



ARCAVI

Commune d'ETEIGNIERES (08)

Volet sanitaire

Rapport

Réf : NO1400026 / 1075651-02

GRB / RBO

11/04/2024



ARCAVI

Commune d'ETEIGNIERES (08)

Volet sanitaire

Ce rapport a été rédigé avec la collaboration de :

| Objet de l'indice | Date | Indice | Rédaction Nom / signature | Vérification Nom / signature | Validation Nom / signature |
|--------------------------------------|------------|--------|--|--|---|
| Rapport | 11/04/2024 | 01 | G. BENASSI  | R. BOISSAT  | R. BOISSAT  |
| Reprise à la suite de retours client | 11/04/2024 | 02 | G. BENASSI  | R. BOISSAT  | R. BOISSAT  |

| | |
|----------------------------------|--|
| Numéro de contrat / de rapport : | Réf : NO1400026 / 1075651-02 |
| Numéro d'affaire : | GMPA46832 |
| Domaine technique : | Site de stockage : Diagnostic environnemental, Etude de faisabilité |

GINGER BURGEAP Agence Nord-Ouest
 5, chemin des Filatiers – 62223 Sainte-Catherine
 Tél : 03.21.24.38.00 burgeap.arras@groupeginger.com

SOMMAIRE

| | |
|---|-----------|
| Introduction | 7 |
| 1. Etape 1 : Evaluation des émissions du site..... | 9 |
| 1.1 Localisation du site..... | 9 |
| 1.2 Description des activités et installations..... | 10 |
| 1.2.1 Types de déchets reçus | 10 |
| 1.2.2 Fonctionnement global de l'activité | 11 |
| 1.3 Inventaire et caractérisation des sources d'émissions atmosphériques | 13 |
| 1.3.1 Inventaire des sources d'émissions atmosphériques | 13 |
| 1.3.2 Caractérisation des sources d'émissions | 16 |
| 1.4 Quantification des rejets aqueux..... | 18 |
| 1.4.1 Eaux pluviales | 18 |
| 1.4.2 Eaux industrielles en sortie du système de traitement | 18 |
| 2. Etape 2 : Évaluation des enjeux et des voies d'exposition | 21 |
| 2.1 Délimitation de la zone d'étude..... | 21 |
| 2.2 Caractérisation des populations..... | 22 |
| 2.2.1 Description de la population générale | 22 |
| 2.2.2 Riverains du site, ERP et populations sensible | 23 |
| 2.3 Contexte environnemental | 24 |
| 2.3.1 Conditions météorologiques..... | 24 |
| 2.3.2 Topographie..... | 25 |
| 2.3.3 Occupation des sols..... | 26 |
| 2.3.4 Elevages | 26 |
| 2.3.5 Milieu aqueux..... | 27 |
| 2.3.6 Autres sources d'émission de la zone d'étude | 27 |
| 2.3.7 Synthèse des populations et des usages concernés | 28 |
| 2.4 Choix des substances d'intérêt | 29 |
| 2.4.1 Potentiel de transfert..... | 29 |
| 2.4.2 Toxicité des composés..... | 30 |
| 2.4.3 Sélection des traceurs..... | 32 |
| 2.5 Synthèse du schéma conceptuel..... | 34 |
| 3. Etape 3 : Evaluation de l'état des milieux..... | 36 |
| 3.1 Objectif | 36 |
| 3.2 Caractérisation des milieux..... | 37 |
| 3.2.1 Substances et milieux pertinents..... | 37 |
| 3.2.2 Données existantes..... | 38 |
| 3.2.3 Campagne de mesures complémentaires..... | 38 |
| 3.3 Evaluation de la compatibilité des milieux | 41 |
| 3.3.1 Evaluation de la dégradation des milieux..... | 41 |
| 3.3.2 Evaluation de la compatibilité du milieu sol pour les substances présentant une dégradation | 43 |
| 3.3.3 Calcul d'interprétation de l'état des milieux | 43 |
| 4. Etape 4 : Évaluation quantitative des risques sanitaires | 45 |
| 4.1 Identification des dangers..... | 45 |
| 4.2 Évaluation des relations dose-réponse | 45 |
| 4.2.1 Les valeurs toxicologiques de référence | 45 |
| 4.3 Evaluation des niveaux d'exposition par modélisation – Etat futur | 46 |
| 4.3.1 Substances retenues | 46 |
| 4.3.2 Estimation des concentrations dans les milieux d'exposition | 46 |
| 4.3.3 Méthode de calcul des niveaux d'exposition | 50 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 4.4 | Caractérisation des risques sanitaires | 51 |
| 4.4.1 | Méthodologie de calcul des risques | 51 |
| 4.4.2 | Caractérisation des risques pour les effets à seuil | 52 |
| 4.4.3 | Caractérisation des risques pour les effets sans seuil | 55 |
| 4.5 | Synthèse de l'évaluation des risques | 56 |
| 4.6 | Cas des PM2,5 | 56 |
| 4.7 | Comparaison aux valeurs de gestion | 57 |
| 4.8 | Discussion des incertitudes..... | 58 |
| 4.8.1 | Evaluation des émissions de l'installation | 58 |
| 4.8.2 | Valeurs toxicologiques de références | 60 |
| 4.8.3 | La modélisation atmosphérique | 61 |
| 4.8.4 | Durée d'exposition | 61 |
| 4.8.5 | Doses d'exposition pour l'ingestion | 62 |
| 4.8.6 | Synthèse sur les incertitudes | 63 |
| 5. | Conclusion | 64 |

ANNEXES

- Annexe 1. Méthodologie de calcul des émissions
- Annexe 2. Données clients sur la circulation des engins sur site
- Annexe 3. Traceurs de risques
- Annexe 4. Modélisation et définition du plan d'échantillonnage
- Annexe 5. Méthodes de prélèvements
- Annexe 6. Campagne de mesures – Rapport d'analyses
- Annexe 7. Valeurs de référence
- Annexe 8. Principes généraux de l'IEM
- Annexe 9. Présentation du logiciel de modélisation ADMS5
- Annexe 10. Résultats de la modélisation au niveau des différents récepteurs
- Annexe 11. Hypothèses et détails des calculs des doses d'exposition

TABLEAUX

| | |
|--|----|
| Tableau 1 : Recensement des sources actuelles sur site | 13 |
| Tableau 2 : Présentation des rejets canalisés..... | 16 |
| Tableau 3 : Présentation des émissions diffuses | 16 |
| Tableau 4 : Synthèse des flux actuels et futurs retenus pour le site ARCAVI d'Eteignières (t/an) | 17 |
| Tableau 5 : Caractérisation des eaux pluviales du site (2021 – 2023) | 18 |
| Tableau 6 : Caractérisation des eaux industrielles du site (2020 – 2022) | 19 |
| Tableau 7 : Flux des rejets des eaux industrielles du site (2020 – 2022) | 20 |
| Tableau 8 : Répartition de la population des communes de l'aire d'étude..... | 22 |
| Tableau 9 : Chiffres clés des habitations des communes de l'aire d'étude | 22 |
| Tableau 10 : Liste des ERP dits sensibles les plus proches du site | 23 |
| Tableau 11 : Site BASIAS présents dans le domaine d'étude | 28 |
| Tableau 12 : Usage des milieux | 28 |
| Tableau 13 : Toxicité des composés..... | 30 |
| Tableau 14 : Synthèse des VTR retenues..... | 31 |
| Tableau 15 : Traceurs de risque à retenir selon les guides sectoriels | 32 |
| Tableau 16 : Traceurs de risque supplémentaires retenus | 33 |
| Tableau 17 : Valeur de référence disponibles pour les traceurs d'émissions | 33 |
| Tableau 18 : Voies de transfert considérées en fonction des usages identifiés, pour les composés rejetés à l'atmosphère | 34 |
| Tableau 19 : Substances et milieux pertinents pour la caractérisation des milieux..... | 37 |
| Tableau 20 : Conditions météorologique relevés au cours de la campagne de mesure | 39 |
| Tableau 21 : Concentrations moyennes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dans l'air ambiant..... | 40 |
| Tableau 22 : Concentrations moyennes (mg/kg de MS) dans les sols superficiels (0-3 cm) | 40 |
| Tableau 23 : Concentrations moyennes (mg/kg de MS) dans les sols racinaires (0-30 cm)..... | 40 |
| Tableau 24 : Evaluation de la dégradation du milieu « air » | 41 |
| Tableau 25 : Evaluation de la dégradation du milieu « sol superficiel » | 42 |
| Tableau 26 : Evaluation de la dégradation du milieu « sol racinaires » | 42 |
| Tableau 27 : Comparaison du milieu « sol » dégradé aux valeurs de gestion disponibles | 43 |
| Tableau 28 : Tableau d'interprétation des résultats de l'IEM (MEDD, 2007)..... | 43 |
| Tableau 29 : Quantification partielle des risques pour les composés dans le sol ne présentant pas de valeur de gestion. | 44 |
| Tableau 30 : Substances retenues..... | 46 |
| Tableau 31 : Paramètres utilisés dans ADMS 5 pour la modélisation | 47 |
| Tableau 32 : Organes cibles..... | 52 |
| Tableau 33 : Quotients de danger pour le récepteur le plus impacté – Exposition par inhalation | 53 |
| Tableau 34 : Quotient de danger pour les récepteurs le plus impacté – Exposition par ingestion | 54 |
| Tableau 35 : Excès de risque individuel pour le récepteur les plus impacté – Exposition par inhalation | 55 |
| Tableau 36 : Excès de risque individuel pour le récepteur le plus impacté – Exposition par ingestion | 55 |
| Tableau 37 : Synthèse de l'évaluation du risque sanitaire | 56 |
| Tableau 38 : Comparaison aux valeurs guides | 57 |
| Tableau 39 : Représentativité des données relatives à l'évaluation des émissions de l'installation..... | 58 |
| Tableau 40 : Incertitudes sur la quantification des émissions | 59 |
| Tableau 41 : Complexité et qualité des données d'entrée du modèle | 61 |
| Tableau 42 : Temps passé à l'extérieur du lieu d'habitation en min/jour (population entre 2 000 et 20 000 habitants par commune)..... | 62 |

FIGURES

| | |
|---|----|
| Figure 1 : Localisation du site ARCAVI d'Eteignières (08) | 9 |
| Figure 2 : Localisation des sources canalisées et diffuses – Activités actuelles..... | 14 |
| Figure 3 : Localisation des sources canalisées et diffuses – Activités futures | 14 |
| Figure 4 : Circulation des camions sur site..... | 15 |
| Figure 5 : Définition du domaine d'étude et communes concernées | 21 |
| Figure 6 : Riverains les plus proches du site..... | 23 |
| Figure 7 : Localisation des ERP dits « sensibles » les plus proches | 24 |
| Figure 8 : Rose des vents issues des données modélisées (2020-2022)..... | 24 |
| Figure 9 : Température et précipitations sur la station Météo France Charleville-Mézières | 25 |
| Figure 10 : Topographie à proximité du site d'étude | 25 |
| Figure 11 : Occupation des sols | 26 |
| Figure 12 : Localisation des sites industriels à proximité | 27 |
| Figure 13 : Schéma conceptuel de l'étude | 35 |
| Figure 14 : Étapes et critères de l'IEM (adapté de MEDD 2007) | 36 |
| Figure 15 : Points de mesures de la campagne IEM | 38 |
| Figure 16 : Concentrations moyennes annuelles en H ₂ S (µg/m ³)..... | 48 |
| Figure 17 : Concentrations moyennes annuelles en PM ₁₀ (µg/m ³)..... | 48 |
| Figure 18 : Concentrations moyennes annuelles en NO ₂ (µg/m ³) | 49 |
| Figure 19 : Dépôts moyens annuels en PM ₁₀ (µg/m ³) | 49 |

Introduction

La SAEM ARCAVI est autorisée par arrêté préfectoral n°4806 du 20 août 2008 et ses arrêtés complémentaires à exploiter son Installation de Valorisation et d'Élimination des Déchets Ardennais (IVEDA) sur la commune d'Eteignières (08), comportant :

- Une Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux (ISDND), avec une capacité maximale autorisée de 110 000 t/an ;
- Casier de stockage d'amiante de 10 000 t/an ;
- Une Installation de Stockage de Déchets Inertes dont la capacité maximale autorisée est de 40 000 t/an ;
- Une installation de transit ;
- Des unités de traitement et de revalorisation du biogaz ;
- Une unité de traitement des lixiviats (UTL) ;
- Une plate-forme de compostage et de conditionnement de bois énergie.

Compte tenu des perspectives d'évolution des quantités de déchets réceptionnés sur les installations, ARCAVI souhaite étendre les capacités de traitement de l'ISDND.

Ainsi, dans le cadre de la poursuite de l'exploitation de l'IVEDA, ARCAVI a lancé une consultation pour les missions suivantes :

- Une étude technique, comprenant une étude de scénarii de faisabilité technique et économique d'augmentation de capacité de traitement des déchets de l'ISDND d'Eteignières, la conception technique, les perspectives d'évolution des capacités et durée d'exploitation pour chaque scénario, une aide à la décision pour le choix du scénario retenu et les études d'Avant-Projet ;
- L'élaboration du dossier de demande d'autorisation d'exploiter visant à étendre les capacités de traitement de l'ISDND sur le site d'Eteignières.

GINGER BURGEAP a alors notamment été mandaté par ARCAVI pour réaliser un volet sanitaire selon la démarche intégrée définie dans le guide de l'INERIS de septembre 2021 « Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées », conforme à la [circulaire du 9 août 2013](#) relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations classées soumises à autorisation.

Le volet sanitaire de l'étude d'impact définie par l'article 122-5 du Code de l'environnement vise à apprécier les effets (impacts) potentiellement induits par une installation en activité ou en projet sur la santé des populations voisines.

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

- D'identifier les principales substances émises par l'installation ;
- D'identifier les principales voies de transfert de ces substances dans l'environnement et les éventuels mécanismes de contamination des populations ;
- D'identifier les zones particulièrement impactées et les enjeux à surveiller (école, zone de baignade ou de pêche, etc.).

¹ IEM : Interprétation de l'état des milieux

² EQRS : Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires

Afin d'atteindre les objectifs fixés, les outils méthodologiques sont appliqués dans 4 étapes successives :

- **Étape 1** : évaluation des émissions de l'installation ;
- **Étape 2** : évaluation des enjeux et des voies d'exposition ;
- **Étape 3** : évaluation de l'état des milieux ;
- **Étape 4** : évaluation prospective des risques sanitaires.

L'évaluation (quantitative) des émissions de l'installation est l'étape préalable et indispensable à l'étude d'impact de l'installation (**étape 1**). Elle consiste à décrire toutes les sources de composés présentes sur l'installation et à caractériser leurs émissions, pour un fonctionnement normal pour les émissions atmosphériques (canalisées et diffuses).

L'évaluation des enjeux et des voies d'exposition (**étape 2**) permet d'établir le schéma conceptuel de l'exposition des cibles aux émissions des installations concernées par le site, à travers les relations entre :

- Sources de pollution et substances émises ;
- Les différents milieux et vecteurs de transfert ;
- Les cibles dans les milieux d'exposition identifiées à partir des usages recensés.

L'évaluation de l'état actuel des milieux autour de l'installation (**étape 3**) doit permettre de fixer des priorités pour la suite de l'étude et pour la gestion des émissions de l'installation contribuant à la protection des enjeux identifiés dans le schéma conceptuel. Cette étape se base sur les mesures réalisées dans les milieux d'exposition autour de l'installation.

Enfin, l'impact sanitaire sera évalué au travers de calculs de risques (**étape 4**).

Les principaux documents utilisés pour mener à bien cette étude sont :

- La circulaire du 9 Août 2013 relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations classées soumises à autorisation ;
- Le guide de l'INERIS « Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées » de septembre 2021 ;
- Le guide méthodologique de l'Institut National d'Etudes des Risques Industriels et Sanitaires (INERIS) « Evaluation des risques sanitaires dans l'étude d'impact des installations classées » de juin 2003 ;
- Le guide de l'InVS, 2000 - Analyse du volet sanitaire des études d'impact (guide de lecture) ;
- Le guide du MEDD, 2007 - La démarche d'Interprétation d'Etat des Milieux ;
- Le guide de l'INERIS de décembre 2021 « Surveillance dans l'air autour des installations classées - retombées des émissions atmosphériques - Impact des activités humaines sur les milieux et la santé » ;
- La note d'information de la Direction Générale de la Santé DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués.

1. Etape 1 : Evaluation des émissions du site

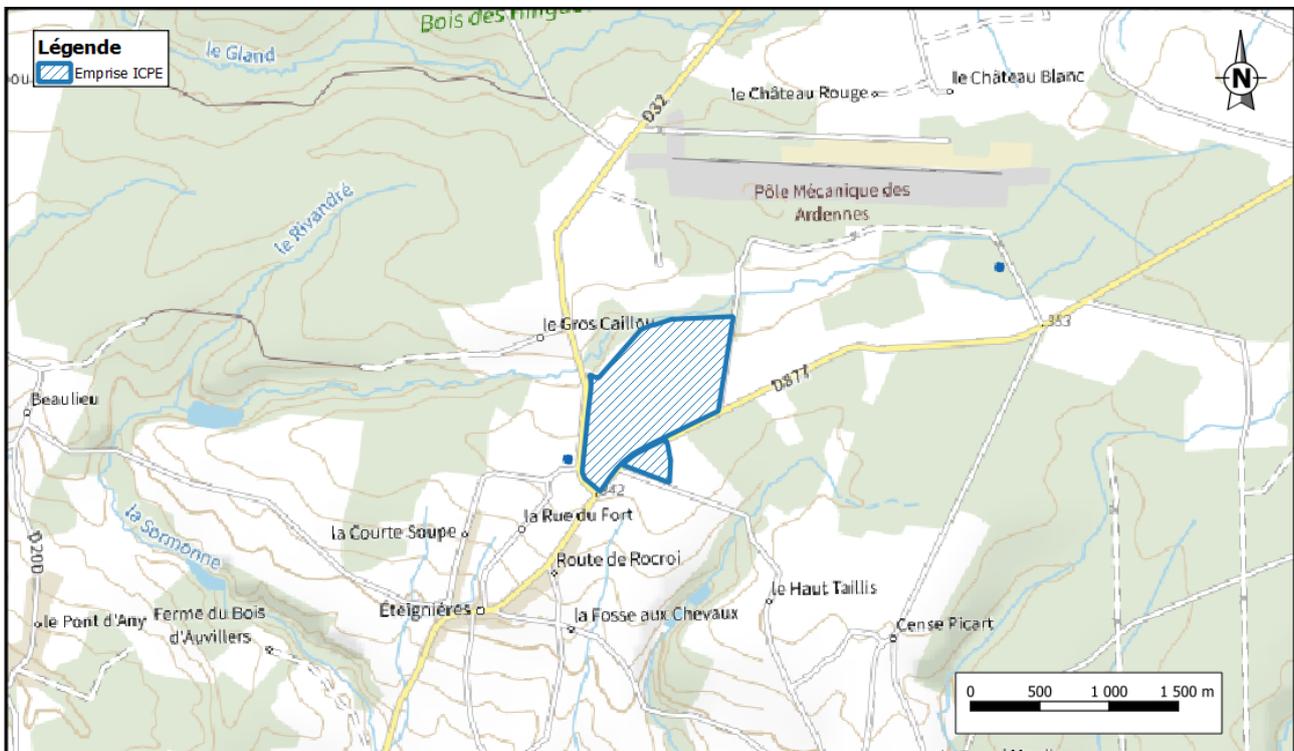
La caractérisation des émissions est une étape préalable et indispensable à l'étude d'impact de l'installation. Elle consiste à décrire toutes les sources de polluants qui seront présentes sur l'installation et à caractériser leurs émissions, les émissions atmosphériques à la fois canalisées et diffuses.

1.1 Localisation du site

Le site est implanté au nord de la commune d'Eteignières dans le département des Ardennes (08). L'environnement du site ARCAVI est ainsi caractérisé par :

- Une ancienne base de l'OTAN aujourd'hui fermée au nord du site ;
- Des dessertes locales que sont la D32 et la D471 à l'ouest, à l'est et au sud du site ;
- Le site semble majoritairement entouré de zones boisées et de parcelles agricoles.

Figure 1 : Localisation du site ARCAVI d'Eteignières (08)



1.2 Description des activités et installations

La SAEM ARCAVI est une installation de stockage de déchets non dangereux.

L'installation est en fonctionnement depuis février 1975. Elle reçoit les déchets ménagers ou assimilables aux ordures ménagères, dont les déchets de plâtre en casier séparatif (depuis 2009), les déchets d'amiante en casier séparatif (depuis 2012).

Le site comprend trois zones de stockages non dangereux (hors déchets en casier séparatifs) :

- Une zone exploitée entre 1976 et 1986 et réaménagée en couverture courant 2000 sur laquelle un réseau de pompage des lixiviats a été installé lors de la réhabilitation ;
- Une zone exploitée entre 1986 et 2000 entièrement recouverte, engazonnée et entièrement aménagée (réseau de biogaz, réseau de captage des lixiviats recouvrement de limon argileux et début de végétalisation) ;
- Une zone située au sud-ouest des deux premières et exploitée depuis 2001.

En plus de ces zones, des aires de stockages dédiées sont présentes au sein de l'ISDND avec :

- Des casiers de déchets de plâtres ;
- Des casiers d'amiante liée ;
- Une aire de stockage des sables de fonderie destinés au recouvrement ;

Enfin, sont également présents sur site :

- Une zone de stockage de déchets inertes ;
- Une plate-forme de compostage ;
- Une unité de traitement des lixiviats ;
- Un réseau de captage de biogaz.

1.2.1 Types de déchets reçus

Les déchets reçus sur site sont de différentes natures :

- Ordures ménagères et tout-venant ;
- Déchets verts (plate-forme de compostage) ;
- Déchets industriels non dangereux ;
- Boues de station urbaines ou industrielles ;
- Déchets minéraux ;
- Déchets de plâtre ;
- Déchets amiantés ;
- Déchets inertes.

Trois types d'arrivage sont identifiés sur site :

- Les déchets apportés par des bennes de collecte effectuant le ramassage des ordures ménagères à proximité du Centre de traitement ;
- Les déchets en provenance des secteurs plus éloignés des Ardennes, apportés par les camions gros-porteurs d'ARCAVI depuis la station de transfert ;
- Certains déchets commerciaux et industriels assimilables aux ordures ménagères apportés sur le centre de stockage par des collecteurs privés.

Enfin, le site reçoit également les déchets d'amiante apportés par des collecteurs ou des particuliers et des déchets verts en provenance des bennes spécifiques situées dans les déchèteries du département et des industries dans le cadre de l'activité de compostage.

1.2.2 Fonctionnement global de l'activité

1.2.2.1 Réception des déchets

L'ensemble des véhicules apportant des déchets est pesé à l'entrée de l'installation puis une identification, un contrôle visuel et un contrôle de la radioactivité des chargements de déchets est réalisé. Chaque type de déchet qui sera enfoui fait l'objet d'une fiche d'identification.

En ce qui concerne les déchets spécifiques (les boues, les sables de fonderie et les mâchefers) une analyse annuelle du produit est réalisée.

Les déchets d'amiante ou enrobés amiantés sont conditionnés soit en big-bag soit en palettes filmées pour être acceptés sur le site.

Certains déchets à base de plâtre font l'objet de mesure de COT avant admission car ils n'appartiennent pas à la liste d'admission spécifiée dans l'APC du 12/06/2009.

Enfin, en ce qui concerne les déchets verts, le déchargement des véhicules est effectué sous surveillance et la présence d'indésirables pourra entraîner :

- Le refus des bennes non-conformes dont les éléments pourraient altérer la qualité du compost ;
- Le tri et l'élimination des indésirables ;
- L'avertissement dès la collectivité ou de l'entreprise concernée.

1.2.2.2 Mise en casiers de stockage

Les déchets ménagers ou assimilables sont vidés directement sur le quai de déchargement de l'alvéole en exploitation. Ils sont ensuite étalés et compactés grâce à des compacteurs. Ce compactage est réalisé au fur et à mesure des apports. Aussi, des couvertures provisoires au fil de l'exploitation des alvéoles ainsi que des drains horizontaux et des puits verticaux de captage du biogaz sont installés sur les casiers en cours d'exploitation.

1.2.2.3 Traitement des rejets

► Lixiviats

L'ensemble des alvéoles exploitées depuis 1986 est équipé d'un réseau de drainage des lixiviats. Depuis juin 2000, les lixiviats sont envoyés sur une station de traitement des lixiviats via les bassins PEHD et béton. Une station de relevage (ARLV6), installée en 2003, double la pompe des eaux de drainage de la zone 1976-1986.

La collecte des lixiviats est réalisée grâce aux équipements suivants :

- Un réseau de drainage des eaux souterraines ;
- Un réseau de captage et drainage des lixiviats ;
- Plusieurs pompes pour l'évacuation des lixiviats ;
- Un poste de régulation et de surveillance des pompes de lixiviats.

L'unité de traitement des lixiviats (UTL) est exploitée par ARCAVI depuis janvier 2001. Le traitement des lixiviats mis en place est destiné à permettre le rejet vers le milieu naturel sans compromettre la qualité de la Sormonne.

Cette unité repose sur un traitement aérobie et physico-chimique selon les étapes suivantes :

1. Les lixiviats sont homogénéisés, aérés et mis à pH basique ;
2. Après la remise à pH neutre, la première phase de traitement est une oxydation biologique par voie aérobie avec nitrification des ions ammonium contenus et dénitrification des ions nitrites et nitrates formés. L'oxygénation est de type aération fines bulles avec régulation de l'oxygène dissous ;
3. Le décanteur permet une première séparation des boues et des lixiviats clarifiés par surverse ;
4. La seconde phase du traitement est un traitement physico-chimique comportant des étapes de coagulation, floculation, décantation et filtration sur sable pour éliminer les métaux et MES ;
5. Le traitement de finition est réalisé par adsorption sur charbon actif qui permet d'abattre la DCO et la DBO₅ ;
6. L'excès de boue est conditionné chimiquement et déshydraté sur filtre-presse ;
7. La commande de la station de traitement est réalisée à partir d'un micro-ordinateur de supervision.

► Biogaz

La collecte du biogaz est réalisée sur la zone exploitée depuis 1988 ainsi que sur la nouvelle zone en exploitation, pour les cellules recouvertes de limon argileux par un réseau de captage de biogaz. En plus de cela, pour les cellules exploitées à partir de 2007, des drains de captage sont mis en place tous les mètres dans le massif de déchets.

L'ensemble des alvéoles est équipé d'un puit de captage de biogaz et ces puits sont tous reliés en réseaux via des tuyaux aériens.

Une installation permet la valorisation du biogaz produit sur le site par cogénération de chaleur et d'électricité grâce au couplage de deux moteurs et d'une unité Biochaude. Les deux moteurs de cogénération permettent de produire de l'électricité vendue (vendu par la suite à EDF) et de la chaleur utilisée pour chauffer :

- Le bassin biologique de l'UTL ;
- L'évapo-concentrateur ;
- La tour de désulfuration ;
- Une partie des serres implantées à proximité du site.

Si la valorisation n'est pas possible alors le biogaz est éliminé via la torchère.

1.2.2.4 Compostage

La technique utilisée dans le cadre du traitement des déchets verts est celle de l'aération pilotée. Les andains sont régulés à un taux d'oxygène constant par insufflation d'air dans des caniveaux percés situés sous cet andain. En cas de besoin, les andains sont humidifiés au moyen d'un système d'aspersion.

A la suite des deux phases de compostage (la fermentation et la maturation), l'amendement organique est broyé et criblé selon deux mailles : 20 et 40 mm.

