeur cible pour le benzo(a)pyrène ;
- 85 % de la valeur cible pour le nickel ;
- Moins de 1 % de l'objectif de qualité pour le plomb ;
- 2 % de l'objectif de qualité pour le SO₂ ;
- 6 % de l'objectif de qualité pour le benzène ;
- 39 % de l'objectif de qualité pour les poussières assimilées à des PM10 ;
- 55 % de l'objectif de qualité pour les oxydes d'azote assimilés à du NO₂ ;

¹⁶ « Les poussières fines en Suisse - Rapport de la Commission Fédérale de l'Hygiène de l'Air (CFHA) », CFHA, Berne, 2007.

¹⁷ Valeurs guides allemandes (TA Luft 2002).

- 54 % de la valeur cible et 43 % de la valeur limite pour les poussières assimilées à des PM2.5, l'objectif de qualité est quant à lui atteint ;

Il n'existe pas de valeurs réglementaires de la qualité de l'air en France pour les autres substances.

Les Figure 27 et Figure 28 présentent les cartes de concentration en moyenne annuelle sur le domaine d'étude pour le H₂S et les PM10. Les aplats colorés montrent les zones où les concentrations au niveau du sol sont comprises entre deux valeurs, par exemple, les zones en « bleu clair » sur la Figure 27 correspondent à des concentrations en H₂S comprises entre 0,05 et 0,1 µg/m³. Les cartes pour les autres polluants sont présentées en Annexe 2.

Les cartographies montrent que 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.

Tableau 58 : concentrations en moyenne annuelle

Unité		Concentrations moyennes annuelles								
		Acétaldéhyde µg/m ³	Arsenic µg/m ³	Benzo(a)pyrène µg/m ³	Benzène µg/m ³	Cadmium µg/m ³	Chrome µg/m ³	Cobalt µg/m ³	1,2 dichloroéthane µg/m ³	H ₂ S µg/m ³
Point le plus exposé en dehors des limites du site (en bordure du site – zone non habitée)		3,7E-02	5,0E-06	2,8E-05	1,2E-01	2,4E-05	1,2E-02	1,7E-04	2,5E-02	2,2E+00
Zone de culture la plus exposée		1,5E-02	5,0E-06	7,0E-06	1,0E-01	2,4E-05	1,2E-02	1,7E-04	2,5E-02	2,2E+00
1	Habitation au nord - Montmirail	9,8E-04	1,4E-06	2,1E-06	8,6E-03	6,1E-06	3,1E-03	4,4E-05	1,3E-03	1,3E-01
2	Habitation au nord-est - Montmirail	1,8E-03	3,5E-06	9,5E-06	1,6E-02	1,6E-05	7,9E-03	1,1E-04	1,1E-03	1,9E-01
3	Habitation au nord-est 2 - Montmirail	1,1E-03	1,6E-06	7,5E-06	1,1E-02	7,2E-06	3,6E-03	5,2E-05	6,3E-04	9,5E-02
4	Habitation à l'est - Montmirail	3,5E-04	6,5E-07	8,5E-07	2,9E-03	2,9E-06	1,5E-03	2,1E-05	2,6E-04	3,0E-02
5	Habitation à l'est 2 - Montmirail	3,0E-04	7,7E-07	8,4E-07	2,9E-03	3,4E-06	1,7E-03	2,5E-05	2,4E-04	2,9E-02
6	Habitation au sud-est - Montmirail	7,5E-04	8,6E-07	8,3E-07	4,3E-03	3,9E-06	1,9E-03	2,8E-05	4,4E-04	4,4E-02
7	Habitation au sud - Montmirail	7,4E-04	9,9E-07	1,9E-06	6,4E-03	4,4E-06	2,2E-03	3,2E-05	7,0E-04	7,4E-02
8	Habitation au sud-ouest - Montmirail	1,2E-03	5,7E-07	1,8E-06	2,0E-02	2,6E-06	1,3E-03	1,9E-05	4,6E-03	4,2E-01
9	Habitation à l'ouest - Montmirail	4,2E-04	3,0E-07	7,0E-07	7,1E-03	1,3E-06	6,6E-04	9,6E-06	1,6E-03	1,4E-01
10	Habitation au nord-ouest - Montmirail	7,2E-04	4,9E-07	8,5E-07	7,0E-03	2,2E-06	1,1E-03	1,6E-05	1,4E-03	1,3E-01
11	Hippodrome de la Croix Verte - Montmirail	3,5E-04	6,2E-07	4,7E-07	2,5E-03	2,7E-06	1,4E-03	2,0E-05	2,5E-04	2,5E-02
12	EHPAD L'Arc en Ciel - Montmirail	1,1E-04	2,1E-07	1,9E-07	9,2E-04	9,1E-07	4,5E-04	6,7E-06	9,8E-05	1,0E-02
13	Ecole élémentaire publique - Melleray	8,4E-05	1,4E-07	1,3E-07	6,5E-04	5,8E-07	2,9E-04	4,3E-06	7,5E-05	7,8E-03
14	Centre équestre du Pic – Grééz-sur-Roc	2,1E-04	3,2E-07	3,5E-07	1,7E-03	1,4E-06	6,9E-04	1,0E-05	2,4E-04	2,4E-02
15	Ecurie Blery - Lamnay	7,8E-05	7,5E-08	8,2E-08	6,1E-04	3,3E-07	1,6E-04	2,4E-06	1,0E-04	9,5E-03
Rappel de la réglementation :										
Objectif de qualité		-	-	-	2	-	-	-	-	-
Valeur cible		-	6.10 ⁻³	1.10 ⁻³	-	5.10 ⁻³	-	-	-	-
Valeur limite		-	-	-	5	-	-	-	-	-

Unité		Concentrations moyennes annuelles								
		Manganèse µg/m ³	Naphtalène µg/m ³	NH ₃ µg/m ³	Nickel µg/m ³	NOx µg/m ³	Plomb µg/m ³	PM10 µg/m ³	PM2.5 µg/m ³	SO ₂ µg/m ³
Point le plus exposé en dehors des limites du site (en bordure du site – zone non habitée)		1,1E-02	5,0E-02	8,2E+00	1,7E-02	2,2E+01	2,9E-04	1,2E+01	1,1E+01	1,0E+00
Zone de culture la plus exposée		1,1E-02	2,8E-02	4,7E+00	1,7E-02	2,2E+01	2,6E-04	7,8E+00	7,8E+00	7,8E-01
1	Habitation au nord - Montmirail	2,8E-03	1,9E-03	3,5E-01	4,4E-03	2,1E+00	6,2E-05	1,5E+00	1,3E+00	2,3E-01
2	Habitation au nord-est - Montmirail	7,4E-03	3,5E-03	7,0E-01	1,1E-02	6,7E+00	1,5E-04	3,9E+00	3,2E+00	4,6E-01
3	Habitation au nord-est 2 - Montmirail	3,4E-03	2,1E-03	4,0E-01	5,2E-03	6,8E+00	7,2E-05	2,4E+00	1,9E+00	2,3E-01
4	Habitation à l'est - Montmirail	1,4E-03	6,7E-04	1,3E-01	2,1E-03	9,7E-01	2,9E-05	6,2E-01	5,7E-01	1,9E-01
5	Habitation à l'est 2 - Montmirail	1,6E-03	5,7E-04	1,2E-01	2,5E-03	9,7E-01	3,3E-05	6,3E-01	6,2E-01	2,9E-01
6	Habitation au sud-est - Montmirail	1,8E-03	1,4E-03	2,6E-01	2,8E-03	1,3E+00	4,0E-05	8,6E-01	8,2E-01	2,1E-01
7	Habitation au sud - Montmirail	2,1E-03	1,4E-03	2,6E-01	3,2E-03	2,6E+00	4,5E-05	1,3E+00	1,1E+00	3,0E-01
8	Habitation au sud-ouest - Montmirail	1,2E-03	2,3E-03	3,9E-01	1,9E-03	1,3E+00	3,2E-05	1,7E+00	1,7E+00	1,1E-01
9	Habitation à l'ouest - Montmirail	6,1E-04	7,9E-04	1,4E-01	9,5E-04	5,3E-01	1,5E-05	7,1E-01	6,8E-01	6,0E-02
10	Habitation au nord-ouest - Montmirail	1,0E-03	1,4E-03	2,4E-01	1,6E-03	1,1E+00	2,5E-05	8,3E-01	7,7E-01	7,9E-02
11	Hippodrome de la Croix Verte - Montmirail	1,3E-03	6,6E-04	1,3E-01	2,0E-03	7,4E-01	2,7E-05	4,9E-01	5,2E-01	1,5E-01
12	EHPAD L'Arc en Ciel - Montmirail	4,1E-04	2,2E-04	4,2E-02	6,6E-04	2,5E-01	9,2E-06	1,5E-01	1,7E-01	7,0E-02
13	Ecole élémentaire publique - Melleray	2,6E-04	1,6E-04	3,0E-02	4,2E-04	1,7E-01	6,0E-06	9,1E-02	1,1E-01	4,1E-02
14	Centre équestre du Pic – Grééz-sur-Roc	6,4E-04	4,1E-04	7,7E-02	1,0E-03	3,9E-01	1,4E-05	2,6E-01	2,8E-01	9,7E-02
15	Ecurie Blery - Lamnay	1,5E-04	1,5E-04	2,7E-02	2,4E-04	1,1E-01	3,5E-06	7,1E-02	7,8E-02	1,7E-02
Rappel de la réglementation :										
Objectif de qualité		-	-	-	-	40	0,25	30	10	50
Valeur cible		-	-	-	0,02	-	-	-	20	-
Valeur limite		-	-	-	-	40	0,5	40	25	-

Figure 27 : carte de concentration en moyenne annuelle en H₂S

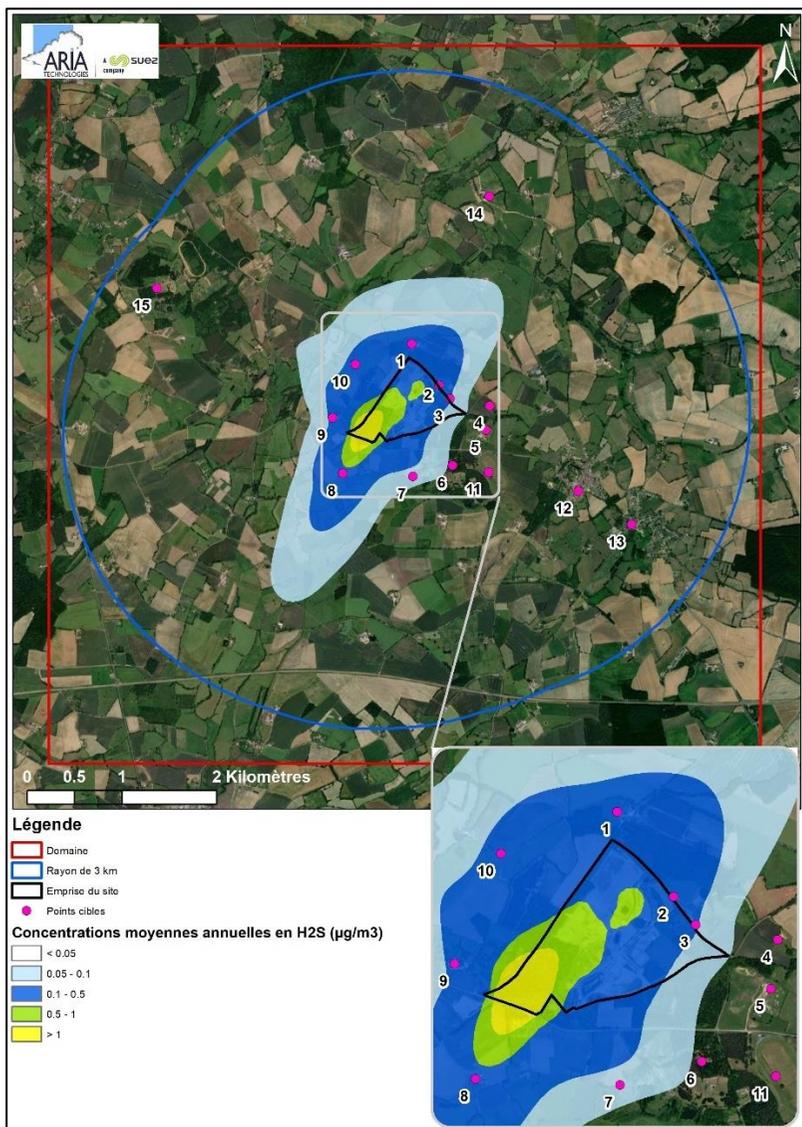
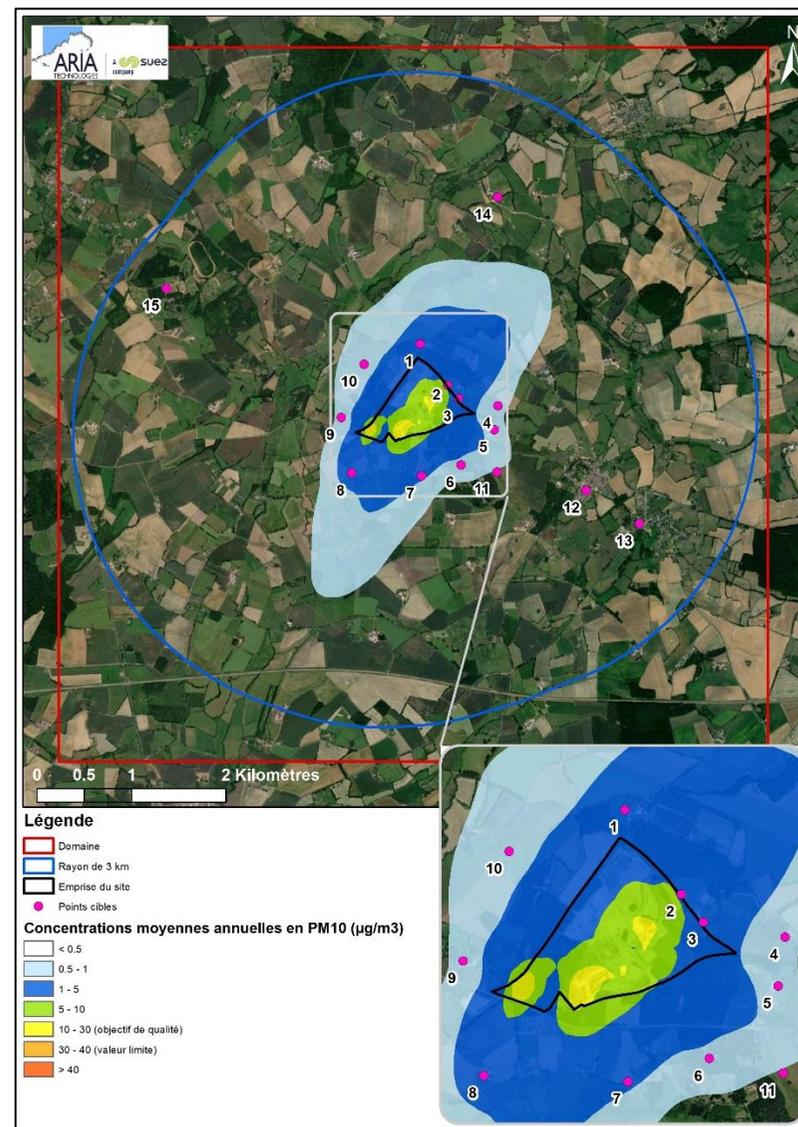


Figure 28 : carte de concentration en moyenne annuelle en PM₁₀



6.2.6 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, le naphthalène et le benzo(a)pyrène sont les substances pouvant se déposer sur le sol.

Le Tableau 59 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 non habitées en bordure du site ;
- au niveau de la zone de culture la plus exposée ;
- au niveau des points cibles présentés précédemment (cf. Figure 26) correspondant aux premières habitations et points sensibles.

Les valeurs obtenues pour les poussières (PM10) au niveau de la zone la plus exposée du domaine d'étude en dehors des limites du site ($0,12 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$ soit $11 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{j}$) sont très inférieures aux valeurs limites admissibles en Suisse ($200 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{j}$) ou en Allemagne ($350 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{j}$).

La Figure 29 présente la carte des dépôts pour les PM10 sur le domaine d'étude. Les cartes pour les autres substances sont présentées en Annexe 3. La zone de dépôts la plus importante est située sur le site. Les dépôts diminuent rapidement au fur et à mesure que l'on s'éloigne du site.

Figure 29 : dépôts au sol moyens annuels en PM10

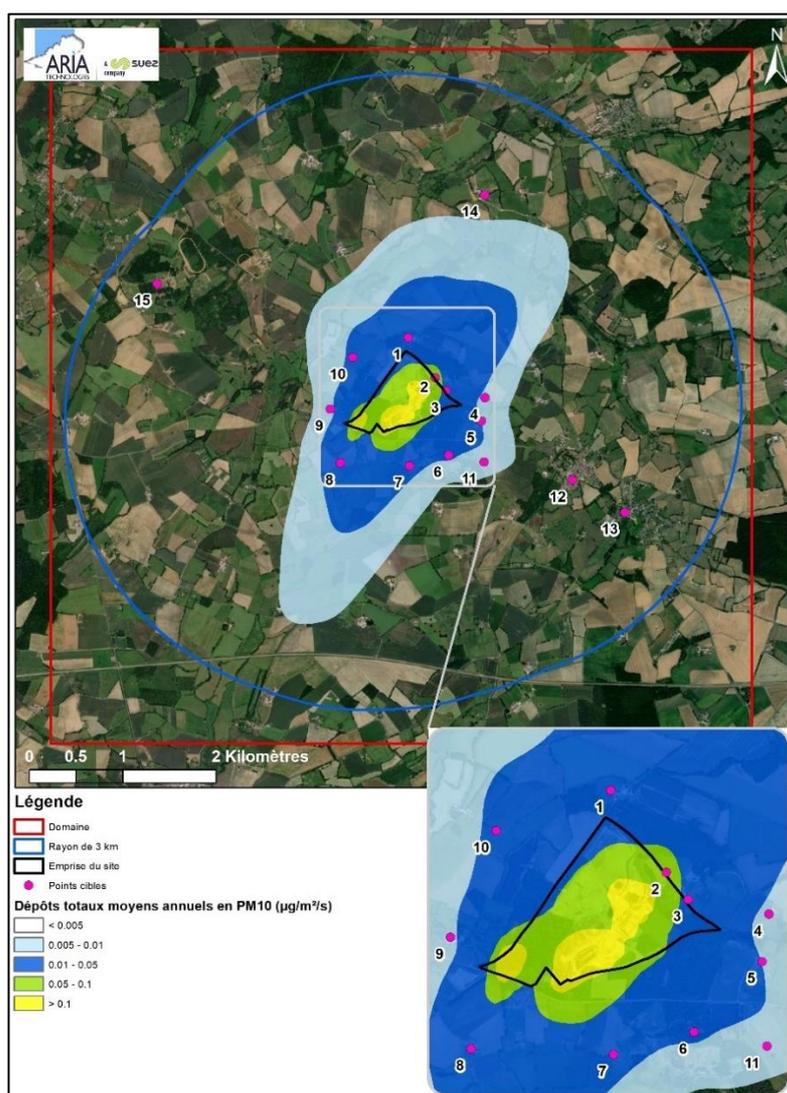


Tableau 59 : flux de dépôts totaux au sol moyens annuels

Unité		Dépôts totaux										
		Arsenic µg/m ² /s	Benzo(a)pyrène µg/m ² /s	Cadmium µg/m ² /s	Chrome µg/m ² /s	Cobalt µg/m ² /s	Manganèse µg/m ² /s	Naphtalène µg/m ² /s	Nickel µg/m ² /s	Plomb µg/m ² /s	PM10 µg/m ² /s	PM2.5 µg/m ² /s
Point le plus exposé en dehors des limites du site (en bordure du site – zone non habitée)		1,1E-08	1,4E-08	1,0E-07	6,0E-05	1,0E-06	6,2E-05	2,5E-05	7,8E-05	1,0E-06	1,2E-01	6,6E-02
Zone de culture la plus exposée		1,1E-08	4,0E-09	1,0E-07	6,0E-05	1,0E-06	6,2E-05	1,4E-05	7,8E-05	1,0E-06	1,2E-01	4,0E-02
1	Habitation au nord - Montmirail	3,3E-09	1,1E-09	3,0E-08	1,6E-05	1,9E-07	1,7E-05	1,1E-06	2,1E-05	2,0E-07	2,1E-02	8,5E-03
2	Habitation au nord-est - Montmirail	8,5E-09	4,9E-09	7,6E-08	4,1E-05	4,9E-07	4,3E-05	1,9E-06	5,4E-05	4,9E-07	5,6E-02	2,0E-02
3	Habitation au nord-est 2 - Montmirail	4,0E-09	3,9E-09	3,5E-08	1,9E-05	2,3E-07	2,0E-05	1,1E-06	2,5E-05	2,3E-07	3,5E-02	1,2E-02
4	Habitation à l'est - Montmirail	1,6E-09	4,5E-10	1,4E-08	7,6E-06	9,1E-08	7,8E-06	3,7E-07	9,9E-06	9,0E-08	8,7E-03	3,6E-03
5	Habitation à l'est 2 - Montmirail	1,8E-09	4,5E-10	1,6E-08	8,9E-06	1,1E-07	9,2E-06	3,2E-07	1,2E-05	1,0E-07	9,1E-03	3,9E-03
6	Habitation au sud-est - Montmirail	2,0E-09	4,4E-10	1,8E-08	9,7E-06	1,2E-07	1,0E-05	7,5E-07	1,3E-05	1,2E-07	1,2E-02	5,1E-03
7	Habitation au sud - Montmirail	2,5E-09	9,8E-10	2,2E-08	1,2E-05	1,4E-07	1,2E-05	7,2E-07	1,6E-05	1,5E-07	1,7E-02	6,8E-03
8	Habitation au sud-ouest - Montmirail	1,4E-09	9,1E-10	1,2E-08	6,6E-06	7,9E-08	6,8E-06	1,2E-06	8,6E-06	9,9E-08	2,3E-02	1,0E-02
9	Habitation à l'ouest - Montmirail	6,7E-10	3,7E-10	6,1E-09	3,3E-06	4,0E-08	3,5E-06	4,2E-07	4,4E-06	4,6E-08	9,6E-03	4,2E-03
10	Habitation au nord-ouest - Montmirail	1,2E-09	4,5E-10	1,0E-08	5,6E-06	6,7E-08	5,8E-06	7,6E-07	7,3E-06	7,7E-08	1,2E-02	4,8E-03
11	Hippodrome de la Croix Verte - Montmirail	1,5E-09	2,5E-10	1,3E-08	7,0E-06	8,5E-08	7,3E-06	3,6E-07	9,2E-06	8,5E-08	7,0E-03	3,3E-03
12	EHPAD L'Arc en Ciel - Montmirail	5,3E-10	1,1E-10	4,5E-09	2,4E-06	3,0E-08	2,5E-06	1,2E-07	3,2E-06	3,0E-08	2,2E-03	1,1E-03
13	Ecole élémentaire publique - Melleray	3,4E-10	7,2E-11	2,8E-09	1,5E-06	1,9E-08	1,5E-06	9,0E-08	2,0E-06	1,9E-08	1,3E-03	7,0E-04
14	Centre équestre du Pic – Grévez-sur-Roc	8,4E-10	2,1E-10	7,1E-09	3,8E-06	4,6E-08	3,9E-06	2,4E-07	5,0E-06	4,7E-08	4,0E-03	1,9E-03
15	Ecurie Blery - Lamnay	1,8E-10	4,5E-11	1,6E-09	8,4E-07	1,0E-08	8,6E-07	7,8E-08	1,1E-06	1,1E-08	9,9E-04	4,9E-04

7. EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES LIES AUX REJETS ATMOSPHERIQUES

7.1 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 projet. Ces résultats serviront dans le cadre de cette étude pour estimer les expositions des populations vivant autour du site.

7.1.1 Scénarios d'exposition retenus

Compte tenu des rejets des installations du site, des usages et des populations avoisinantes, les voies d'exposition retenues sont les suivantes (cf. schéma conceptuel d'exposition au paragraphe 4.7) :

- 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 ».

L'étude porte sur des expositions chroniques, c'est-à-dire des expositions récurrentes ou continues pendant plusieurs années. La durée d'exposition des populations habitant à proximité du site a été prise égale à 50 ans. Cette durée d'exposition est celle préconisée par le guide de l'ASTEE¹⁸ qui correspond à la durée d'exploitation du site (20 ans) ajoutée de la durée de post-exploitation (30 ans). De plus, cette hypothèse est majorante puisque les camions et engins pris en compte dans le calcul des émissions ne circuleront plus pendant la phase de post-exploitation.

Tableau 60 : 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 50 ans
Valeur retenue pour l'exposition par inhalation	Concentration au niveau de la zone habitée la plus exposée (point n°2 « Habitation au nord-est – Montmirail », point n°3 « Habitation au nord-est 2 - Montmirail » ou point n°8 « Habitation au sud-ouest – Montmirail » selon les traceurs de risque)
Valeur retenue pour l'exposition par ingestion	Ingestion directe Dépôts au niveau de la zone habitée la plus exposée (point n°2 « Habitation au nord-est – Montmirail ») Ingestion indirecte Dépôts au niveau de la zone de culture la plus exposée en dehors des limites de site (zone plus exposée que la zone habitée la plus exposée : hypothèse majorante), mis à part pour le BaP, où le point n°2 « Habitation au nord-est – Montmirail » est plus exposé que la zone de culture la plus exposée

¹⁸ « Guide pour l'évaluation du risque sanitaire dans le cadre de l'étude d'impact d'une installation de stockage de déchets ménagers et assimilés », Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement, février 2005.

Le Tableau 61 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.

Cas du chrome : le chrome total est composé du chrome VI et du chrome III.

- pour l'exposition par inhalation : d'après l'inventaire des émissions, les émissions de chrome proviennent des évaporateurs de lixiviats. D'après des mesures sur un site similaire, le chrome VI représente en moyenne 0,5% du chrome total dans les lixiviats, avec une valeur maximale de 1,1%. Pour le calcul des risques par inhalation, on considère que le chrome VI représente 2% du chrome total, et que le chrome III représente 98% du chrome total.
- pour l'exposition par ingestion : dans les sols, le chrome se trouve essentiellement sous la forme +III et peu sous la forme +VI (INERIS, 2005). C'est pourquoi le chrome total a été assimilé à du chrome III pour le calcul des risques par ingestion.

Tableau 61 : concentrations et dépôts retenus pour le scénario d'exposition retenu

SCENARIO HABITANT MAJORANT		
Lieu	Zone habitée la plus exposée	
Concentrations en moyenne annuelle (exposition chronique par inhalation)		
Arsenic	µg/m ³	3,5E-06
B(a)P	µg/m ³	9,5E-06
Benzène	µg/m ³	1,6E-02
Cadmium	µg/m ³	1,6E-05
Acétaldéhyde	µg/m ³	1,8E-03
Chrome	µg/m ³	7,9E-03
Chrome III	µg/m ³	7,7E-03
Chrome VI	µg/m ³	1,6E-04
Cobalt	µg/m ³	1,1E-04
1,2 dichloroéthane	µg/m ³	4,6E-03
Naphtalène	µg/m ³	3,5E-03
NH ₃	µg/m ³	7,0E-01
H ₂ S	µg/m ³	4,2E-01
Nickel	µg/m ³	1,1E-02
NOx assimilés au NO ₂	µg/m ³	6,8E+00
Plomb	µg/m ³	1,5E-04
PM ₁₀	µg/m ³	3,9E+00
PM _{2.5}	µg/m ³	3,2E+00
SO ₂	µg/m ³	4,6E-01
Manganèse	µg/m ³	7,4E-03
Dépôts totaux au sol (exposition chronique par ingestion)		
Arsenic	µg/m ² /s	1,1E-08
B(a)P	µg/m ² /s	4,0E-09
Cadmium	µg/m ² /s	1,0E-07
Chrome III	µg/m ² /s	6,0E-05
Cobalt	µg/m ² /s	1,0E-06
Naphtalène	µg/m ² /s	1,4E-05
Nickel	µg/m ² /s	7,8E-05
Plomb	µg/m ² /s	1,0E-06
Manganèse	µg/m ² /s	6,2E-05
PM ₁₀	µg/m ² /s	1,2E-01
PM _{2.5}	µg/m ² /s	4,0E-02

7.1.2 Exposition par inhalation

7.1.2.1 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 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Ci : concentration de polluant dans l'air au lieu i ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

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

Tableau 62 : concentrations moyennes inhalées (CI)

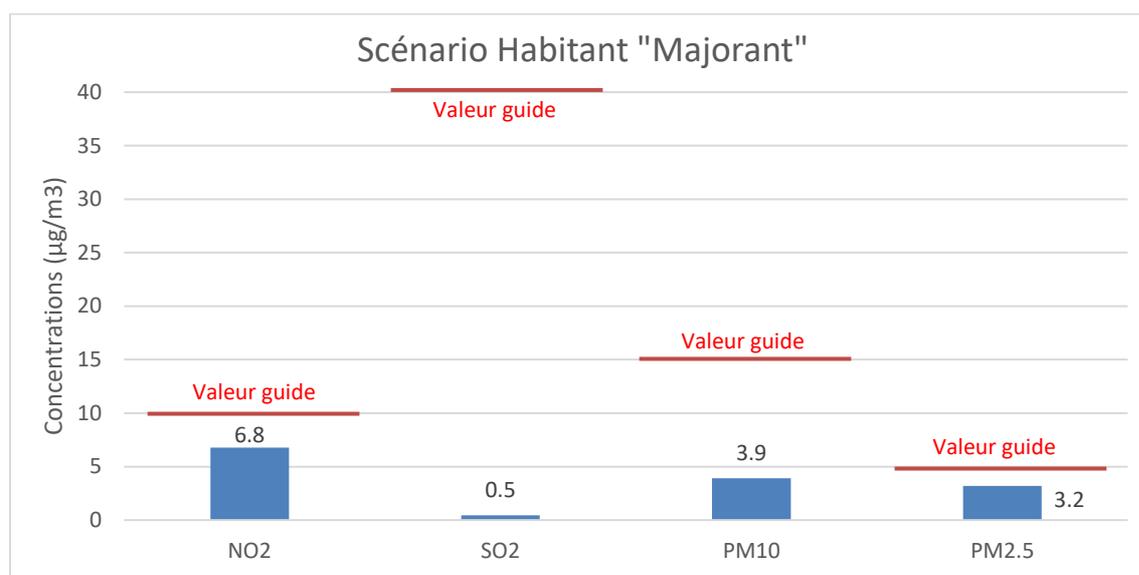
Substances	Unité	SCENARIO HABITANT MAJORANT
Arsenic	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3,5E-06
B(a)P	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	9,5E-06
Benzène	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,6E-02
Cadmium	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,6E-05
Acétaldéhyde	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,8E-03
Chrome	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	7,9E-03
Chrome III	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	7,7E-03
Chrome VI	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,6E-04
Cobalt	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,1E-04
1,2 dichloroéthane	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	4,6E-03
Naphtalène	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3,5E-03
NH ₃	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	7,0E-01
H ₂ S	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	4,2E-01
Nickel	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,1E-02
NOx assimilés au NO ₂	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	6,8E+00
Plomb	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,5E-04
PM ₁₀	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3,9E+00
PM _{2,5}	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3,2E+00
SO ₂	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	4,6E-01
Manganèse	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	7,4E-03

7.1.2.2 Comparaison des concentrations aux valeurs guides OMS

Les NO_x (assimilés au NO₂), le SO₂ et les poussières (PM₁₀ et PM_{2.5}) 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 30 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 30 : comparaison avec les valeurs guides de l'OMS – risques chroniques



7.1.3 Exposition par ingestion

Il existe pour certains éléments comme les métaux et les HAP 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.

7.1.3.1 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.

7.1.3.2 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)¹⁹.

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

¹⁹ EPA. Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion facilities. July 1998. EPA530-D-98-001A.

7.1.3.3 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'INERIS²⁰ et utilisées dans le logiciel MODUL'ERS pour chaque catégorie d'âge (cf. Tableau 63).

Tableau 63 : 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
Poids (kg)	7,6	12,4	17,8	28,7	47,2	60	70,4
Consommation de terre							
Quantité de terre ingérée (mg/j)	30	50	50	50	20	20	20
Consommation de légumes et fruits							
Quantité de fruit ingérée (g/j)	16	53	90	90	83	82	160
Quantité de tubercules ingérée (g/j)	18	52	46	46	58	60	58
Quantité de légume racine ingérée (g/j)	15	26	7	7	9	9	12
Quantité de légume feuille ingérée (g/j)	7	22	8	10	12	12	24
Quantité de légume fruit ingérée (g/j)	11	40	66	64	70	72	110
Consommation de produits d'origine animale							
Quantité de bœuf ingérée (g/j)	8,9	31,0	32,0	32,0	39,0	39,0	47,0
Quantité de porc ingérée (g/j)	0,3	22,0	25,0	25,0	32,0	34,0	40,0
Quantité de viande de volaille ingérée (g/j)	2,4	1,1	1,7	1,7	2,3	2,5	3,2
Quantité de produits laitiers ingérée (g/j)	0,1	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
Quantité d'œufs ingérée (g/j)	1,8	11,0	10,0	10,0	10,0	11,0	15,0

²⁰ Rapport INERIS-DRC-14-141968-11173C (juin 2017) – Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel MODUL'ERS.

Tableau 64 : fraction d'aliments auto-produits dans la zone d'étude (données INERIS)

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

Les Doses Journalières d'Exposition liées au projet ainsi calculées sont présentées dans le Tableau 65.

Tableau 65 : Dose Journalière d'Exposition totale pour chaque tranche d'âge – scénario habitant majorant

En mg/kg/jour	Arsenic	Cadmium	Chrome	Cobalt	Manganèse	Nickel	Plomb	BaP	Naphtalène
DJE Classe 1 : de 0 à 1 an	5,4E-09	7,2E-08	3,4E-05	7,7E-07	6,9E-05	4,6E-05	5,8E-07	8,5E-09	2,3E-05
DJE Classe 2 : de 1 à 3 ans	6,8E-09	1,0E-07	5,0E-05	1,2E-06	1,2E-04	7,1E-05	1,2E-06	1,5E-08	4,1E-05
DJE Classe 3 : de 3 à 6 ans	4,5E-09	7,2E-08	3,1E-05	7,5E-07	9,2E-05	4,5E-05	8,8E-07	9,0E-09	2,7E-05
DJE Classe 4 : de 6 à 11 ans	2,8E-09	4,5E-08	2,0E-05	4,7E-07	5,7E-05	2,8E-05	5,5E-07	5,6E-09	1,7E-05
DJE Classe 5 : de 11 à 15 ans	1,1E-09	2,3E-08	8,7E-06	2,5E-07	3,3E-05	1,3E-05	3,4E-07	3,0E-09	1,1E-05
DJE Classe 6 : de 15 à 18 ans	8,7E-10	1,9E-08	6,6E-06	2,0E-07	2,7E-05	1,0E-05	2,9E-07	2,2E-09	8,4E-06
DJE Enfant (moyenne)	3,6E-09	5,6E-08	2,5E-05	6,1E-07	6,6E-05	3,6E-05	6,4E-07	7,2E-09	2,1E-05
DJE Classe 7 : les plus de 18 ans	1,1E-09	2,3E-08	7,3E-06	2,2E-07	3,5E-05	1,2E-05	3,3E-07	2,3E-09	1,0E-05
DJE pondérée sur 45 ans	1,2E-09	2,1E-08	8,6E-06	2,3E-07	2,8E-05	1,3E-05	2,9E-07	2,6E-09	8,8E-06

7.2 Caractérisation 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.

7.2.1 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.

7.2.1.1 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 :

$$QD = \frac{\text{Inhalation } CI}{VTR_{AS,inh}} \qquad QD = \frac{\text{Ingestion } DJE}{VTR_{AS,ing}}$$

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.

7.2.1.2 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 :

$$ERI = \sum CI_i \times \frac{T_i}{T_m} \times VTR_{SS,inh} \qquad ERI = \sum DJE_i \times \frac{T_i}{T_m} \times VTR_{SS,ing}$$

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 mg/kg/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.

7.2.1.3 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.

7.2.1.4 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.

7.2.2 Evaluation des risques sanitaires pour les substances à seuil

Concernant les risques par inhalation, le Tableau 66 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 pour l'exposition par inhalation. Les QD sont classés par ordre décroissant afin de hiérarchiser les substances.

Tableau 66 : 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 / DJE)		Quotient de Danger (QD)	
			Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
H ₂ S	Inhalation	2	4,2E-01		2,1E-01	
Nickel	Inhalation	0,23	1,1E-02		5,0E-02	
Manganèse	Inhalation	0,3	7,4E-03		2,5E-02	
Chrome VI	Inhalation	0,03	1,6E-04		5,3E-03	
Benzo(a)pyrène	Inhalation	0,002	9,5E-06		4,7E-03	
Chrome III	Inhalation	2	7,7E-03		3,9E-03	
Benzène	Inhalation	10	1,6E-02		1,6E-03	
NH ₃	Inhalation	500	7,0E-01		1,4E-03	
Cobalt	Inhalation	0,1	1,1E-04		1,1E-03	
Arsenic	Inhalation	0,015	3,5E-06		2,3E-04	
Plomb	Inhalation	0,9	1,5E-04		1,7E-04	
Naphtalène	Inhalation	37	3,5E-03		9,4E-05	
Cadmium	Inhalation	0,45	1,6E-05		3,5E-05	
Acétaldéhyde	Inhalation	160	1,8E-03		1,1E-05	
1,2 dichloroéthane	Inhalation	3000	4,6E-03		1,5E-06	

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. H₂S présente le quotient de danger le plus élevé avec une valeur de 0,21 dans la zone habitée la plus exposée.

Concernant les risques par ingestion, le Tableau 67 présente les Quotients de Danger (QD) calculés à partir des Doses Journalières d'Exposition (DJE) estimées **pour le scénario Habitant Majorant (zone de culture la plus exposée en dehors du site)**, et des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) retenues pour l'exposition par ingestion. Les QD sont classés par ordre décroissant afin de hiérarchiser les substances.

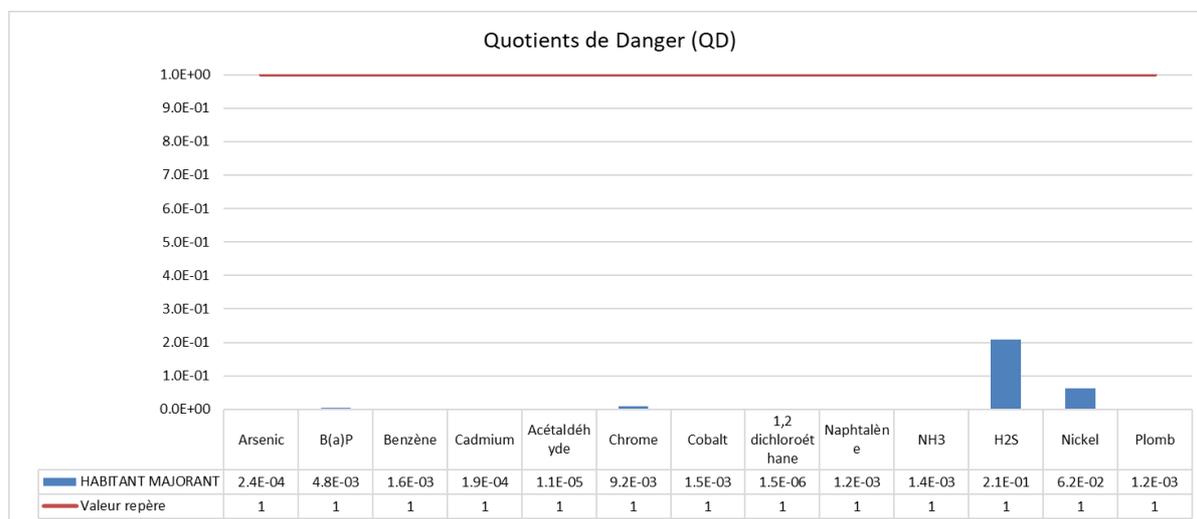
Tableau 67 : quotients de danger pour les traceurs du risque à seuil par ingestion

Substance	Voie d'exposition	VTR (µg/m3 ou mg/kg/j)	Dose d'exposition (CI / DJE)		Quotient de Danger (QD)	
			Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Nickel	Ingestion	0,0028	3,6E-05	1,2E-05	1,3E-02	4,2E-03
Manganèse	Ingestion	0,055	6,6E-05	3,5E-05	1,2E-03	6,4E-04
Plomb	Ingestion	0,00063	6,4E-07	3,3E-07	1,0E-03	5,3E-04
Naphtalène	Ingestion	0,02	2,1E-05	1,0E-05	1,1E-03	5,0E-04
Cobalt	Ingestion	0,0015	6,1E-07	2,2E-07	4,1E-04	1,5E-04
Cadmium	Ingestion	0,0004	5,6E-08	2,3E-08	1,6E-04	6,6E-05
Chrome III	Ingestion	0,3	2,5E-05	7,3E-06	8,3E-05	2,4E-05
Benzo(a)pyrène	Ingestion	0,0003	7,2E-09	2,3E-09	2,4E-05	7,7E-06
Arsenic	Ingestion	0,00045	3,6E-09	1,1E-09	7,9E-06	2,4E-06

Pour tous les traceurs de risque à seuil, pour une exposition par ingestion, le quotient de danger est inférieur à la valeur repère égale à 1. Le nickel présente le quotient de danger le plus élevé avec une valeur de 0,0042 dans la zone de culture la plus exposée.