1.3 Inventaire et caractérisation des sources d'émissions atmosphériques

1.3.1 Inventaire des sources d'émissions atmosphériques

Plusieurs activités, émettrices de polluants atmosphériques, sont recensées sur le site d'ARCAVI. Elles sont répertoriées dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Recensement des sources actuelles sur site

| Activités | Sources d'émissions potentielles |
|---|---|
| Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux (ISDND) | Oxydateur WAGA Installation de valorisation du biogaz (2 moteurs, torchère, biochaude) Fuites de biogaz des casiers en post-exploitation et en exploitation Déchargement des camions Création et couverture d'un casier |
| Plate-forme de compostage | Compostage Broyeur |
| Installation de stockage de déchets inertes | Pas de source d'émission potentielle |
| Casiers de stockage de déchets de plâtre | Pas de source d'émission potentielle |
| Casiers d'amiante liée | Pas de source d'émission potentielle |
| Stockage de sable de fonderie | Pas de source d'émission potentielle spécifique |
| Toutes activités | Déchargement des camions Circulation des engins et de camions sur site |

Les sources en **bleu** sont **canalisées** et en **violet** sont **diffuses**.

Les travaux de réaménagement consistent en la rehausse des surfaces de stockage existantes afin de poursuivre les activités. De ce fait l'ensemble des sources sont déjà présentes sur site, seul le volume de stockage de l'ISDND sera modifié par rapport à l'existant.

La localisation des sources est présentée sur la figure suivante :

Figure 2 : Localisation des sources canalisées et diffuses – Activités actuelles

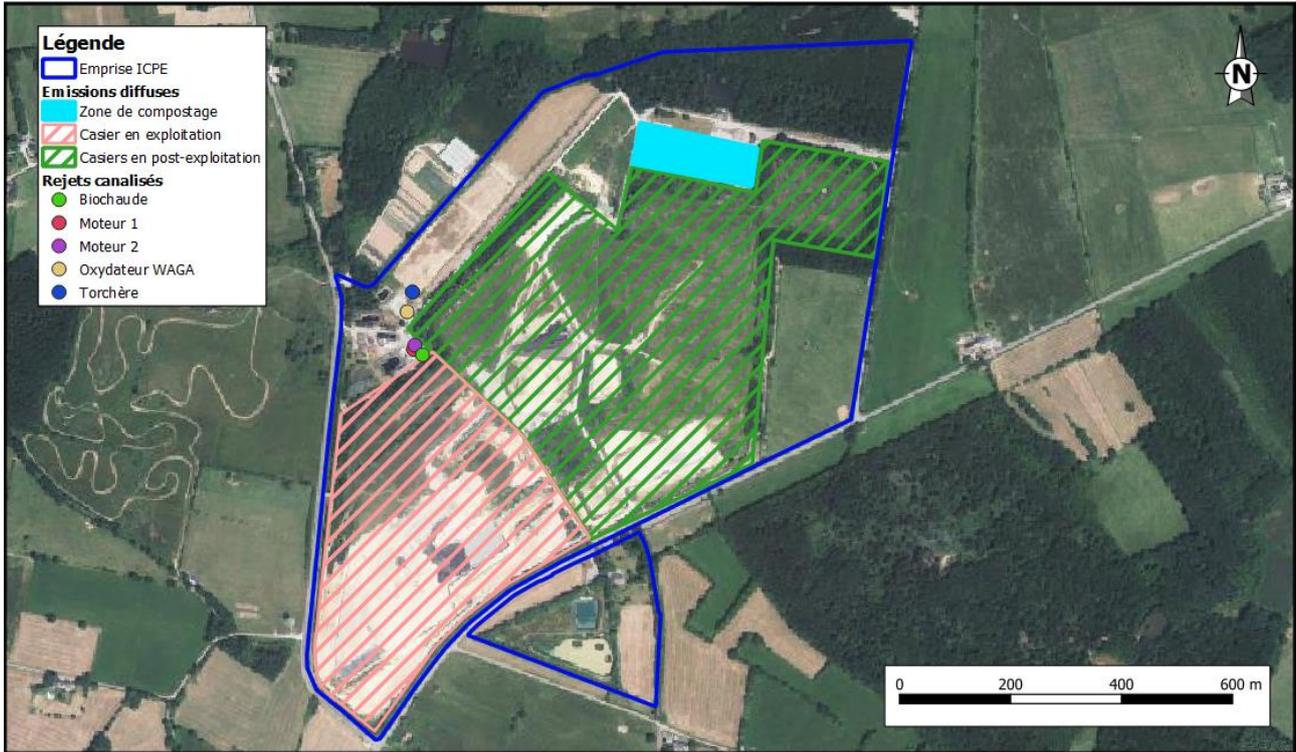
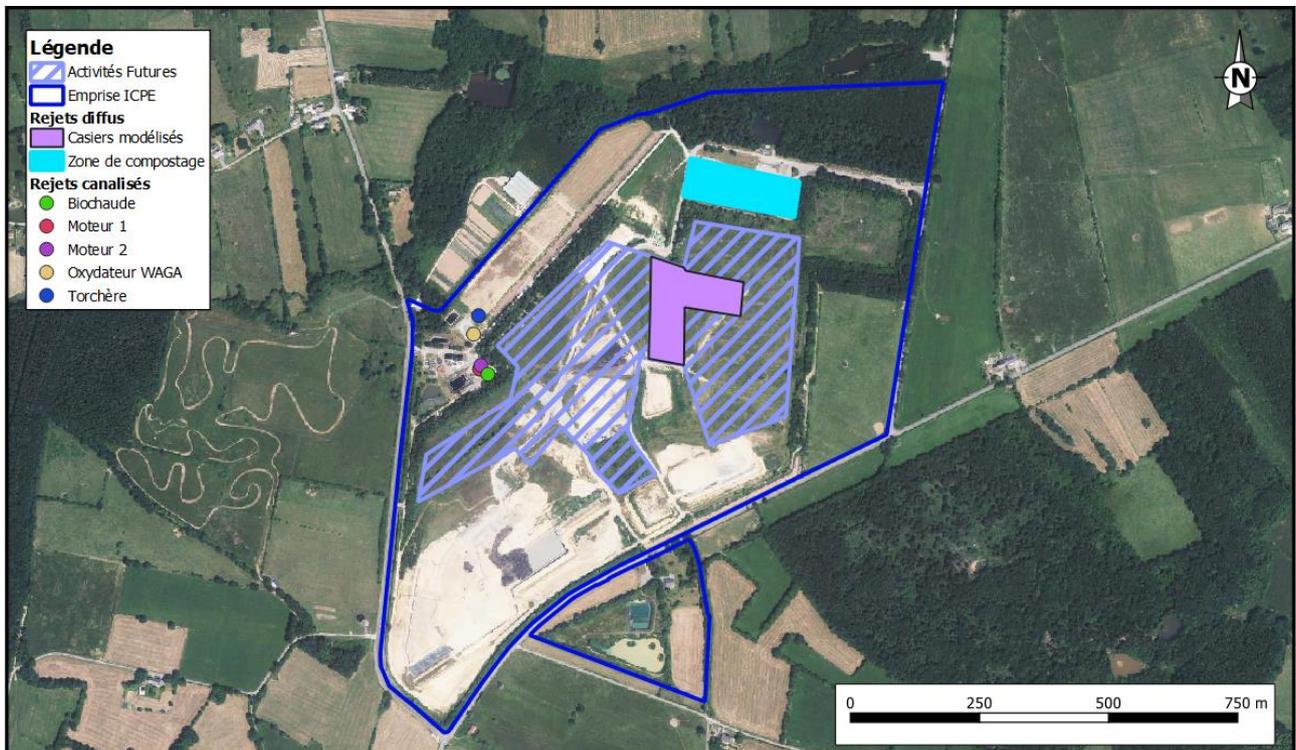


Figure 3 : Localisation des sources canalisées et diffuses – Activités futures

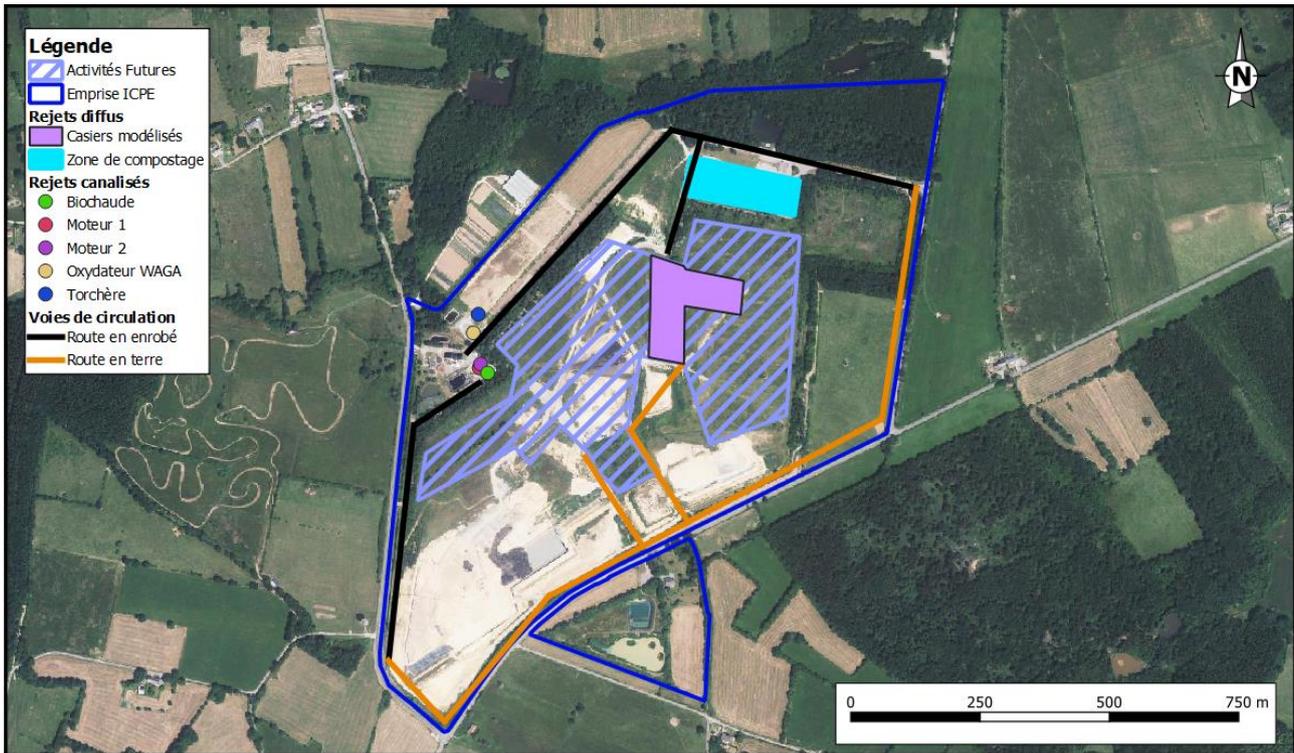


Les émissions diffuses de biogaz ont été répartie de la manière suivante :

- Pour la configuration actuelle, sur l'ensemble des casiers exploités (hors casier en création) ;
- Pour la configuration future, sur les casiers identifiés sur la Figure 3. Ils correspondent aux trois plus grands casiers du projet (13, 14 et 15) respectivement en phase de recouvrement, d'exploitation et d'extraction.

Les émissions liées aux engins (gaz d'échappement et envois de poussières) ont été affectées à la zone sur laquelle les engins sont utilisés (ISDND (casiers en création, exploitation et en couverture), plateformes de compostage). Nous considérons, dans une approche majorante que les voies de circulation sont identiques entre la situation actuelle et la situation futures.

Figure 4 : Circulation des camions sur site



1.3.2 Caractérisation des sources d'émissions

La méthodologie de calcul des flux pour toutes les sources (canalisées et diffuses) est présentée en **Annexe 1**.

1.3.2.1 Sources canalisées

Le tableau suivant résume l'ensemble des rejets canalisés du site et la nature des composés émis et surveillés.

Tableau 2 : Présentation des rejets canalisées

| Activité | Source | Composés |
|--|-----------|--|
| Installation de valorisation de Biogaz | 2 moteurs | Poussières, NOx, CO, COVNM |
| | Torchère | Poussières, COV, NOx, CH ₄ , CO |
| | Biochaude | Poussières, COV, NOx, CH ₄ , CO |
| Oxydateur WAGA | | Poussières, COV, NOx, CH ₄ , CO |

Les flux ont été estimés sur la base

- Des VLE (Valeur Limite à l'Émission) et de données fournies par ARCAVI pour la Torchère et l'Oxydateur WAGA, aucune de mesures n'étant disponible ;
- Des mesures disponibles pour les moteurs et la Biochaude.

Les flux annuels estimés sont reportés dans les tableaux suivants :

1.3.2.2 Sources diffuses

Les émissions diffuses sont des émissions qui proviennent de différentes parties du site. Ceci implique donc une notion d'échelle géographique ou géométrique. Les émissions diffuses sont souvent caractérisées par des hauteurs, des températures ou des vitesses d'émissions faibles, et induit une dispersion moindre et des distances d'impact réduites. Les concentrations et dépôts atmosphériques associés peuvent donc être plus importants en proximité immédiate de la source considérée. Les émissions diffuses peuvent être surfaciques, volumiques ou fugitives.

Le tableau suivant résume l'ensemble des émissions diffuses du site et les principaux composés émis.

Tableau 3 : Présentation des émissions diffuses

| Activités | Source | Composés |
|--------------------------|--|--|
| ISDND | Manutention | Poussières |
| | Extraction (Préparation d'un casier) | Poussières |
| | Fuites de biogaz | H ₂ S, CO, COV |
| Plateforme de compostage | Compostage / Broyage | NH ₃ , CO, H ₂ S, COV et métaux |
| Toutes | Emissions des camions extérieurs | Poussières, SO ₂ , NOx, CO, COV, BaP, naphthalène et métaux |
| | Emissions liées à la circulation des engins sur site | Poussières, SO ₂ , NOx, CO, COV, BaP, naphthalène et métaux |

Les données liées aux caractéristiques des différents engins sont présentées en **Annexe 2**.

1.3.2.1 Synthèse des émissions atmosphériques

Les émissions du site retenues dans le cadre de cette étude sont synthétisées dans le tableau ci-après.

Tableau 4 : Synthèse des flux actuels et futurs retenus pour le site ARCAVI d'Eteignières (t/an)

| Substances | Somme des émissions actuelles (t/an) | Somme des émissions futures (t/an) |
|---------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| PM10 | 1.37E+01 | 1.25E+01 |
| Particules Diesel | 1.08E-01 | 8.79E-02 |
| CO2 | 2.38E+02 | 2.38E+02 |
| H2S | 3.25E-01 | 3.46E-01 |
| SO2 | 5.80E+00 | 1.13E+01 |
| NOx | 3.24E+00 | 4.26E+00 |
| CO | 3.96E+00 | 6.44E+00 |
| COVNM | 4.99E-01 | 6.12E-01 |
| CH4 | 3.29E-02 | 1.99E-01 |
| NH3 | 2.80E-01 | 2.80E-01 |
| 1,2 Dichloroéthane | 2.17E-02 | 3.18E-02 |
| Acétone | 9.39E-02 | 1.24E-01 |
| Benzène | 2.62E-02 | 3.09E-02 |
| BaP | 7.51E-08 | 6.10E-08 |
| Chlorure de vinyle | 1.40E-02 | 1.85E-02 |
| Ethylbenzène | 3.50E-02 | 4.66E-02 |
| Naphtalène | 1.43E-02 | 1.43E-02 |
| Tétrachloroéthyle | 5.08E-02 | 7.29E-02 |
| Toluène | 1.38E-01 | 1.76E-01 |
| Trichloroéthylène | 4.15E-02 | 5.89E-02 |
| HAP | 3.06E-04 | 1.31E-02 |
| acétaldéhyde | 2.10E-01 | 2.10E-01 |
| As | 3.04E-06 | 1.76E-06 |
| Cd | 1.52E-05 | 9.84E-06 |
| Cr | 1.54E-05 | 2.06E-05 |
| Mn | 1.76E-05 | 1.76E-05 |
| Hg | 1.34E-05 | 4.39E-06 |
| Ni | 1.33E-05 | 2.06E-05 |
| Pb | 1.49E-04 | 2.04E-05 |
| Zn | 8.79E-06 | 1.13E-04 |
| Se | 4.39E-06 | 4.39E-06 |
| Te | 4.39E-06 | 4.39E-06 |
| Tl | 4.39E-06 | 4.39E-06 |
| Si | 1.98E-06 | 1.98E-06 |
| Co | 1.10E-05 | 1.10E-05 |
| Sb | 4.39E-06 | 4.39E-06 |
| V | 4.39E-06 | 4.39E-06 |
| PM2.5 | 8.77E+00 | 8.16E+00 |

1.4 Quantification des rejets aqueux

Les émissions aqueuses liées au fonctionnement du site correspondent aux eaux résiduaires issues de l'UTL, eaux industrielles, les eaux de drainages ainsi que les eaux pluviales.

L'éventualité d'émissions hydriques non contrôlées (résultat d'une déchirure de la géomembrane au niveau des casiers) est également considérée conformément aux recommandations du guide ASTEE.

1.4.1 Eaux pluviales

Les eaux pluviales correspondent aux eaux de drainages et de ruissellement. Elles sont collectées, acheminées vers un bassin de collecte des eaux pluviales, traitées via un passage par un décanteur puis évacuées vers le milieu naturel (fossé longeant la route départementale D32 puis vers la Sormonne).

Sur la base des mesures d'autosurveillance, les effluents rejetés dans le milieu naturel sont caractérisés dans le tableau suivant :

Tableau 5 : Caractérisation des eaux pluviales du site (2021 – 2023)

| Paramètres | Moyenne | Concentration minimale | Concentration maximale |
|-------------------------|---------|------------------------|------------------------|
| pH (unité pH) | 7,45 | 6,50 | 8,50 |
| Conductivité (µS/cm) | 565,27 | 343,00 | 703,00 |
| Température (°C) | 10,29 | 4,00 | 20,70 |
| Couleur (mgPt/L) | 23,19 | 10,00 | 75,00 |
| MES (mg/L) | 20,37 | 1,00 | 280,00 |
| DCO (mg/L) | 15,95 | 7,00 | 36,00 |
| DBO5 (mg/L) | 1,76 | 1,50 | 3,00 |
| Azote global NGL (mg/L) | 3,04 | 0,50 | 13,00 |
| Ammonium NH4+ (mg/L) | 0,23 | 0,05 | 0,61 |
| HCT (C10-C40) (mg/L) | 12,84 | 0,05 | 40,00 |
| P total (mg/L) | 5,31 | 0,31 | 14,76 |
| Somme métaux (mg/L) | 2,33 | 0,05 | 13,00 |

1.4.2 Eaux industrielles en sortie du système de traitement

► Concentrations avant rejet dans le milieu naturel

Les lixiviats provenant des casiers de l'ISDND sont collectés et acheminés vers l'installation de traitement des lixiviats du site, y sont traités puis analysés.

Il est à noter que depuis 2022, une partie des eaux traitées est dirigée vers la zone de Taillis de Très Courtes Rotations (TTCR). Les eaux traitées sont stockées en bassins avant leur rejet.

En cas de rejet en milieu naturel (fossé longeant la route départementale D32 puis vers la Sormonne), celui-ci s'effectue par bâchées d'au maximum **406 m³/j**.

Sur la base des mesures d'autosurveillance, les effluents rejetés dans le milieu naturel sont caractérisés dans le tableau suivant.

Tableau 6 : Caractérisation des eaux industrielles du site (2020 – 2022)

| Substance | Moyenne | Concentration minimale | Concentration maximale |
|-------------------------|---------|------------------------|------------------------|
| pH (unité pH) | 7,64 | 6,90 | 8,90 |
| Conductivité (µS/cm) | 3108,85 | 1169,00 | 4810,00 |
| Température (°C) | 17,66 | 6,10 | 25,50 |
| Couleur (mgPt/L) | 53,19 | 5,00 | 150,00 |
| MES (mg/L) | 7,60 | 2,00 | 24,00 |
| DCO (mg/L) | 56,36 | 9,00 | 120,00 |
| DBO5 (mg/L) | 3,48 | 0,50 | 18,00 |
| COT (C orga) (mg/L) | 18,76 | 1,10 | 44,00 |
| NTK (mg/L) | 2,80 | 0,25 | 6,80 |
| Nitrite (mg/L) | 3,10 | 0,10 | 4,45 |
| Nitrate NO3- (mg/L) | 27,04 | 0,77 | 60,20 |
| Azote global NGL (mg/L) | 9,64 | 0,70 | 20,28 |
| Ammonium NH4+ (mg/L) | 0,65 | 0,02 | 5 |
| Potassium K (mg/L) | 165,50 | 4,30 | 310,00 |
| HCT (C10-C40) (mg/L) | 0,13 | 0,03 | 0,44 |
| Indice Phénol (µg/L) | 2,01 | < LQ | 9,00 |
| AOX (mg/L) | 0,08 | 0,02 | 0,28 |
| Phosphate (mg/L) | 0,23 | 0,05 | 1,51 |
| Sulfate SO4-- (mg/L) | 284,08 | 18,90 | 478,00 |
| Chlorure Cl- (mg/L) | 637,47 | 41,80 | 1180,00 |
| Fluorure (mg/L) | 0,33 | 0,10 | 0,68 |
| CN libres (µg/L) | 1,66 | < LQ | 2,50 |
| CrVI (mg/L) | 0,46 | < LQ | 5,00 |
| P total (µg/L) | 0,16 | 0,03 | 2,00 |
| Pb (µg/L) | 2,50 | < LQ | 11,00 |
| Cu (µg/L) | 1,76 | < LQ | 6,00 |
| Cr (µg/L) | 5,26 | 0,01 | 21,00 |
| Ni (µg/L) | 11,94 | 0,01 | 44,00 |
| Zn (µg/L) | 9,09 | 0,01 | 110,00 |
| Mn (µg/L) | 26,55 | 0,02 | 100,00 |
| Sn (µg/L) | 1,77 | 0,01 | 5,00 |
| Cd (µg/L) | 0,36 | < LQ | 0,50 |
| Fe (µg/L) | 245,70 | 0,01 | 1300,00 |
| Al (µg/L) | 0,08 | 0,01 | 0,87 |
| Hg (µg/L) | 0,22 | < LQ | 2,50 |
| As (µg/L) | 0,39 | < LQ | 2,50 |
| Mn2+ (µg/L) | 18,66 | < LQ | 61,00 |
| Fe2+ (µg/L) | 32,15 | 0,01 | 120,00 |
| Somme métaux (mg/L) | 0,55 | 0,05 | 1,50 |

► Flux de rejet dans le milieu naturel

Sur la base des mesures précédemment présentées, le flux des eaux industrielles après traitement rejetées dans le milieu naturel sont caractérisés dans le tableau suivant :

Tableau 7 : Flux des rejets des eaux industrielles du site (2020 – 2022)

| Substances | Flux en Kg/j |
|-------------------------|--------------|
| MES (mg/L) | 3.09E+00 |
| DCO (mg/L) | 2.29E+01 |
| DBO5 (mg/L) | 1.41E+00 |
| COT (C orga) (mg/L) | 7.62E+00 |
| NTK (mg/L) | 1.14E+00 |
| Nitrite (mg/L) | 1.26E+00 |
| Nitrate NO3- (mg/L) | 1.10E+01 |
| Azote global NGL (mg/L) | 3.91E+00 |
| Ammonium NH4+ (mg/L) | 2.64E-01 |
| Potassium K (mg/L) | 6.72E+01 |
| HCT (C10-C40) (mg/L) | 5.28E-02 |
| Indice Phénol (µg/L) | 8.16E-01 |
| AOX (mg/L) | 3.25E-02 |
| Phosphate (mg/L) | 9.34E-02 |
| Sulfate SO4-- (mg/L) | 1.15E+02 |
| Chlorure Cl- (mg/L) | 2.59E+02 |
| Fluorure (mg/L) | 1.34E-01 |
| CN libres (µg/L) | 6.74E-04 |
| CrVI (mg/L) | 1.87E-01 |
| P total (µg/L) | 6.50E-05 |
| Pb (µg/L) | 1.02E-03 |
| Cu (µg/L) | 7.15E-04 |
| Cr (µg/L) | 2.14E-03 |
| Ni (µg/L) | 4.85E-03 |
| Zn (µg/L) | 3.69E-03 |
| Mn (µg/L) | 1.08E-02 |
| Sn (µg/L) | 7.19E-04 |
| Cd (µg/L) | 1.46E-04 |
| Fe (µg/L) | 9.98E-02 |
| Al (µg/L) | 3.25E-05 |
| Hg (µg/L) | 8.93E-05 |
| As (µg/L) | 1.58E-04 |
| Mn2+ (µg/L) | 7.58E-03 |
| Fe2+ (µg/L) | 1.31E-02 |
| Somme métaux (mg/L) | 2.23E-01 |

L'étude des usages du milieu permettra de statuer de la prise en compte ou non du milieu aqueux pour la suite de ce rapport.

2. Étape 2 : Évaluation des enjeux et des voies d'exposition

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

A partir de ces informations, le schéma conceptuel a pour objectif de préciser les relations entre :

- Les sources d'émissions atmosphériques et les substances émises (voir chapitre précédent) ;
- Les différents milieux et vecteurs de transfert ;
- Les usages et les populations exposées.

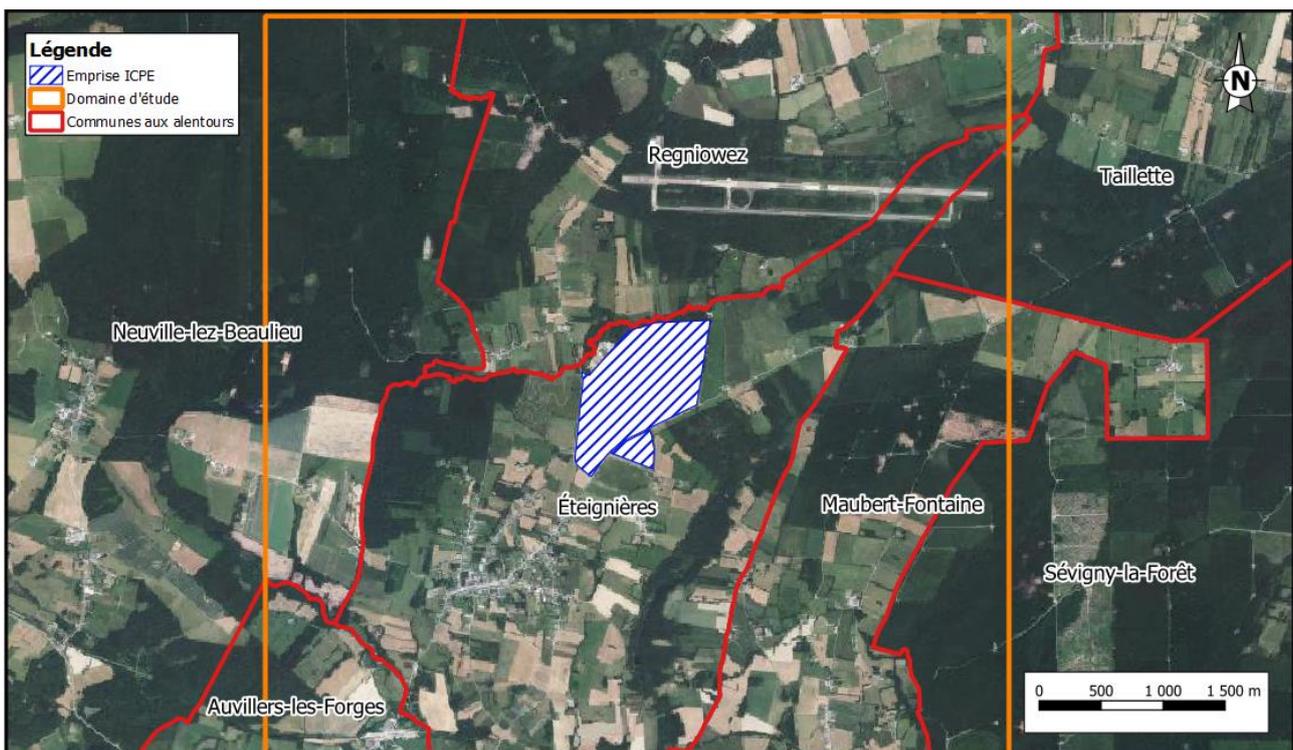
Pour rappel, l'étude des enjeux et des voies d'exposition concerne uniquement le potentiel impact des émissions atmosphériques du site. Les effluents aqueux du site ne sont pas rejetés dans le milieu naturel.

2.1 Délimitation de la zone d'étude

La zone d'étude retenue est située dans un périmètre de 6 km de côté centré sur le site ARCAVI. Cette zone regroupe les principaux centres de populations et autres enjeux d'importance locale. Elle permet à la fois de considérer les zones d'impact maximales théoriques au vu des conditions de rejet (impact proche du site) et les principaux milieux à protéger. Cette zone d'étude intègre ainsi les communes suivantes :

- Eteignières ;
- Auvillers-les-Forges ;
- Sévigny-la-Forêt ;
- Maubert-Fontaine ;
- Taillette ;
- Regniowez ;
- Neuville-lez-Beaulieu

Figure 5 : Définition du domaine d'étude et communes concernées



2.2 Caractérisation des populations

2.2.1 Description de la population générale

Le tableau ci-après présente l'effectif total de population de l'aire d'étude ainsi que leur répartition par tranche d'âge d'après les données du dernier recensement INSEE (2019). L'effectif cumulé de ces 7 communes est de 3 831 habitants avec :

- Un taux moyen d'habitants de moins de 15 ans de 20,8 % (légèrement supérieur au niveau national de 17,8 %) ;
- Un taux moyen d'habitants de plus de 60 ans de 23,5 % (légèrement inférieur au niveau national de 26,1 %) ;
- 83,0 % de la population réside toute l'année sur ces communes (contre 82,3 % sur la France entière) ;
- 94,0 % de la population habite dans une maison et est susceptible d'avoir un jardin.

Tableau 8 : Répartition de la population des communes de l'aire d'étude

| Commune | Nombre d'habitants | Population par grandes tranches d'âges (%) | | | | | | |
|-----------------------|--------------------|--|-------|-------|-------|-------|------|-----|
| | | 0-14 | 15-29 | 30-44 | 45-59 | 60-74 | >75 | >90 |
| Éteignières | 511 | 22,3 | 16,5 | 22,0 | 18,8 | 14,5 | 4,9 | 1,0 |
| Auvillers-les-Forges | 878 | 20,7 | 14,5 | 19,2 | 19,0 | 18,5 | 7,5 | 0,6 |
| Sévigny-la-Forêt | 276 | 21,7 | 15,6 | 25,0 | 21,0 | 12,0 | 4,0 | 0,7 |
| Maubert-Fontaine | 1037 | 21,2 | 16,7 | 18,6 | 18,8 | 16,1 | 7,6 | 1,0 |
| Taillette | 407 | 20,9 | 11,9 | 21,6 | 24,0 | 15,9 | 5,3 | 0,5 |
| Regniowez | 388 | 16,5 | 19,3 | 16,5 | 20,4 | 19,1 | 8,0 | 0,3 |
| Neuville-lez-Beaulieu | 334 | 22,2 | 11,4 | 23,1 | 15,9 | 13,5 | 12,0 | 2,1 |

Source : INSEE, 2019

Tableau 9 : Chiffres clés des habitations des communes de l'aire d'étude

| Commune | Nombre total de logements | Résidences principales (%) | Maisons (%) |
|-----------------------|---------------------------|----------------------------|-------------|
| Éteignières | 243 | 87,3 | 96,3 |
| Auvillers-les-Forges | 409 | 85,8 | 89,0 |
| Sévigny-la-Forêt | 130 | 78,5 | 100,0 |
| Maubert-Fontaine | 514 | 83,5 | 90,3 |
| Taillette | 169 | 87,4 | 96,4 |
| Regniowez | 209 | 79,4 | 89,5 |
| Neuville-lez-Beaulieu | 183 | 79,2 | 95,1 |
| Synthèse | 1 857 | 83,0 | 94,0 |

Source : INSEE, 2019

2.2.2 Riverains du site, ERP et populations sensible

Le site est implanté au nord de la ville d'Eteignières. Les premières habitations de limites de site sont situées :

- À 50 mètres des limites de propriété sud du site ;
- À 150 mètres des limites de propriété à l'est du site ;
- À 200 mètres à l'ouest des limites du site à proximité immédiate du site ;

Figure 6 : Riverains les plus proches du site.



On note par ailleurs la présence de plusieurs établissements situés dans les communes concernées pouvant recevoir des populations dites « sensibles » (compte tenu de leur âge et de leur état de santé) à savoir écoles maternelles et primaires, crèches, centres et espaces de loisirs, établissement d'hébergement pour personnes âgées dépendantes (EHPAD), établissements de santé, etc. Elles sont détaillées ci-dessous :

Tableau 10 : Liste des ERP dits sensibles les plus proches du site

| Type d'ERP | Nom | Commune |
|------------------------|-------------------------|-------------|
| Ecole | Ecole primaire publique | Eteignières |
| Equipements de loisirs | Centre équestre | Eteignières |
| | Salle polyvalente | Eteignières |
| | Terrain de football | Eteignières |

A noter que l'ERP le plus proche du site est le centre équestre, située à 500 mètres de la limite sud du site.

Figure 7 : Localisation des ERP dits « sensibles » les plus proches



2.3 Contexte environnemental

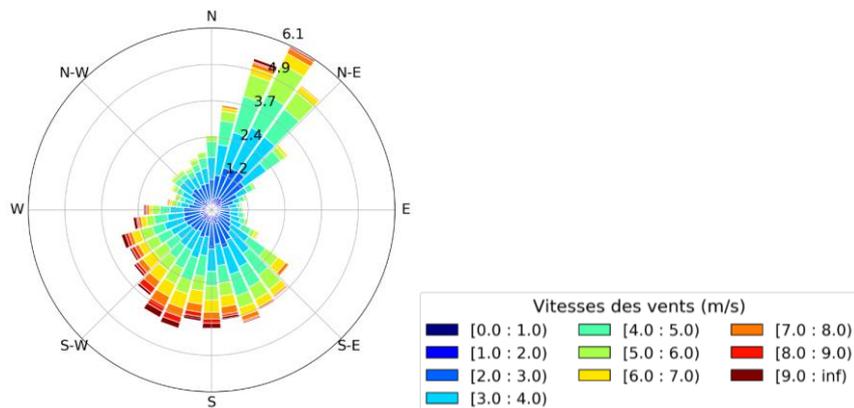
La localisation des zones d'impact des émissions, ainsi que les variations temporelles des concentrations dans l'atmosphère, sont influencées par l'interaction entre les émissions atmosphériques, la météorologie et la topographie du site.

2.3.1 Conditions météorologiques

La rose des vents sur la zone d'étude issue de données modélisées (données modélisées car pas de station Météo-France à proximité du site) est marquée par une composante principale d'un large secteur sud-est à ouest. Les vents sont globalement modérés (supérieurs à 3 m/s) selon deux secteurs principaux :

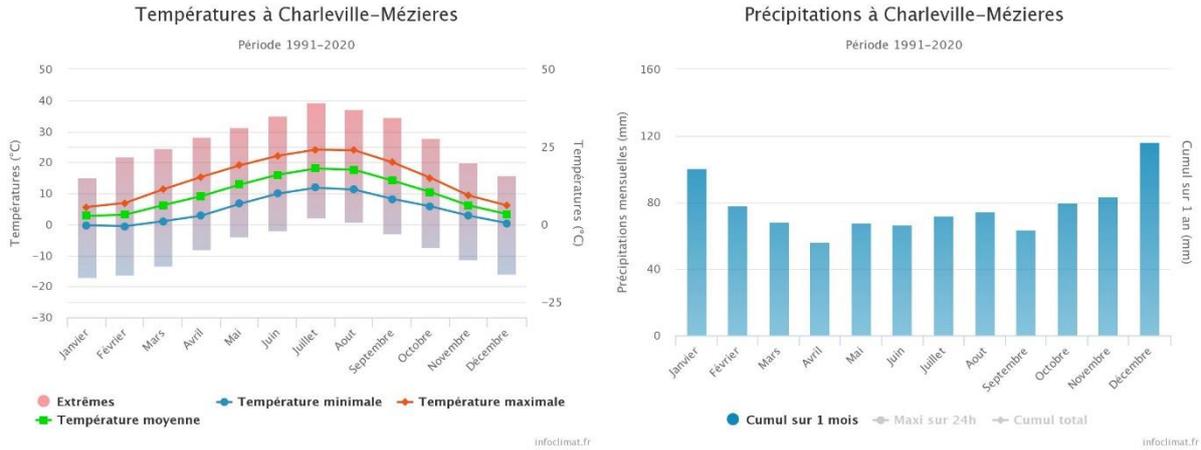
- Un large secteur Sud-Est à Ouest, avec environ 47% des vents provenant de ce secteur
- Un secteur Nord-Nord-Est plus marqué, avec environ 20% des vents provenant de ce secteur

Figure 8 : Rose des vents issues des données modélisées (2020-2022)



Les conditions de températures et précipitations moyennes entre 1991 et 2020 (graphique ci-dessous) sont issues de la station Météo-France de Charleville-Mézières située à environ 20 km à l'est du site. Ces conditions montrent des températures moyennes comprises entre 2,7 et 18,0 °C, et des précipitations plutôt hétérogènes (56,6 mm à 116,1 mm) avec des tendances plus marquées pour les mois de décembre et janvier. Les précipitations historiques moyennes sont globalement importantes.

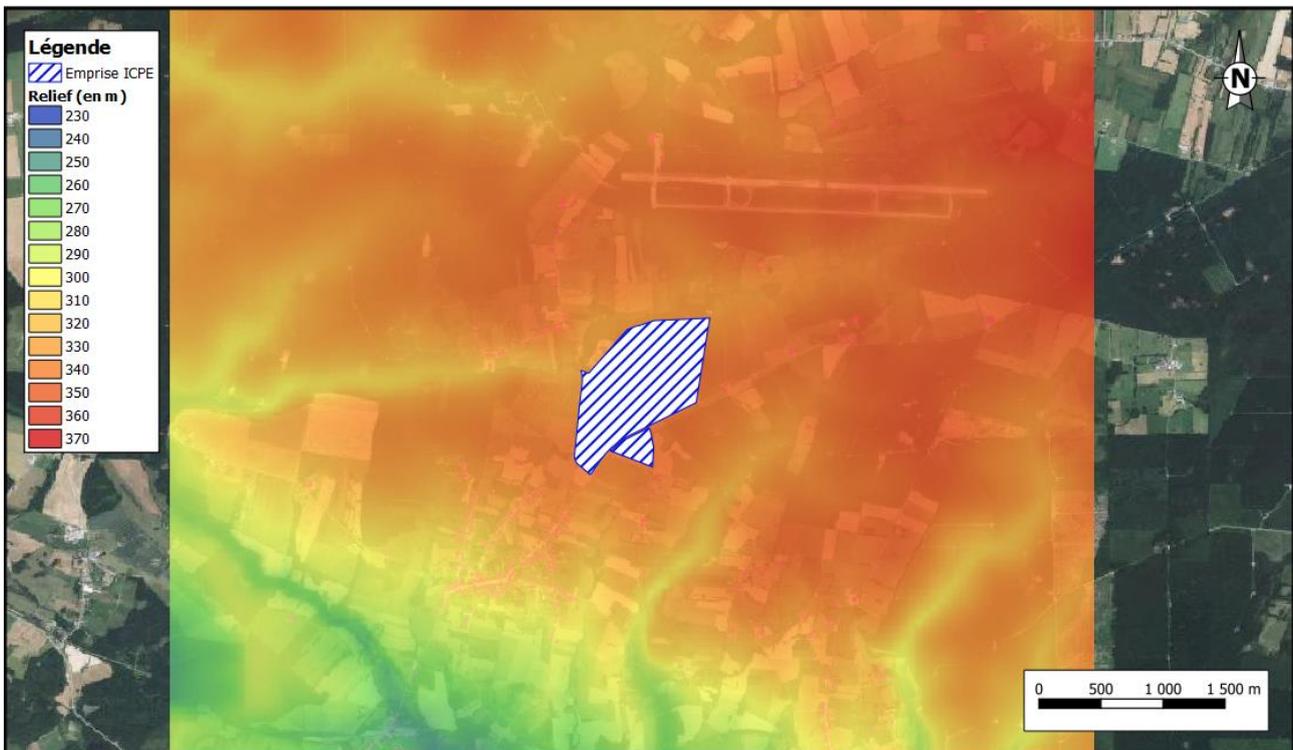
Figure 9 : Température et précipitations sur la station Météo France Charleville-Mézières



2.3.2 Topographie

Le relief peut fortement influencer les champs de vent et de turbulence, et donc la répartition en surface des concentrations de polluants. La topographie de la zone va ainsi influencer la dispersion atmosphérique des polluants. Le site se situe dans une zone dont le relief est plutôt marqué.

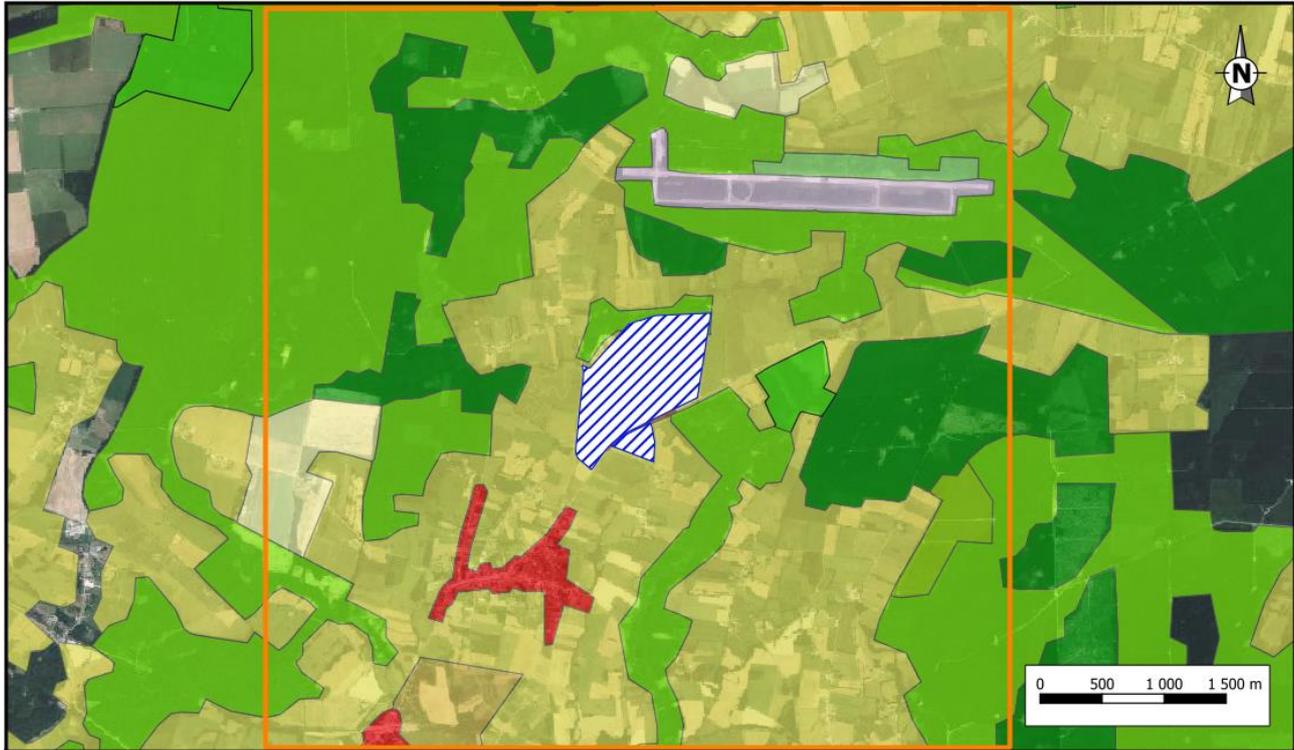
Figure 10 : Topographie à proximité du site d'étude



2.3.3 Occupation des sols

La nature des sols, et donc leur occupation, peuvent influencer la progression des panaches. L'occupation des sols, présentée sur la figure ci-dessous, fait apparaître que l'environnement du site est principalement constitué de prairies et de zones de cultures ainsi que des forêts

Figure 11 : Occupation des sols



Légende

-  Site d'étude
-  Domaine d'étude
- Occupation des sols**
-  Tissu urbain discontinu
-  Aéroports
-  Décharges
-  Terres arables hors périmètre d'irrigation
-  Prairies et autres surfaces toujours en herbe à usage agricole
-  Systèmes culturaux et parcellaires complexes
-  Surfaces essentiellement agricoles interrompues par des espaces naturels importants
-  Forêt de feuillus
-  Forêts de conifères
-  Forêts mélangées
-  Landes et broussailles
-  Forêt et végétation arbustive en mutation

D'après les données issues du Registre Parcellaire graphique (RPG) de 2021, ces zones sont majoritairement des prairies permanentes (herbe prédominante) et dans une moindre mesure des cultures de maïs et de blé.

2.3.4 Elevages

L'étude des cartes de répartition des types d'élevage permet de voir que l'élevage principal sur la commune d'Eteignières est l'élevage de bovin.

Ce genre d'élevage a été identifié aux alentours du site lors de la visite réalisée en amont de l'étude ainsi que lors de la réalisation de la campagne de mesure dans le cadre de l'IEM.

2.3.5 Milieu aqueux

Pour rappel, les lixiviats provenant des casiers de l'ISDND sont collectés et acheminés vers l'installation de traitement des lixiviats du site, y sont traités puis analysés, avant rejet dans le milieu naturel qu'est le fossé longeant la route départementale D32 qui rejoint la Sormonne.

Le milieu naturel de rejets étant un ruisseau de bord de route, il ne semble donc qu'aucun usage ne soit lié à ce dernier dans la zone d'étude du site. De plus, le transfert de ces eaux vers la Sormonne, au vu des débits rejetés, apparaît comme non significatif.

2.3.6 Autres sources d'émission de la zone d'étude

2.3.6.1 Sites industriels voisins

Il existe plusieurs sites industriels, en activité ou à l'arrêt, dans les environs proches du site.

Les bases de données consultées sont les suivantes :

- La base de données BASIAS (Base de données sur les sites industriels et activités de service, en activité ou non) est une base de données à dimension nationale, qui répertorie des sites ayant hébergé par le passé ou actuellement une activité industrielle ou de service pouvant être à l'origine d'une pollution des sols et/ou des eaux souterraines.
- La base de données BASOL permet de recenser les sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif.
- La base de données des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE).

En ce qui concerne les ICPE, seul le site d'étude est présent dans le domaine d'étude. 2 sites BASIAS (en plus du site d'étude) sont présents dans le domaine d'étude. Ces sites BASIAS sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Figure 12 : Localisation des sites industriels à proximité



Tableau 11 : Site BASIAS présents dans le domaine d'étude

| Nom | Activité | Localisation |
|----------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| Ets DEVIN et cie | Fonderie | 2,5 km au sud-ouest du site |
| Fonderie de la Roche | Fabrication de caoutchouc synthétique | 2 km au sud-ouest du site |

L'activité industrielle dans la zone d'étude apparaît ainsi comme peu présente.

2.3.6.2 Transports

Le site est bordé par de nombreuses dessertes locales sur l'ensemble des bords du site et notamment la D877 à l'est et la D32 à l'ouest.

Une ancienne base de l'OTAN aujourd'hui fermée est également présente au nord du site.

2.3.7 Synthèse des populations et des usages concernés

Le tableau ci-après récapitule les principaux usages mis en évidence à l'issue de la caractérisation de la zone d'étude pour les milieux retenus.

Tableau 12 : Usage des milieux

| Milieu | Usage des milieux |
|-------------------|---|
| Air | Présence d'habitations et de populations sensibles sur la zone d'étude (dont des riverains à proximité de l'installation) |
| Sol | Présence d'habitations avec jardins Présence d'espaces verts au droit de la zone d'étude Aires de jeux et terrains de sport |
| Végétaux | Zones d'habitation avec jardins potagers et élevages familiaux potentiels Activité agricole (grandes cultures) |
| Matrices animales | Présence d'élevages bovins |
| Eaux de surface | Pas d'usage des eaux de surface dans lesquelles sont rejetées les eaux industrielles du site (ruisseau) dans la zone d'étude Transfert vers la Sormonne non considéré. |

Compte tenu des usages des milieux, les cibles à considérer sont :

- Les populations résidant sur la zone d'influence, incluant les populations sensibles recensées ;
- Les consommateurs de végétaux issus des potagers situés dans la zone d'influence du site ;
- Les consommateurs de produits animaux issus d'élevages situés dans la zone d'influence du site ;

Ces populations sont constituées d'enfants et d'adultes.

2.4 Choix des substances d'intérêt

Les substances d'intérêt peuvent être :

- **Des traceurs de risque**, soit des substances émises susceptibles de générer des effets sanitaires chez les personnes qui y sont exposées. Ces traceurs sont considérés pour l'évaluation quantitative des risques sanitaires. Les critères de sélection principaux concernant ces traceurs de risque sont la toxicité de la substance, en particulier sa valeur toxicologique de référence, ainsi que le flux émis vers les milieux environnementaux.
- **Des traceurs d'émission**, soit des substances susceptibles de révéler une contribution de l'installation aux concentrations mesurées dans l'environnement, et éventuellement une dégradation des milieux attribuable à ses émissions. Ces traceurs sont considérés pour le diagnostic et l'analyse des milieux et lors de la surveillance environnementale. Le critère principal de sélection concernant ces traceurs d'émissions est le flux émis vers les milieux environnementaux.

Le choix des substances d'intérêt est basé sur :

- Les flux émis de la substance vers les milieux environnementaux ;
- La vulnérabilité des populations et ressources à protéger ;
- Le potentiel de transfert vers les milieux d'exposition liés aux usages constatés ;
- La toxicité de la substance ;
- Les données bibliographiques existantes (guides sectoriels, ...)

2.4.1 Potentiel de transfert

L'ensemble des composés chimiques émis à l'atmosphère par le site va dans un premier temps être dispersé par l'intermédiaire du vent. Les données météorologiques, issues de la modélisation de ces données au droit du site, indiquent comme axes de vents dominants un large secteur sud-est à ouest.

Ensuite, de par leur densité, les composés particuliers vont se déposer au sol. Le potentiel de transfert des substances dans les milieux d'exposition dépend alors principalement de leurs caractéristiques physico-chimiques. Les substances hydrosolubles auront une capacité plus importante à s'accumuler dans les végétaux, grâce à leur passage par la voie racinaire.

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

- Dispersion atmosphérique des composés gazeux et particuliers ;
- Dépôts au sol des composés particuliers ;
- Transfert des composés particuliers vers les végétaux après dépôt au sol ;
- Transfert des composés liposolubles vers les matrices animales ;

2.4.2 Toxicité des composés

En termes sanitaires, un danger désigne tout effet toxique, c'est-à-dire un dysfonctionnement cellulaire ou organique lié à l'interaction entre un organisme vivant et un agent chimique, physique, ou biologique. La toxicité d'un composé dépend de la durée et de la voie d'exposition de l'organisme humain. Différents effets toxiques peuvent être considérés. Pour l'ensemble des substances identifiées lors de la phase de quantification des émissions, les effets toxiques ont été collectés et notamment les effets cancérogènes (apparition de tumeurs), les effets mutagènes (altération du patrimoine génétique), les effets sur la reproduction (reprotoxique). Un tableau présentant la toxicité de chaque substance est présenté ci-dessous :

Tableau 13 : Toxicité des composés

| | Substances | Classement CMR ³ | Toxicité pour les effets à seuil* | | |
|---------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------|-----|
| | | | Inhalation | Ingestion | |
| Gazeux | Benzène | C1/M2 | + | NA | |
| | Naphtalène | C2 | - | | |
| | NOx | / | ND | | |
| | SO ₂ | / | ND | | |
| | Toluène | R2 | -- | | |
| | Méthane | / | ND | | |
| | Monoxyde de carbone | R1A | ND | | |
| | Dioxyde de carbone | / | ND | | |
| | Ammoniac | / | -- | | |
| | Dioxyde de soufre | / | + | | |
| | 1,2 - Dichlorométhane | C2 | -- | | |
| | Acétone | / | -- | | |
| | Chlorure de vinyle | C1A | -- | | |
| | Éthylbenzène | / | -- | | |
| | Tétrachloroéthylène | C2 | -- | | |
| | Trichloroéthylène | C1B/M2 | -- | | |
| | Acétaldéhyde | C2 | -- | | |
| Particulaires | PM | PM2,5 | / | ND | ND |
| | | PM10 | / | ND | ND |
| | ETM | Arsenic | C1 | +++ | ++ |
| | | Cadmium | C2/M2/R2 | ++ | ++ |
| | | Chrome VI | C2 | +++ | ++ |
| | | Cobalt | C1B/M2/R1B (sulfate de cobalt) | ++ | ++ |
| | | Manganèse | / | ++ | + |
| | | Mercurure | R1B | ++ | +++ |
| | | Nickel | C2B | ++ | ++ |
| | | Plomb | R1 | ND | + |
| | | Zinc | / | ND | - |
| | | Sélénium | / | - | +++ |
| | | Tellure | / | ND | ND |
| | | Thallium | / | ND | ND |
| | | Silicium | / | ND | ND |
| | | Antimoine | C2 | ++ | ++ |
| | | Vanadium | / | ++ | - |
| | HAP | Benzo[a]pyrène | C1B/M1B/R1B | +++ | ++ |

NA : Non Applicable dans la présente étude ND : Non Disponible

Légende :

| Toxicité | Inhalation | | | Ingestion | | |
|----------|------------------------|-------------------|-----|--------------------|---------|--|
| | | | | | | |
| +++ | VTR ⁴ < 0,1 | µg/m ³ | +++ | VTR < 0,001 | mg/kg/j | |
| ++ | 0,1 < VTR < 1 | µg/m ³ | ++ | 0,001 < VTR < 0,01 | mg/kg/j | |
| + | 1 < VTR < 10 | µg/m ³ | + | 0,01 < VTR < 0,1 | mg/kg/j | |
| - | 10 < VTR < 100 | µg/m ³ | - | 0,1 < VTR < 1 | mg/kg/j | |
| -- | 100 < VTR | µg/m ³ | -- | 1 < VTR | mg/kg/j | |
| NA | Non Adéquat | | ND | Non Disponible | | |

³ Cancérogène, Mutagène, Reprotoxique selon la classification Européenne, et figurant à l'annexe VI, partie 3, du règlement CE n°1272/2008 du 16 décembre 2008.