La Figure 31 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 31 : 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, H₂S est la substance présentant le quotient de danger le plus élevé avec une valeur de 0,21.

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.

7.2.3 Evaluation des risques sanitaires pour les substances sans seuil

Concernant les risques par inhalation, le Tableau 68 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 68 : excès de risque individuel pour les traceurs du risque sans seuil par inhalation

Substances	Voies 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)
Chrome VI	Inhalation	4,0E-02	1,6E-04	4,5E-06
Nickel	Inhalation	1,7E-04	1,1E-02	1,4E-06
Benzène	Inhalation	2,6E-05	1,6E-02	3,0E-07
Naphtalène	Inhalation	5,6E-06	3,5E-03	1,4E-08
1,2 dichloroéthane	Inhalation	3,4E-06	4,6E-03	1,1E-08
Benzo(a)pyrène	Inhalation	6,0E-04	9,5E-06	4,1E-09
Acétaldéhyde	Inhalation	2,2E-06	1,8E-03	2,9E-09
Plomb	Inhalation	1,2E-05	1,5E-04	1,3E-09
Arsenic	Inhalation	1,5E-04	3,5E-06	3,7E-10

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 avec une valeur de $4,5.10^{-6}$.

Concernant les risques par ingestion, le Tableau 69 présente les Excès de Risque Individuel (ERI) calculés à partir des Doses Journalières d'Exposition (DJE) estimées **pour le scénario Habitant Majorant (zone de culture la plus exposée en dehors du site)** et des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) retenues pour l'exposition par ingestion. Les ERI sont classés par ordre décroissant afin de hiérarchiser les substances.

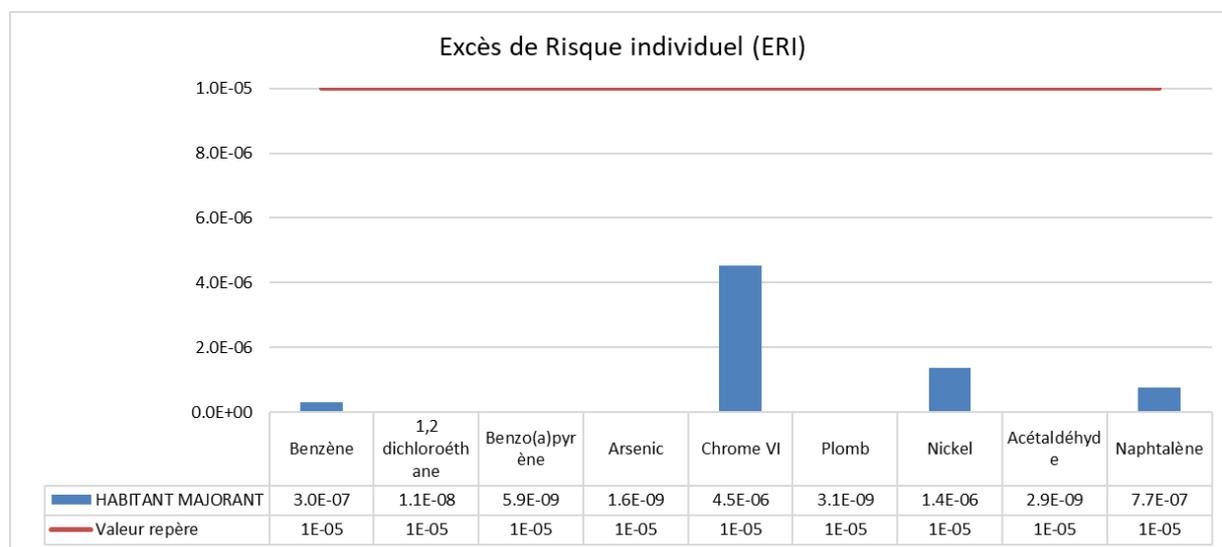
Tableau 69 : excès de risque individuel pour les traceurs du risque sans seuil par ingestion

Substances	Voies 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)
Naphtalène	Ingestion	1,2E-01	8,8E-06	7,5E-07
Benzo(a)pyrène	Ingestion	1,0E+00	2,6E-09	1,9E-09
Plomb	Ingestion	8,5E-03	2,9E-07	1,7E-09
Arsenic	Ingestion	1,5E+00	1,2E-09	1,3E-09

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 naphtalène présente l'Excès de Risque Individuel le plus élevé avec une valeur de $7,5.10^{-7}$.

La Figure 32 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 32 : excès de risque individuel pour les traceurs du risque sans seuil



Les Excès de Risque Individuel calculés par substance sont tous très 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 $4,5.10^{-6}$.

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. 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.

8.1 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.

8.1.1 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. 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 SO₂. 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.

8.1.2 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.

8.1.2.1 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.

8.1.2.2 Incertitudes liées aux mesures météorologiques

Les données météorologiques sont issues des mesures de Météo-France. Les stations choisies ont été qualifiées comme étant les plus représentatives du site.

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

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

8.1.3 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.

8.1.4 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.

8.2 Incertitudes relatives à l'évaluation des risques sanitaires

8.2.1 Facteurs de sous-estimation des risques

Facteurs pris en compte dans l'ERS

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

Exposition par voie cutanée non considérée

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

Exposition *via* l'ingestion d'eau

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

Bruits de fond

L'évaluation des risques sanitaires ne porte que sur l'impact du site et ne tient pas compte du bruit de fond dans le calcul des risques sanitaires.

8.2.2 Facteurs de surestimation des risques

La méthodologie pour estimer les risques sanitaires potentiels emploie, par nature, les principes de précaution et est par défaut conservatrice.

Estimation des émissions

Les émissions ont été quantifiées en prenant systématiquement des hypothèses majorantes.

Durée d'exposition

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. Cette hypothèse est majorante et ne tient pas compte des diverses causes d'absence du domicile, notamment pour des raisons personnelles (vacances, loisirs, etc.) ou professionnelles.

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.

8.2.3 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).

9. SYNTHÈSE

Dans le cadre de la réalisation du Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale (DDAE), SETEC a chargé ARIA Technologies de réaliser l'Évaluation des Risques Sanitaires (ERS) du site PAPREC CSV de Montmirail (72).

L'évaluation est menée en application de la circulaire GGPR & DGS du 9 août 2013 et conformément au guide « Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions des substances chimiques par les installations classées » publié par l'INERIS en août 2013 et remis à jour en septembre 2021.

Inventaire des émissions

Les émissions recensées sur le site correspondent à des rejets canalisés et diffus dans l'air. Les polluants ayant les émissions les plus importantes sont le SO₂, les NOx et les poussières.

Évaluation des enjeux et des voies d'exposition

Les premières habitations sont situées au nord-est, à proximité immédiate du site. Plusieurs établissements accueillant des populations sensibles et installations sportives en extérieur ont été recensées dans un rayon de 3 km autour du site. L'établissement recevant des personnes sensibles le plus proche (hippodrome de la Croix Verte) se trouve à environ 660 mètres des limites du site.

Le site est entouré d'espaces naturels, de zones agricoles et de forêts. Les zones agricoles correspondent en grande partie à des prairies et à des cultures de céréales (blé, maïs, orge).

Compte tenu des rejets atmosphériques du projet et après analyse des usages autour du site et des populations avoisinantes, **les milieux d'exposition retenus sont l'Air et les Sols.**

Les voies d'exposition retenues pour la population dans cette étude sont :

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

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 :

- | | |
|-------------------------|--------------|
| • Sulfure d'hydrogène ; | • Arsenic ; |
| • Benzène ; | • Nickel ; |
| • 1,2 dichloroéthane ; | • Plomb ; |
| • Acétaldéhyde ; | • Chrome ; |
| • Benzo(a)pyrène ; | • Cobalt ; |
| • Naphtalène ; | • Manganèse. |
| • Cadmium ; | |

L'ammoniac est également retenu car avec le cadmium, le nickel, le plomb, le naphtalène, le sulfure d'hydrogène, l'acétaldéhyde et le benzène, il fait partie des substances retenues comme traceurs de risque par le guide de l'ASTEE relatif aux installations de compostage soumises à autorisation. Le NO₂, le SO₂ et les poussières (PM10 et PM2.5) sont également retenus en tant que traceurs d'émission car ce sont des traceurs de combustion (torchère, chaudière, camions...).

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, mis à part pour les PM2.5 pour lesquels l'objectif de qualité est atteint. 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.

Evaluation des Risques Sanitaires

Un scénario d'exposition correspondant à un scénario Habitant Majorant est étudié :

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 50 ans (20 ans d'exploitation + 30 ans de post-exploitation)
Valeur retenue pour l'exposition par inhalation	Concentration au niveau de la zone habitée la plus exposée (point n°2 « Habitation au nord-est – Montmirail », point n°3 « Habitation au nord-est 2 - Montmirail » ou point n°8 « Habitation au sud-ouest – Montmirail » selon les traceurs de risque)
Valeur retenue pour l'exposition par ingestion	Ingestion directe Dépôts au niveau de la zone habitée la plus exposée (point n°2 « Habitation au nord-est – Montmirail ») Ingestion indirecte Dépôts au niveau de la zone de culture la plus exposée en dehors des limites de site (zone plus exposée que la zone habitée la plus exposée : hypothèse majorante), mis à part pour le BaP, où le point n°2 « Habitation au nord-est – Montmirail » est plus exposé que la zone de culture la plus exposée

Les risques sanitaires ont été estimés sur la base des résultats de l'étude de dispersion réalisée.

Le tableau suivant synthétise les risques sanitaires estimés pour les effets à seuil (évalués à partir des Quotients de Danger) et pour les effets sans seuil (évalués à partir des Excès de Risque Individuel).

	Scénario Habitant « Majorant »
Risques à seuil (Quotient de Danger)	QDmax = 0,21 < valeur repère = 1 Pour H ₂ S
Risques sans seuil (Excès de Risque Individuel)	ERImax = 4,5.10 ⁻⁶ < valeur repère = 1.10 ⁻⁵ Pour le chrome VI

Les risques sanitaires calculés pour les substances à seuil d'effet et pour les substances sans seuil d'effet (effets cancérogènes généralement) restent inférieurs aux valeurs repères pour le scénario d'exposition étudié.

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

Conclusion

Compte-tenu des hypothèses majorantes retenues, les risques sanitaires liés aux émissions atmosphériques gazeuses et particulaires du projet de développement du site PAPREC CSV de Montmirail sont jugés non préoccupants en l'état actuel des connaissances, selon les critères d'acceptabilité.

ANNEXES

Annexe 1 : Description du modèle numérique ARIA Impact

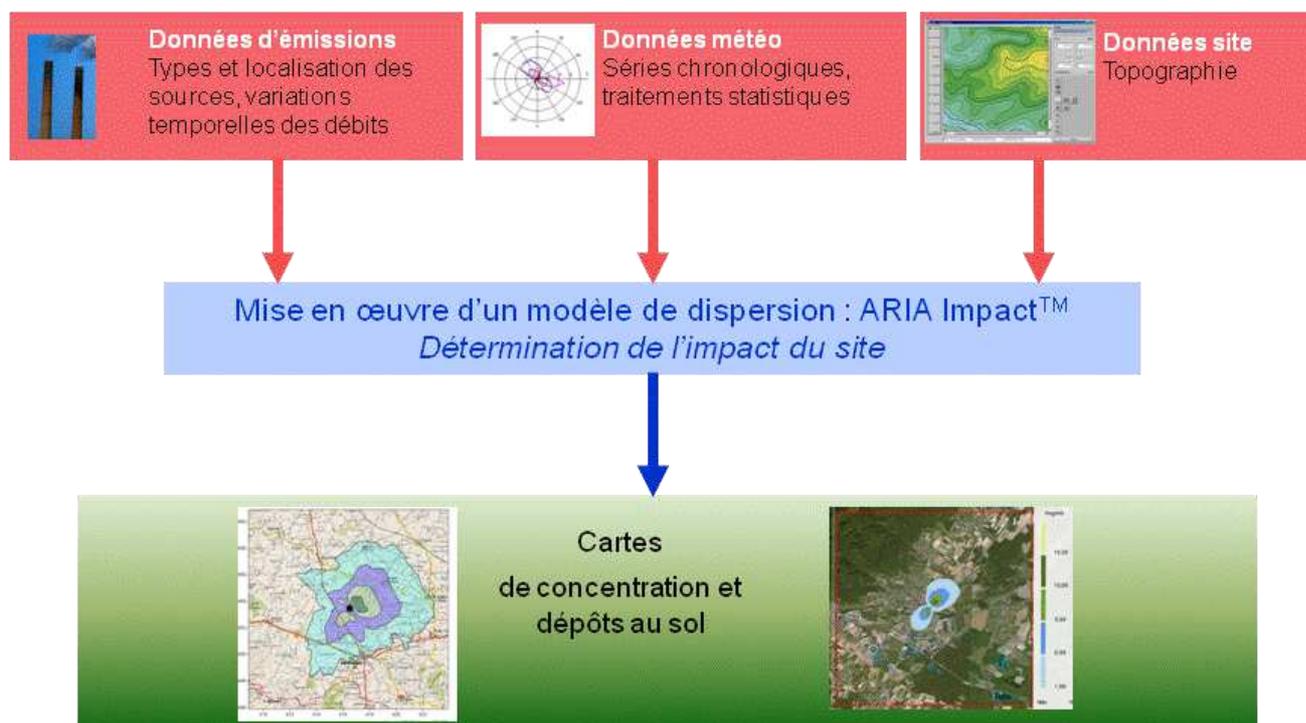
Présentation générale

ARIA Impact™ est un modèle de type "gaussien", conforme aux recommandations de l'E.P.A.²¹. 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 :



²¹ 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_x, SO₂...) : dispersion passive pure sans vitesse de chute ;
- de **polluants particulaires** (PM10, métaux lourds, dioxines...) : dispersion passive et prise en compte des effets gravitaires en fonction de la granulométrie. Les poussières sont représentées sur un nombre arbitraire de classes de taille : si la granulométrie des émissions est connue, des calculs détaillés peuvent être effectués.
- des **odeurs** : mélange de molécules odorantes dont la composition est inconnue, exprimée en unité d'odeur ;
- de **polluants radioactifs**.

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

- Des **sources ponctuelles** 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 (8 760 situations météo sur une année) ce qui permet de bien tenir compte des variations diurnes et saisonnières des concentrations.

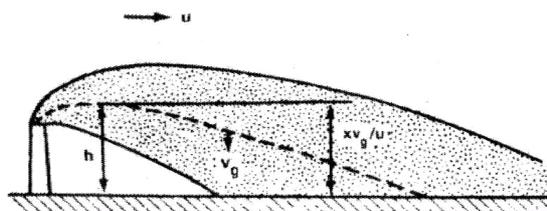
Variation temporelle des émissions

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.

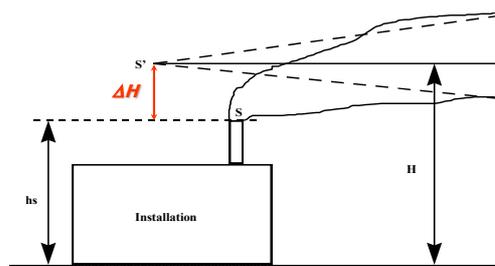
Afin de prendre en compte cette variation de vitesse de vent dans les calculs de la dispersion des polluants atmosphériques, le logiciel ARIA Impact™ peut calculer des profils verticaux de vent en fonction des mesures de vent au sol, de la turbulence atmosphérique et de l'occupation des sols, afin de 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 NO₂

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 NO₂ 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 :

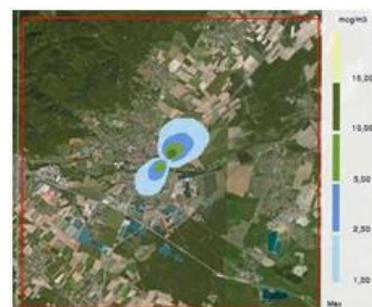
- **moyennes mensuelles et/ou annuelles** de polluant autour du site, en concentrations et dépôts au sol,
- **fréquences de dépassement de seuils** en moyennes journalières ou horaires (normes françaises et européennes),
- **centiles 98, 99.8, 100** ou autres valeurs de centiles sur une base de calcul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

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

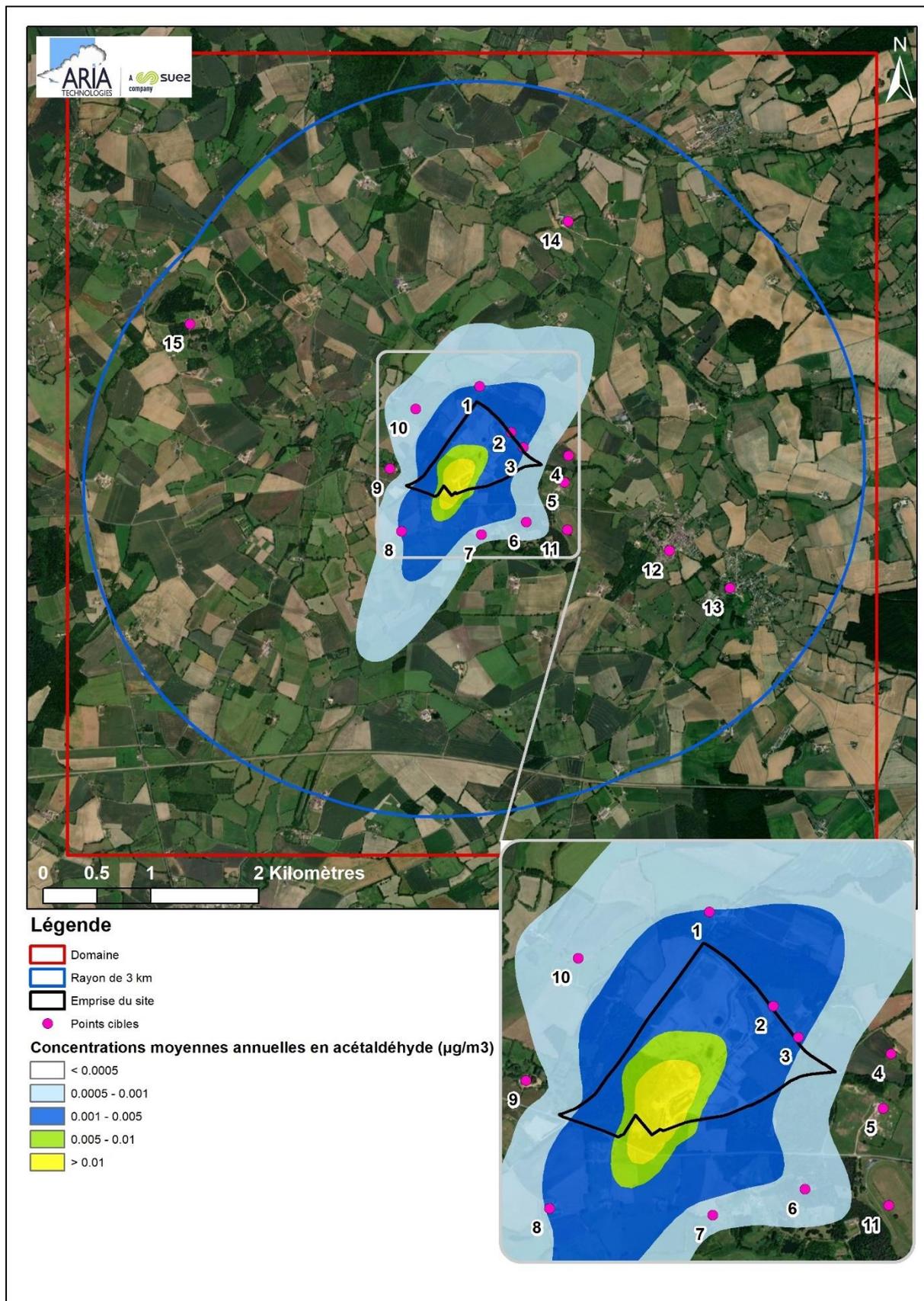
Cartographies

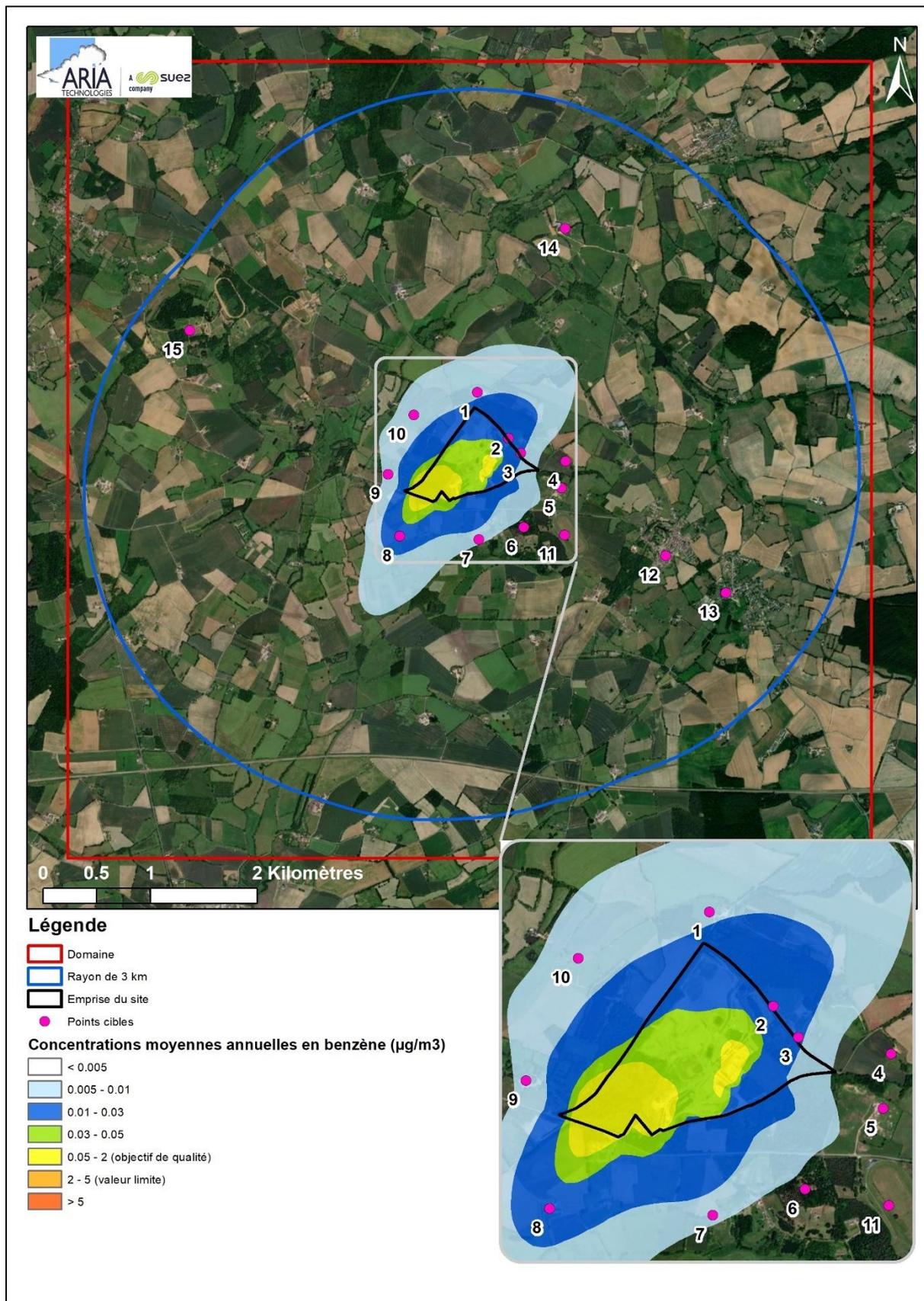
Les résultats obtenus avec ARIA Impact™ peuvent être présentés sous forme cartographique au format image, mais aussi en des formats numériques **compatibles** avec la plupart des **Systèmes d'Informations Géographiques** tels que Mapinfo, ArcView ou SURFER.