⁴ VTR : Valeur toxicologique de référence

Tableau 14 : Synthèse des VTR retenues

| Substance | Exposition par inhalation | | | | | | Exposition par ingestion | | | | | |
|---------------------|----------------------------------|---|-------------------------------------|--|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--|-------------------------------------|-----------------------------|--|-------------------------------------|
| | Effets toxiques à seuil | | | Effets toxiques sans seuil | | | Effets toxiques à seuil | | | Effets toxiques sans seuil | | |
| | VTR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Organe cible | Source | ERU ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹ | type de cancer | Source | VTR (mg/kg/j) | Organe cible | Source | ERU (mg/kg/j) ⁻¹ | type de cancer | Source |
| H ₂ S | 2 | respiratoire et nerveux | US-EPA, 2003 | - | - | - | | | | | | |
| Ammoniac | 500 | poumon | US-EPA 2016 & Anses, 2017 | - | - | - | | | | | | |
| 1,2 Dichloroéthane | 60 | hépatique | ATSDR, 2001 | 3.40E-06 | glandes mammaires | ANSES 2008 | | | | | | |
| Benzène | 10 | sang | Anses, 2008 | 2.60E-05 | leucémie | Anses, 2013 | | | | | | |
| Benzo(a)pyrène | 0.002 | développement | US-EPA 2017 | 6.00E-04 | tractus respiratoire | US-EPA 2017 | | | | | | |
| Naphtalène | 37 | sys. Resp. | Anses, 2013 | 5.60E-06 | neuroblastome de l'épith. olfactif | Anses, 2013 | | | | | | |
| Trichloroéthylène | 3200 | rein | Anses, 2018 | 1.00E-06 | cancer du rein | Anses, 2018 | | | | | | |
| Acétaldéhyde | 160 | Dégénérescence de l'épithélium olfactif | Anses, 2014 | - | - | - | | | | | | |
| Chlorure de vinyle | 100 | rein | US-EPA, 2000 | 3.80E-06 | Tumeurs hépatiques | Anses, 2012 | | | | | | |
| Tétrachloroéthylène | 400 | neurotoxicité | Anses, 2018 | 2.60E-07 | hépatique | US-EPA, 2012 retenu par Anses, 2018 | | | | | | |
| Arsenic (As) | 0.015 | effets sur le développement | OEHHA, 2008 retenu par INERIS, 2010 | 1.50E-04 | pulmonaire | TCEQ, 2012 retenu par ANSES 2018 | 0.00045 | cutané | Fobig 2009 retenu par INERIS, 2010 | 1.5 | cutané | US-EPA, 1998 |
| Cadmium (Cd) | 0.45 | rein | Anses, 2012 | - | - | - | 0.00035 | système osseux | Anses, 2019 | - | - | - |
| | 0.3 | tumeurs pulmonaires | Anses, 2012 | - | - | - | | | | | | |
| Chrome VI (Cr VI) | 0.03 | bronche, poumon | OMS, 2013 | 4.00E-02 | pulmonaire | IPCS, 2013 retenu par Anses, 2019 | 0.0009 | syst. digest. | OMS, 2013 | 5.00E-01 | adénomes et carcinomes de l'intestin grêle | OEHHA, 2011 retenu par Anses, 2018 |
| Manganèse (Mn) | - | - | - | - | - | - | 0.055 | Effets neuro-développementaux chez le nourrisson | INSPQ (2017) retenu par Anses 2019 | - | - | - |
| Mercure (Hg) | 0.2 | SNC | OMS-CICAD 2003 | - | - | - | 0,00057 | rein | EFSA, 2012 retenu par Anses, 2018 | - | - | - |
| Nickel (Ni) | 0.23 | sys. Resp. | TCEQ, 2011 retenu par Anses, 2018 | 1.70E-04 | pulmonaire et larynx | TCEQ, 2011 retenu par Anses, 2018 | 0.0028 | effets reprotoxiques | EFSA, 2015 retenu par Anses, 2018 | - | - | - |
| Plomb (Pb) | - | - | - | 1.20E-05 | rein | OEHHA, 2002 retenu par INERIS, 2013 | 0.00063 | plombémie | Anses, 2013 | 8.50E-03 | rein | OEHHA, 2002 retenu par INERIS, 2013 |
| Cobalt (Co) | 0.1 | poumon | ATSDR, 2004 OMS, 2006 | 7.70E-03 | pulmonaire | OEHHA (2020) | 0.0016 | syst. Sanguin et thyroïde | AFSSA, 2010 retenu par Anses, 2016 | - | - | - |
| Zinc (Zn) | - | - | - | - | - | - | 0.3 | sang | US-EPA, 2005 | - | - | - |
| Sélénium (Se) | 20 | sélénose | OEHHA, 2001 | - | - | - | 0.005 | sang et cutané | US-EPA 1993 retenu par INERIS, 2011 | - | - | - |
| Antimoine (Sb) | 0.3 | poumon | ATSDR, 2019 | - | - | - | 0.006 | perte de poids | OMS, 2003 retenu par Anses, 2018 | - | - | - |
| PM2,5 | - | - | - | 1.28E-02 | | | | | | | | |

2.4.3 Sélection des traceurs

2.4.3.1 Traceurs de risque

▶ Traceurs de risque sectoriels pour les activités ISDND et compostage

Pour les activités de compostage et de stockage de déchets non dangereux, il existe des guides sectoriels établis par l'Association Scientifique et Technique pour l'Eau et l'Environnement (ASTEE) proposant des traceurs de risque sanitaire à retenir :

Tableau 15 : Traceurs de risque à retenir selon les guides sectoriels

| Activité | Guide sectoriel | Traceur de risque proposé | |
|------------|---|--|----------------------------|
| ISDND | 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 | H ₂ S 1,2 dichloroéthane Benzène | |
| Compostage | Guide méthodologique pour l'évaluation du risque sanitaire de l'étude d'impact des installations de compostage soumises à autorisation, Juin 2006 | H ₂ S NH ₃ Naphtalène Acétaldéhyde Benzène | Cadmium Nickel Plomb |

▶ Autres substances

Pour les autres substances, il est possible d'effectuer une sélection d'autres substances complémentaires et de réaliser l'évaluation quantitative du risque sanitaire sur ces substances choisies. Afin de déterminer parmi les autres substances que celles présentées ci-dessus celles que nous considérons comme traceurs de risque, un choix de VTR est effectué en accord avec la note d'information N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014.

Ensuite, le choix de « traceur du risque » est réalisé en comparant les substances entre elles. Pour cela, nous avons tenu compte à la fois des quantités émises (en flux annuel) et de la toxicité des composés. Les classements suivants peuvent être réalisés (par substance ; inhalation d'une part et ingestion d'autre part) sur la base de l'équation suivante :

$$\text{Ratio brut} = \frac{\text{Flux annuel}}{\text{VTR à seuil}}$$

On retiendra ainsi :

- Toutes les substances ayant une VTR pour les effets « sans seuil » ou étant considérées comme CMR
- Par voie d'exposition, toutes les substances dont le ratio est > 1% du ratio maximal obtenu pour les substances à seuil, conformément aux indications du guide INERIS (Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – 2013) et aux pratiques en vigueur à l'heure actuelle en France.

Dans le cadre de l'exposition par ingestion, l'ingestion de sol superficiel est très souvent le "déterminant du risque". La contamination des sols superficiels ne faisant pas intervenir de critère de transfert propre à chaque substance, la méthode des ratios peut également s'appliquer à cette voie d'exposition. Par soucis de cohérence, lorsqu'une substance particulière est conservée pour une voie donnée, le calcul des risques se fera pour l'ensemble des voies d'exposition considérées.

Les tableaux détaillés sont présentés en **Annexe 3**.

Tableau 16 : Traceurs de risque supplémentaires retenus

| Activité | Traceur de risque proposé | |
|------------------|--|---|
| ISDND | Chlorure de vinyle Tétrachloroéthylène Trichloroéthylène | Arsenic Chrome Mercure Zinc Sélénium Cobalt Antimoine |
| Compostage | - | |
| Toutes activités | Benzo(a)Pyrène (HAP) | |

2.4.3.2 Traceurs d'émission (activité)

Les poussières (PM10 et PM2,5), le SO₂ et les NO_x seront retenus comme traceurs d'émissions. Pour ces composés, malgré leur potentiel toxique avéré, on ne dispose pas de valeur toxicologique de référence qui permettraient de les retenir en tant que traceurs de risques.

Elles disposent néanmoins de valeurs guide pour la qualité de l'air auxquelles on peut comparer les concentrations observées dans l'environnement. Ces valeurs appelées valeurs de comparaison constituent des critères de gestion qui permettent de discuter de l'exposition des individus et d'estimer l'état des milieux, à savoir si un impact est mesuré (ou mesurable) ou non.

Tableau 17 : Valeur de référence disponibles pour les traceurs d'émissions

| Substance | Organe cible | Valeur de référence (µg/m ³) | Source |
|-----------------|----------------------|--|------------|
| NO ₂ | Système respiratoire | 10 | OMS (2021) |
| SO ₂ | | 50 | OMS (2000) |
| PM10 | | 15 | OMS (2021) |
| PM2.5 | | 5 | OMS (2021) |

2.5 Synthèse du schéma conceptuel

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

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

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

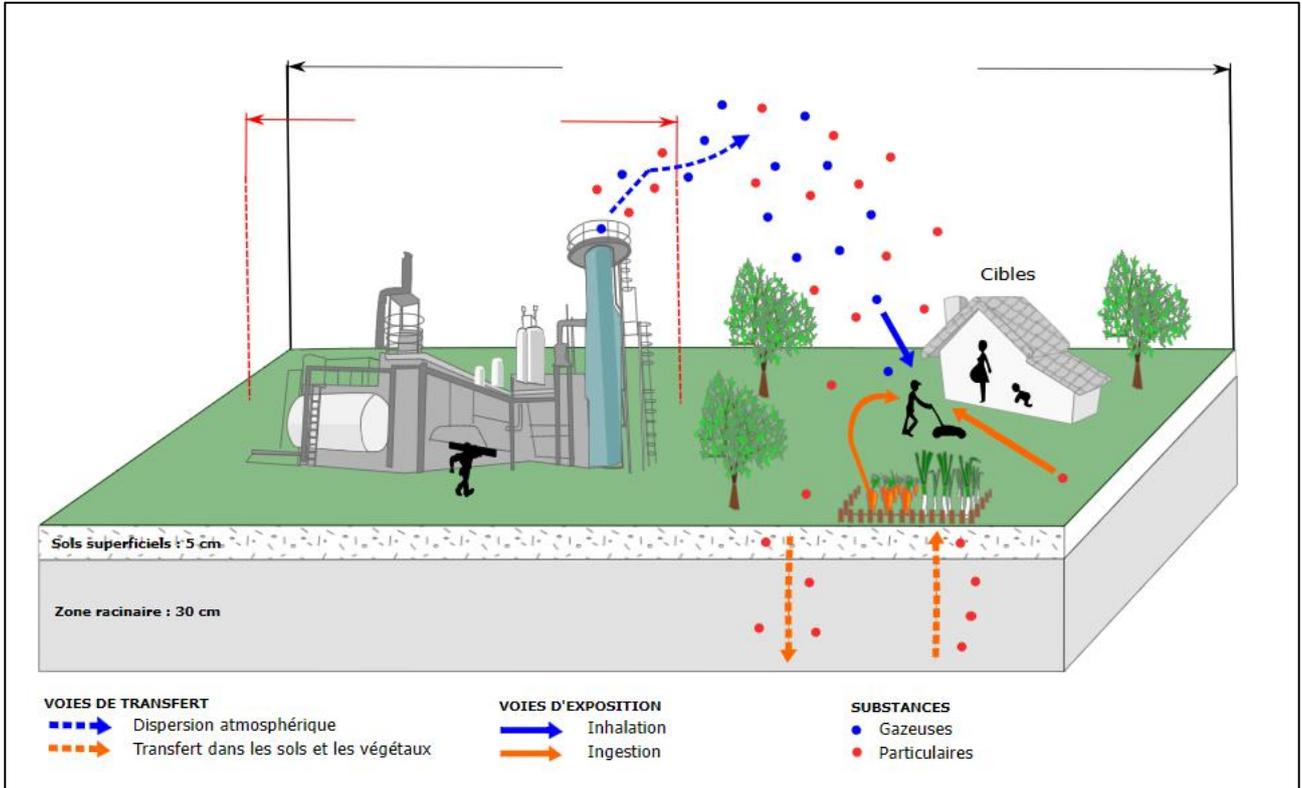
Le choix de paramètres pour l'élaboration du schéma conceptuel dans le cadre de cette étude est proposé dans le tableau ci-après :

Tableau 18 : Voies de transfert considérées en fonction des usages identifiés, pour les composés rejetés à l'atmosphère

| Paramètre | | Vecteur ou voie de transfert possible | | | |
|-----------------------------|---------------|--|---|---|---|
| | | Dispersion atmosphérique | Dépôt au sol | Passage via la chaîne alimentaire : végétaux | Passage via la chaîne alimentaire : produits animaux |
| Polluants | Gazeux | Oui | Non : Composés restant à l'état gazeux | | |
| | Particulaires | Poussières | Oui : Considérée lorsque les particules sont dites « inhalables » (diamètre inférieur ou égal à 10 µm) | Non : Pas de transfert considéré vers ces matrices | |
| | | Métaux (ETM) | | Oui : Composés hydrophiles capables de passer dans les végétaux par la voie racinaire. | Non : Composés peu ou pas lipophiles ne s'accumulant pas dans les graisses |
| | | HAP | | Oui : Bioaccumulation des HAP dans les végétaux cependant mal connue | |
| Voies d'exposition retenues | | Inhalation | Ingestion de sol | Ingestion de végétaux | Voie non retenue |
| Enjeux à protéger | | Habitations et entreprises à proximité Riverains et travailleurs | Présence d'espaces verts au droit de certaines écoles Aires de jeux et terrains de sport Riverains et écoliers | Présence potentielle de potagers dans le périmètre d'étude Riverains consommateurs des végétaux produits dans les potagers. | - |

Le schéma conceptuel relatif au site ARCAVI étudié dans la suite de l'étude est représenté par la figure suivante.

Figure 13 : Schéma conceptuel de l'étude



3. Etape 3 : Evaluation de l'état des milieux

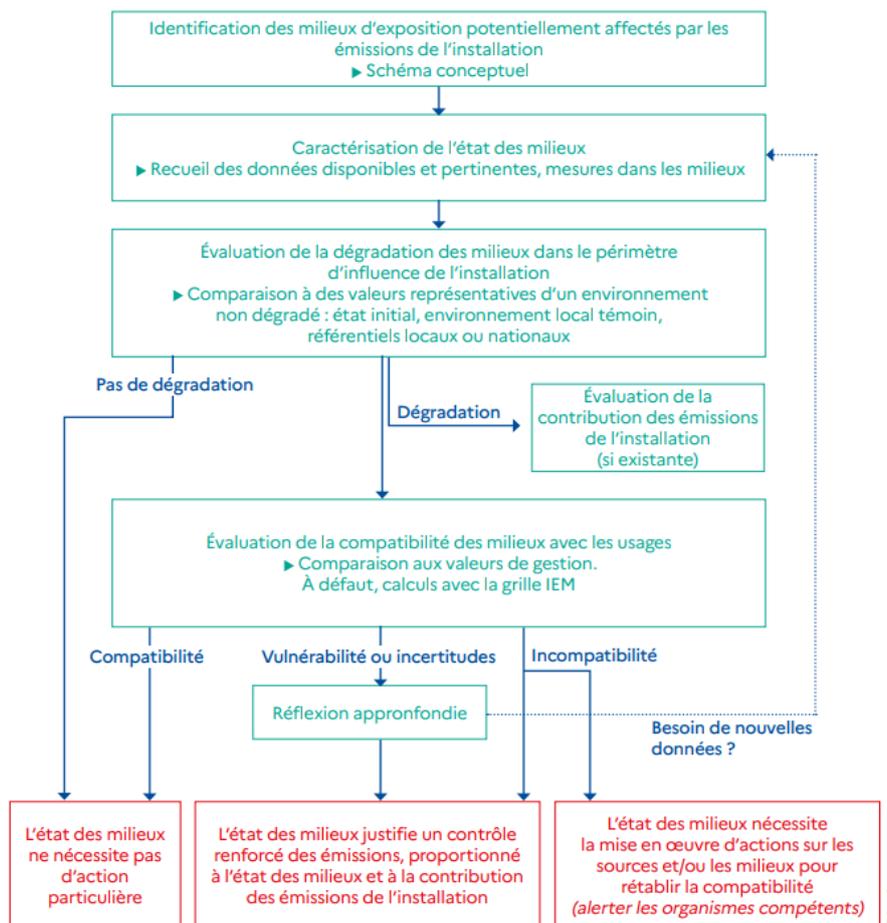
3.1 Objectif

L'évaluation de l'état des milieux doit permettre de fixer des priorités pour la suite de l'étude et pour la gestion des émissions de l'installation contribuant à la protection des enjeux identifiés dans le schéma conceptuel. Pour cela, l'évaluation se base sur les mesures réalisées dans les milieux d'exposition autour de l'installation pour :

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

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

Figure 14 : Étapes et critères de l'IEM (adapté de MEDD 2007)



Source : INERIS, 2021

L'installation étudiée étant en exploitation, et ses émissions considérées comme maîtrisées, il est nécessaire de disposer de mesures adaptées afin de pouvoir interpréter les résultats obtenus sur un impact significatif ou pas de l'installation sur son environnement. La caractérisation des milieux doit donc permettre de répondre aux deux questions suivantes :

- Une dégradation des milieux situés sous l'influence de l'installation est-elle visible en comparaison de l'environnement local témoin, pour les composés identifiés comme traceurs ;
- Si une dégradation est identifiable, les milieux concernés sont-ils compatibles avec les usages recensés.

Il est donc nécessaire de coupler simultanément, dans notre choix de localisation des points de prélèvements pour la campagne de mesures, les **principales zones impactées par les émissions du site** et les **usages de la zone** ainsi qu'un **point représentatif de l'Environnement Local témoin** (ELT).

3.2 Caractérisation des milieux

3.2.1 Substances et milieux pertinents

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

Les principaux polluants sont émis à l'atmosphère en phase gazeuse et particulaire. Les milieux récepteurs concernés sont donc l'air, les sols et les matrices alimentaires (végétaux et animaux).

En fonction des substances recherchées, les milieux investigués sont différents :

- Les substances gazeuses seront recherchées dans le milieu « Air » uniquement ;
- Les substances particulaires seront recherchées :
 - Dans l'air pour les poussières ;
 - Dans les sols pour les métaux et le naphthalène.

La caractérisation des milieux pourra donc être réalisée sur la base de ces éléments.

Tableau 19 : Substances et milieux pertinents pour la caractérisation des milieux

| Composés | Air | Sols superficiels (0-3 cm) | Jardins potagers (0-30 cm) |
|--------------------|-----|----------------------------|----------------------------|
| 1,2-dichloroéthane | X | | |
| Benzène | X | | |
| Naphtalène | X | X | X |
| Acétaldéhyde | X | | |
| H ₂ S | X | | |
| NH ₃ | X | | |
| PM10 | X | | |
| Cadmium | | X | X |
| Nickel | | X | X |
| Plomb | | X | X |

3.2.2 Données existantes

3.2.2.1 Pour l'air ambiant

Concernant l'état des milieux pour l'air, le réseau de surveillance de la qualité de l'air local ne dispose pas de stations de mesures à moins de 15 km du site, la plus proche étant la station « Revin » (station de type « rurale ») située à 17,1 km au nord-est du site.

3.2.2.2 Pour les sols

A la connaissance de GINGER BURGEAP, il n'existe pas de donnée disponible sur cette matrice.

3.2.3 Campagne de mesures complémentaires

3.2.3.1 Zone d'impact de l'installation pour les émissions atmosphériques

L'emplacement des points de prélèvements doit être pensé afin de pouvoir caractériser au mieux les zones d'impact théoriques maximales de l'installation. Il est d'usage, comme le mentionne le guide de l'INERIS, de positionner les points de mesures sous les vents dominants de l'installation.

Les zones d'impact des composés traceurs ont été définies en se basant sur l'ERS réalisée dans le cadre du précédent DDAE (cf. *Aire de stockage provisoire de Déchets Dangereux - Relèvement du dôme de l'Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux (ISDND) - Centre de stockage de déchets inertes, Mars 2007*). Les cartes de ces modélisations sont présentées en **Annexe 4**.

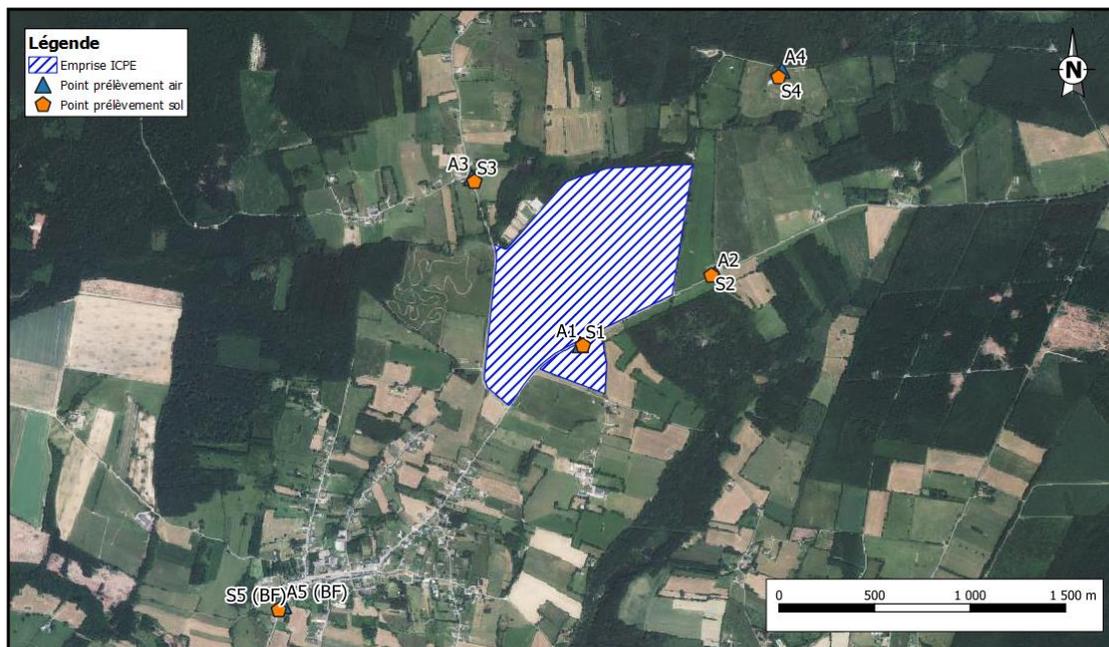
Ces zones d'impacts ont été mises en relation avec les cibles précédemment identifiées afin de déterminer la localisation des points de mesure.

3.2.3.2 Localisation des points de mesure

Au vu de la localisation des usages et de la zone d'impact attendue du site, il est proposé de retenir 5 points de mesures :

- 4 points en zone impactée ou potentiellement impactée ;
- 1 point de mesure représentatif de l'environnement local témoin.

Figure 15 : Points de mesures de la campagne IEM



A noter que pour la mesure des substances gazeuses dans l'air, un blanc a également été réalisé en parallèle de ces 5 points.

3.2.3.3 Conditions météorologiques

Les conditions météorologiques rencontrées durant la campagne de mesures ont été mesurées à l'aide d'une station météorologique déployée sur le site.

Tableau 20 : Conditions météorologique relevés au cours de la campagne de mesure

| Données | Observations au cours des campagnes |
|---------|--|
| | <p>Pluviométrie : 23 mm Température moyenne : 18,98°C Température maximale : 34,20°C Température minimale : 10,30°C</p> |
| | <p>Vents majoritaires de secteur Sud à Est</p> <p>Vents majoritairement faibles (62 % des vents avec une vitesse de 1 à 3 m/s).</p> |

3.2.3.4 Mesures dans l'air ambiant

Une campagne de mesures pour la matrice « air » a été réalisée par GINGER BURGEAP du 09 au 16 Août 2023. Les **mesures suivantes ont été mises en œuvre** :

- **Support passif Radiello** pour la concentration moyenne du Benzène, Naphtalène, 1,2-Dichloroéthane, Acétaldéhyde, H2S et Ammoniac ;
- **Support passif SIGMA-2** pour la concentration moyenne du PM10 ;

La méthodologie des mesures mise en œuvre et le détail des prélèvements sont consultables en **Annexe 5**.

Les bulletins d'analyses associés à ces mesures sont consultables en **Annexe 6** pour les supports passifs Radiello et pour les supports passifs SIGMA-2.

Il est à noter que les supports présents au point A2 ont été volés durant la campagne. Il n'y aura donc pas de résultats de mesure pour l'air ambiant au niveau de ce point.

Le tableau ci-après présente les résultats de la campagne de mesures par supports passifs.

Tableau 21 : Concentrations moyennes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dans l'air ambiant

| Substance | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 (ELT) |
|---|---------------|--------------|---------------|--------------|--------------|
| Exposition aux vents du site pendant la campagne | 10,9 % | 6,2 % | 16,1 % | 9,7 % | 6,7 % |
| Ammoniaque | 1,64 | Perte | 1,45 | 2,69 | 1,77 |
| Acétaldéhyde | 1,80 | | 1,50 | 1,80 | 2,00 |
| Hydrogène sulfuré | 0,92 | | < 0,84 | < 0,84 | < 0,83 |
| Benzène | 0,40 | | 0,38 | 0,44 | 0,46 |
| Naphtalène | 0,13 | | 0,15 | 0,14 | 0,13 |
| 1,2-Dichloroéthane | < 0,07 | | < 0,07 | < 0,07 | < 0,07 |
| PM10 | 14,00 | | 10,90 | 16,40 | 13,30 |

3.2.3.5 Mesures dans les sols

Des prélèvements de **sol superficiels** (0 – 3 cm) et **racinaires** (3 – 30 cm) ont été réalisés **le 26 janvier 2023**. Les échantillons ont été prélevés par un technicien spécialisé de GINGER BURGEAP (Conformément au guide BRGM, Protocole d'échantillonnage des sols urbains pollués par le plomb. Mars 2004).

La méthodologie mise en œuvre et le détail des prélèvements sont consultables en **Annexe 5**. Les bulletins d'analyses associés à ces mesures sont consultables en **Annexe 6**.

Tableau 22 : Concentrations moyennes (mg/kg de MS) dans les sols superficiels (0-3 cm)

| Substance | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 (ELT) |
|--------------|-------|-------|-------|-------|----------|
| Naphtalène | 0,02 | 0,08 | 0,06 | 0,20 | 0,05 |
| Nickel (Ni) | 7,17 | 9,06 | 11,00 | 15,40 | 28,10 |
| Cadmium (Cd) | 0,17 | 0,51 | 0,37 | 0,40 | 0,25 |
| Plomb (Pb) | 20,60 | 43,40 | 30,30 | 40,80 | 44,30 |

Tableau 23 : Concentrations moyennes (mg/kg de MS) dans les sols racinaires (0-30 cm)

| Substance | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 (ELT) |
|--------------|-------|-------|-------|-------|----------|
| Naphtalène | 0,09 | 0,01 | 0,01 | 0,06 | 0,04 |
| Nickel (Ni) | 8,74 | 8,00 | 10,60 | 11,50 | 31,00 |
| Cadmium (Cd) | 0,17 | 0,55 | 0,38 | 0,46 | 0,29 |
| Plomb (Pb) | 20,60 | 51,80 | 40,20 | 54,30 | 48,20 |

3.3 Evaluation de la compatibilité des milieux

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

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

- L'état naturel de l'environnement, celui-ci se composant d'un bruit de fond « naturel » et d'un bruit de fond anthropique lié à l'activité humaine non spécifique au site
- Les valeurs de référence pour la gestion pertinente des milieux.

Lorsque la comparaison à l'état des milieux naturels montre une dégradation des milieux et que les valeurs de gestion ne sont pas disponibles, la question de savoir dans quelle mesure cet état dégradé des milieux peut compromettre ou non son usage se pose. Dans ce cas, l'interprétation repose sur la réalisation d'un calcul d'EQRS (évaluation quantitative des risques sanitaires) tel que décrit dans le guide du Ministère chargé de l'environnement avec une grille de calcul et une interprétation des résultats spécifique.

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

3.3.1 Evaluation de la dégradation des milieux

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

- Si les résultats montrent que l'état des milieux potentiellement affectés par les émissions de l'installation (ou de sources voisines ou anciennes) est similaire à celui d'un état non dégradé (état initial, environnement local témoin, référentiels), lors les milieux sont considérés comme compatibles avec les usages. **L'IEM n'a pas lieu d'être poursuivie.**
- Si une dégradation locale est mise en évidence, l'évaluation cherche à identifier et hiérarchiser les sources y contribuant. Pour les milieux dégradés et les substances qui les dégradent, **l'IEM doit être poursuivie pour évaluer leur compatibilité avec les usages constatés.**

3.3.1.1 Milieu « air »

Le tableau ci-après indique les mesures en dépassement par rapport à l'environnement local témoin (ELT) et permet d'identifier les éventuelles dégradations du milieu « air ».

Tableau 24 : Evaluation de la dégradation du milieu « air »

| Substance | Unité | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 (ELT) |
|-------------------------------------|-------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|--------------|
| Exposition aux vents du site | | 10,9 % | 6,2 % | 16,1 % | 9,7 % | 6,7 % |
| Ammoniaque | µg/m ³ | 1,64 | X | 1,45 | 2,69 | 1,77 |
| Acétaldéhyde | µg/m ³ | 1,80 | X | 1,50 | 1,80 | 2,00 |
| Hydrogène sulfuré | µg/m ³ | 0,92 | X | < 0,84 | < 0,84 | < 0,83 |
| Benzène | µg/m ³ | 0,40 | X | 0,38 | 0,44 | 0,46 |
| Naphtalène | µg/m ³ | 0,13 | X | 0,15 | 0,14 | 0,13 |
| 1,2-Dichloroéthane | µg/m ³ | < 0,07 | X | < 0,07 | < 0,07 | < 0,07 |
| PM10 | µg/m ³ | 14,00 | X | 10,90 | 16,40 | 13,30 |

En **orange** : valeur supérieure à la valeur à l'ELT en tenant compte de l'incertitude analytique

Ainsi, aucune dégradation du milieu n'est observée pour les substances gazeuses. L'LEM n'a ainsi pas lieu d'être poursuivie pour cette matrice. Il est simplement à noter une concentration légèrement supérieure à la limite de quantification pour l'H₂S (0.9 µg/m³ pour une LQ à 0.8 µg/m³), ce qui n'apparaît pas suffisant pour permettre de conclure sur une dégradation notable du milieu air pour cette substance en ce point.

3.3.1.2 Milieu « sol »

Les tableaux ci-après indiquent les mesures en dépassement par rapport à l'environnement local témoin (ELT) et permettent d'identifier les éventuelles dégradations du milieu « sol ».

Tableau 25 : Evaluation de la dégradation du milieu « sol superficiel »

| Substance | Unité | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 (ELT) | Données issues du programme ASPITET de l'INRA |
|--------------|----------|-------|-------|-------|-------|----------|---|
| Naphtalène | mg/kg MS | 0,02 | 0,08 | 0,06 | 0,20 | 0,05 | - |
| Nickel (Ni) | mg/kg MS | 7,17 | 9,06 | 11,00 | 15,40 | 28,10 | 2 - 60 |
| Cadmium (Cd) | mg/kg MS | 0,17 | 0,51 | 0,37 | 0,40 | 0,25 | 0,05 - 0,45 |
| Plomb (Pb) | mg/kg MS | 20,60 | 43,40 | 30,30 | 40,80 | 44,30 | 9 - 50 |

Tableau 26 : Evaluation de la dégradation du milieu « sol racinaires »

| Substance | Unité | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 (ELT) | Données issues du programme ASPITET de l'INRA |
|--------------|----------|-------|-------|-------|-------|----------|---|
| Naphtalène | mg/kg MS | 0,09 | 0,01 | 0,01 | 0,06 | 0,04 | - |
| Nickel (Ni) | mg/kg MS | 8,74 | 8,00 | 10,60 | 11,50 | 31,00 | 2 - 60 |
| Cadmium (Cd) | mg/kg MS | 0,17 | 0,55 | 0,38 | 0,46 | 0,29 | 0,05 - 0,45 |
| Plomb (Pb) | mg/kg MS | 20,60 | 51,80 | 40,20 | 54,30 | 48,20 | 9 - 50 |

En orange : valeur supérieure à la valeur à l'ELT en tenant compte de l'incertitude analytique

De ce tableau, on tire les observations suivantes sur les sols superficiels :

- Pour le Nickel et le Plomb, les teneurs mesurées ne présentent pas de dégradation vis-à-vis de l'environnement local témoin que ce soit pour le sol racinaire ou superficiel ;
- Pour le Cadmium, une légère dégradation est observée au point S2 pour les sols superficiels et les sols racinaires ;
- Pour le Naphtalène, un dépassement est observé au point S1 pour les sols racinaires et S4 pour les sols superficiels ;

Enfin, notons que la concentration obtenue en cadmium au point S2 est légèrement supérieure à la borne haute des teneurs généralement présentes dans les sols (données INRA – ASPITET)

3.3.2 Evaluation de la compatibilité du milieu sol pour les substances présentant une dégradation

Lorsqu'une dégradation locale des milieux est observée, il doit être estimé dans quelle mesure cet état dégradé peut compromettre ou non la compatibilité des milieux avec les usages constatés, en

- Comparant les concentrations mesurées avec les valeurs de gestion relatives à la qualité des milieux, réglementaires ou non,
- Ou, si elles n'existent pas, à réaliser une quantification des risques

► Comparaison aux valeurs réglementaires/valeurs de gestion

Le tableau suivant présente les valeurs repères définies par le Haut Conseil de Santé Publique (HCSP) pour le cadmium.

Tableau 27 : Comparaison du milieu « sol » dégradé aux valeurs de gestion disponibles

| Substance | Concentration maximale mesurée sur un point présentant un impact (mg/kg) | Valeurs repère (mg/kg) | Compatibilité du milieu ? |
|------------|--|------------------------|---|
| Cadmium | Sol superficiel : 0,51 Sol racinaire : 0,55 | 1 | OUI |
| Naphtalène | Sol superficiel : 0,20 Sol racinaire : 0,09 | - | Non définie – Quantification des risques à réalisée |

Concernant **le cadmium**, la concentration mesurée au droit du point 2 (0,51 à 0,55 mg/kg) est inférieure à 1 mg/kg, correspondant au seuil de vigilance établi par le HCSP pour les sols accueillant des cultures potagères. Le point 2 étant le point présentant la concentration maximale observée, cette valeur a été retenue. Ainsi, on peut en conclure en une compatibilité du milieu vis-à-vis du cadmium.

Puisqu'il n'existe pas de telle valeur pour **le naphtalène**, une quantification des risques sera réalisée.

3.3.3 Calcul d'interprétation de l'état des milieux

Les principes généraux des calculs d'IEM sont reportés en **Annexe 8**. Les niveaux de risques sont exprimés sous la forme d'un quotient de danger (QD) pour les effets à seuil, et d'un excès de risque individuel (ERI) pour les effets sans seuil. Les paramètres d'exposition retenus y sont également exposés.

Les calculs présentés ci-après concernent les enfants pour le milieu « sol » et la voie d'exposition par ingestion (calcul majorant en termes de voie d'exposition par ingestion).

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

Tableau 28 : Tableau d'interprétation des résultats de l'IEM (MEDD, 2007)

| Comparaison aux valeurs de gestion | Intervalle de gestion des risques | Interprétation |
|---|---|--|
| C < Créf | QD < 0,2 ERI < 10⁻⁶ | L'état des milieux est compatible avec les usages |
| C < Créf pouvant être remis en cause dans le futur* | 0,2 < QD < 5 10 ⁻⁶ < ERI < 10 ⁻⁴ | Milieu vulnérable. Zone d'incertitude nécessitant une réflexion plus approfondie |
| C > Créf | QD > 5 ERI > 10⁻⁴ | L'état des milieux n'est pas compatible avec les usages |

* du fait de l'augmentation des flux (prévue dans le projet ou permis par les prescriptions actuelles) ou l'accumulation

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

Les niveaux de risques pour les substances pour lesquelles une dégradation du milieu est observée sont présentés ci-dessous. Pour rappel, **seuls les sols superficiels susceptibles d'être ingérés ont été considérés.**

Tableau 29 : Quantification partielle des risques pour les composés dans le sol ne présentant pas de valeur de gestion.

| Composé | Concentration maximale dans le sol | VTR (seuil d'effet) | VTR (sans seuil d'effet) | QD | ERI |
|------------|------------------------------------|---------------------|--------------------------|----------------------|------------------------------|
| | mg/kg MS | mg/kg/j | (mg/kg/j) ⁻¹ | (Quotient de danger) | (Excès de risque individuel) |
| Naphtalène | Superficiel : 0,20 | 0,02 | 0,12 | < 0,01 | 1,20.10 ⁻⁸ |
| | Racinaire : 0.09 | | | < 0,01 | 5,60.10 ⁻⁹ |

Les calculs de risques effectués sur le milieu sol ont mis en évidence des niveaux de risques conduisant à **la compatibilité des milieux** avec les usages actuels **pour le naphtalène** considérés (QD<0.2 et ERI<10⁻⁶).

Ce qu'il faut retenir :

Pour le milieu « air » : aucune dégradation du milieu n'est observée pour les substances mesurées

Pour le milieu « sol » : une légère dégradation du milieu est observée sur 2 points en cadmium et en naphtalène, mais ces milieux restent compatibles avec les usages (respect de la valeur repère pour le cadmium dans les sols et quantification du risque inférieure aux valeurs repères pour le naphtalène).

4. Étape 4 : Évaluation quantitative des risques sanitaires

L'Évaluation des Risques Sanitaires (ERS) prospective est une démarche visant à décrire et quantifier les risques sanitaires consécutifs à l'exposition de personnes à des substances toxiques. Elle s'applique depuis 2000 à l'analyse des effets potentiels liés à la toxicité des substances chimiques émises par les ICPE dans leur environnement. Elle est décrite dans le guide méthodologique de l'INERIS (2003, reprise dans la version de 2021) intitulé « Substances chimiques – évaluation des risques sanitaires dans les études d'impact des installations classées ».

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

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

Cette évaluation quantitative des risques sanitaires est réalisée pour le mode de fonctionnement de l'installation concernée.

4.1 Identification des dangers

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

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

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

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

4.2 Évaluation des relations dose-réponse

4.2.1 Les valeurs toxicologiques de référence

▶ Généralités

Une relation dose-réponse est représentée par une **valeur toxicologique de référence (VTR)**, qui est un repère toxicologique permettant de quantifier un risque pour la santé humaine en mettant en relation quantitativement un niveau d'exposition à une substance (ou « dose ») et une incidence observée de l'effet critique (ou « réponse »). Cette appellation de VTR regroupe ainsi toutes les relations quantitatives entre une dose d'exposition et la **possibilité d'apparition d'un effet (effet à seuil)** ou d'une **probabilité d'effet (effet sans seuil)**, dont la distinction est proposée ci-dessous :

- Pour les **effets à seuil**, une VTR désigne la dose **en deçà de laquelle la survenue d'un effet n'est pas attendue**. Les substances chimiques « à seuil » sont ainsi les substances pour lesquelles il n'est pas observé d'effet néfaste en dessous d'une certaine dose administrée. Cette catégorie recouvre essentiellement les effets systémiques y compris les effets sur la reproduction, et les effets cancérogènes non génotoxiques. Elle s'exprime dans la même unité que l'exposition (mg/m³ pour une exposition par inhalation, mg/(kg.j) pour une exposition par ingestion).

- Pour les **effets sans seuil**, une VTR (appelée excès de risque unitaire, ou ERU) désigne la **probabilité supplémentaire de survenue d'un effet** (le plus souvent cancérigène génotoxique) **par rapport à un sujet non exposé**, pour une unité d'exposition. Les substances chimiques « sans seuil » sont ainsi des substances pour lesquelles un effet peut apparaître quelle que soit la dose administrée, et concerne principalement les cancérigènes génotoxiques. Elle s'exprime dans l'unité inverse de l'exposition $(\text{mg}/\text{m}^3)^{-1}$ pour une exposition par inhalation, et $(\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{j}))^{-1}$ pour une exposition par ingestion).

Notons qu'une même substance peut avoir des effets « à seuil » et « sans seuil », il s'agit alors de deux mécanismes d'action différents pour des organes différents voire pour le même organe.

► Sélection des VTR

La note d'information N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués est prise en compte pour la sélection des VTR. Le choix des VTR est présenté dans le paragraphe 2.4.2 relatif à la toxicité des composés.

4.3 Évaluation des niveaux d'exposition par modélisation – Etat futur

4.3.1 Substances retenues

Les substances retenues pour l'évaluation du risque sanitaire sont les traceurs d'intérêt identifiés au paragraphe 2.4 et sont pour rappel :

Tableau 30 : Substances retenues

| Traceur de risque | | Traceur d'activité |
|---------------------|----------------------|--------------------|
| H ₂ S | Cadmium | |
| 1,2 dichloroéthane | Nickel | |
| Benzène | Plomb | |
| NH ₃ | Arsenic | NO ₂ |
| Naphtalène | Chrome | SO ₂ |
| Acétaldéhyde | Mercure | PM10 |
| Chlorure de vinyle | Zinc | PM2.5 |
| Tétrachloroéthylène | Sélénium | |
| Trichloroéthylène | Cobalt | |
| | Antimoine | |
| | Benzo(a)Pyrène (HAP) | |

4.3.2 Estimation des concentrations dans les milieux d'exposition

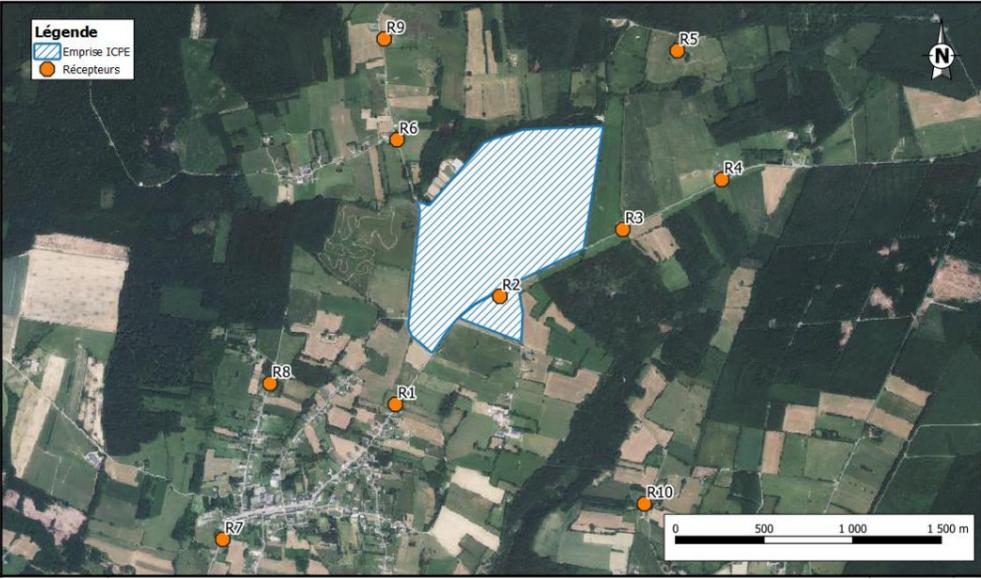
L'objectif de cette phase est d'estimer par modélisation les concentrations environnementales liées au fonctionnement de l'installation, sur une période longue (chronique), dans les milieux d'exposition sélectionnés à la suite de l'établissement du schéma conceptuel, à savoir l'air ambiant et les dépôts au sol ainsi que les concentrations dans les sols et les végétaux.

Pour cela, il a été mis en œuvre, un modèle de dispersion atmosphérique, ADMS 5 (version 5.2), modèle gaussien spécialement développé pour évaluer l'impact des rejets atmosphériques d'une grande variété de sources industrielles sur des zones complexes. Ce logiciel va permettre de déterminer les concentrations des différentes substances dans l'air ambiant ainsi que les flux de dépôt au sol pour les composés particuliers. Les spécificités de ce logiciel sont présentées en **Annexe 9**.

4.3.2.1 Paramétrage du modèle

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

Tableau 31 : Paramètres utilisés dans ADMS 5 pour la modélisation

| Paramètre | Données utilisées | Commentaire |
|---------------------------------|--|---|
| Domaine de modélisation | <input checked="" type="checkbox"/> Domaine d'étude <input type="checkbox"/> Autre | Dimensions : 6 x 6 km de côté centré sur le site Résolution : 64 mètres |
| Données météorologiques locales | <input checked="" type="checkbox"/> Observations réelles <input type="checkbox"/> Données modélisées <input type="checkbox"/> Données statistiques | <input checked="" type="checkbox"/> Vitesse du vent <input checked="" type="checkbox"/> Direction du vent <input checked="" type="checkbox"/> Températures <input checked="" type="checkbox"/> Précipitations <input checked="" type="checkbox"/> Nébulosité totale <input checked="" type="checkbox"/> Période considérée : 2021, 2022, 2023 <input checked="" type="checkbox"/> Fréquence des données : horaires Localisation de la station : Modélisation Eteignières |
| | Total des données utilisées | Nombre de données totales : 26 216 Nombre de données non utilisables : 88 |
| | Conditions de vent calme : <input checked="" type="checkbox"/> Pris en compte <input type="checkbox"/> Non pris en compte | Activation du module « vents calmes » sur ADMS 5. |
| Polluants modélisés | <input checked="" type="checkbox"/> Polluants gazeux <input checked="" type="checkbox"/> Polluants particulaires | Composés présentés au paragraphe « Sélection des substances d'intérêt » Poussières modélisées sous forme de particules de diamètres aérodynamiques de 10 µm et 2,5µm. Métaux et HAP (hors naphtalène) modélisés sous forme de particules de diamètres aérodynamiques de 2,5µm. Mercure (Hg) modélisé sous forme de particules de diamètres aérodynamiques de 1µm. |
| Sources modélisées | <input checked="" type="checkbox"/> Ponctuelle <input checked="" type="checkbox"/> Linéique <input checked="" type="checkbox"/> Surfactive <input type="checkbox"/> Volumique <input type="checkbox"/> Jet | Sources modélisées : <ul style="list-style-type: none"> • Sources ponctuelles : 5 (rejets canalisés) • Sources surfaciques : 4 (émissions diffuses du stockage) • Sources linéiques : 12 (tronçons) |
| Variation temporelle | <input checked="" type="checkbox"/> Facteurs d'émissions annuels <input type="checkbox"/> Facteurs d'émissions horaires | Flux présenté au paragraphe « Evaluation des émissions du site ». |
| Nature des sols | <input checked="" type="checkbox"/> Variable <input type="checkbox"/> Fixe | Hauteur de rugosité variable basée sur l'occupation des sols (Corine Land Cover) |
| Relief | <input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non | Relief intégré à la modélisation de la dispersion des panaches |
| Bâtiments obstacles | <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non | Hauteur des bâtiments négligeables par rapport aux sources d'émissions |
| Points récepteurs | <input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non | Nombre : 10 Type : Riverains et ERP les plus proches  |
| Temps d'intégration | <input checked="" type="checkbox"/> Horaire <input type="checkbox"/> Autre | - |
| Paramètres calculés en sortie | <input checked="" type="checkbox"/> Concentration moyenne annuelle <input checked="" type="checkbox"/> Dépôt moyen annuel total, sec et humide | Hauteur de calcul : 1.5 mètres au-dessus du sol pour les concentrations dans l'air ambiant Au niveau du sol pour les dépôts totaux de polluants particulaires |

4.3.2.1 Résultats de la modélisation

Les cartes ci-après montrent la dispersion des panaches de concentrations et de retombées atmosphériques des principaux traceurs de l'activité du site (poussières PM10, NOx, H₂S).

Les échelles des cartes de concentration sont construites d'après les valeurs objectifs de qualité de l'air en moyenne annuelle définies par l'OMS (PM10 = 15 µg/m³, NO₂ = 10 µg/m³), et de la VTR (H₂S = 2 µg/m³).

Figure 16 : Concentrations moyennes annuelles en H₂S (µg/m³)

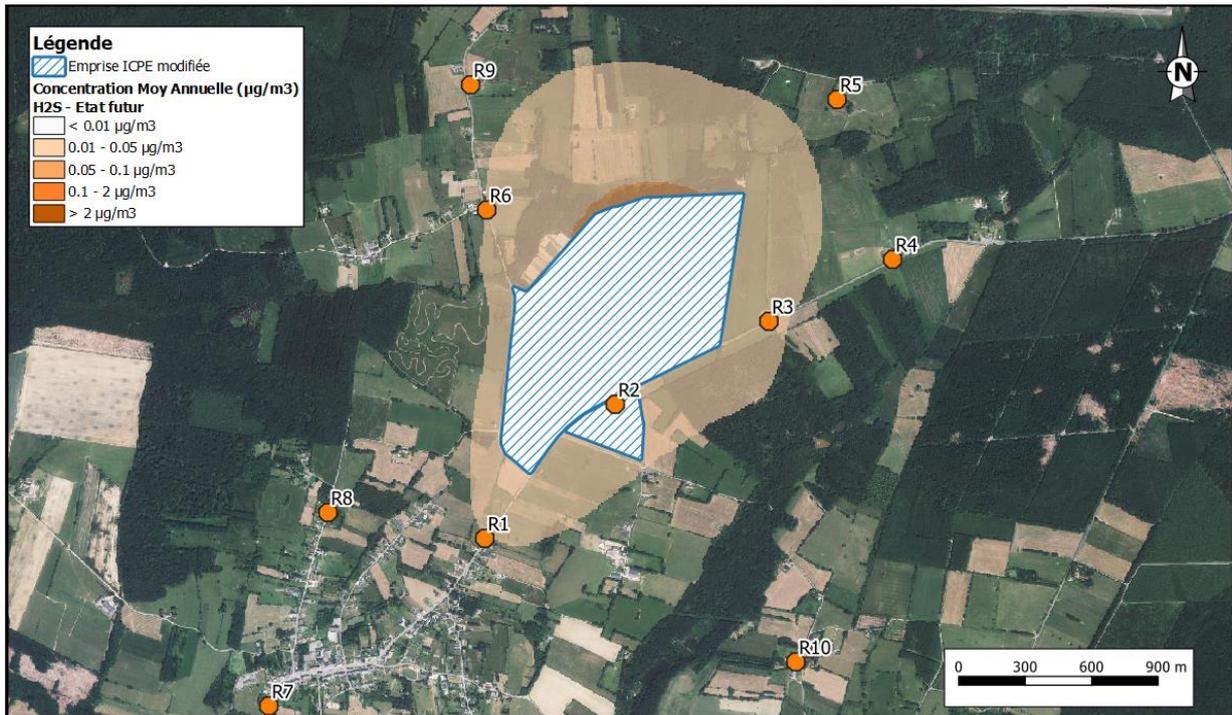


Figure 17 : Concentrations moyennes annuelles en PM10 (µg/m³)

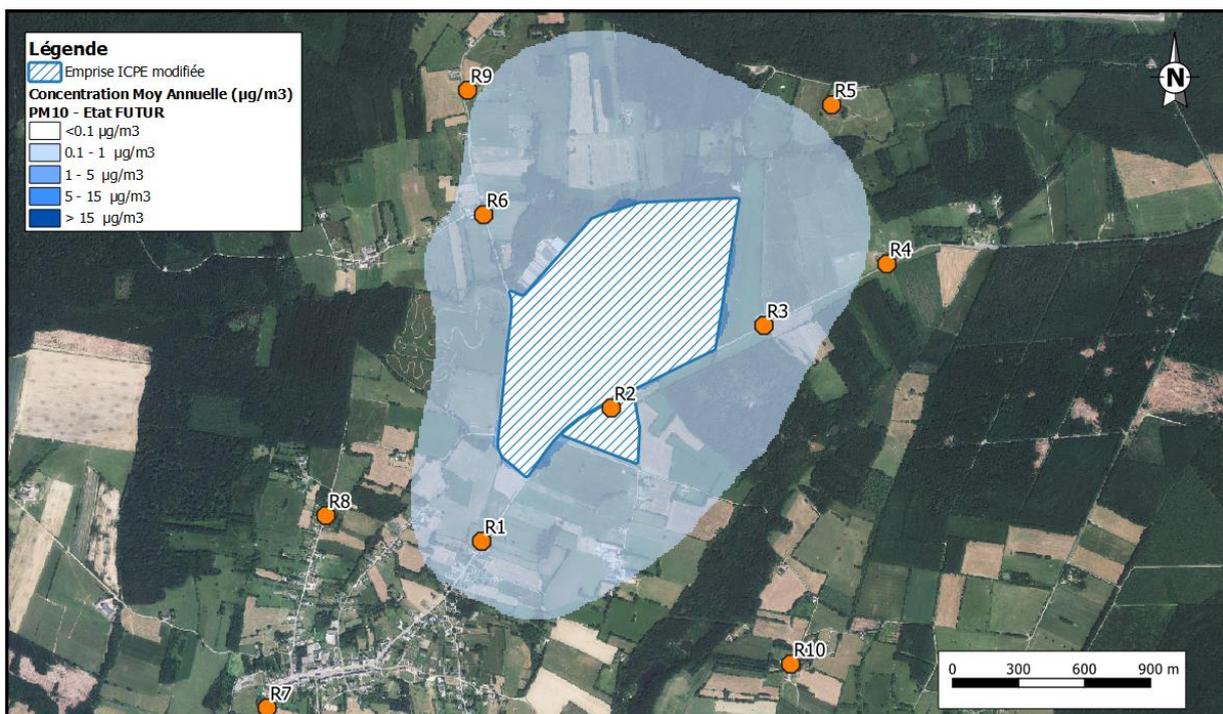


Figure 18 : Concentrations moyennes annuelles en NO₂ (µg/m³)