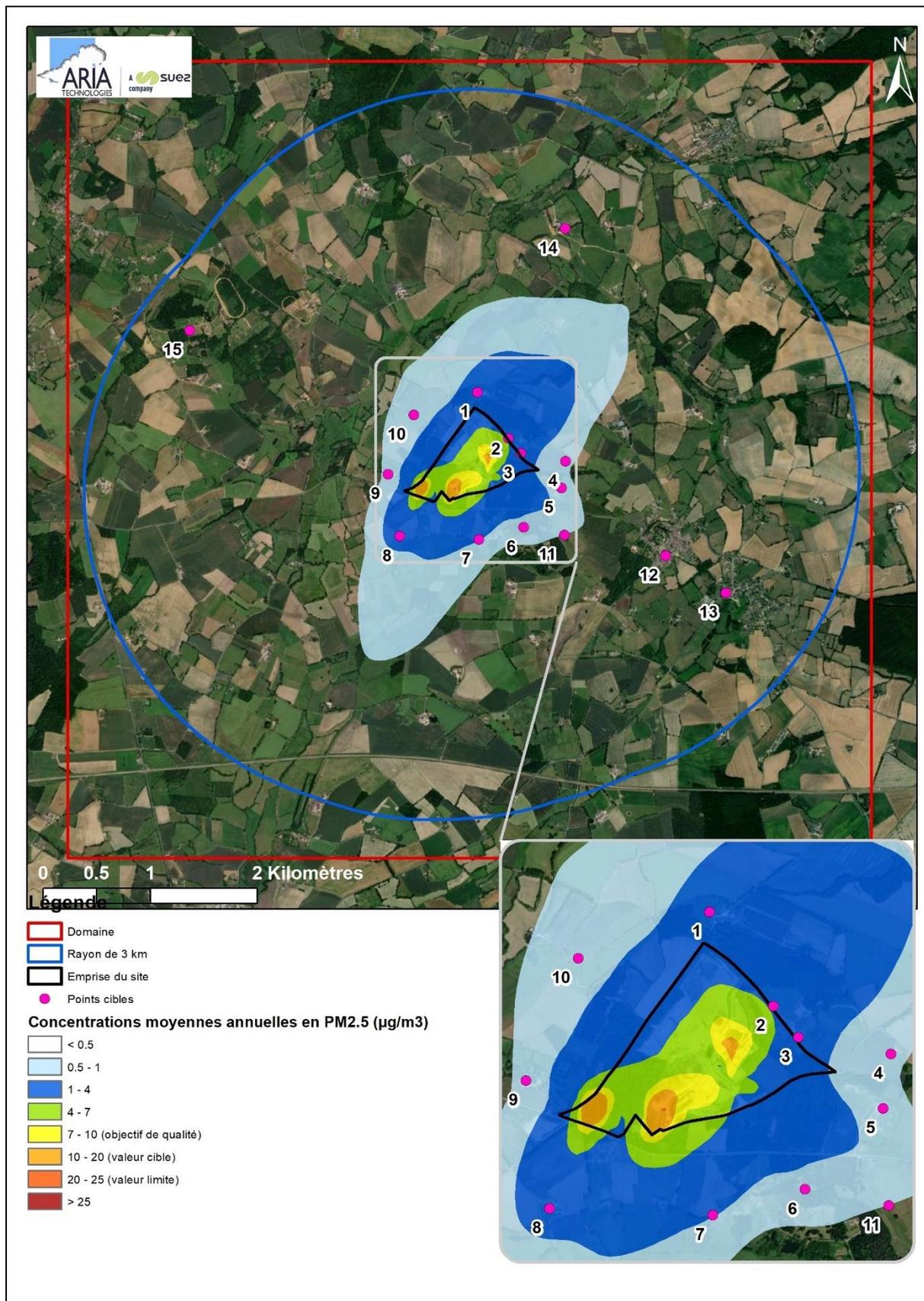
Un export des résultats vers **Google Earth** permet également de visualiser les résultats sur une photo aérienne directement avec le logiciel Google Earth.

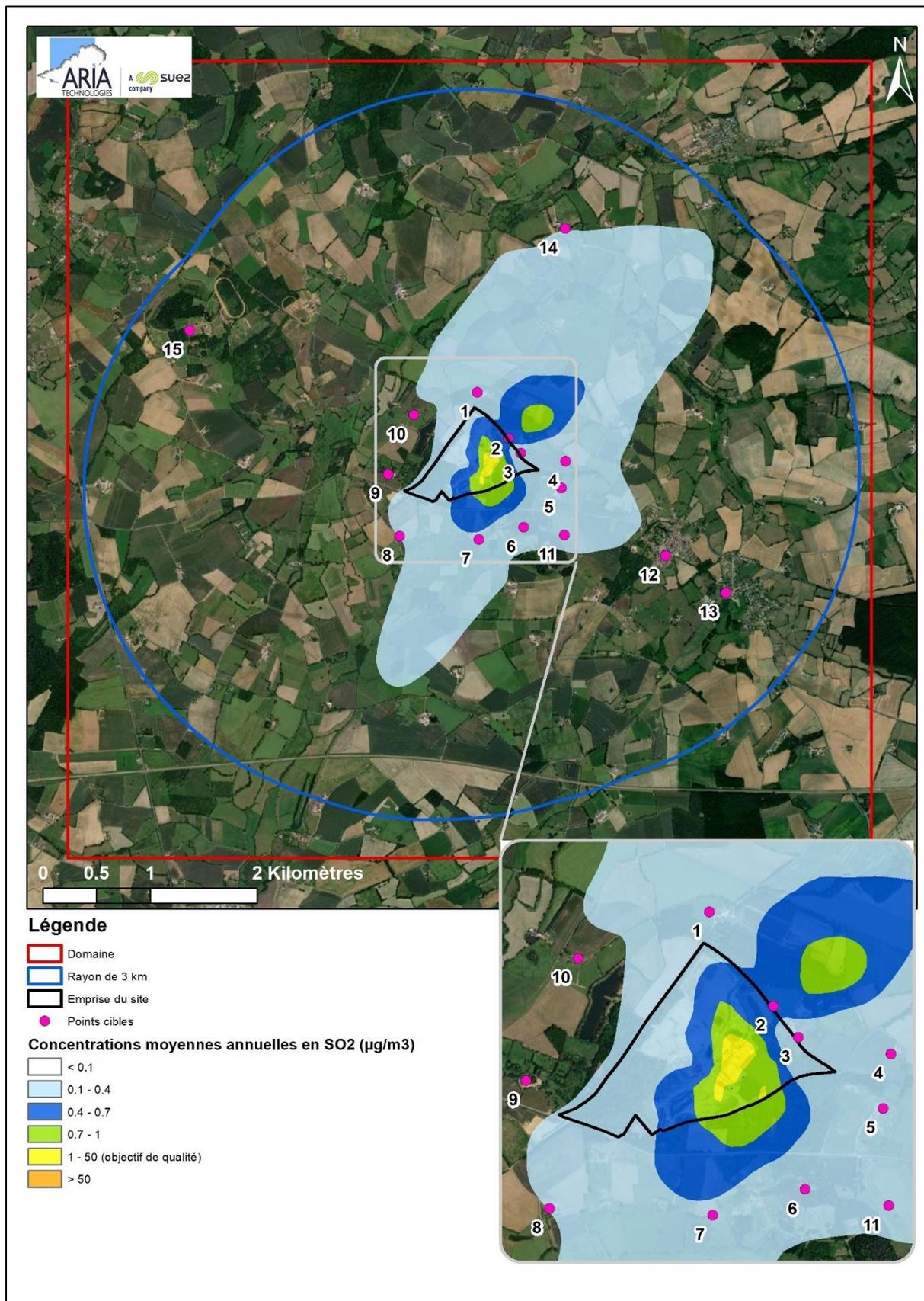


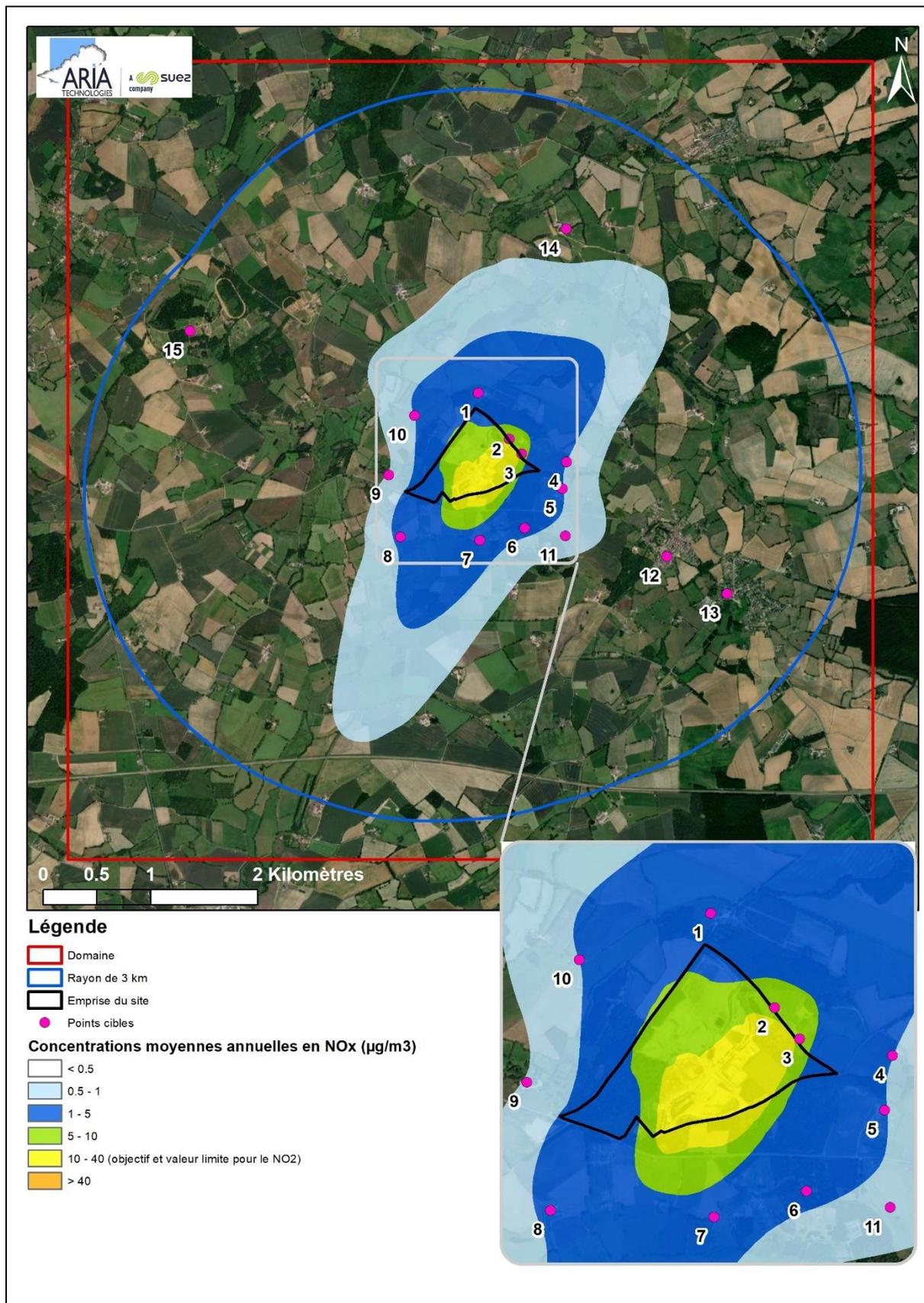
Annexe 2 : Cartes de concentrations moyennes annuelles