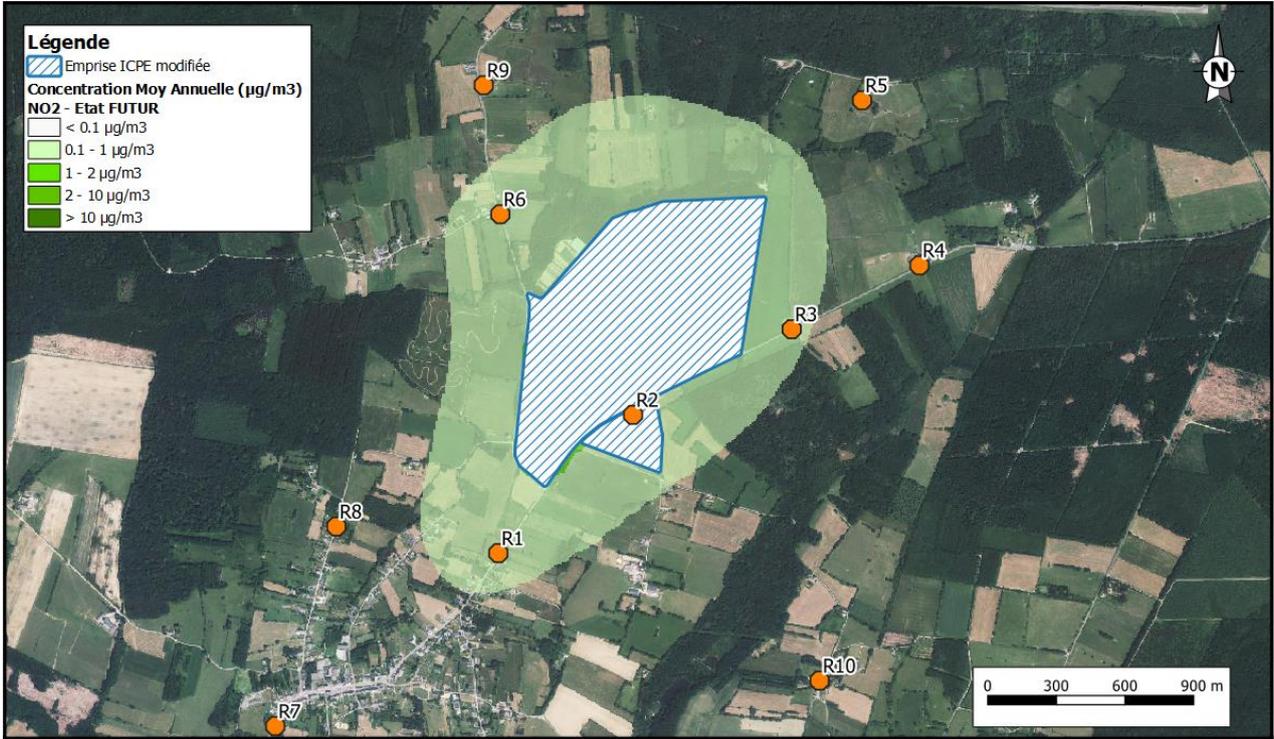
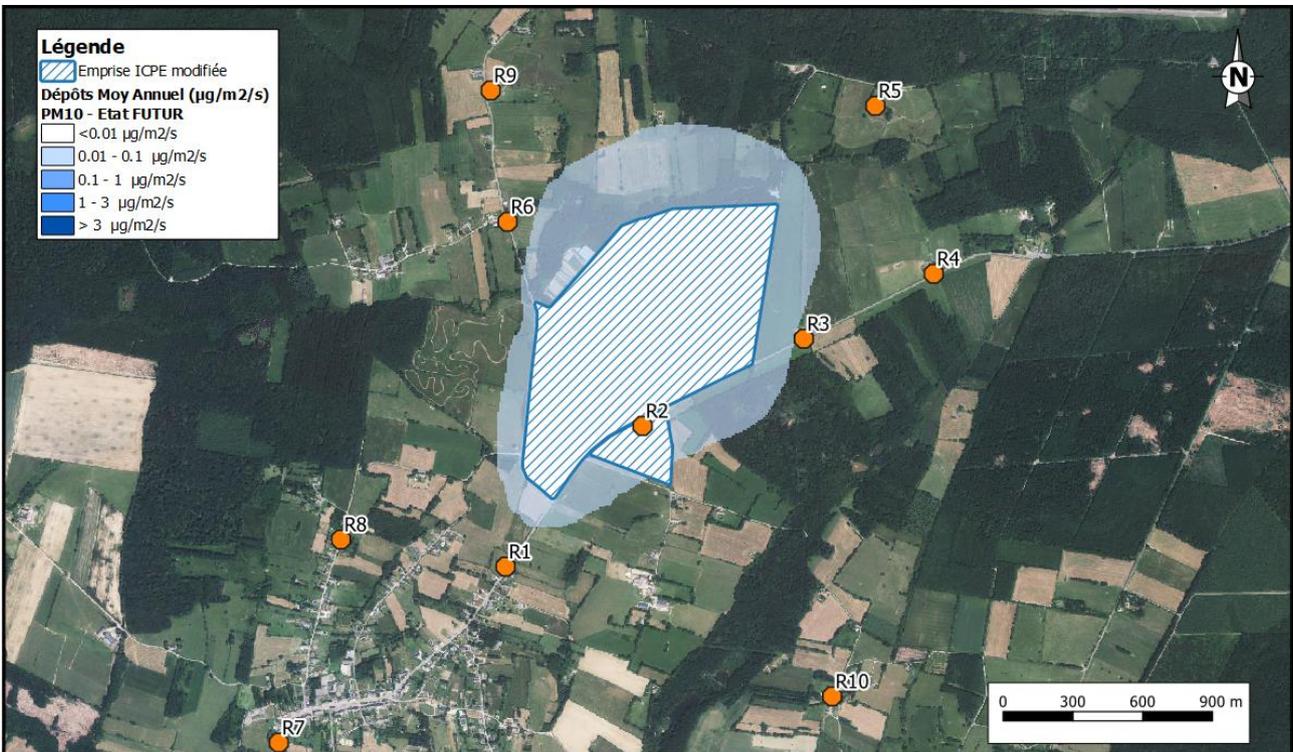


Figure 19 : Dépôts moyens annuels en PM₁₀ (µg/m²/s)



Les tableaux présentant les résultats de la modélisation au droit des récepteurs est proposée en **Annexe 10**.

4.3.2.2 Transferts multi-média

Pour tenir compte des contaminations induites par les transferts de pollution du milieu atmosphérique vers les autres media, un couplage du modèle de dispersion atmosphérique avec un modèle de transfert multi-compartiments (air – sol – végétaux - animaux) a été effectué. Il permet de quantifier les concentrations en polluants dans les différents milieux d'exposition. L'ensemble des hypothèses retenues dans le cadre de ces calculs sont reportée en **Annexe 11**.

4.3.3 Méthode de calcul des niveaux d'exposition

Les niveaux d'exposition sont exprimés, pour chaque substance et scénario d'exposition, comme des doses journalières d'exposition (DJE) pour l'ingestion ou des concentrations moyennes inhalées (CI) pour l'inhalation. Ce sont des doses externes ne prenant pas en compte l'absorption par l'organisme.

4.3.3.1 Exposition par inhalation

Pour l'inhalation, l'exposition est généralement exprimée en concentration moyenne inhalée, calculée à l'aide de la formule suivante :

$$CI = \frac{\sum_i C_i \times t_i}{T}$$

Avec :

- CI : concentration moyenne d'exposition
- C_i : concentration de polluant dans l'air inhalé pendant la fraction de temps t_i (en mg/m³)
- t_i : fraction du temps d'exposition à la concentration C_i pendant une journée
- T : durée d'exposition (années ; 30 ans pour les adultes et 6 ans pour les enfants)

4.3.3.2 Exposition par ingestion

Pour l'ingestion, l'exposition est exprimée par la dose journalière d'exposition (DJE) calculée en fonction des quantités de matrices ingérées et impactées par les émissions de l'installation, des concentrations de polluants dans les matrices, et du poids de l'individu considéré. La DJE est calculée pour chaque scénario, selon l'équation

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

Avec :

- DJE = dose journalière d'exposition liée à l'ingestion de la substance (niveau d'exposition par ingestion)
- Q_i = quantité de matrice i ingérée par jour en moyenne (données locales CIBLEX)
- C_i = concentration de la substance dans la matrice i (déterminé par modélisation et transferts multimédia)
- f_i = fraction de la quantité de matrice i consommée et exposée à la contamination étudiée (assimilable à la part de consommation de produits locaux)
- P = masse corporelle de la cible (enfant : 15 kg – adulte : 60 kg)

Les paramètres des calculs pour l'exposition par ingestion sont présentés en **Annexe 11**.

4.4 Caractérisation des risques sanitaires

L'évaluation du risque nécessite la prise en compte simultanée d'expositions par différentes voies et concerne l'ensemble des substances retenues comme traceurs de risque.

4.4.1 Méthodologie de calcul des risques

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

- Quotients de danger (QD) pour les effets toxiques à seuil ;
- Excès de risque individuels (ERI) pour les effets toxiques sans seuil.

► Effets toxiques à seuil

Le Quotient de Danger (QD) est déterminé à l'aide de la formule ci-dessous :

| Exposition par inhalation | Exposition par ingestion |
|--------------------------------|---------------------------------|
| $QD = \frac{CI}{VTR_{AS,inh}}$ | $QD = \frac{DJE}{VTR_{AS,ing}}$ |

Avec :

- QD = Quotient de Danger
- CI = concentration moyenne inhalée pour la substance (niveau d'exposition par inhalation)
- DJE = dose journalière d'exposition liée à l'ingestion de la substance (niveau d'exposition par ingestion)
- VTR = valeur toxicologique de référence, à seuil, pour la voie et la durée d'exposition correspondant au scénario considéré

Pour apprécier les résultats de la caractérisation des risques pour les effets toxiques à seuil, les quotients de danger ainsi calculés sont habituellement comparés à la **valeur repère de 1**. Un QD inférieur à 1 signifie que l'exposition de la population n'atteint pas le seuil de dose à partir duquel peuvent apparaître des effets indésirables pour la santé humaine, alors qu'un ratio supérieur à 1 signifie que l'effet toxique peut se déclarer dans la population, sans qu'il soit possible d'estimer la probabilité de survenue de cet événement.

► Effets toxiques sans seuil

L'Excès de Risque Individuel (ERI) est déterminé à l'aide de la formule ci-dessous :

| Exposition par inhalation | Exposition par ingestion |
|--|---|
| $ERI = \sum CI_i \times \frac{T_i}{T_m} \times VTR_{SS,inh}$ | $ERI = \sum DJE_i \times \frac{T_i}{T_m} \times VTR_{SS,ing}$ |

Avec :

- ERI = Excès de Risque Individuel
- CI = concentration moyenne inhalée pour la substance (niveau d'exposition par inhalation)
- DJE = dose journalière d'exposition liée à l'ingestion de la substance (niveau d'exposition par ingestion)
- T = période d'exposition sur laquelle l'exposition est calculée (propre à chaque récepteur)
- T_m = Durée sur laquelle l'exposition est rapportée (70 ans)

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

Il n'existe pas de niveau d'excès de risque individuel universellement acceptable. La Circulaire du 9 août 2013 relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations classées soumises à autorisation précise que la valeur de référence retenue au niveau international par les organismes ou agences en charge de la protection de la santé est un **Excès de Risque Individuel inférieur ou égal à 10^{-5}** pour les effets sans seuil. Il s'agit de la même valeur préconisée par l'INERIS dans son guide « Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires ».

4.4.2 Caractérisation des risques pour les effets à seuil

4.4.2.1 Synthèse des organes cibles par substance

Une VTR est spécifique d'un effet critique⁵ sur un organe cible. Pour pouvoir appliquer cette VTR à un autre organe cible que celui de l'effet critique, il faudrait disposer des éléments de toxicologie prouvant que le mécanisme d'action et le seuil d'effet sur les autres organes sont identiques. C'est la raison pour laquelle, l'OPERSEI préconise de baser les regroupements de QD uniquement sur les organes cibles principaux ayant servi à la construction de la VTR.

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

Tableau 32 : Organes cibles

| Organes cibles | Substances | |
|---|---|--------------------------|
| | Exposition par inhalation | Exposition par ingestion |
| Système respiratoire | HCl, H ₂ S, NH ₃ , naphthalène, acétaldéhyde, Cr VI, Ni, Co | - |
| Système sanguin | Benzène | Co |
| Effets reprotoxiques Effets sur le développement | Benzo(a)pyrène, As | Mn, Ni, benzo(a)pyrène |
| Système nerveux | Tétrachloroéthylène, Mn | - |
| Système hépatique | Dichloroéthane (1,2), Chlorure de vinyle | - |
| Système rénal | Trichloroéthylène, Cd | Pb |
| Système oculaire | Naphtalène | - |
| Système immunitaire | - | Co |
| Système digestif | - | Cr VI |
| Système cutané | - | As, P |
| Système osseux | - | Cd |

⁵ L'effet critique est le premier effet adverse qui survient dans la population d'individus exposés lorsque l'on accroît la dose, et jugé pertinent chez l'homme pour l'élaboration de la VTR. A priori, ce choix permet d'être protecteur vis-à-vis des autres effets observés à condition que la nature des relations dose-effet soit conservée de l'animal à l'homme.

4.4.2.2 Exposition par inhalation

Le tableau suivant présente les quotients de danger pour le récepteur le plus exposé ainsi que le quotient de danger sommé et sa valeur repère.

Tableau 33 : Quotients de danger pour le récepteur le plus impacté – Exposition par inhalation

| Polluants | VTR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | QDi |
|--|----------------------------------|-----------------|
| | | Adulte / Enfant |
| H ₂ S | 2,00 | 0,02 |
| NH ₃ | 500,00 | < 0,01 |
| dichloroéthane (1,2) | 3000,00 | < 0,01 |
| benzène | 10,00 | < 0,01 |
| naphtalene | 37,00 | < 0,01 |
| tetrachloroethylene | 400,00 | < 0,01 |
| trichloroéthylène | 3200,00 | < 0,01 |
| acetaldehyde | 160,00 | < 0,01 |
| chlorure de vinyle | 100,00 | < 0,01 |
| As | 0,02 | < 0,01 |
| Cd | 0,45 | < 0,01 |
| Cr VI | 0,03 | < 0,01 |
| Hg | 0,20 | < 0,01 |
| Ni | 0,23 | < 0,01 |
| Se | 20 | < 0,01 |
| Co | 0,1 | < 0,01 |
| Sb | 0,3 | < 0,01 |
| benzo(a)pyrene | 0,002 | < 0,01 |
| | Valeur Repère | |
| QD Système respiratoire | 1 | 0,02 |
| QD Système sanguin | 1 | < 0,01 |
| QD Effets reprotoxiques Effets sur le développement | 1 | < 0,01 |
| QD Système nerveux | 1 | < 0,01 |
| QD Système hépatique | 1 | < 0,01 |
| QD Système rénal | 1 | < 0,01 |
| QD système cutané | 1 | < 0,01 |
| QD système oculaire | 1 | < 0,01 |
| | | |
| QD sommé | 1 | 0,02 |

Le QD calculé est tiré quasi exclusivement par l'hydrogène sulfuré (H₂S). Ainsi, les effets sur le système respiratoire sont les plus importants.

Le QD par substance, par organe cible et sommé est inférieur à 1 (0,02). Par conséquent, le risque sanitaire chronique pour les effets à seuil, lié à l'inhalation des émissions atmosphériques d'ARCAVI dans son état futur, est non significatif.

4.4.2.3 Exposition par ingestion

Le tableau suivant présente les quotients de danger aux récepteurs le plus exposés ainsi que le quotient de danger sommé et sa valeur repère.

Tableau 34 : Quotient de danger pour les récepteurs le plus impacté – Exposition par ingestion

| Polluants | VTR (mg/kg) | QDi | |
|---|----------------------|------------------|------------------|
| | | Adulte | Enfant |
| As | 0.00045 | < 0,01 | < 0,01 |
| Cd | 0.00035 | < 0,01 | < 0,01 |
| Cr VI | 0.0009 | < 0,01 | < 0,01 |
| Hg | 0.00057 | < 0,01 | < 0,01 |
| Ni | 0.0028 | < 0,01 | < 0,01 |
| Pb | 0.00063 | < 0,01 | < 0,01 |
| Zn | 0.3 | < 0,01 | < 0,01 |
| Se | 0.005 | < 0,01 | < 0,01 |
| Co | 0.0016 | < 0,01 | < 0,01 |
| Sb | 0.006 | < 0,01 | < 0,01 |
| benzo(a)pyrene | 0.0003 | < 0,01 | < 0,01 |
| | Valeur Repère | | |
| QD Système sanguin | 1 | < 0,01 | < 0,01 |
| QD Système immunitaire | 1 | < 0,01 | < 0,01 |
| QD Effets reprotoxiques/Effets sur le développement | 1 | < 0,01 | < 0,01 |
| QD Système rénal | 1 | < 0,01 | < 0,01 |
| QD Système digestif | 1 | < 0,01 | < 0,01 |
| QD Système cutané | 1 | < 0,01 | < 0,01 |
| QD système osseux | 1 | < 0,01 | < 0,01 |
| QD système général (poids) | 1 | < 0,01 | < 0,01 |
| | | | |
| QD sommé | 1 | < 0,01 | < 0,01 |

Le QD par substance, par organe cible et sommé est très inférieur à 1 (tous étant inférieurs à 0.01). Par conséquent, le risque sanitaire chronique pour les effets à seuil, lié à l'ingestion des émissions atmosphériques d'ARCAVI dans son état futur, est non significatif.

4.4.3 Caractérisation des risques pour les effets sans seuil

4.4.3.1 Exposition par inhalation

Le tableau suivant présente les l'excès de risque individuel pour chaque composé au récepteur le plus exposé ainsi que l'ERI sommé.

Tableau 35 : Excès de risque individuel pour le récepteur les plus impacté – Exposition par inhalation

| Polluants | VTR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)-1 | ERI inhalation | |
|----------------------|------------------------------------|----------------------|----------|
| | | Adulte / Vie entière | Enfant |
| dichloroéthane (1,2) | 3,40E-06 | 2,2E-09 | 3,4E-10 |
| benzène | 2,60E-05 | 2,0E-08 | 3,1E-09 |
| naphtalene | 5,60E-06 | 2,7E-09 | 4,3E-10 |
| tetrachloroethylene | 2,60E-07 | 3,8E-10 | 6,0E-11 |
| trichloroéthylène | 1,00E-06 | 1,2E-09 | 1,9E-10 |
| chlorure de vinyle | 3,80E-06 | 1,6E-09 | 2,5E-10 |
| As | 1,50E-04 | 7,8E-12 | 1,2E-12 |
| Cr VI | 4,00E-02 | 4,1E-08 | 6,5E-09 |
| Ni | 1,70E-04 | 2,2E-10 | 3,5E-11 |
| Pb | 1,20E-05 | 7,0E-12 | 1,1E-12 |
| Co | 7,70E-03 | 2,49E-09 | 3,93E-10 |
| benzo(a)pyrene | 0,0006 | 5E-12 | 8E-13 |
| | Valeur Repère | | |
| ERli sommé | 10-5 | 6,98E-08 | 1,10E-08 |

L'ensemble des ERI individuels ainsi que l'ERI sommé sont très inférieurs à la valeur repère de 10^{-5} . La substance principale dans le calcul de l'ERI est le benzène avec un ERI de $2,0 \cdot 10^{-8}$.

Par conséquent, le risque sanitaire chronique pour les effets sans seuil, lié à l'inhalation des émissions atmosphériques du site de ARCAVI dans son état futur est non significatif.

4.4.3.2 Exposition par ingestion

Le tableau suivant présente les l'excès de risque individuel pour chaque composé au récepteur le plus exposé ainsi que l'ERI sommé pour l'exposition par ingestion.

Tableau 36 : Excès de risque individuel pour le récepteur le plus impacté – Exposition par ingestion

| Polluants | VTR ($\text{mg}/\text{kg}/\text{j}$)-1 | ERI ingestion | | |
|----------------|--|---------------|----------|-------------|
| | | Adulte | Enfant | Vie entière |
| As | 1.50E+00 | 8.85E-12 | 9.84E-12 | 1.73E-11 |
| Cr VI | 5.00E-01 | 5.30E-09 | 6.10E-09 | 1.06E-08 |
| Pb | 8.50E-03 | 5.88E-13 | 6.41E-13 | 1.14E-12 |
| benzo(a)pyrene | 1.00E+00 | 1.19E-12 | 1.18E-12 | 2.18E-12 |
| | Valeur Repère | | | |
| ERli sommé | 10-5 | 5.31E-09 | 6.11E-09 | 1.06E-08 |

L'ensemble des ERI individuels ainsi que l'ERI sommé sont très inférieurs à la valeur repère de 10^{-5} . La substance principale dans le calcul de l'ERI est le chrome VI avec un ERI de $1,06 \cdot 10^{-8}$.

Par conséquent, le risque sanitaire chronique pour les effets sans seuil, lié à l'ingestion des retombées atmosphériques du site de ARCAVI dans son état futur est non significatif.

4.5 Synthèse de l'évaluation des risques

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

Tableau 37 : Synthèse de l'évaluation du risque sanitaire

| Exposition | Type d'effet | Cible la plus impactée | Calcul de risque | Valeur obtenue |
|------------|-------------------|---|------------------------|----------------------|
| Inhalation | Effets à seuil | Système respiratoire | QD sommé maximum | 0,02 |
| | | | Déterminants du risque | H ₂ S |
| | Effets sans seuil | Système sanguin Système respiratoire | ERI sommé maximum | $6,98 \cdot 10^{-8}$ |
| | | | Déterminant du risque | Benzène Chrome VI |
| Ingestion | Effets à seuil | Système osseux | QD sommé maximum | < 0.01 |
| | | | Déterminants du risque | Chrome VI |
| | Effets sans seuil | Système digestif | ERI sommé maximum | $1,06 \cdot 10^{-8}$ |
| | | | Déterminant du risque | Chrome VI |

4.6 Cas des PM_{2,5}

En janvier 2023, l'Anses a déterminé une VTR pour les effets sans seuil d'une exposition par inhalation aux PM_{2,5}. L'hypothèse d'absence de seuil de concentration sans effet néfaste sur la santé pour les PM_{2,5} a été retenue. Les études observationnelles en population générale examinant l'exposition à long terme aux PM montrent des effets sur la santé aux plus faibles concentrations et ce, sans seuil discernable.

La VTR retenue pour les particules de l'air ambiant est l'**ERU de décès toutes causes non accidentelles** de $1,28 \cdot 10^{-2} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$. Un niveau de confiance fort a été attribué à cette VTR.

Pour une concentration maximale de $0,86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ au récepteur le plus impacté en PM_{2,5} (R2), on obtient un excès **de décès toutes causes non accidentelles** de $6,0 \cdot 10^{-3}$.

Il est à noter qu'il n'existe pas à ce jour de consensus ou recommandations sur des niveaux acceptables de risque sanitaire lié à l'exposition aux particules de l'air ambiant, contrairement aux substances chimiques pour lesquelles un niveau de risque de cancer de 10^{-5} est considéré.

À titre indicatif, les niveaux des excès de risque vie entière de décès anticipé, correspondant à l'exposition à une concentration en PM_{2,5} équivalente aux valeurs guides et aux valeurs cibles intermédiaires recommandées par l'OMS, **varient de $5,7 \cdot 10^{-2}$ à $2,6 \cdot 10^{-1}$** .

4.7 Comparaison aux valeurs de gestion

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

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

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

Le tableau suivant présente la comparaison des valeurs guides avec les concentrations maximales modélisées aux récepteurs les plus impactés :

Tableau 38 : Comparaison aux valeurs guides

| Substance | Cible | Concentration modélisée ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Valeur guide ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
|-----------------|----------------------|--|---|
| NO ₂ | Système respiratoire | 0,44 | 10 |
| SO ₂ | Système respiratoire | 0,20 | 50 |
| PM10 | Système respiratoire | 0,68 | 15 |
| PM2.5 | Système respiratoire | 0,86 | 5 |

Les concentrations environnementales modélisées pour ces substances sont inférieures aux valeurs guides de l'OMS.

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

4.8 Discussion des incertitudes

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

Les paragraphes ci-après reprennent dans le cadre de la présente étude, les paramètres dont les incertitudes jouent un rôle majeur dans les calculs menés.

4.8.1 Evaluation des émissions de l'installation

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

Tableau 39 : Représentativité des données relatives à l'évaluation des émissions de l'installation

| Phase | Paramètre | Représentativité | Commentaire |
|--|---|------------------|---|
| Evaluation des émissions de l'installation | Localisation des sources retenues | Représentatif | Sources positionnées en fonction du plan de masse du site et des informations fournies par le client sur l'emplacement des futures sources du site. |
| | Caractéristiques physiques des rejets (hauteur, T°, débit, ...) | Représentatif | Les caractéristiques des rejets canalisés actuels et futurs ont été définis sur la base des informations fournies par ARCAVI en amont de l'étude. |
| | | Non quantifiable | Pour les rejets diffus, la surface de l'emprise de chaque activité a été considérée comme surface d'émissions. |
| | | Majorant | Pour les torchères et les moteurs (rejets canalisés), le débit a été défini dans une approche majorante |
| | Concentration à l'émission | - | Voir tableau suivant |
| | Composés émis | Représentatif | Pour les sources canalisées, l'ensemble des composés quantifiés lors des mesures à l'émission ont été retenus. |
| | | Représentatif | Pour les sources surfaciques/diffuses, la composition des émissions et le choix des composés émis a été réalisé sur la base des données bibliographiques disponibles. |
| | Temps de fonctionnement | Majorant | On considère un fonctionnement en continu pour l'ensemble des sources hormis les torchères pour lesquelles un fonctionnement de 60h/an a été considéré. |

Le tableau suivant résume les incertitudes liées aux données relatives à la définition des concentrations à l'émission et des composés émis pour chaque source respective. Pour rappel, l'ensemble des hypothèses retenues sont présentées en **Annexe 11**.

Tableau 40 : Incertitudes sur la quantification des émissions

| Activités | Phases émettrices | Commentaires |
|---|---|--|
| ISDND | Installation de valorisation du biogaz | Données sur les concentrations, débits et types de composés émis tirées des rapports de mesures à l'émissions réalisées sur les 3 dernières années (2019, 2020 et 2021) pour les torchères et les moteurs. Pour les torchères, le débit a été recalculé sur la base des préconisations du guide ASTEE tel que : « <i>le débit de fumée total d'une torchère est égal au débit nominal de biogaz entrant dans la torchère, multiplié par 5,36 pour tenir compte de l'équation stœchiométrique de la réaction de combustion</i> ». Ceci est une approche majorante dans la mesure où le débit entrant retenu correspond au débit maximal capté. |
| | Fuites de biogaz des casiers | Données sur les débits, actuels et futurs, issues de la courbe de production de biogaz du site. Composition du biogaz basée sur les données bibliographiques disponibles (guide ASTEE). Emissions en biogaz lissées sur la surface totale des casiers émetteurs de biogaz pour l'état actuel et l'ensemble des casiers de l'emprise actuelle du site et du casier en exploitation pour l'état futur. |
| | Casiers en phases de création (activité carrière), d'exploitation et en phase de couverture | Calculs basés sur la totalité de la production annuelle. Pour la phase en exploitation, donc le déversement des déchets, les émissions en poussières totales ont été quantifiées. Dans une approche majorante, les émissions des PM10 et PM2,5 ont été considérées égales à celles des poussières totales. |
| | Emissions des engins | La quantification des composés émis (surélévation et gaz d'échappement) a été réalisée sur la base des données bibliographiques (facteurs d'émission) disponibles pour ce type d'émissions en fonction du poids des engins présents sur cette activité (données client). Une hypothèse d'une distance parcourue journalière de 10km a été retenue. |
| Plateforme de valorisation de bois et végétaux et de compostage | Broyage | Calculs basés sur la totalité de la production annuelle. Les émissions de poussières et de NOX ont été estimées pour cette phase de production. |
| | Andains de compost | Calculs basés sur la totalité de la production annuelle. Les composés émis par les andains de compost ont été choisis sur la base des données du guide ASTEE sur l'EQRS des installations de compostage et quantifiés à l'aide de facteurs d'émissions disponibles dans la bibliographie. |
| | Émissions des engins | Les émissions de poussières liées à la circulation des engins ont été considérées. |
| Circulation des camions extérieurs | Emissions des camions | Calcul du nombre de camions basé sur la production totale par activité et le tonnage moyen d'un poids lourd. Le tracé du circuit des camions entrants/sortants du site a été validé par ARCAVI et la quantification des composés émis (surélévation et gaz d'échappement) a été réalisée sur la base des données bibliographiques (facteurs d'émission) disponibles pour ce type d'émissions en fonction du poids du véhicule et du type de route (pavée ou non pavée). |

Pour les sources canalisées, les paramètres retenus pour la caractérisation des émissions sont **représentatifs**.

Pour les sources diffuses, les hypothèses retenues sont majoritairement issues de données bibliographique, il est donc difficile de quantifier l'incertitude liée à ces données.

A noter que pour le déterminant du risque qui est l'H₂S, l'estimation des émissions a été réalisée sur la base du débit de biogaz capté retranché à la production de biogaz estimée et de la mesure d'H₂S dans le biogaz. **Cette hypothèse est donc plutôt réaliste.**

De ce fait, les hypothèses prises en compte pour la caractérisation des émissions diffuses ne sont pas de nature à remettre en cause les conclusions de l'étude.

4.8.2 Valeurs toxicologiques de références

4.8.2.1 Choix des traceurs de risque

Pour rappel, les traceurs de risques retenus pour **les activités ISDND et compostage** ont été définis sur la base des guides sectoriels respectifs présentés précédemment. **Pour les autres activités**, la définition des traceurs de risque s'est faite via un choix de VTR effectué en accord avec la note d'information N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014.

Un choix de traceur uniquement basé sur la note d'information N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 n'aurait pas mené à la sélection de traceurs de risques différents ou supplémentaires.

De ce fait, les hypothèses prises en compte pour le choix des traceurs ne sont pas de nature à remettre en cause les conclusions de l'étude.

4.8.2.2 Existence de VTR plus contraignante

Les valeurs toxicologiques de référence comportent structurellement des sources d'incertitudes prises en compte dans l'élaboration même des valeurs. Il est habituellement admis que les valeurs proposées par les organismes compétents sont, dans l'état actuel des connaissances, précautionneuses.

La note d'information de la Direction Générale de la Santé DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations de risques sanitaires dans le cadre des études d'impact a été prise en compte pour la sélection des VTR.

Au regard des niveaux de risques estimés pour le risque sanitaire chronique par inhalation et par ingestion pour les effets sans seuil et les effets à seuil, ce choix n'est pas de nature à remettre en cause les conclusions de l'étude.

4.8.3 La modélisation atmosphérique

La modélisation de la dispersion atmosphérique est basée sur des équations mathématiques qui doivent rendre compte des phénomènes physiques et chimiques comme nous pouvons les observer dans la réalité. Il y a donc une incertitude entourant les résultats de modélisation.

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

Tableau 41 : Complexité et qualité des données d'entrée du modèle

| Données d'entrée et paramètres | Complexité de la donnée | Qualité de la donnée | Commentaire |
|---|-------------------------|----------------------|---|
| Obstacles autour de l'installation | Nulle | - | Aucun obstacle notable n'a été considéré dans la modélisation |
| Données météorologiques | Faible | Bonne | Les données utilisées pour la modélisation de la dispersion atmosphérique sont des données horaires sur 3 ans. Il s'agit de données issues d'une modélisation au droit de la commune d'Eteignières. |
| Relief et occupation des sols | Moyenne | Bonne | Le relief et une hauteur de rugosité variable adaptée de l'occupation des sols ont été intégrés au modèle |
| Définition des polluants | Faible | Moyenne | L'hypothèse est faite que les gaz ainsi que les particules se dispersent comme un traceur passif, hypothèse réaliste compte tenu des concentrations étudiées. |
| Echelles spatiales étudiées | Faible | Bonne | Les sites sensibles étudiés sont localisés entre quelques dizaines de mètres et quelques kilomètres des sources, c'est à dire dans le domaine de validité du modèle. |

4.8.4 Durée d'exposition

Il a été pris en compte dans le cadre du scénario « habitation », l'hypothèse que la population du domaine d'étude est exposée aux rejets du site 100 % du temps, c'est-à-dire 24h/24 et 365 jours par an. Or, il s'avère que cette hypothèse est majorante

Le tableau suivant présente, pour la population adulte, le temps moyen temps passé hors du lieu d'habitation (données départementales – Ardennes) pour une commune ayant une population entre 2000 et 20 000 habitants. Les activités présentées sont données à titre d'exemple, cette liste n'étant pas exhaustive.

Tableau 42 : Temps passé à l'extérieur du lieu d'habitation en min/jour (population entre 2 000 et 20 000 habitants par commune)

| Type d'activité | Adulte | | Enfant | |
|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | 17 à 60 ans (Employés) | Plus de 61 ans | 1 à 2 ans | 2 à 7 ans |
| Promenade hors lieu d'habitation | 82 (11% de taux de pratique) | 101 (36% de taux de pratique) | 45 (100% de taux de pratique) | 75 (100% de taux de pratique) |
| Lieu de travail/garderie ou écoles | 422 (62% de taux de pratique) | 249 (1% de taux de pratique) | 240 (100% de taux de pratique) | 210 (100% de taux de pratique) |
| Autres lieux hors habitation | 160 (75% de taux de pratique) | 147 (78% de taux de pratique) | - | - |

Ces données confirment que l'hypothèse retenue correspondant à une présence de 100 % du temps sur le lieu d'habitation (intérieur ou extérieur) est source d'incertitude mais est majorante concernant les valeurs d'indice de risque et d'excès de risque individuel.

4.8.5 Doses d'exposition pour l'ingestion

Pour tenir compte des contaminations induites par les transferts de pollution du milieu atmosphérique vers les autres media, un couplage du modèle de dispersion atmosphérique avec un modèle de transfert multi-compartiments (*air-sol-végétaux*) a été effectué. Il permet de quantifier les concentrations en polluants dans les différents milieux d'exposition. Nous avons employé les équations des logiciels existants sur le marché pour modéliser de façon couplée les transferts et les expositions. Elles ont été réécrites sous EXCEL afin de pouvoir modifier la totalité des paramètres d'entrée et prendre en compte certaines spécificités de l'approche française vis-à-vis de l'approche américaine ou hollandaise. Toutefois, il est important de souligner que l'approche reste empirique.

Les données inhérentes aux calculs des doses d'exposition pour l'ingestion comportent une marge d'erreur importante et non quantifiable.

Ainsi, il apparaît que certains paramètres utilisés dans les équations mises en œuvre peuvent présenter une source d'incertitudes et influencer les résultats du risque.

► Les quantités de sols ingérées

Dans le cadre de la présente étude, les quantités de sols ingérées par jour de présence sur la zone, ont été considérées comme suit : pour la présence d'adultes et d'enfants dans leurs jardins privés, les débits respectifs de 50 et 91 mg/événement considérés ne tiennent pas compte de la durée de présence de ces cibles dans leurs jardins.

Dans le cadre de la présente étude, les quantités de sols ingérées par jour de présence sur la zone ont été considérées comme suit : pour la présence d'enfants dans leurs jardins privés, les débits de **91 mg/j** considérés ne tiennent pas compte de la durée de présence de ces cibles dans leurs jardins.

L'US-EPA (2001) recommande de ne pas tenir compte de la relation linéaire entre le temps de présence et la quantité de sol ingéré, l'évènement considéré par l'US-EPA ayant une durée de 24 heures. Cette recommandation est suivie par un certain nombre de modèles intégrés dont RISC 4.0 (Waterloo Hydrogeologics). L'INERIS cependant considère que cette approche est exagérément conservatoire et recommande de pondérer les quantités de sol ingéré par le taux de présence horaire.

Compte tenu de ces éléments et des incertitudes importantes liés à cette évaluation, l'approche retenue par BURGEAP apparaît conservatoire pour les fréquentations des espaces verts, et suit le principe de précaution. Nous considérons que la surestimation potentielle du risque peut être d'un facteur 2 ou plus (si la fréquentation en période estivale peut être journalière, en période hivernale, elle est probablement nettement plus faible).

La valeur recommandée par l'US EPA pour la quantité de sol ingérée par un adulte est de 50 mg/j [US-EPA 1997]. Pour les enfants, de nombreuses études de mesures d'ingestion de particules de sol ont été menées [Binder et al. 1991, Clausing et al. 1987, Davies et al. 1990, Calabrese et al. 1989, Stanek et Calabrese 1991, Van Wijnen et al. 1990]. Les valeurs moyennes se situaient entre 39 mg/j et 271 mg/j de sol ingéré, avec une moyenne globale de 146 mg/j de sol ingéré, et 191 mg/j de sol et poussières ingérés. Les valeurs les plus élevées (jusqu'à 1 432 mg/j) ont été obtenues dans l'étude de Calabrese et al. [1989] et lorsque le titane était utilisé comme traceur. En tenant compte du fait que le titane peut présenter de plus grandes variations que les autres traceurs, et que les études de Calabrese et al. [1989] incluaient un enfant pica, l'EPA a estimé que 100 mg/j était une valeur moyenne représentative de l'ingestion de particules de sol par les enfants de moins de six ans. L'EPA a aussi utilisé 200 mg/j comme valeur moyenne précautionneuse de l'ingestion de particules de sol. À partir de ces données, une quantité moyenne de 150 mg/j de sol ingéré par un enfant est retenue par l'INERIS [INERIS 2001]^[1].

L'article de Ph. Glorennec ne préconise pas clairement de valeur à prendre en compte, mais indique qu'en première approche, il est possible d'utiliser les valeurs génériques communément utilisées dans les EQRS françaises pour un repérage des substances d'intérêt et des voies d'exposition les plus contributives à la dose ce qui est l'objectif visé par cette étude de risque sanitaire global.

En ce qui concerne l'ingestion de sol et de poussières : Pour le taux d'ingestion de sols d'un enfant en extérieur, nous nous sommes basés sur les travaux de synthèse de l'INVS sur les variables humaines d'exposition (2012), basés pour ce paramètre sur l'étude de Stanek et al. (2001), qui donne un percentile 95 de 91 mg/jour. Ces données sont par ailleurs dans la fourchette des valeurs décrites dans la littérature : entre 0,6 et 480 mg/j chez l'adulte et entre 2 et 250 mg/j chez l'enfant (cité par KISSEL et al., 1998). La valeur de 480 mg/jour correspond à la réalisation de travaux de jardinage (Hawley 1985), non considérés de manière particulière dans la présente étude.

La valeur retenue pour l'ingestion de sols et de poussières en extérieur est donc de 91 mg/j pour un enfant en bas âge. Cette valeur est représentative d'une journée d'activité en extérieur sans prise en compte d'un temps de présence sur la journée. Elle se situe dans une approche raisonnablement majorante mais non aberrante.

▶ L'utilisation de facteurs de bioconcentration

Les concentrations en métaux et dioxines via la chaîne alimentaire ont été évaluées en prenant des facteurs de bioconcentration (BCF) issus de la littérature. Les BCF sont présentés en **Annexe 11**

Les BCF issus de la littérature présentent une variabilité importante en fonction de la teneur en matière organique des sols, du pH, etc. et on note des variations parfois de plusieurs ordres de grandeur entre les valeurs présentées.

Les incertitudes importantes sur les concentrations dans les végétaux engendrent une incertitude tout aussi importante sur l'estimation du risque induit par la consommation de végétaux auto-produits. Cependant, en l'état actuel des connaissances scientifiques et techniques, celle-ci ne peut être réduite. L'approche retenue qui suit le principe de prudence et de proportionnalité (écartant les facteurs de bioconcentrations extrêmes) permet cependant de conclure sur l'acceptabilité du risque.

4.8.6 Synthèse sur les incertitudes

De nombreux facteurs engendrent des incertitudes sur les risques évalués. Pour la majorité d'entre eux, les connaissances actuelles ne permettent pas aujourd'hui de les réduire (valeurs toxicologiques de référence, modèle de dispersion atmosphérique, ...). La majorité des facteurs utilisés sont considérés comme les plus adaptés et réalistes ou sinon fondés sur des hypothèses majorantes (ex : scénario d'exposition et temps d'exposition).

Sur cette base, il peut être considéré que les incertitudes ne sont pas de nature à remettre en cause les conclusions de cette étude.

^[1] INERIS (2001) Méthode de calcul des Valeurs de Constat d'Impact dans les sols, Novembre 2001.

5. Conclusion

La SAEM ARCAVI est autorisée par arrêté préfectoral n°4806 du 20 août 2008 et ses arrêtés complémentaires à exploiter son Installation d'Élimination des Déchets Ardennais (IVEDA) sur la commune d'Eteignières (08), comportant :

- Une Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux (ISDND), avec une capacité maximale autorisée de 110 000 t / an ;
- Casier de stockage d'amiante de 10 000 t / an ;
- Une Installation de Stockage de Déchets Inertes dont la capacité maximale autorisée est de 40 000 t / an ;
- Une installation de transit ;
- Des unités de traitement et de revalorisation du biogaz ;
- Une unité de traitement des lixiviats (UTL) ;
- Une plate-forme de compostage et de conditionnement de bois énergie.

Compte tenu des perspectives d'évolution des quantités de déchets réceptionnés sur les installations, ARCAVI souhaite étendre les capacités de traitement de l'ISDND.

Dans ce cadre, une étude intégrée d'interprétation de l'état des milieux (IEM) et d'une évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS). Cette étude est conforme à (i) la **circulaire du 9 août 2013** relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations classées soumises à autorisation et (ii) au guide de l'INERIS⁶ : **Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires-Démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées**.

L'objectif de cette étude est d'évaluer les **impacts potentiels vis-à-vis de la santé publique (riverains) liés au fonctionnement normal de l'installation** en fonction des connaissances scientifiques et techniques du moment et conformément aux recommandations des guides de référence.

Evaluation des émissions de l'installation

Les sources étudiées dans cette étude correspondent à l'ensemble des sources canalisées et diffuses de toutes les activités à l'origine d'émissions atmosphériques significatives, actuelles et futures. La définition et quantification des émissions ont été réalisées à partir des données d'entrée fournies par ARCAVI en amont de l'étude (rapports d'analyses, caractéristiques des sources, ...) et des données bibliographiques disponibles.

Evaluation des enjeux et conceptualisation de l'exposition

Le site ARCAVI est situé dans une zone rurale et le reste du domaine d'étude est composé de parcelles agricoles et de petites zones riveraines. Les riverains les plus proches sont situés à 50 mètres au sud du site. Plusieurs ERP existent dans le domaine d'étude.

La description des dangers potentiels présentés par les polluants émis par le site (polluants généraux et polluants spécifiques), et l'identification des relations entre les niveaux d'exposition et la survenue des dangers propres à ces polluants nous a conduits au choix des substances traceurs d'intérêt suivants, pour une exposition par inhalation et ingestion de sols et végétaux

⁶ Deuxième édition-Septembre 2021. Guide disponible sur <https://www.ineris.fr/fr/evaluation-etat-milieux-risques-sanitaires>

| Traceur de risque | | Traceur d'activité |
|--|---|---|
| H ₂ S 1,2 dichloroéthane Benzène NH ₃ Naphtalène Acétaldéhyde Chlorure de vinyle Tétrachloroéthylène Trichloroéthylène | Cadmium Nickel Plomb Arsenic Chrome Mercure Zinc Sélénium Cobalt Antimoine Benzo(a)Pyrène (HAP) | NO ₂ SO ₂ PM10 PM2.5 |

Interprétation de l'état des milieux

► Milieu Air

Sur la base des mesures réalisées sur la période du 09 au 16 aout 2023 pour certaines substances (NH₃, acétaldéhyde, H₂S, Benzène, Naphtalène, 1,2-Dichloroéthane et PM10), les mesures ne montrent pas de dégradation des niveaux dans l'air ambiant vis-à-vis de l'environnement local témoin.

Ainsi, nous pouvons conclure à une **compatibilité du milieu « air »** avec les usages identifiés sur le domaine d'étude.

► Milieu sol

Sur la base des prélèvements de sols réalisés en date du 09 aout 2023, les mesures montrent une légère dégradation des concentrations dans les sols pour 2 substances (cadmium et naphtalène) en 2 points.

La comparaison aux valeurs repères définies par la HCSP et la réalisation d'un calcul de risque permettent de conclure sur **la compatibilité du milieu « sol »** avec les usages identifiés sur le domaine d'étude.

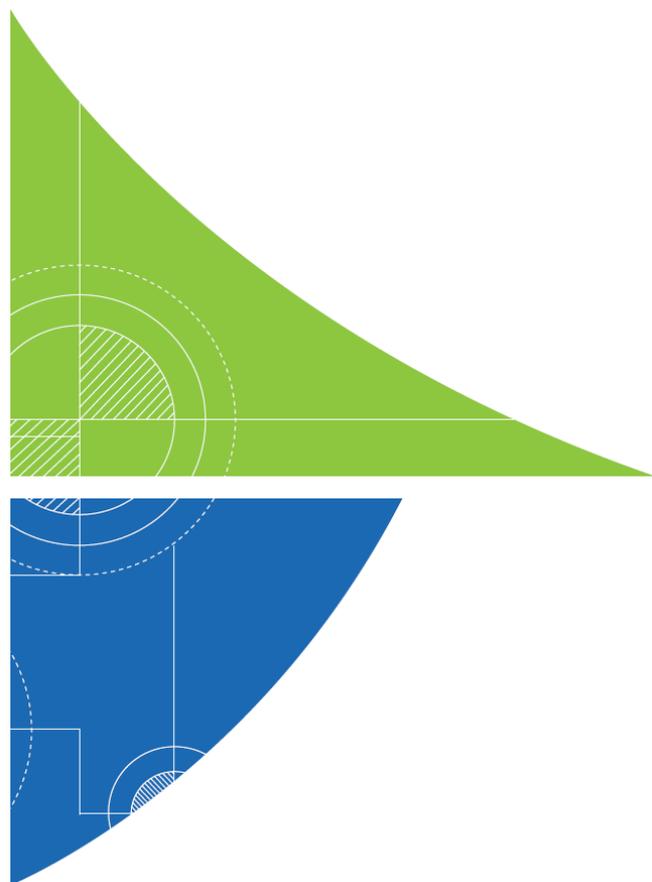
Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires

L'évaluation des risques sanitaires a été réalisées sur la base d'une modélisation de la dispersion des émissions du site **dans son état futur**. Le modèle utilisé dans cette étude est un modèle gaussien (ADMS). Le calcul de risque a été réalisé au droit des points récepteurs les plus impactés et exprime quantitativement les risques potentiels encourus par les populations du fait de la contamination des milieux d'exposition, pour l'ensemble des substances retenues comme traceurs de risques pour lesquelles l'additivité des risques a été considérée.

Le risque sanitaire du site ARCAVI lié à ses émissions atmosphériques, dans son état futur et dans le cadre du projet tel qui est décrit ce jour, **est non significatif pour tous les polluants retenus et quelle que soit la voie d'exposition (inhalation et ingestion)**.

En ce qui concerne les incertitudes de l'étude, celles-ci ne sont pas de nature à remettre en cause les conclusions obtenues, et concernent principalement la quantification des émissions atmosphériques, la modélisation de la dispersion des polluants, les scénarios d'exposition des populations ainsi que les Valeurs Toxicologiques de Référence utilisées.

ANNEXES



Annexe 1. Méthodologie de calcul des émissions

Cette annexe contient 14 pages.

Emissions canalisées

► Recensement des sources

Le tableau suivant présente l'ensemble des sources canalisées du site de ARCAVI ainsi que les activités auxquelles elles sont liées.

Recensement des sources canalisées présentes sur site

| Activités | Sources canalisées |
|---|---|
| Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux (ISDND) | Installation de valorisation de Biogaz (2 Moteurs, biochaude, torchère) Oxydateur WAGA |

► Caractéristiques physiques

Le tableau suivant présente les caractéristiques physiques des rejets canalisés recensés précédemment. Ces données sont issues des données transmises par ARCAVI.

Recensement et caractéristiques physiques des rejets canalisés

| Rejet | Hauteur (m) | Diamètre (m) | Température (°C) | Débit (m³/h) | Temps de fonctionnement (h) |
|----------------|-------------|--------------|---|--------------|--------------------------------------|
| Torchère | 7.2 | 1.33 | 900 | 5202 | 293 |
| Moteur 1 | 14.45 | 0.25 | 376 | 500 | 7490 |
| Moteur 2 | 14.45 | 0.25 | 377 | 300 | 6713 |
| Biochaude | 9 | 0.25 | 119 | 360 | 1497 |
| Oxydateur WAGA | 8 | 0.25 | Pas de données (T° ambiante considérée) | 380 Nm³/h | Pas de données (8760 h/an considéré) |

Les valeurs en **bleu** correspondent aux données tirées des AP du site tandis que les données en **violet** sont celles intégrées par GIGNER BURGEAP, faute d'informations fournies par ARCAVI.

Selon le guide ASTEE⁷, « le débit de fumée total d'une torchère est égal au débit nominal de biogaz entrant dans la torchère, multiplié par 5,36 pour tenir compte de l'équation stœchiométrique de la réaction de combustion ». Le débit en sortie a donc été calculé sur la base du débit maximal capté dans la configuration actuelle, cette hypothèse est majorante dans la mesure où on considère que la totalité du biogaz capté est brûlé (aucune valorisation). Cette approche est appliquée au groupe de torchères présentes sur site, elles seront considérées comme une source unique dans la suite de l'étude.

⁷ 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

► Quantification des émissions

La quantification des émissions est basée :

- Pour les rejets « biochaude » et « moteur 2 » : sur les mesures réalisées par ARCAVI
- Pour les rejets « moteur 1 », « oxydateur WAGA » et torchère : sur les valeurs limites à l'émission disponibles

► Concentrations mesurées et VLE

Le site ARCAVI est tenu de réaliser des mesures en sortie d'émission pour la biochaude de manière annuelle et pour le moteur 2 de manière tri annuelle. Les tableaux suivants présentent les flux moyens en 2020, 2021 et 2022.

Concentrations mesurées en sortie de rejets (mg/Nm³)

| Composés | Moteur 2 | Biochaude |
|---------------------------------|----------|-----------|
| SO2 (mg/Nm3) | 3.650 | 5.267 |
| CO (mg/Nm3) | 726.500 | 24.500 |
| COVT (mg/Nm3) | X | 16.000 |
| CH4 (mg/Nm3) | X | 15.000 |
| COVNM (mg/Nm3) | X | 0.500 |
| Formaldéhyde (mg/Nm3) | X | X |
| Nox (mg/Nm3) | 242.333 | 20.000 |
| Poussières (mg/Nm3) | 1.390 | 0.900 |
| Hg (mg/Nm3) | X | < 0.002 |
| Sb (mg/Nm3) | X | < 0.002 |
| As (mg/Nm3) | X | 0.001 |
| Cd (mg/Nm3) | X | < 0.004 |
| Cr (mg/Nm3) | X | 0.007 |
| Co (mg/Nm3) | X | 0.005 |
| Si (mg/Nm3) | X | 0.001 |
| Mn (mg/Nm3) | X | 0.008 |
| Ni (mg/Nm3) | X | 0.006 |
| Pb (mg/Nm3) | X | 0.009 |
| Se (mg/Nm3) | X | < 0.002 |
| Te (mg/Nm3) | X | < 0.002 |
| Tl (mg/Nm3) | X | < 0.002 |
| V (mg/Nm3) | X | < 0.002 |
| Zn (mg/Nm3) | X | 0.004 |
| Cd+Hg+Tl (mg/Nm3) | X | < 0.004 |
| As+Se+Te (mg/Nm3) | X | 0.001 |
| Sb+Cr+Co+Sn+Mn+Ni+V+Zn (mg/Nm3) | X | 0.030 |

Le tableau suivant présente les VLE définis dans les AP du site pour chaque rejet canalisé et pour les composés concernés.

VLE des rejets canalisés

| Composés | Torchère | Moteur 1 | Moteur 2 | Biochaude | Oxydateur WAGA |
|--------------------------------|----------|----------|----------|-----------|----------------|
| Poussières (mg/m3) | / | 150 | 150 | 5 | 10 |
| SO2 (mg/m3) | 300 | 3000 | 3000 | 110 | / |
| NOX (mg/m3) | / | 525 | 525 | 100 | 100 |
| CO (mg/m3) | 150 | 1200 | 1200 | 250 | 100 |
| COVNM (mg/m3) | / | 50 | 50 | 50 | 20 |
| H2S (mg/m3) | / | / | / | / | / |
| RSH (mg/m3) | / | / | / | / | / |
| NH3 (mg/m3) | / | / | / | / | / |
| CH4 (mg/m3) | / | / | / | / | 50 |
| Cd+Hg+Tl (mg/m3) | / | / | / | 0.1 | / |
| As+Se+Te (mg/m3) | / | / | / | 1 | / |
| Sb+Cr+Co+Sn+Mn+Ni+V+Zn (mg/m3) | / | / | / | 20 | / |

► Méthodologie de calcul des émissions atmosphériques

Les flux de polluants annuels sont calculés selon la formule :

$$F_{\text{substance}} = \frac{C_{\text{substance}} * D_{\text{rejet}}}{1000} * T_{\text{fct}}$$

Avec :

- $F_{\text{substance}}$: Flux émis de la substance en g/h
- $C_{\text{substance}}$: Concentration mesurée ou VLE de la substance en mg/Nm³
- D_{rejet} : Débit du rejet considéré en Nm³/h
- T_{fct} : Temps de fonctionnement annuel / 8760

Ils sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Emissions annuelles en t/an

| Substances | Somme des émissions actuelles (t/an) | Somme des émissions futures (t/an) |
|---------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| PM10 | 1.37E+01 | 1.25E+01 |
| Particules Diesel | 1.08E-01 | 8.79E-02 |
| CO2 | 2.38E+02 | 2.38E+02 |
| H2S | 3.25E-01 | 3.46E-01 |
| SO2 | 5.80E+00 | 1.13E+01 |
| NOx | 3.24E+00 | 4.26E+00 |
| CO | 3.96E+00 | 6.44E+00 |
| COVNM | 4.99E-01 | 6.12E-01 |
| CH4 | 3.29E-02 | 1.99E-01 |
| NH3 | 2.80E-01 | 2.80E-01 |
| 1,2 Dichloroéthane | 2.17E-02 | 3.18E-02 |
| Acétone | 9.39E-02 | 1.24E-01 |
| Benzène | 2.62E-02 | 3.09E-02 |
| BaP | 7.51E-08 | 6.10E-08 |
| Chlorure de vinyle | 1.40E-02 | 1.85E-02 |
| Ethylbenzène | 3.50E-02 | 4.66E-02 |
| Naphtalène | 1.43E-02 | 1.43E-02 |
| Tétrachloroéthyle | 5.08E-02 | 7.29E-02 |
| Toluène | 1.38E-01 | 1.76E-01 |
| Trichloroéthylène | 4.15E-02 | 5.89E-02 |
| HAP | 3.06E-04 | 1.31E-02 |
| acétaldéhyde | 2.10E-01 | 2.10E-01 |
| As | 3.04E-06 | 1.76E-06 |
| Cd | 1.52E-05 | 9.84E-06 |
| Cr | 1.54E-05 | 2.06E-05 |
| Mn | 1.76E-05 | 1.76E-05 |
| Hg | 1.34E-05 | 4.39E-06 |
| Ni | 1.33E-05 | 2.06E-05 |
| Pb | 1.49E-04 | 2.04E-05 |
| Zn | 8.79E-06 | 1.13E-04 |
| Se | 4.39E-06 | 4.39E-06 |
| Te | 4.39E-06 | 4.39E-06 |
| Tl | 4.39E-06 | 4.39E-06 |
| Si | 1.98E-06 | 1.98E-06 |
| Co | 1.10E-05 | 1.10E-05 |
| Sb | 4.39E-06 | 4.39E-06 |
| V | 4.39E-06 | 4.39E-06 |
| PM2.5 | 8.77E+00 | 8.16E+00 |

Emissions diffuses

► Recensement des sources diffuses

Le tableau suivant présente l'ensemble des sources diffuses recensées sur le site ARCAVI- ainsi que les activités auxquelles elles sont liées.

Recensement des sources diffuses présentes sur site

| Activités | Phases émettrices |
|------------------------------------|---|
| ISDND | Fuites de biogaz des casiers en post-exploitation et en exploitation Déchargement des camions Création et couverture d'un casier Circulation des engins et de camions sur site |
| Plateforme de compostage | Compostage Broyage |
| Circulation des camions extérieurs | Emissions des camions |

► ISDND

Plusieurs sources diffuses ont été identifiées pour cette activités.

► Fuite de biogaz

Les fuites de biogaz sont principalement localisées au niveau des casiers en phase de remplissage et en période de post-exploitation.