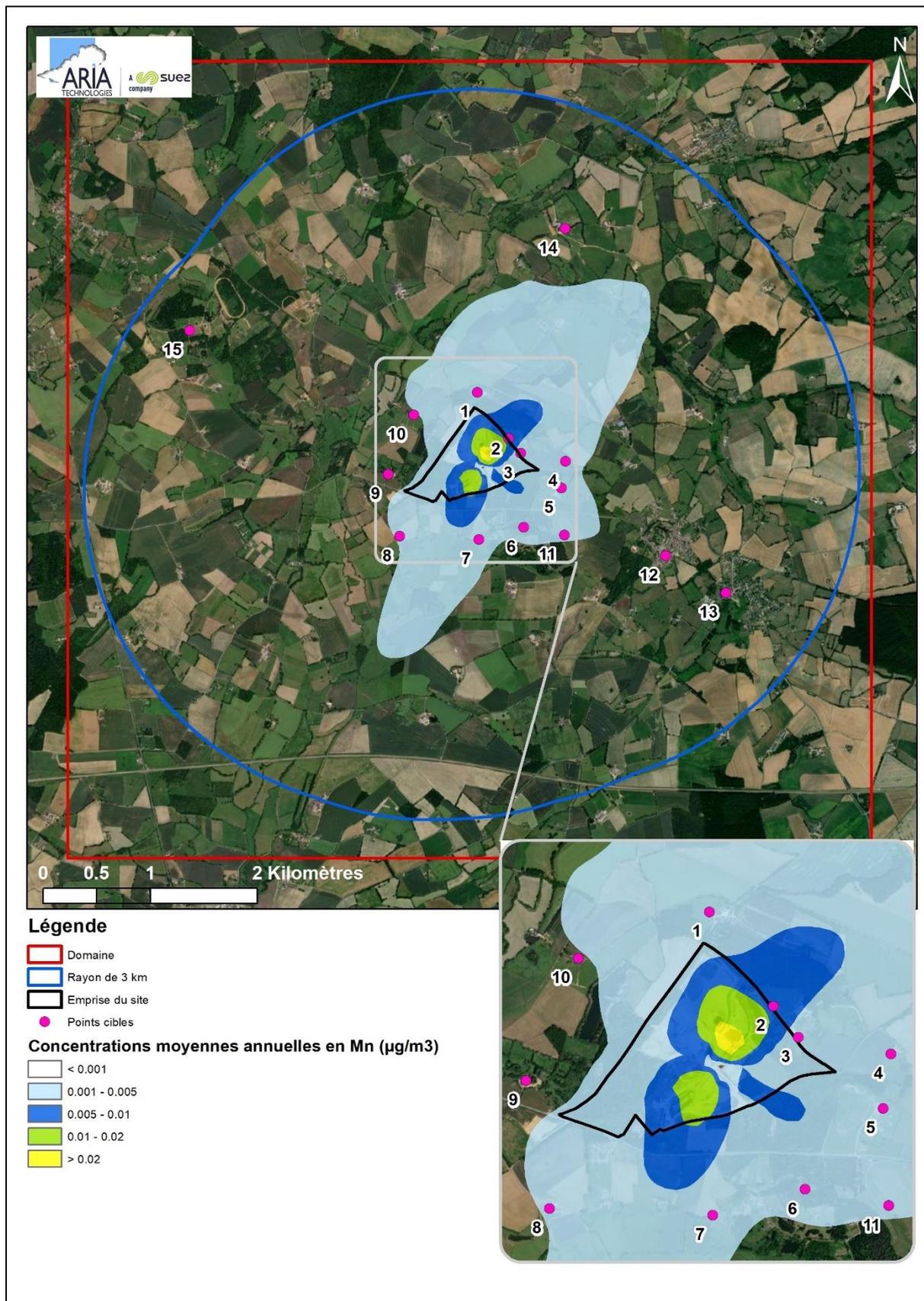


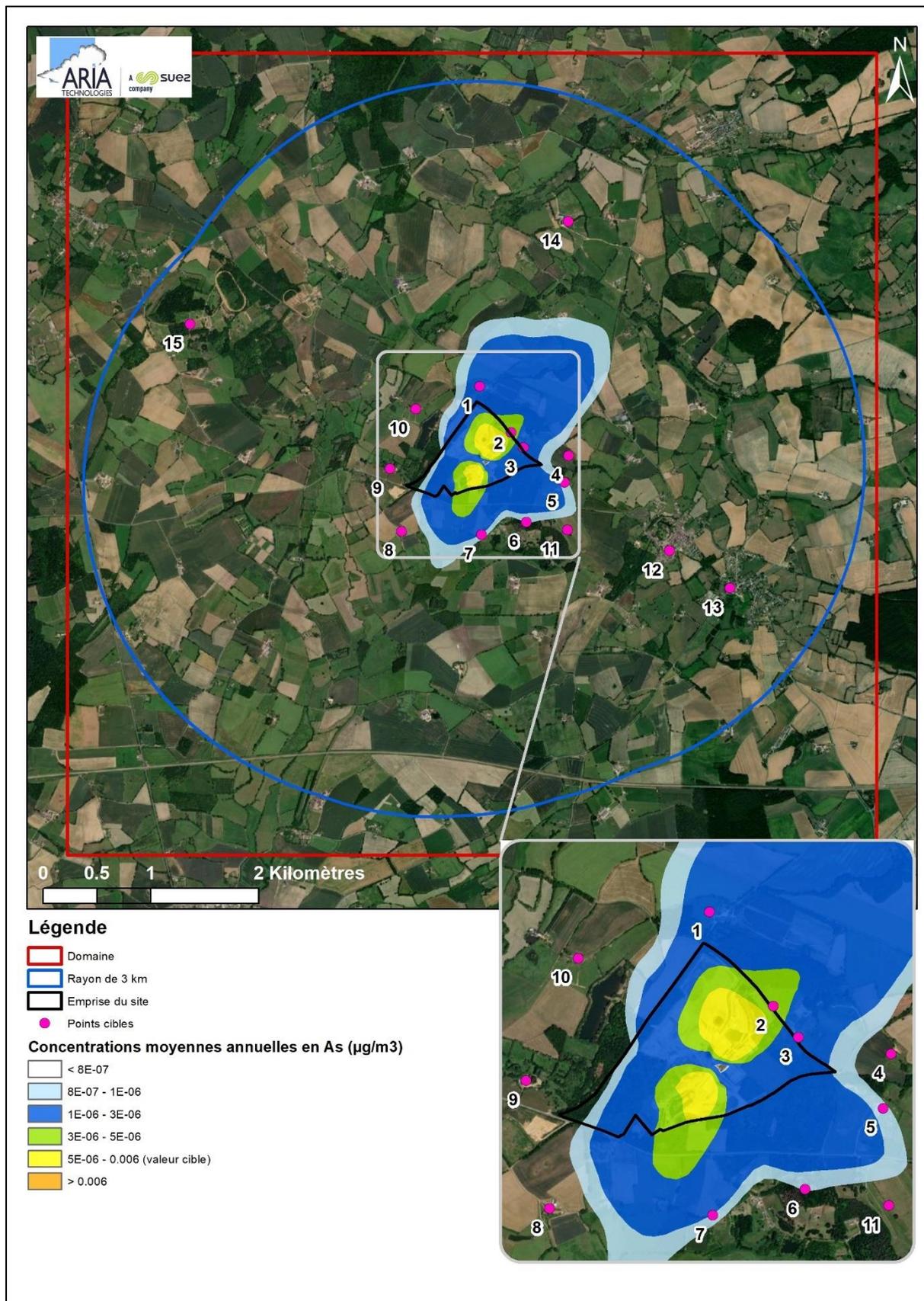


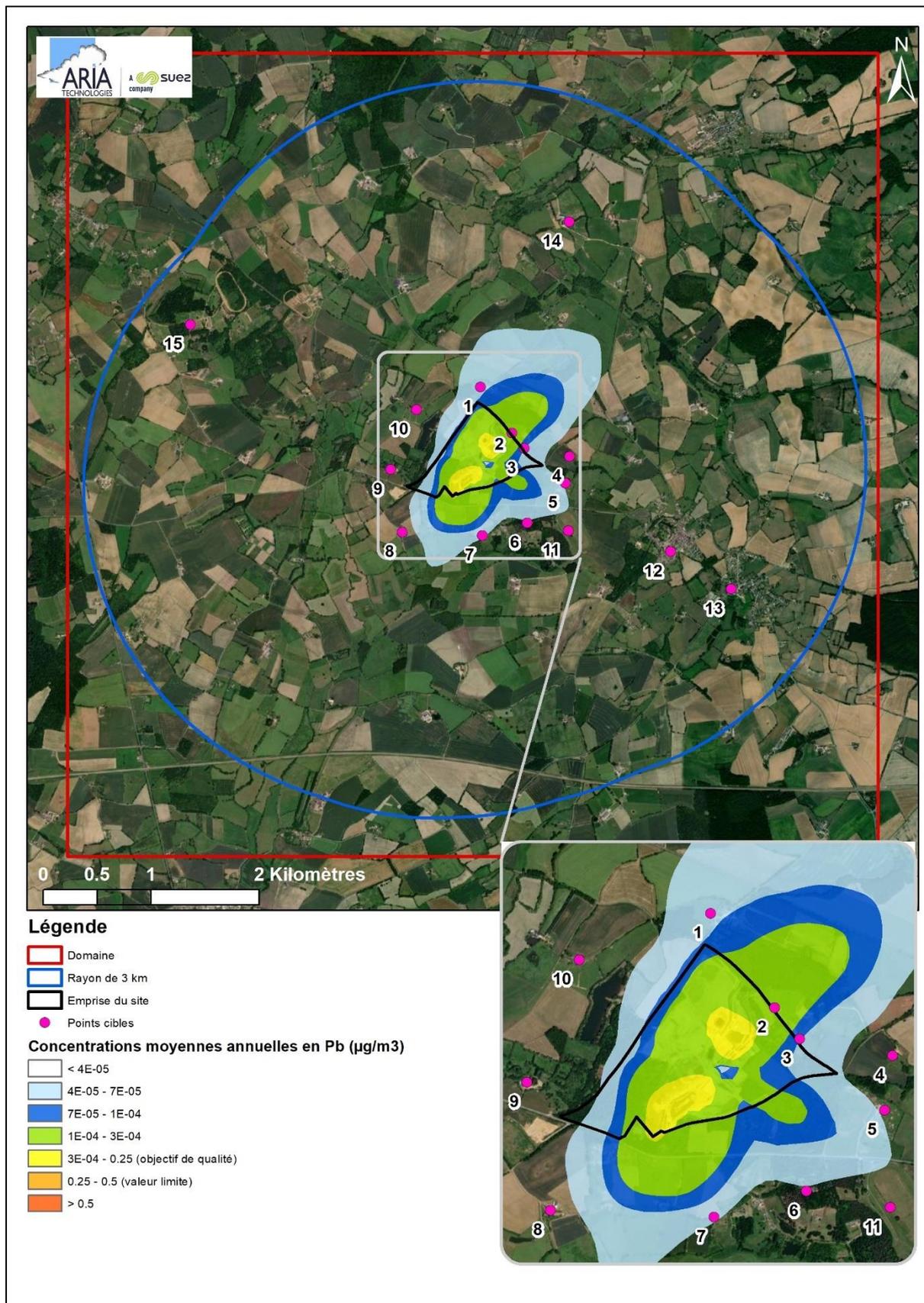


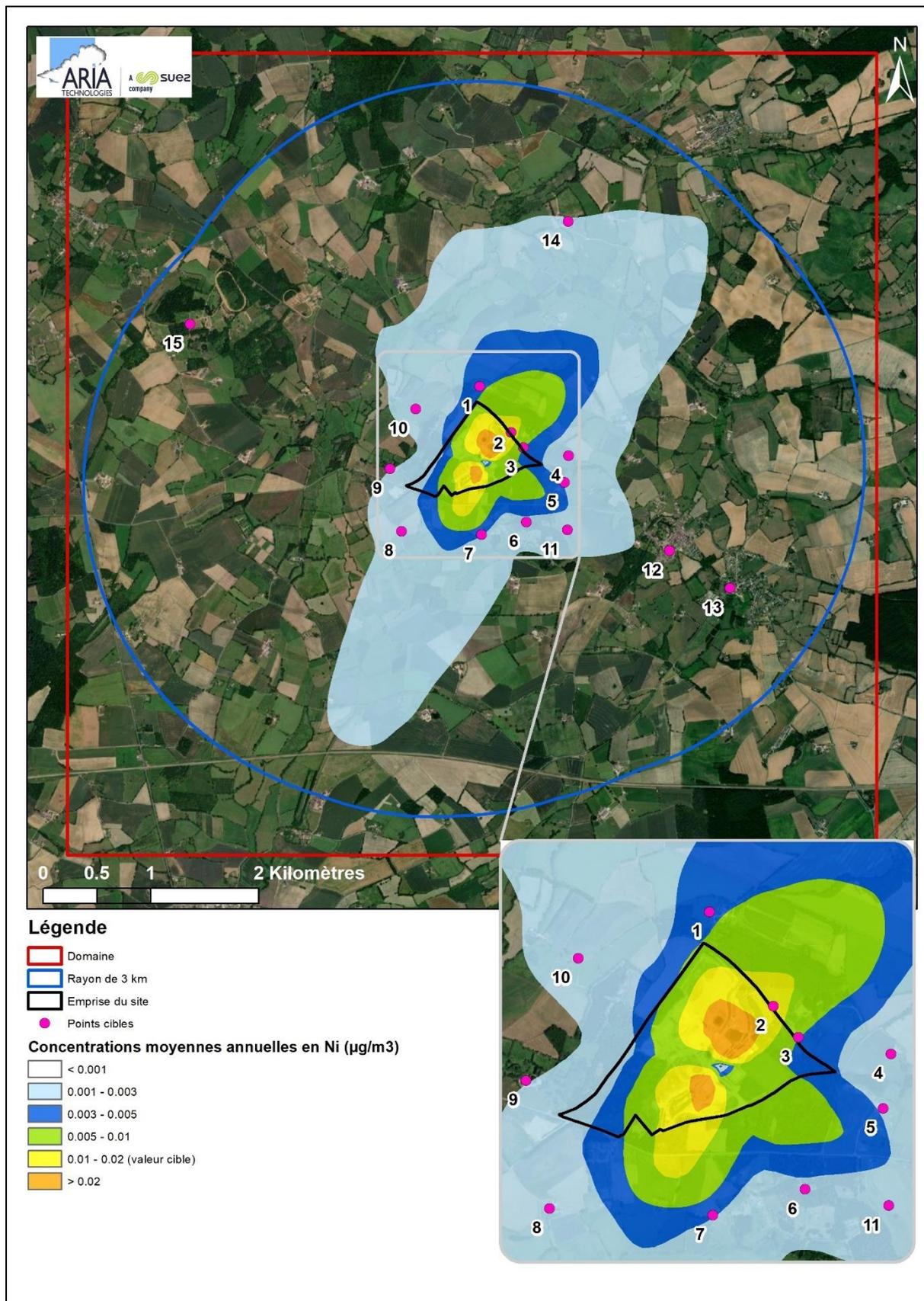


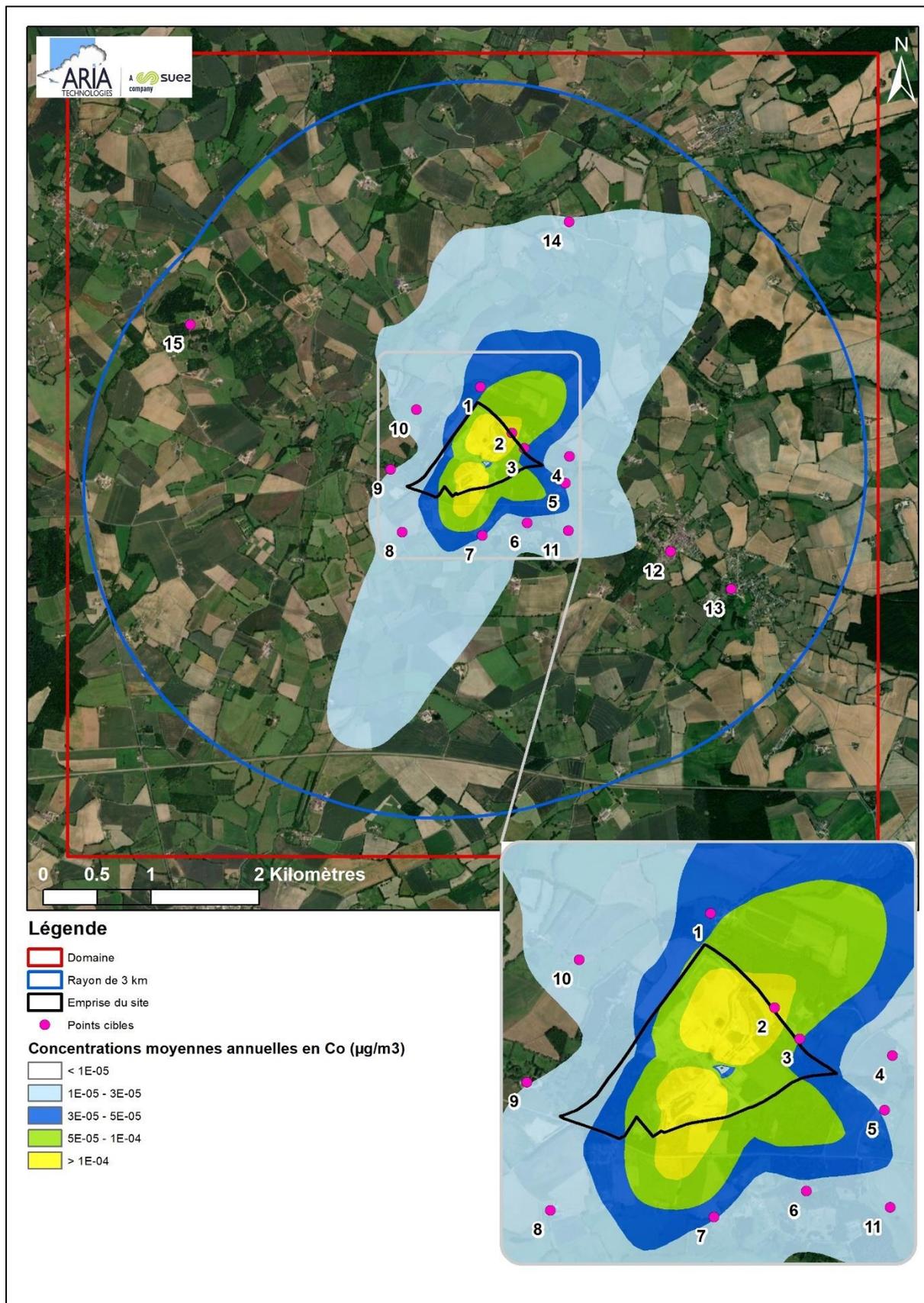


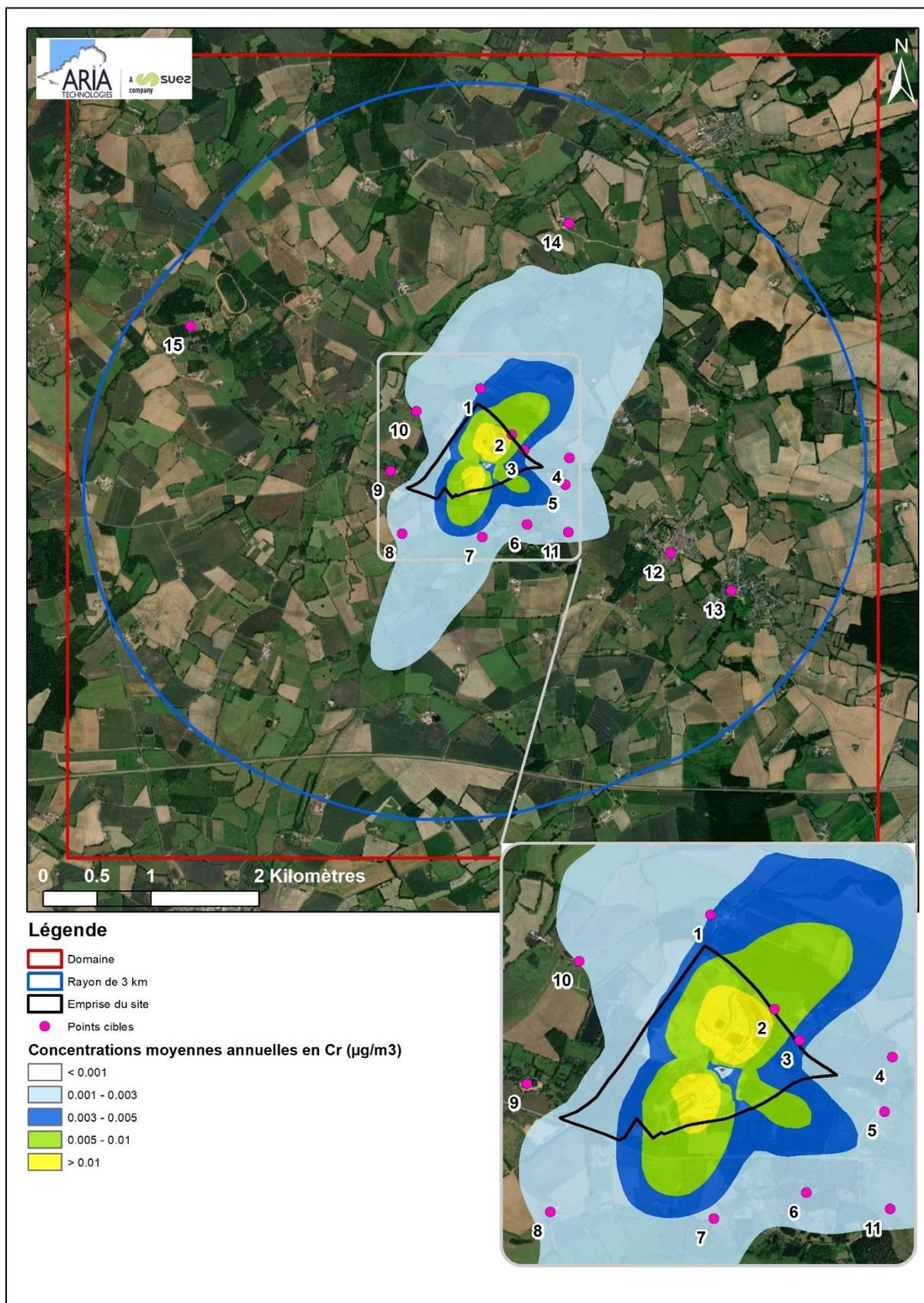


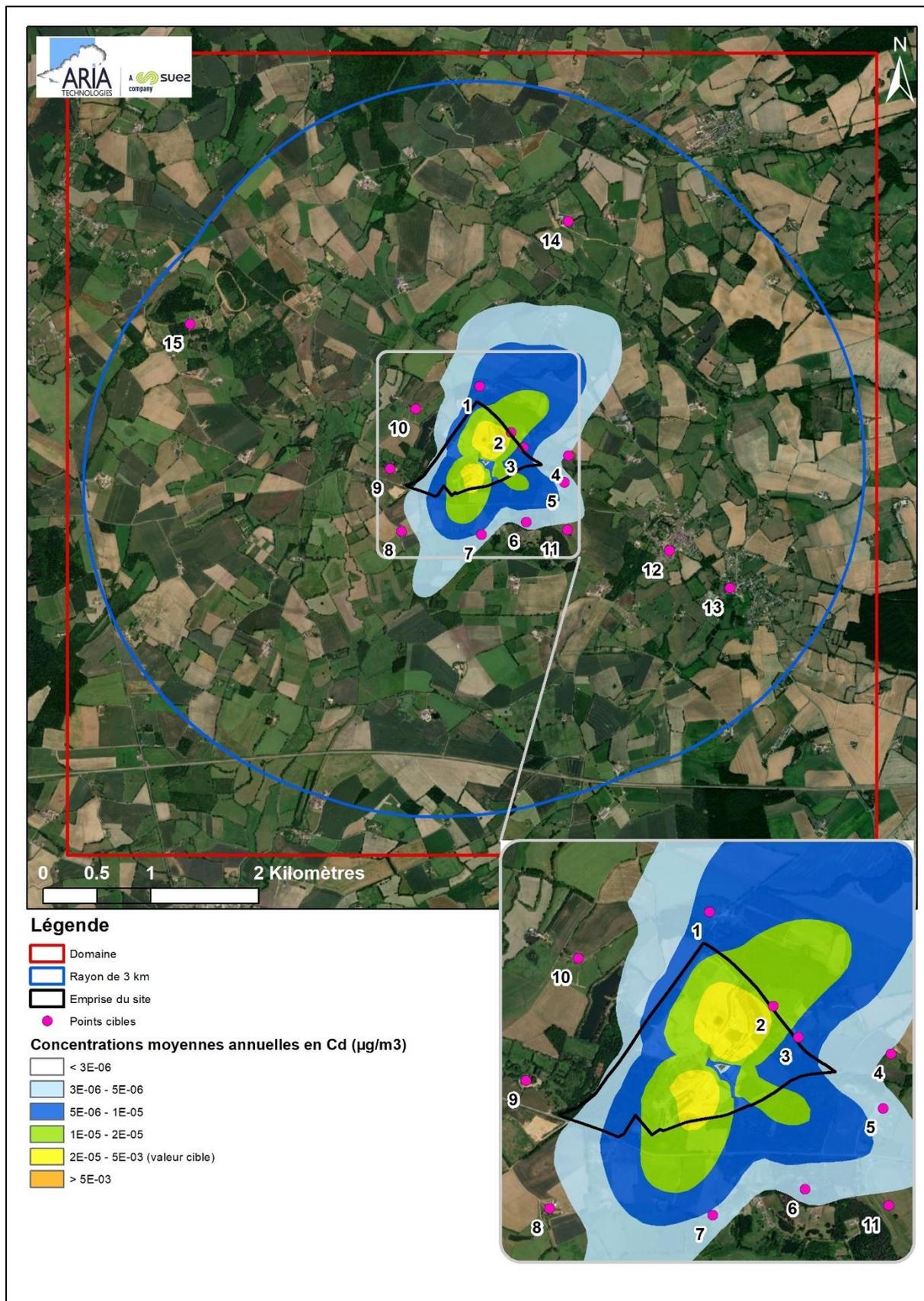


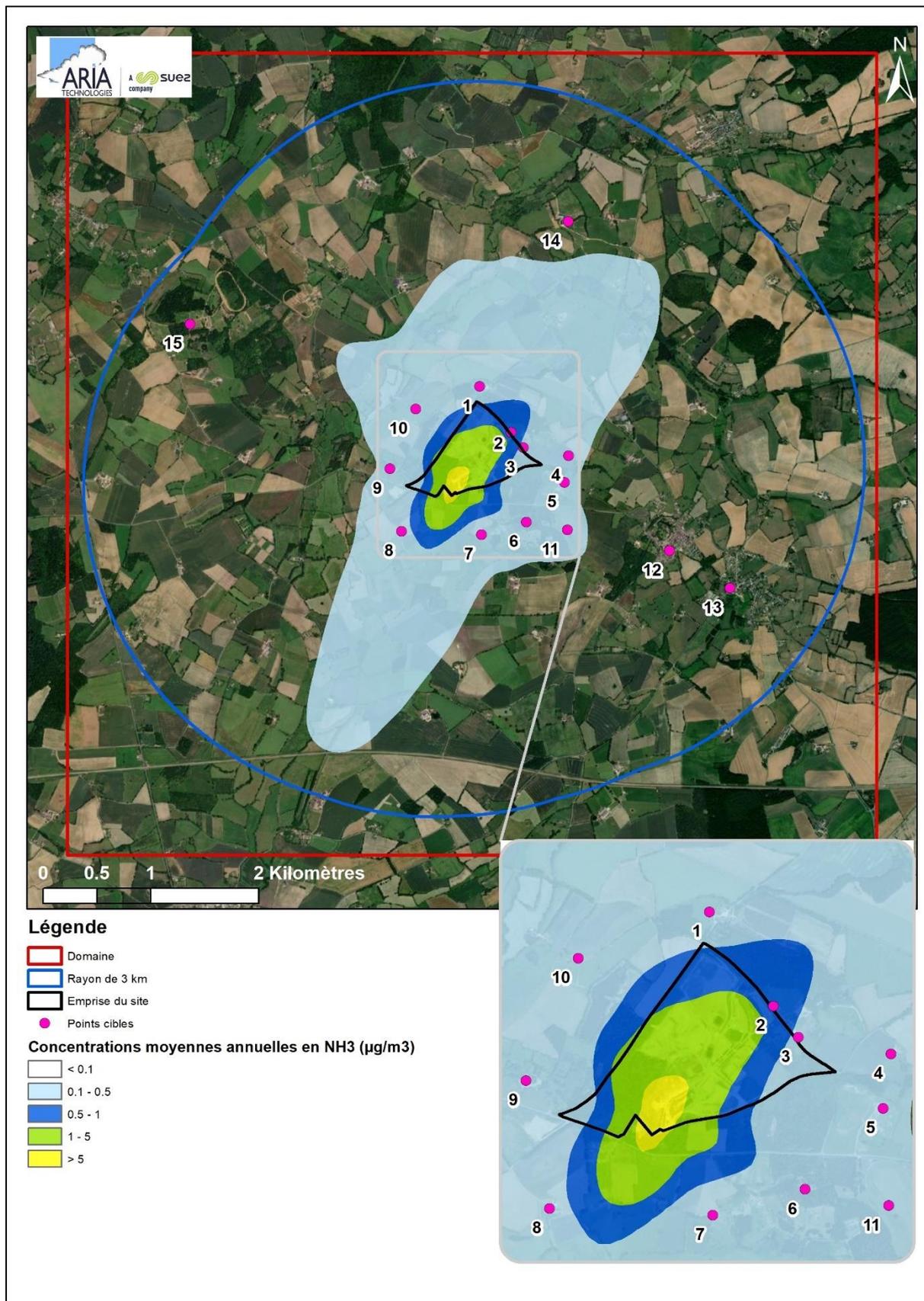


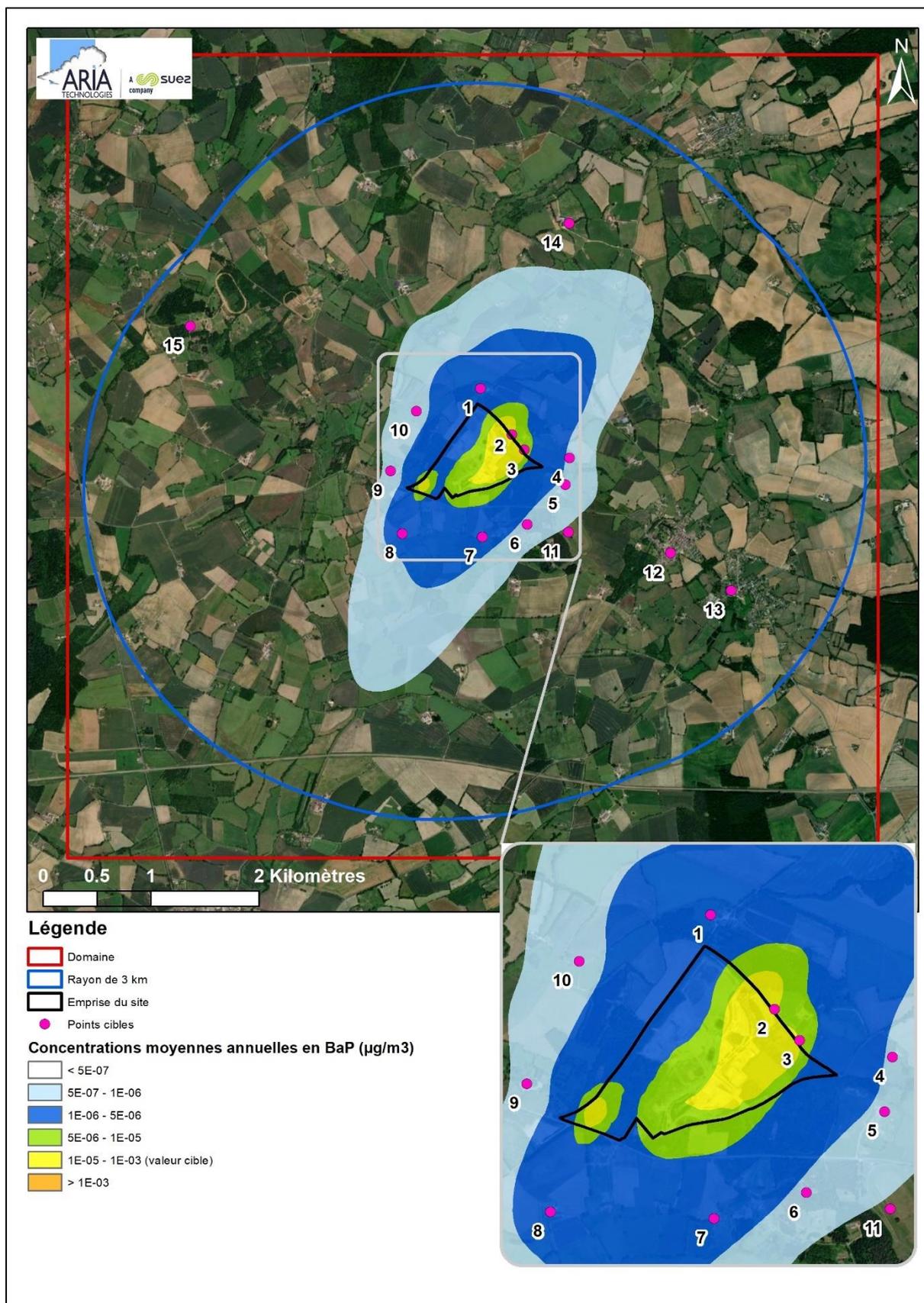


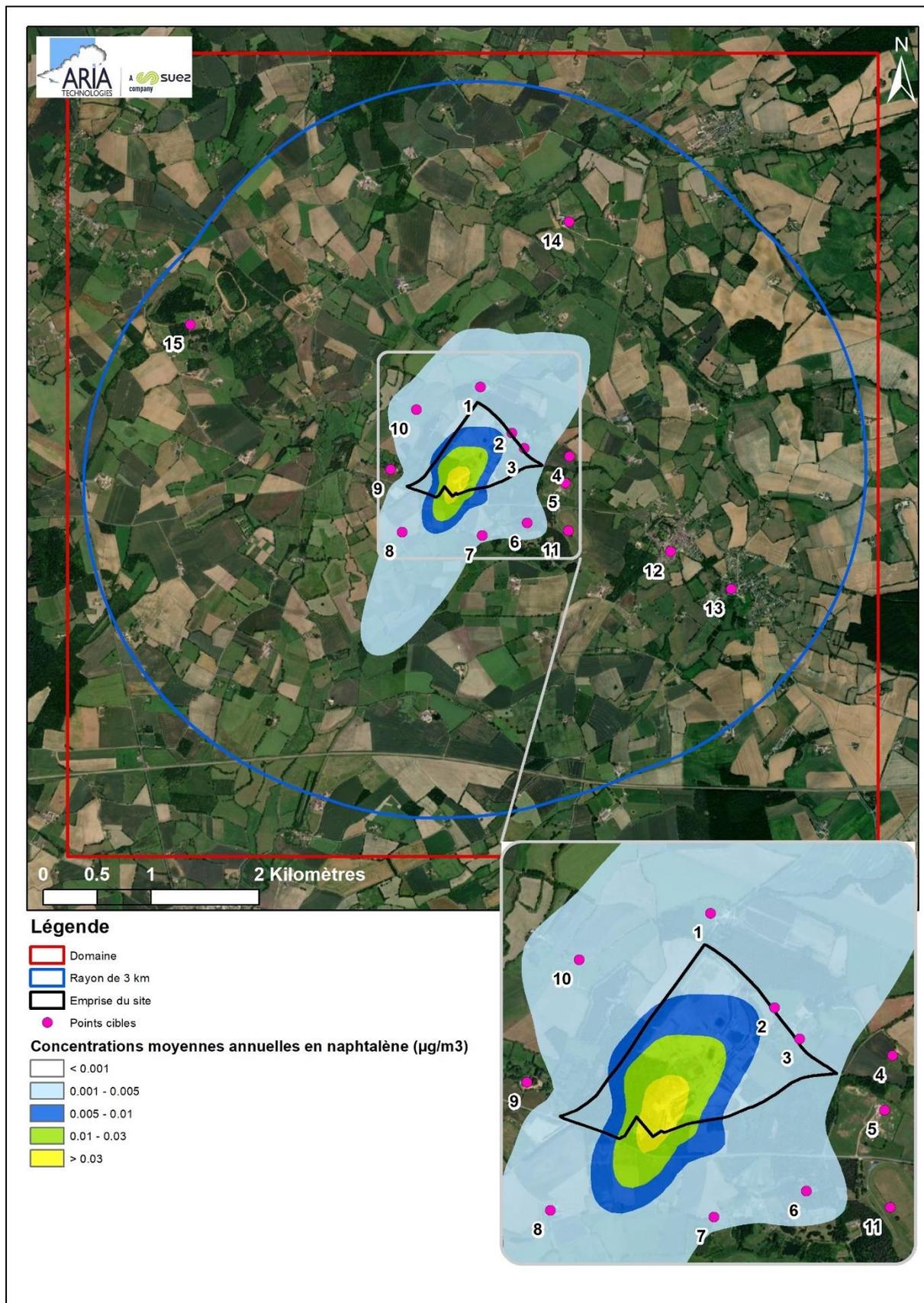


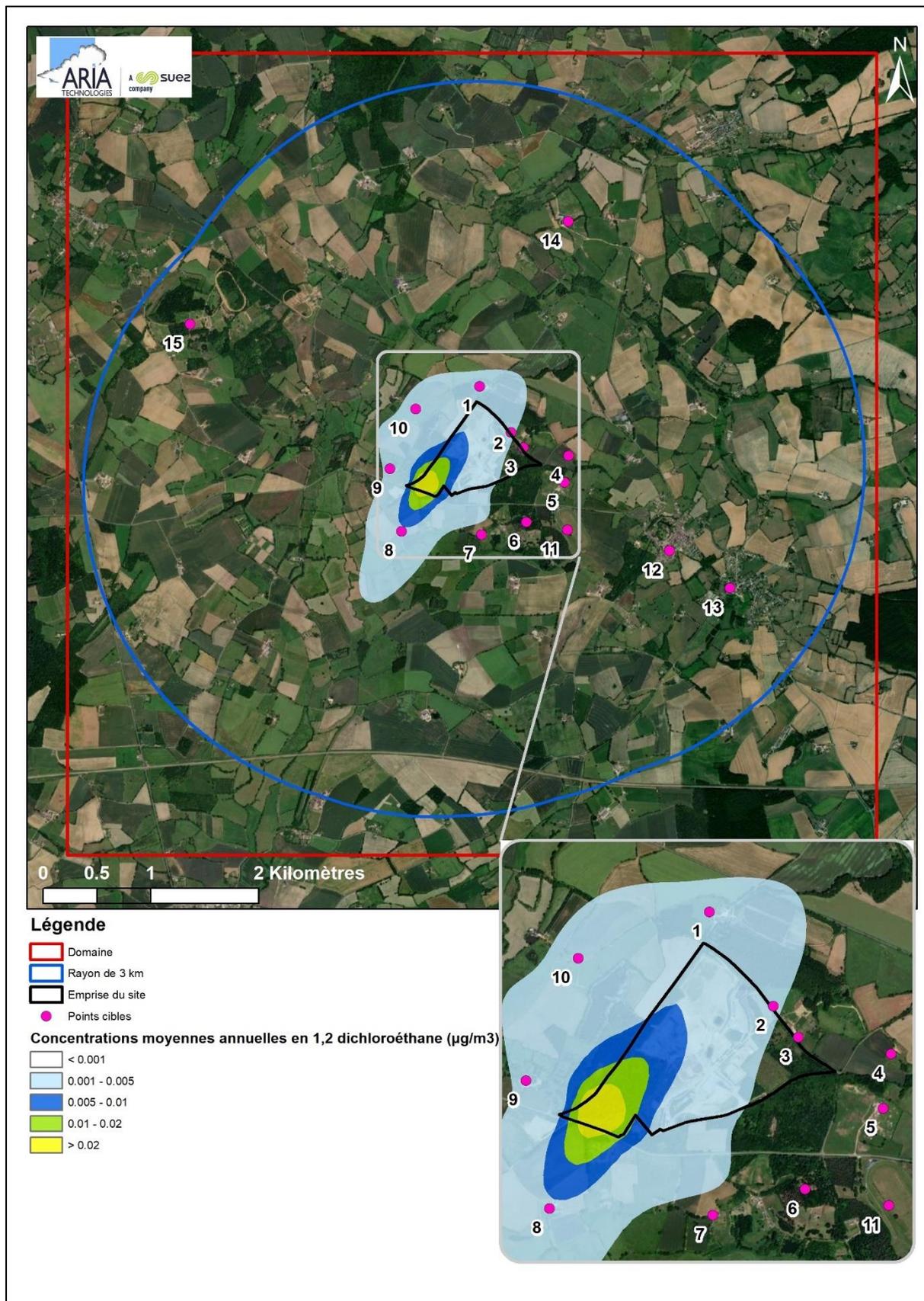




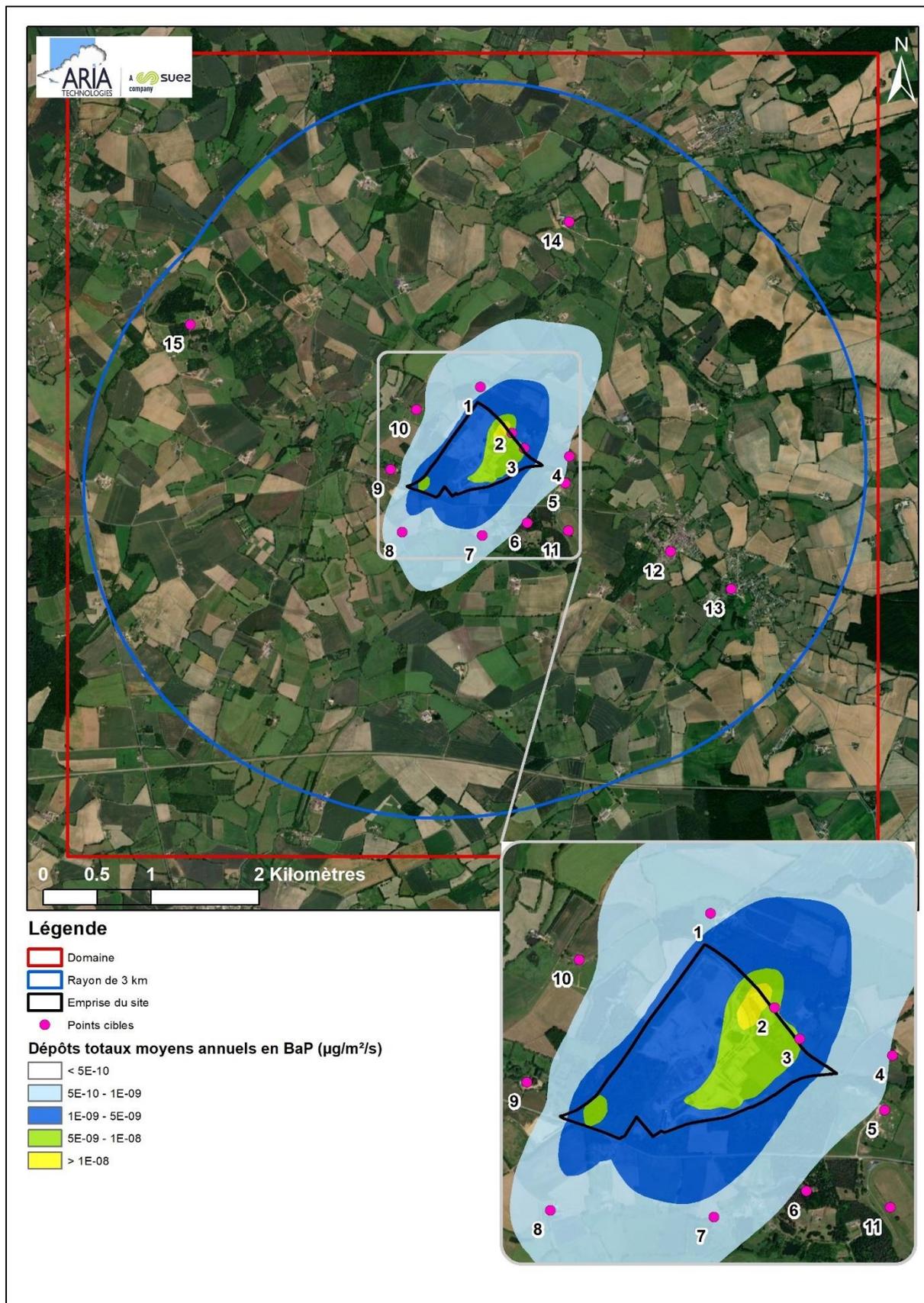


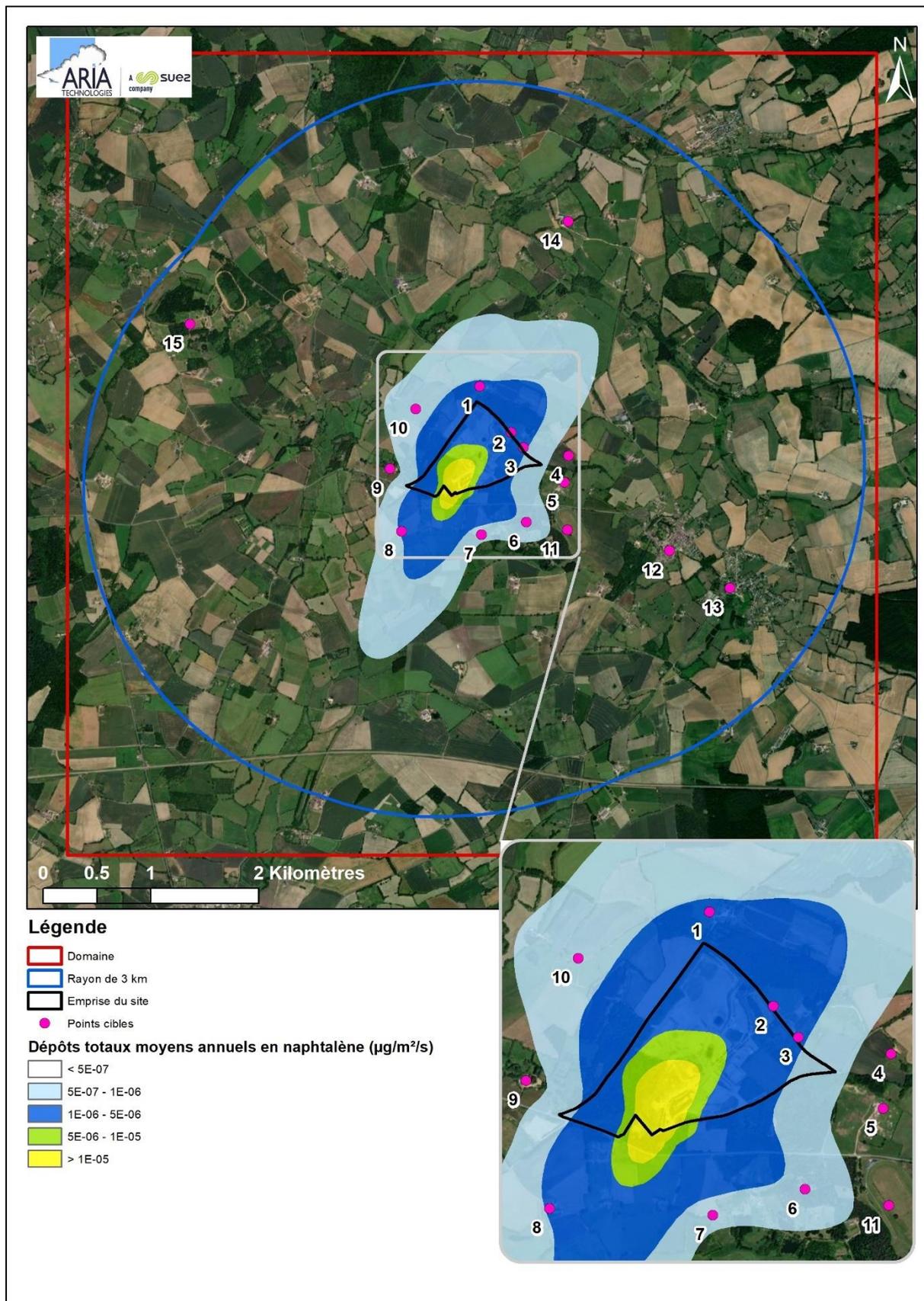


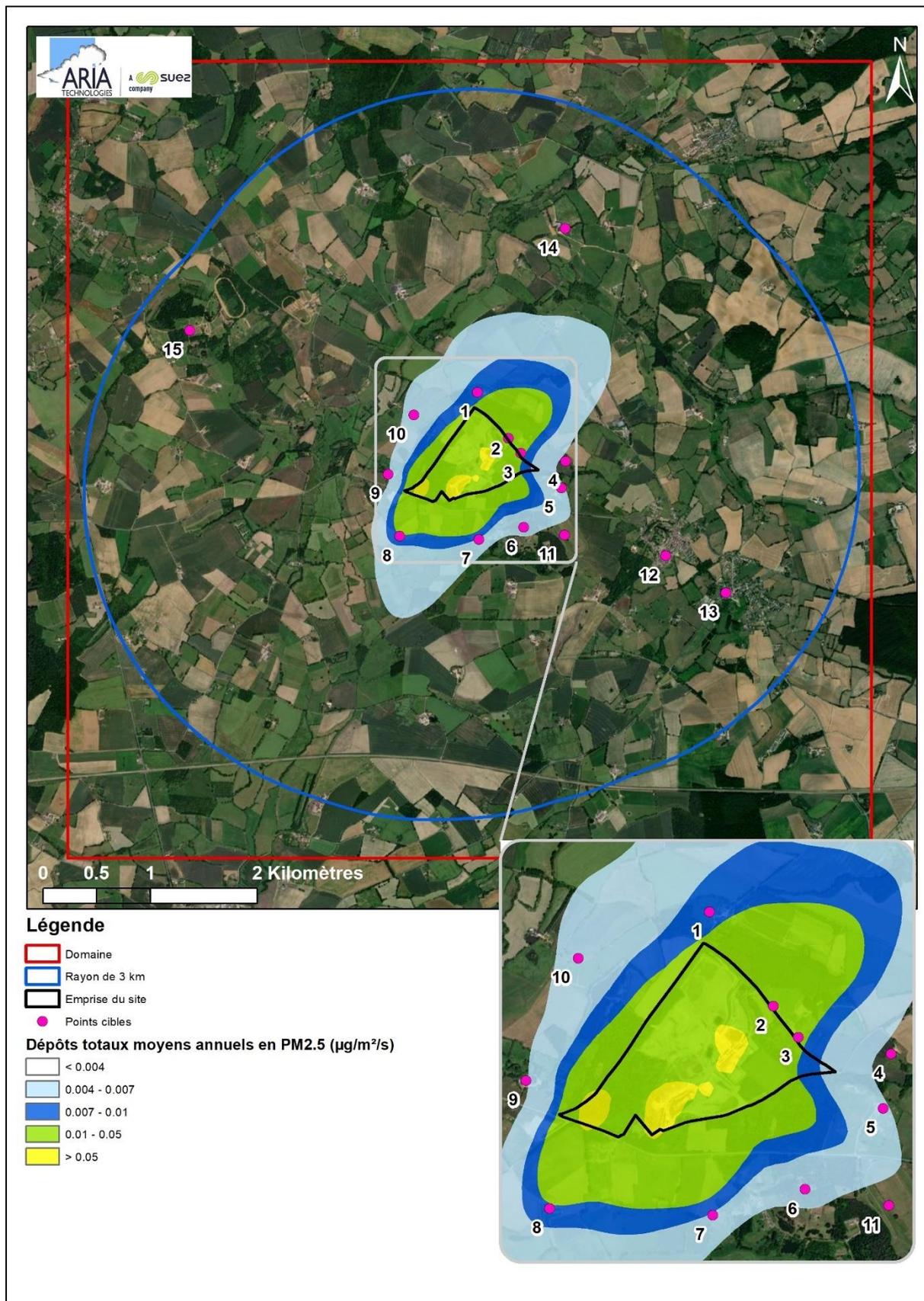


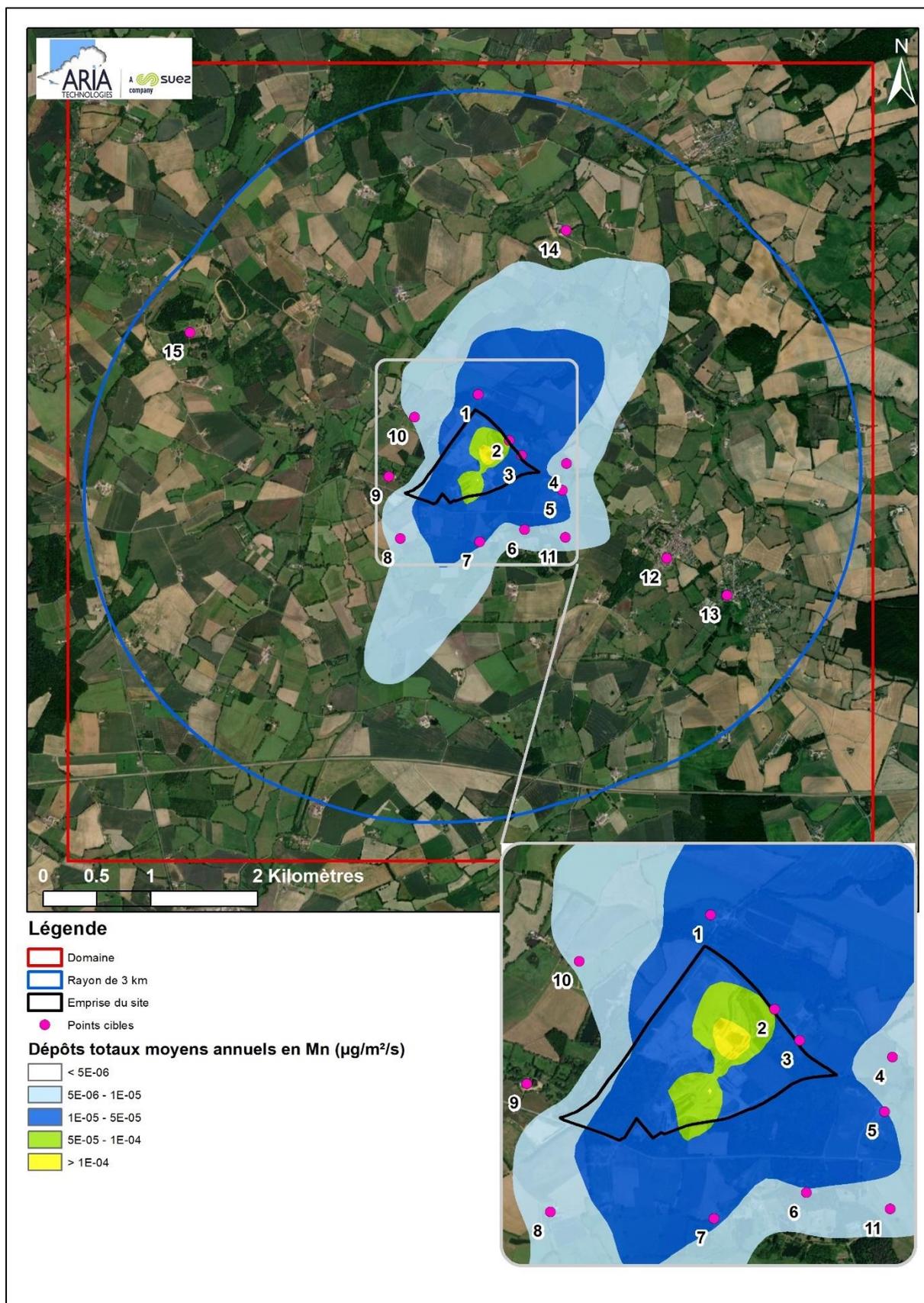


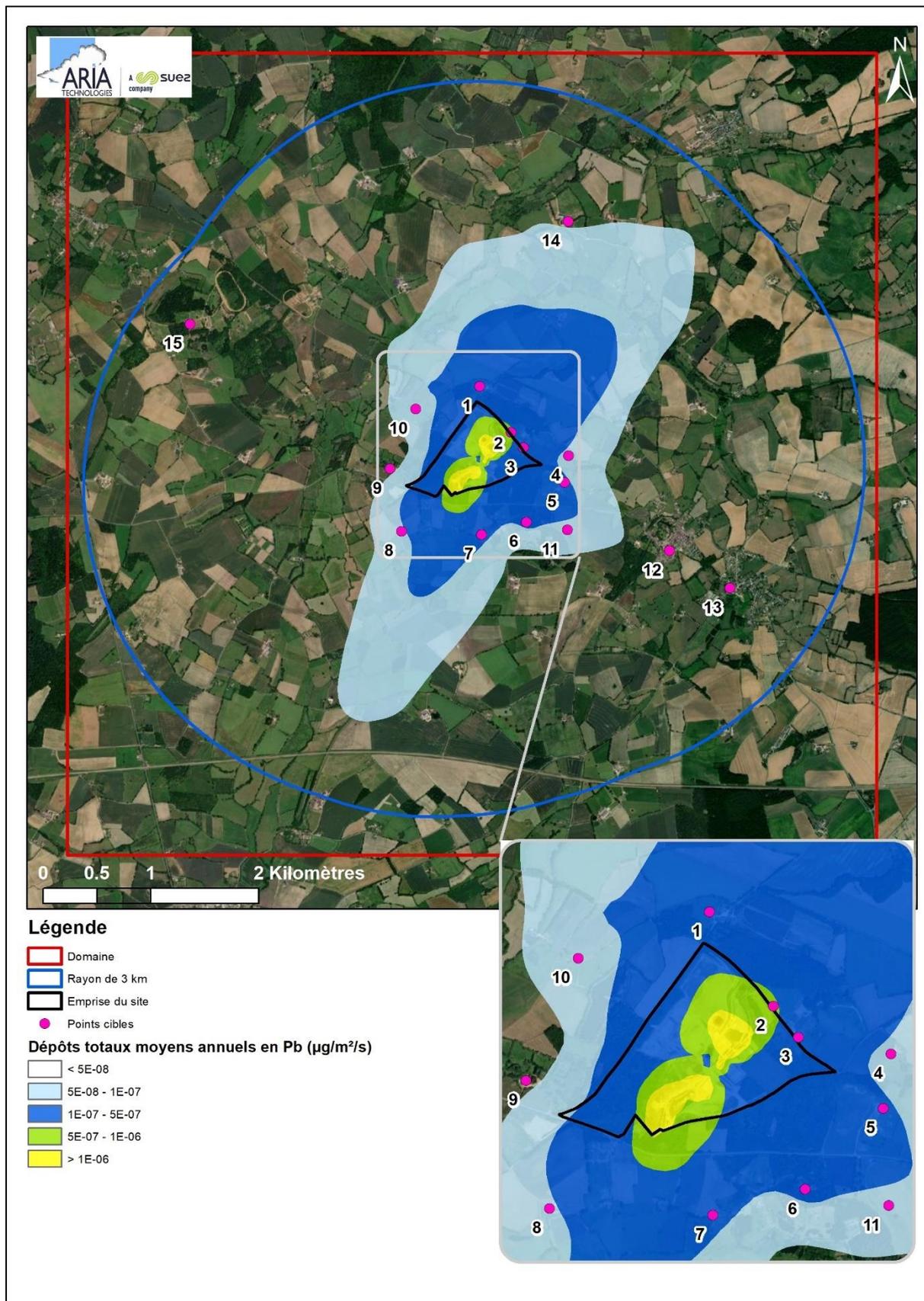
Annexe 3 : Cartes de dépôts au sol moyens annuels

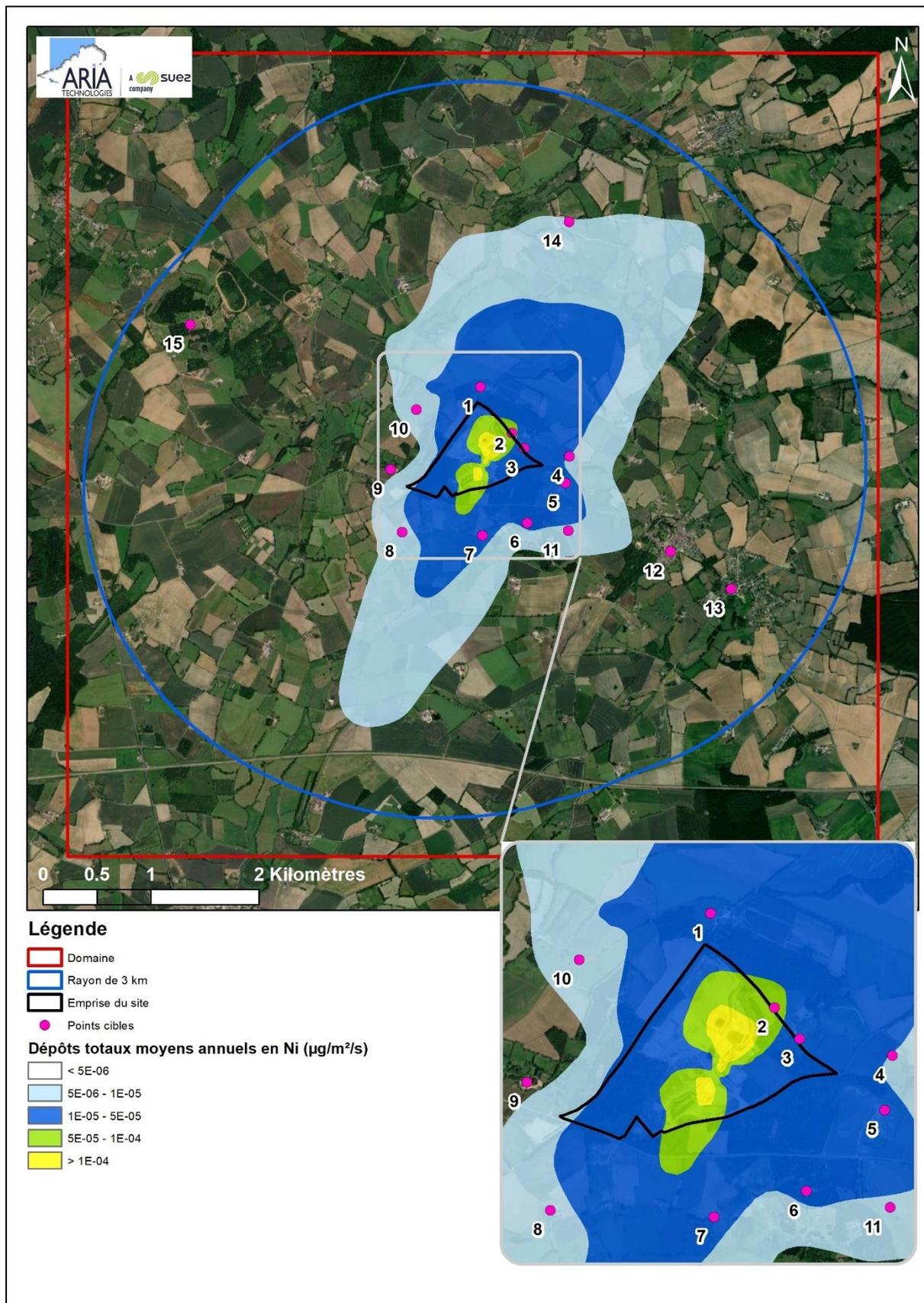


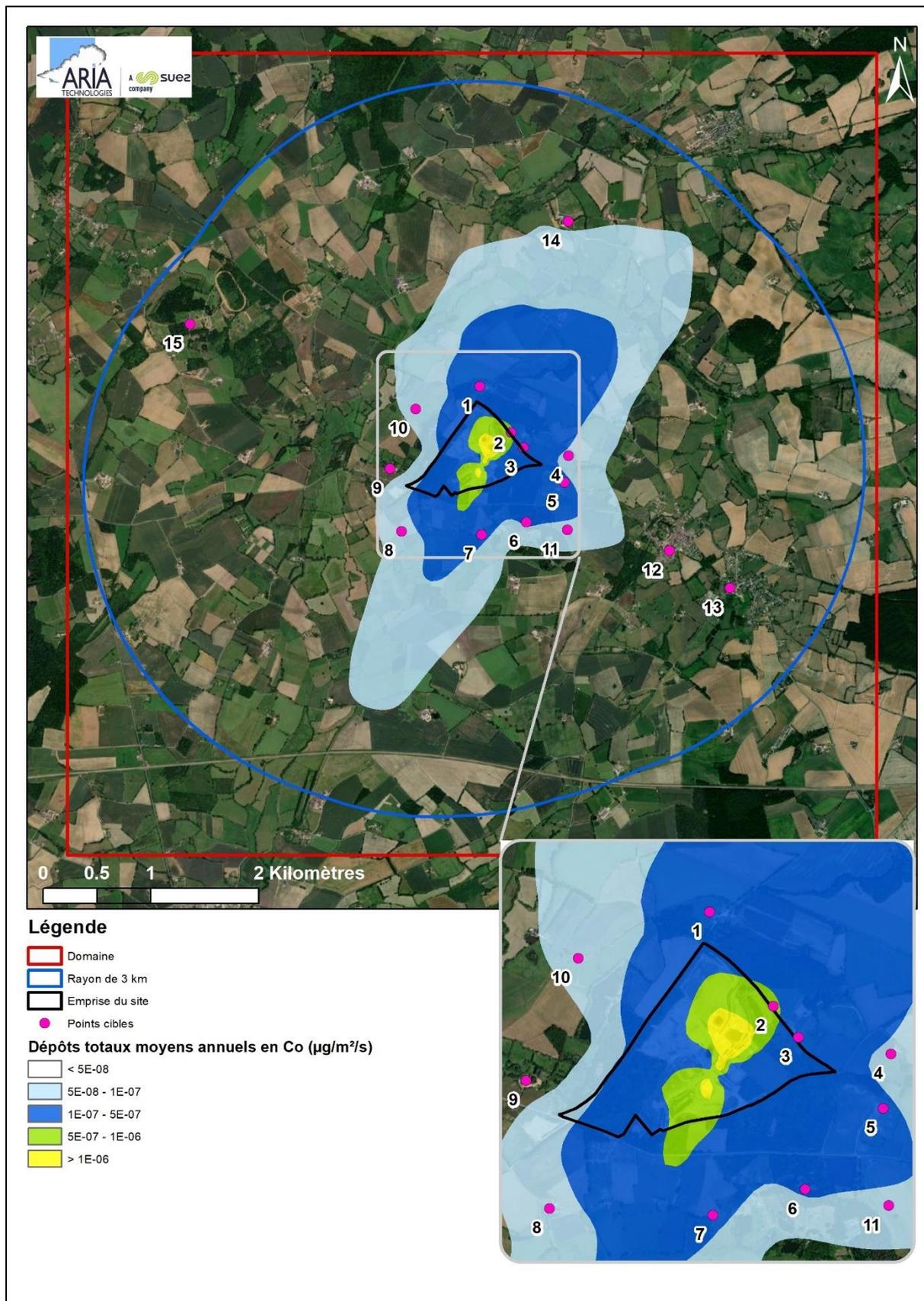


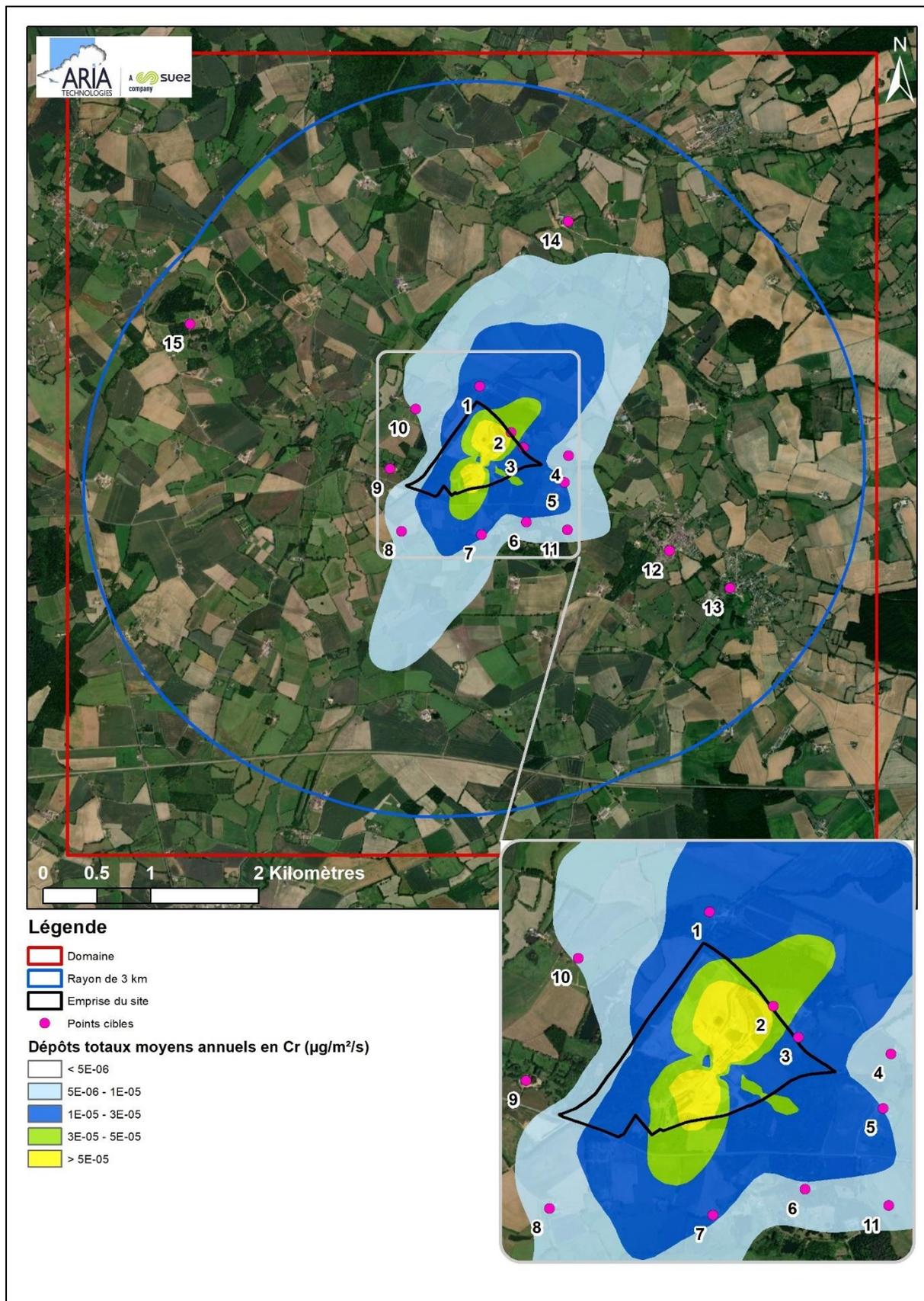


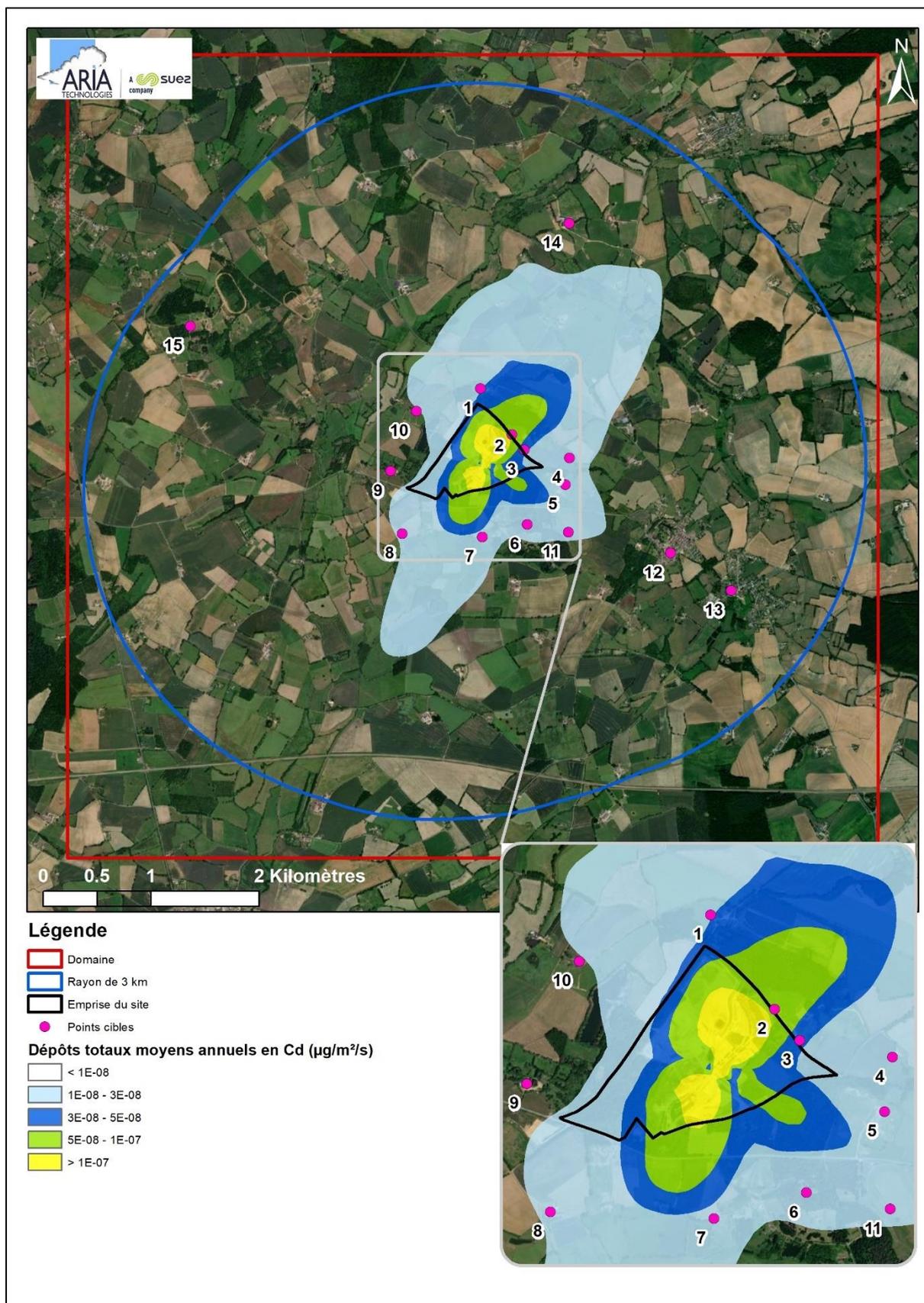


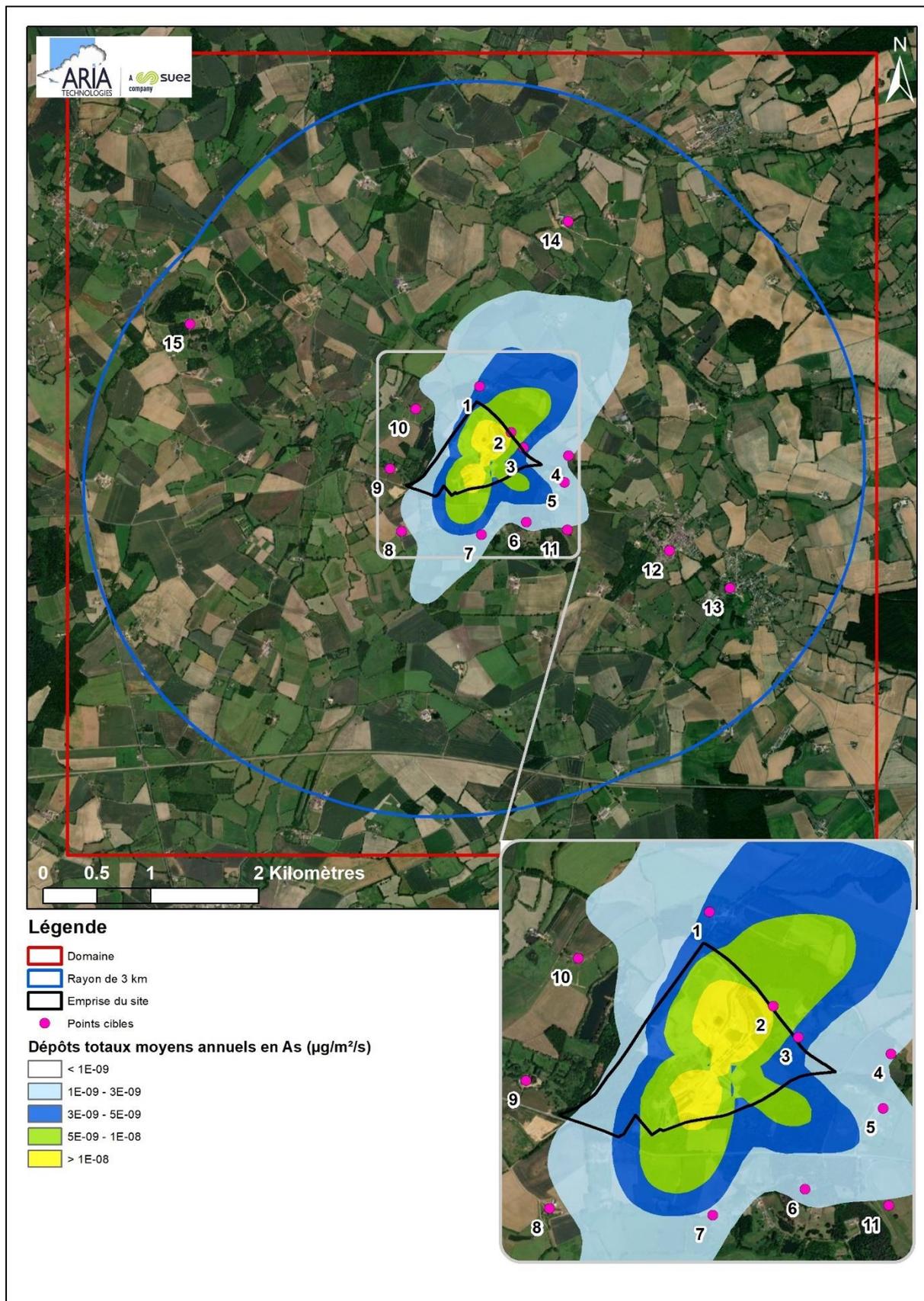












Annexe 4 : Détermination des concentrations dans les milieux d'exposition

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)²².

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_{sol} : concentration dans le sol (mg/kg)
- D : quantité de dépôt sur le sol (mg/m²/an)
- T : durée d'exposition (année)
- ρ : densité du sol (kg/m³)
- 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/m³
- 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-GIC²³).

Dans cette étude, nous considérerons **D_{cult} = D_{pât} = Dépôt sur la zone de culture la plus exposée** et **D_{pop} = Dépôt sur la zone habitée la plus exposée**.

²² EPA. Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion facilities. July 1998. EPA530-D-98-001A.

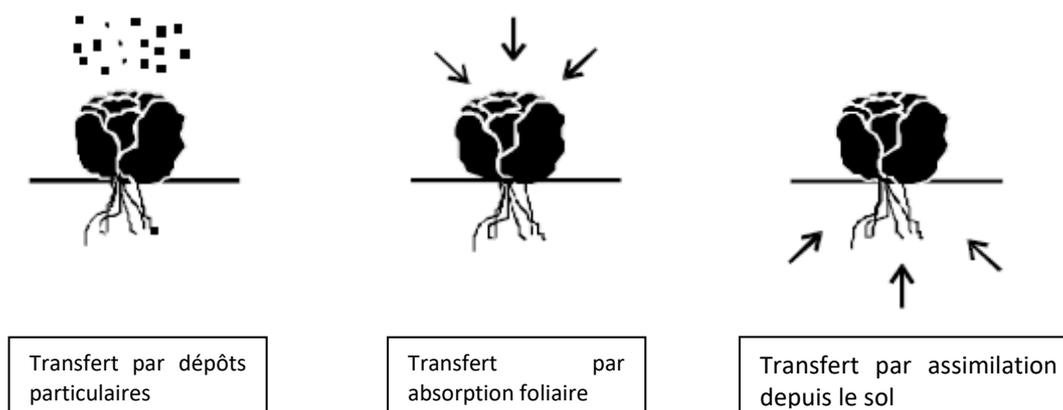
²³ « Mise à jour de l'étude de l'évaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion », INERIS, Décembre 2004.

Détermination des concentrations dans les végétaux

La contamination des végétaux a trois origines (cf. Figure 33) :

- 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 33 : 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/m²/an)
- R_p : fraction interceptée par les cultures (-)
- k_p : coefficient de perte sur la surface de la plante (année⁻¹) - effet « weathering »
- T_p : durée de culture (année)
- Y_p : rendement de production (kg sec/m²)
- t_{ms} : teneur en matière sèche de la plante (-)

Les facteurs relatifs aux végétaux utilisés sont issus des rapports de l'INERIS^{24/25} et sont présentés dans le Tableau 70.

²⁴ INERIS. Evaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion, INERIS (mai 2003).

²⁵ « 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 70 : facteurs relatifs aux végétaux

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

Transfert lié à l'absorption foliaire

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

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

Avec :

C_{gp} : concentration dans les plantes due à l'absorption foliaire (mg/kg frais)

C_a : concentration de polluant dans l'air (µg/m³)

B_v : coefficient de bio-transfert air-plante (m³/kg frais)

F_v : Fraction de polluant sous forme gazeuse (-)

VG : facteur correctif empirique (pour tenir compte du transfert réduit des polluants vers l'intérieur de la plante à vocation alimentaire et de la réduction de la contamination due aux techniques de préparation).

VG = 0,01 pour les polluants ayant un coefficient de partage octanol-eau (Kow) supérieur à 10 000 et VG = 1 pour les polluants ayant un coefficient de partage octanol-eau inférieur à 10 000.

Les facteurs de bioconcentration air/plante (B_v) utilisés sont présentés dans le Tableau 71 et 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.

Tableau 71 : facteurs de bioconcentration air/plante (Bv exprimés par rapport à la plante fraîche)

	Bv air/feuille	Bv air/leg-fruit	Bv air/fruit	Bv air/herbe	Source
unité	m ³ /kg frais				
Benzo(a)pyrène	24 948	7 859	18 711	24 948	HHRAP 2005

Les paramètres physico-chimiques relatif sont issus des rapports de l'INERIS^{26/27} et sont présentés dans le Tableau 72.

Tableau 72 : paramètres physico-chimiques

	Fv	Coefficient de partage octanol-eau	VG
unité	-	log Kow	-
Benzo(a)pyrène	0,29	6,00	0,01

²⁶ INERIS. Evaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion, INERIS (mai 2003).

²⁷ « Mise à jour de l'étude de l'évaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion », INERIS, Décembre 2004.

Transfert lié à l'assimilation des polluants par la plante

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

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

Avec :

C_{rp} : concentration dans la plante due au transfert sol/plante (mg/kg frais)

C_s : concentration dans le sol (mg/kg sol sec), dans les 20 premiers cm pour les racines, les feuilles, les fruits, les grains, et dans les 10 premiers cm pour l'herbe.

B_r : facteur de bio concentration sol/plante spécifique, dans les racines, les feuilles, les fruits, les grains du végétal, l'herbe (mg/kg frais ou sec de plante / mg/kg de sol sec).

Les facteurs de bioconcentration sol/plante (B_r) utilisés sont présentés dans le Tableau 73 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)²⁸. Les données HHRAP ont été privilégiées pour la transparence des sources d'informations.

Tableau 73 : facteurs de bioconcentration sol/plante (B_r 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						
Arsenic	1,60E-03	5,44E-04	3,99E-04	9,50E-04	3,53E-03	7,20E-03	HHRAP 2005
Cadmium	1,28E-02	1,08E-02	7,88E-03	1,88E-02	5,47E-02	7,28E-02	HHRAP 2005
Nickel	1,60E-03	8,01E-04	5,87E-04	1,40E-03	5,29E-03	6,40E-03	HHRAP 2005
Chrome	9,00E-04	4,20E-04	3,07E-04	7,32E-04	3,97E-03	1,50E-03	HHRAP 2005
Plomb	1,80E-03	1,17E-03	8,57E-04	2,04E-03	7,94E-03	9,00E-03	HHRAP 2005
Manganèse	1,50E-02	4,10E-02	4,80E-02	4,80E-02	2,60E-01	4,90E-01	GRNC - GR3
Cobalt	1,30E-02	1,70E-02	7,50E-03	7,50E-03	3,20E-03	2,20E-02	GRNC - GR3
Benzo(a)pyrène	1,21E-02	1,14E-03	8,32E-04	1,98E-03	1,16E-02	2,64E-03	HHRAP 2005
Naphtalène	5,38E-02	4,12E-02	3,02E-02	7,19E-02	4,22E-01	9,58E-02	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_p : concentration totale dans les plantes (mg/kg frais)

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

C_{gp} : concentration dans les plantes due à l'absorption foliaire (mg/kg frais)

C_{rp} : concentration dans la plante due au transfert sol/plante (mg/kg frais)

²⁸ 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

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 74 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)²⁹. Les données HHRAP ont été privilégiées pour la transparence des sources d'informations.

Tableau 74 : coefficient de bio-transfert dans les produits animaux (Ba exprimés par rapport à la masse fraîche de produit)

Substance	Baboeuf	Balaît	Bavolaille	Baoeuf	Blaît matern	Source
unité	j/kg frais	j/l frais	j/kg frais	j/kg frais	j/kg frais	
Arsenic	2,00E-03	6,00E-05	2,00E-02	2,00E-02		HHRAP 2005 & GRNC - SERLAB/01-39
Cadmium	1,20E-04	6,50E-06	1,06E-01	2,50E-03		HHRAP 2005
Chrome	5,50E-03	1,50E-03	3,00E-02	3,00E-02		HHRAP 2005 & GRNC - SERLAB/01-39
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
Cobalt	1,00E-03	2,00E-03	1,00E-03	1,00E-03		GRNC - GR3
Manganèse	5,00E-04	1,00E-04	5,00E-02	7,00E-02		GRNC - GR3
Benzo(a)pyrène	3,76E-02	7,91E-03	2,77E-02	1,58E-02		HHRAP 2005
Naphtalène	1,48E-02	3,13E-03	1,09E-02	6,25E-03		HHRAP 2005

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 :

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

Avec :

C_{boeuf} : concentration dans la viande (mg/kg de viande fraîche)

Q_{herbe} : quantité totale d'herbe ingérée quotidiennement par l'animal (kg frais/j)

C_{herbe} : concentration en polluant dans l'herbe ingérée par l'animal (mg/kg)

Q_s : quantité de sol ingérée quotidiennement par l'animal (kg sol sec/j)

C_s : concentration en polluant dans le sol (mg/kg sol sec) dans le premier cm

B_s : facteur de biodisponibilité ($B_s = 1$)

Ba_{boeuf} : facteur de biotransfert pour la viande de bœuf (j/kg frais)

Les paramètres relatifs au bœuf sont les suivants (INERIS³⁰) :

$Q_{herbe} = 60$ kg frais/j

$Q_s = 0,5$ kg sec/j

²⁹ 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.

³⁰ INERIS. Evaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion, INERIS (mai 2003).

Transfert vers le lait

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

Les paramètres relatifs à la vache laitière sont les suivants (INERIS³⁰) :

- $Q_{\text{herbe}} = 80$ 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_{volaille} : concentration dans la viande de volaille (mg/kg de viande fraîche)
- Q_{grain} : quantité totale de grain ingérée quotidiennement par l'animal (kg frais/j)
- C_{grain} : concentration en polluant dans les grains ingérée par l'animal (mg/kg)
- Q_s : quantité de sol ingérée quotidiennement par l'animal (kg sol sec/j)
- C_s : concentration en polluant dans le sol (mg/kg sol sec) dans le premier cm
- B_s : facteur de biodisponibilité ($B_s = 1$)
- Ba_{volaille} : facteur de biotransfert pour la viande de volaille (j/kg frais)

Les paramètres relatifs aux volailles sont les suivants (INERIS³⁰) :

- $Q_{\text{grain}} = 0,2$ 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_{oeuf} : concentration dans les œufs (mg/kg frais)

Q_{grain} : quantité totale de grain ingérée quotidiennement par l'animal (kg frais/j)

C_{grain} : concentration en polluant dans les grains 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 ($B_s = 1$)

$B_{\text{œuf}}$: facteur de biotransfert pour les œufs (j/kg frais)

Les paramètres relatifs aux volailles sont les suivants (INERIS³⁰) :

$Q_{\text{grain}} = 0,2$ kg frais/j

$Q_s = 0,02$ kg sec/j