La quantification de ces fuites est basée sur le débit de biogaz produit sur le site et calculé lors du bilan de production de biogaz en amont de l'étude. Ainsi, on estime que les rejets diffus correspondent à **20 % du débit produit sur la même période**. Ici, l'année 2023 a été retenue pour la situation actuelle et 2037 pour la situation future.

| Année | Débit de biogaz à 45% de CH4 (Nm3/h) |
|-------|---|
| 2022 | 1375.439814 |
| 2023 | 1455.976477 |
| 2024 | 1475.768409 |
| 2025 | 1466.601973 |
| 2026 | 1462.606058 |
| 2027 | 1620.036162 |
| 2028 | 1571.626157 |
| 2029 | 1537.978099 |
| 2030 | 1544.887214 |
| 2031 | 1516.274692 |
| 2032 | 1470.080429 |
| 2033 | 1571.898058 |
| 2034 | 1550.611826 |
| 2035 | 1492.903364 |
| 2036 | 1505.118429 |
| 2037 | 1574.940268 |
| 2038 | 1435.270899 |
| 2039 | 1567.034266 |
| 2040 | 1388.188328 |

Calcul des émissions diffuses de biogaz

| | Estimé total produit (Nm ³ /h 45% CH ₄) | Flux de biogaz diffus (Nm ³ /h 45% CH ₄) |
|--------------------------------------|--|---|
| Max Etat actuel (2023) | 1455,97 | 291,20 |
| Max état futur (horizon 2034) | 1574,94 | 314,99 |

Afin de convertir le débit en 45% CH₄ en débit réel, un facteur de conversion a été calculé sur la base du suivi de production de biogaz du site calculé lors du bilan de production de biogaz pour les trois années 2020, 2021, 2022. Ainsi, le débit réel a été défini selon la formule :

$$D_{réel} = D_{50\% CH_4} * \frac{V_{réel}}{V_{50\% CH_4}}$$

Avec :

- $D_{réel}$: débit réel des émissions diffuses de biogaz en m³/h
- $D_{50\% CH_4}$: débit des émissions diffuses de biogaz en 50% CH₄ m³/h
- $V_{réel}$: Moyenne des quantités mensuelles de biogaz valorisé des 3 dernières années sur le site de Plessis-Gassot en Nm³
- $V_{50\% CH_4}$: Moyenne des quantités mensuelles de biogaz valorisé des 3 dernières années sur le site de Plessis -Gassot en 50% CH₄ Nm³

Ainsi, le débit estimé des émissions diffuses de biogaz est de 291,20 m³/h pour la situation actuelle et de 314,99 m³/h pour la situation future.

D'autre part, le guide ASTEE pour l'évaluation du risque sanitaire des installation de stockage de déchets ménagers⁸ définit la composition du biogaz en France en mg/m³. Ainsi, le flux des composés émis est calculé tel que :

$$F_{composé} = D_{réel} * C_{composé}$$

Avec $D_{réel}$ le débit du biogaz diffus et $C_{composé}$ la contribution de chaque composé dans la composition du biogaz selon le guide ASTEE. Pour l'H₂S, la concentration retenue correspond à celle mesurées dans le biogaz du site.

⁸ 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

Flux émis par les fuites de biogaz en kg/an

| Substances | Concentration en mg/m ³ | Flux diffus actuels (g/h) | Flux diffus Futurs (g/h) |
|---------------------|------------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 1,2 dichloroéthane | 0.0500 | 0.0146 | 0.0157 |
| Acétone | 13.5700 | 3.9515 | 4.2744 |
| Arsenic | 0.0085 | 0.0025 | 0.0027 |
| Benzène | 1.0800 | 0.3145 | 0.3402 |
| Cd | 0.0253 | 0.0074 | 0.0080 |
| Chlorure de vinyle | 2.0200 | 0.5882 | 0.6363 |
| Cr | 0.0057 | 0.0016 | 0.0018 |
| Ethylbenzène | 4.7600 | 1.3861 | 1.4993 |
| Mn | 0.0011 | 0.0003 | 0.0003 |
| Hg | 0.0260 | 0.0076 | 0.0082 |
| CO | 0.0110 | 0.0032 | 0.0035 |
| Naphtalène | 0.1200 | 0.0349 | 0.0378 |
| Ni | 0.0070 | 0.0020 | 0.0022 |
| Pb | 0.0095 | 0.0028 | 0.0030 |
| H ₂ S | 99.9700 | 29.1108 | 31.4894 |
| Tétrachloroéthylène | 1.5900 | 0.4630 | 0.5008 |
| Toluène | 25.8900 | 7.5390 | 8.1550 |
| Trichloroéthylène | 2.0500 | 0.5970 | 0.6457 |
| Zn | 0.9235 | 0.2689 | 0.2909 |

Notons que, pour cette source, lors du choix de traceurs de risque et des calculs de risques qui s'ensuivent, seuls les traceurs définis dans le guide 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* » seront retenus, soit **le benzène, l'H₂S et le 1,2 dichloroéthane**.

► Emissions de poussières

En règle générale, les émissions de particules surviennent lors du dépôt de matériau sur une pile et de l'enlèvement de matériau d'une pile. Il peut s'agir d'une opération discontinue (par ex., déchargement de camions, camions à chargement frontal) ou continue (par ex., ajout de matériau à la pile par un convoyeur).

Les piles de stockage dans un espace découvert présentent ainsi de nombreux points d'émission de poussières, notamment :

1. Ajout (discontinu ou continu) de matière sur la pile ;
2. Erosion par le vent ;
3. Mouvement des camions ou de l'équipement autour d'une pile ;
4. Enlèvement de matière d'une pile en vue de son envoi ou de son retour dans le cycle du procédé (discontinu ou continu).

Nous considérerons dans l'étude qu'1 casier est en phase de création, d'exploitation et de mise en place de la couverture définitive. Pour la situation actuelle, le casier retenu correspond au casier le plus grand soit le casier A14. Dans cette étude, ce casier sera situé au sud du site au niveau des casiers les plus proches des zones riveraines. Les caractéristiques des sources (surface d'émission et température) seront considérées comme identiques entre la situation actuelle et future.

Selon le planning du phasage de l'ISDND fourni par ARCAVI :

- En phase de pose de la couverture finale, les émissions diffuses identifiées sont liées à la **manipulation des matériaux** de recouvrement (terre) et à la **circulation des engins**.
- En phase d'exploitation avec remplissage de l'alvéole par les déchets, les émissions identifiées sont liées **aux déchargements des déchets**,
- En phase de préparation, les émissions diffuses sont liées à **l'extraction et la manipulation des matériaux ainsi qu'à la circulation des engins**.

• Opération d'extraction des matériaux

Les émissions de poussières générées par ces opérations peuvent être estimées à l'aide du facteur d'émission suivant :

$$FE = 2,76 * k * \frac{s^{1,5}}{M^{1,4}}$$

$$E = FE * T$$

Source: Mojave Desert Air Quality Management District, Mineral Handling and Processing Industries, p9, 2000

Avec :

E : émission des particules

FE: Facteur d'émission

T: temps de fonctionnement

k: facteur aérodynamique des particules; 0,36 pour les PM10 et 0,11 pour les PM2.5

s: pourcentage de présence de limon dans les terres excavées

M: pourcentage d'humidité dans les terres excavées

Le calcul se base sur les hypothèses suivantes :

| Paramètre | Valeur retenue |
|-----------------|-------------------------------|
| S (%) | 6,4 (donnée par défaut) |
| M (%) | 5 (donnée par défaut) |
| T (h/an) | 3 650 (de 8h à 18h, 365 j/an) |

Ainsi, on calcule une émission moyenne de **2,80 t/an de PM10 et 0,86 t/an de PM2.5.**

Les émissions futures sont considérées comme identiques aux émissions actuelles.

• Opération de manipulation des matériaux

La quantité de poussières mises en suspension lors des opérations de chargement/déchargement peut être estimée via l'équation suivante :

$$E_{PM} \text{ (kg/tonne de matériau chargé)} = k \times n \times 0,0016 \times \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}}$$

Source: US-EPA - AP 42 (Fifth Edition) – Chapitre 13.2.4

Où *k* = facteur de taille des particules (sans dimension) ; $k_{PM2,5} = 0,053$; $k_{PM10} = 0,35$, $k_{PMtot} = 0,74$

n = nombre de manipulation du matériau

U = vitesse moyenne du vent (m/s)

M = taux d'humidité du matériau (%)

Le tableau suivant présente les caractéristiques du casier 14 en phase de création et en cours de couverture finale. Les hypothèses identiques sont considérées pour l'estimation des émissions futures.

Caractéristiques des casiers

| | Casier couverture finale | | Casier :extraction des matériaux |
|--|--------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Surface (m2) | 5500 | Surface (m²) | 13 322 |
| Hauteur de la couche de terre (m) | 0,8 | Tonnage extrait max (t/an) | 13 748,8 |
| Volume de la couverture (m³) | 1 155 | | |
| Densité moyenne de la terre | 1,6 | | |
| Tonnage de la couverture (t) | 7 849,6 | | |

La densité de la terre est tirée de données bibliographiques existantes.

| Paramètre | |
|----------------|--|
| U (m/s) | 3,9 (donnée moyenne issue de la modélisation des données météorologiques au niveau d'Eteignières, années 2020-2022) |
| M (%) | 5 |
| n | <ul style="list-style-type: none"> - 2 pour le casier en recouvrement (chargement des engins en matériaux et déchargement au niveau du casier) - 3 pour le casier en cours de création (chargement dans tombereaux, déchargement au niveau du stockage et reprise dans camions d'évacuation) |

Ainsi, les émissions moyenne annuelles liées aux opérations de chargement/déchargement sont estimées à :

- **Pour le casier en phase de couverture finale : 7,19 kg/an en PM2.5 et 47,50 kg/an en PM10,**
- **Pour le casier en phase de manutention : 6,41 kg/an en PM2.5 et 42,3 kg/an en PM10.**

Les émissions futures sont considérées comme identiques aux émissions actuelles.

• Déversement des déchets : casier en exploitation

Le déversement de déchets dans le casier en cours d'exploitation génère une surélévation de poussière. Le guide ASTEE⁹ estime les émissions à 0,0053% du tonnage déversé. Le tableau suivant présente donc les émissions annuelles estimées dans la situation actuelle (au droit du casier 16) et future (extension au nord du site).

| Paramètres | Situation actuelle | Situation future |
|--------------------------------|--------------------|------------------|
| Tonnage déversé (t/an) | 116 000 | 110 000 |
| Emission en PM10 (t/an) | 6,15 | 5,83 |

Dans une approche majorante et au vu de l'absence de spéciation des poussières, on considèrera un flux équivalent en PM10 et PM2,5 correspondants au flux de poussières totales calculé.

⁹ 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, page 30.

- Synthèse des émissions de l'activité ISDND

Synthèse des émissions liées à l'activité ISDND (kg/an)

| Substances | Fuites de biogaz | Casier (couverture) | Casier (exploitation) | Casier (extraction) | Décharge ment déchets futur | Fuites de biogaz futur (g/h) |
|--------------------|------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------------|
| PM10 | 0.0 | 5.4 | 701.8 | 324.264061 | 665.525 | 0 |
| H2S | 873.6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 944.96 |
| CO | 3.20E-03 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.46E-03 |
| 1,2 Dichloroéthane | 1.46E-02 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.02 |
| Acétone | 3.95E+00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.27 |
| Benzène | 3.14E-01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.34 |
| Chlorure de vinyle | 5.88E-01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.64 |
| Ethylbenzène | 1.39E+00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.50 |
| Naphtalène | 3.49E-02 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.04 |
| Tétrachloroéthyle | 4.63E-01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.50 |
| Toluène | 7.54E+00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8.16 |
| Trichloroéthylène | 5.97E-01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.65 |
| HAP | 3.49E-02 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.50 |
| PM25 | | 0.820576373 | 701.826484 | 98.3358506 | 665.525114 | 0 |

► Plateforme de compostage

Les caractéristiques de cette activité sont présentées dans le tableau suivant :

Caractéristiques des sources diffuses

| Compostage | Surface totale de stockage (m2) | 10 000 |
|------------|---------------------------------|--------|
| | Capacité de traitement (t/an) | 3 500 |
| | humidité | 40% |

Le stockage d'andains de compost à l'air libre génère des émissions gazeuses ainsi que particulières.

Les substances à retenir pour les émissions gazeuses générées par le compostage des déchets verts sont définies dans le guide ASTEE de Juin 2006¹⁰. Elles sont présentées dans le tableau qui suit.

| Substance | Forme chimique |
|---------------------|------------------|
| Cd | Particules + gaz |
| Ni | Particules + gaz |
| Pb | Particules + gaz |
| Naphtalène | gaz |
| H2S | gaz |
| NH3 | gaz |
| Acétaldéhyde | gaz |
| Benzène | gaz |

Le tableau ci-après répertorie les facteurs d'émissions disponibles pour le compostage de déchets verts tirés du bilan des connaissances « *Impacts environnementaux de la gestion biologique des déchets* ».

¹⁰ ASTEE, « Guide méthodologique pour l'évaluation du risque sanitaire de l'étude d'impact des installations de compostage soumises à autorisation », Juin 2006

Facteurs d'émission pour les composés et flux émis

| Substance | Facteur d'émission (kg / t) | Flux émis (g/h) |
|--------------|-----------------------------|-----------------|
| CO2 | 170 | 27168.94977 |
| NH3 | 0.2 | 31.96347032 |
| CO | 0.005 | 0.799086758 |
| Naphtalène | 0.01 | 1.598173516 |
| H2S | 0.05 | 7.99086758 |
| Acétaldéhyde | 0.15 | 23.97260274 |
| Benzène | 0.01 | 1.598173516 |

► Circulation des engins du site et des camions extérieurs

Emissions de poussières

Les émissions de poussières dues à la circulation des engins/camions (le passage d'un véhicule lève un nuage de poussières) peuvent être estimées à partir des équations présentées ci-dessous. A noter que l'AP-42 définit un facteur correctif pour les jours de pluie, partant du principe que les émissions moyennes sont inversement proportionnelles au nombre de jours avec des précipitations mesurables (niveau de précipitation d'au moins 0,254 mm).

Routes pavées :

$$E_{PM10} \text{ (g/VKT)} = 1,5 \times (S/12)^{0,9} \times (W/3)^{0,45} \times 281,9$$

$$E_{PM2,5} \text{ (g/VKT)} = 0,15 \times (S/12)^{0,9} \times (W/3)^{0,45} \times 281,9$$

Routes non pavées :

$$E_{PM10} \text{ (g/VKT)} = 0,0022 \times S^{0,91} \times W^{1,02}$$

$$E_{PM2,5} \text{ (g/VKT)} = 0,00054 \times S^{0,91} \times W^{1,02}$$

$$E_{\text{corrigé}} = E \times (365-P) / 365$$

Source : US-EPA - AP 42 (Fifth Edition) - Tableau 13.2.2-2

Où S = teneur en limon du sol de la piste (%)

W = poids moyen des camions (en ton) ; 1 ton américaine = 0,907 tonnes métriques

VKT = kilomètre véhicule

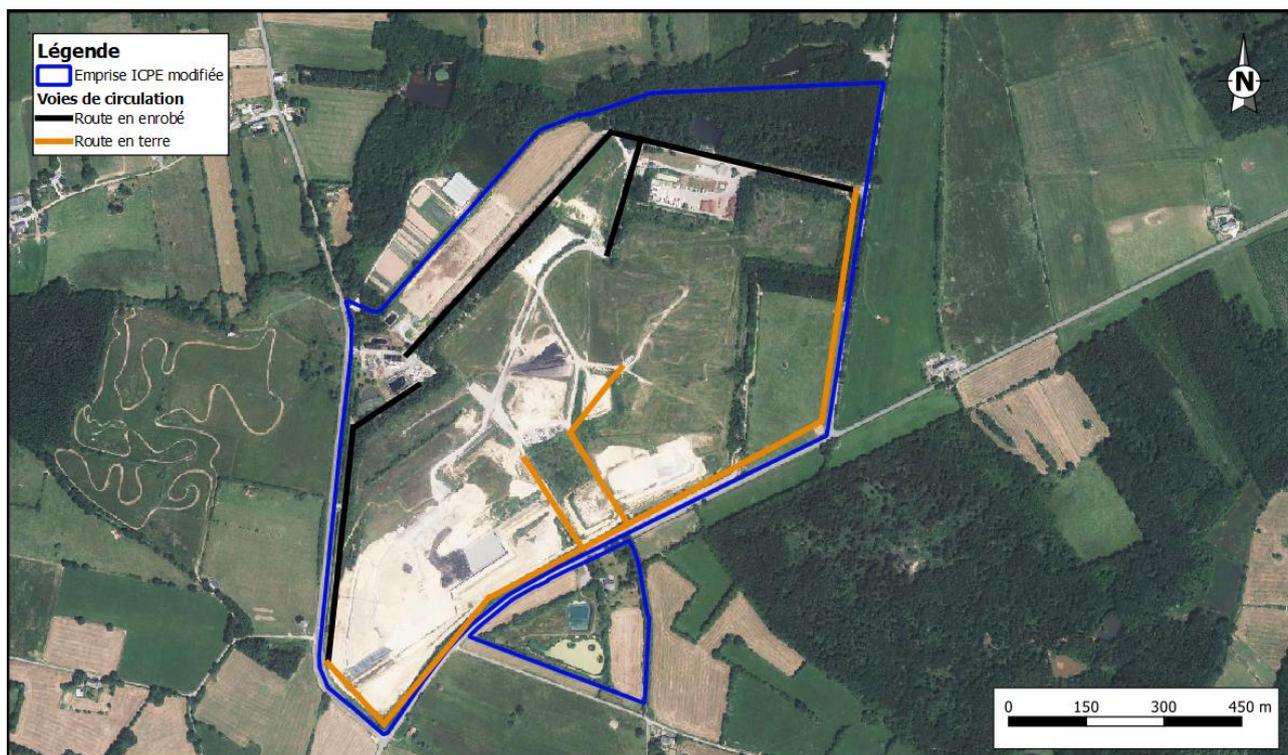
P = nombre de jours avec un niveau de précipitation d'au moins 0,254 mm

Ces calculs sont basés sur les hypothèses et pour les activités suivantes :

| Paramètre | Engins Décharge | Engins DV / Compostage | Engins tri | Camions extérieurs |
|---------------------------------------|--|------------------------|------------|-------------------------|
| W (t) | Cf. Annexe 2 | | | Vide : 15 Plein : 35 |
| Heures de fonctionnement | | | | - |
| Vitesse moyenne de circulation (km/h) | 10 | 5 | 1 | 20 |
| S (%) | 20 (valeur standard généralement rencontrée dans les carrières d'argile) | | | |
| P (jour/an) | 82 | | | |

Concernant le nombre de camions extérieurs, il a été calculé sur la base du tonnage annuel produit par activité pour la situation actuelle et future et d'une charge maximale de 20t par camion. En effet, on estime qu'en règle générale, un camion pèse aux alentours de 15t vide et 35t plein. Ces données sont répertoriées dans le tableau suivant.

Le circuit retenu pour la circulation des camions est présenté ci-dessous :



| Engins | Nombre sur site | Distance parcourue/camion | Distance totale (km) |
|--------------------------------------|-----------------|---------------------------|----------------------|
| Camions décharge ACTUEL | 5800 | 4.6 | 26680 |
| Camions quai de rupture FUTUR | 5500 | 4.6 | 25300 |
| Camions bois | 175 | 3.8 | 665 |
| Camions tri ACTUEL | 2917.9 | 5.2 | 15173.08 |
| Camions tri FUTUR | 3000 | 5.2 | 15600 |
| Compacteurs | | | 10 |

D'autre part, le circuit emprunté par les camions extérieurs est principalement constitué d'enrobage.

L'estimation des émissions de poussières liées à la circulation des engins sur le site a été réalisée sur la base des données fournies par ARCAVI sur le nombre d'engins présents sur site ainsi que le nombre d'heures de fonctionnement. Faute de certaines données, les caractéristiques de certains engins ont été cherchées dans la littérature. Le détail des calculs est présenté en **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

Gaz d'échappement

L'estimation des émissions liées aux gaz d'échappement a été réalisée pour les camions circulant sur site ainsi que pour le compacteur utilisé de manière presque continue sur une journée. Il a été considéré que les émissions de gaz d'échappement des autres engins sur site pouvaient être considérées comme négligeable.

L'estimation des émissions des poids lourds circulant sur site est réalisée via les facteurs d'émission fournis dans le guide ASTEE.

Facteurs d'émission liés au gaz d'échappement des poids lourds

| Composé | Classe | Vitesse (km/h) | Flux massique (g/km)* |
|-----------------------------|---------------|------------------------|------------------------------------|
| CO | toutes | 0-100 | $= 37,28 V^{-0,6945}$ |
| NOx | < 7,5t | de 0 à 46,7 | $= 60,305 V^{-0,7708}$ |
| | | de 46,7 à 100 | $= 0,0014 V^2 - 0,1737 V + 7,5506$ |
| | de 7,5t à 16t | de 0 à 58,8 | $= 92,584 V^{-0,7393}$ |
| | | de 58,8 à 100 | $= 0,0006 V^2 - 0,0941 V + 7,7785$ |
| | de 16t à 32t | de 0 à 100 | $= 108,36 V^{-0,6061}$ |
| > 32t | de 0 à 100 | $= 132,88 V^{-0,5581}$ | |
| COVNM | toutes | de 0 à 100 | $= 40,12 V^{-0,8774}$ |
| Poussières diesel | < 7,5t | de 0 à 100 | $= 4,5563 V^{-0,7070}$ |
| | de 7,5t à 16t | de 0 à 100 | $= 9,6037 V^{-0,7359}$ |
| | de 16t à 32t | de 0 à 100 | $= 10,890 V^{-0,7105}$ |
| | > 32t | de 0 à 100 | $= 11,028 V^{-0,6960}$ |
| Consommation de carburant** | < 7,5t | de 0 à 47 | $= 1425,2 V^{-0,7593}$ |
| | | de 47 à 100 | $= 0,0082 V^2 - 0,0430 V + 60,12$ |
| | de 7,5t à 16t | de 0 à 59 | $= 1068,4 V^{-0,4905}$ |
| | | de 59 à 100 | $= 0,0126 V^2 - 0,6589 V + 141,18$ |
| | de 16t à 32t | de 0 à 59 | $= 1595,1 V^{-0,4744}$ |
| | | de 59 à 100 | $= 0,0382 V^2 - 5,1630 V + 399,3$ |
| > 32t | de 0 à 58 | $= 1855,7 V^{-0,4367}$ | |
| | | de 58 à 100 | $= 0,0765 V^2 - 11,414 V + 720,9$ |

* le terme " V " représente la vitesse moyenne du véhicule en km/h.

** la consommation de carburant est utilisée pour calculer les émissions de certains métaux et SO₂ (cf. Tableau 14).

Ont été retenus dans cette étude les facteurs d'émissions pour la classe de véhicules 16 – 32t. Ces facteurs d'émissions en g/km ont ensuite été multipliés par le nombre de km parcouru sur l'année pour une vitesse moyenne supposée de 20 km/h sur site.

Pour certaines substances, l'estimation est réalisée sur la base de la consommation de fuel par km (770 g/km) selon les facteurs d'émission suivants.

Facteurs d'émissions liés à la consommation de fuel

| Composé | Flux massique |
|-----------------|--------------------------|
| Arsenic | nd |
| Cadmium | 10 µg/kg |
| Chrome | 50 µg/kg |
| Manganèse | nd |
| Mercure | nd |
| Nickel | 70 µg/kg |
| Plomb | $0,75 \times k_{Pb}^*$ |
| Zinc | 1 000 µg/kg |
| SO ₂ | $2 \times k_{SO_2}^{**}$ |

nd : non déterminé

* k_{Pb} est la proportion de plomb contenue dans le carburant en kg/kg de carburant²⁷

** k_{SO_2} est la proportion de soufre contenue dans le carburant en kg/kg de carburant

Synthèse des émissions

Le tableau suivant synthétise toutes les émissions des engins du site et des camions extérieurs en kg/an.

| Substances | engins DV+compost | engins décharge | Camions décharge ACTUEL | Camions décharge FUTUR | Camions bois | Camions tri ACTUEL | Camions tri FUTUR |
|--------------------------|-------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|--------------|--------------------|-------------------|
| PM10 | 2.29E+01 | 1.95E+03 | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 5.02E+01 | 1.15E+03 | 1.18E+03 |
| Particules Diesel | 0.00E+00 | 1.30E-02 | 3.46E+01 | 3.28E+01 | 8.62E-01 | 1.97E+01 | 2.02E+01 |
| SO2 | 0.00E+00 | 1.23E-03 | 3.29E+00 | 3.12E+00 | 8.20E-02 | 1.87E+00 | 1.92E+00 |
| NOx | 0.00E+00 | 1.76E-01 | 4.70E+02 | 4.46E+02 | 1.17E+01 | 2.68E+02 | 2.75E+02 |
| CO | 0.00E+00 | 4.65E-02 | 1.24E+02 | 1.18E+02 | 3.10E+00 | 7.06E+01 | 7.26E+01 |
| COVNM | 0.00E+00 | 2.90E-02 | 7.73E+01 | 7.33E+01 | 1.93E+00 | 4.39E+01 | 4.52E+01 |
| BaP | 0.00E+00 | 9.00E-09 | 2.40E-05 | 2.28E-05 | 5.99E-07 | 1.37E-05 | 1.40E-05 |
| Naphtalène | 0.00E+00 | 5.67E-07 | 1.51E-03 | 1.43E-03 | 3.77E-05 | 8.60E-04 | 8.84E-04 |
| Cd | 0.00E+00 | 1.54E-07 | 4.11E-04 | 3.90E-04 | 1.02E-05 | 2.34E-04 | 2.40E-04 |
| Cr | 0.00E+00 | 7.70E-07 | 2.05E-03 | 1.95E-03 | 5.12E-05 | 1.17E-03 | 1.20E-03 |
| Ni | 0.00E+00 | 1.08E-06 | 2.88E-03 | 2.73E-03 | 7.17E-05 | 1.64E-03 | 1.68E-03 |
| Zn | 0.00E+00 | 1.54E-05 | 4.11E-02 | 3.90E-02 | 1.02E-03 | 2.34E-02 | 2.40E-02 |
| PM25 | 5.61E+00 | 1.95E+02 | 4.94E+02 | 4.69E+02 | 1.23E+01 | 2.81E+02 | 2.89E+02 |

Annexe 2. Données clients sur la circulation des engins sur site

Cette annexe contient 1 page.

| Responsable | Engins | Modèle | Poids | Nb d'heure sur l'année 2023 | Tonnage |
|------------------|-----------------------------------|--------|-------|-----------------------------|----------|
| Décharge (ISDND) | Compacteur 430 | | 43 | 735 | 80744.27 |
| | Compacteur 430.4 | | 45 | 910 | 80744.27 |
| | Pelle LIEBHERR | | 23.75 | 651 | 80744.27 |
| | Bulldozer (Tracteur Caterpillar) | | 47.92 | 898 | 80744.27 |
| | Pelle à chenilles LIEBHERR | | 23.75 | 250 | 80744.27 |
| | Mini-Pelle | | 8 | 1255 | 365.2 |
| Compostage | JCB 550-80IND | | 10.1 | 599 | 4192.75 |
| | JCB type 550 80CON | | 10.1 | 932 | 4192.75 |
| | FARWICK CRIBLEUR | | 19 | 100 | 3292.75 |
| | DOOPSTAD BROYEUR | | 24 | 150 | 3292.75 |
| Amiante | JLG 4T Type 4000 PS | | 9.2 | 326 | 2716.05 |
| | JCB 550-80IND | | 10.1 | 599 | 23536.95 |
| | JCB type 550 80CON | | 10.1 | 932 | 23536.95 |

Annexe 3. Traceurs de risques

Cette annexe contient 1 page.

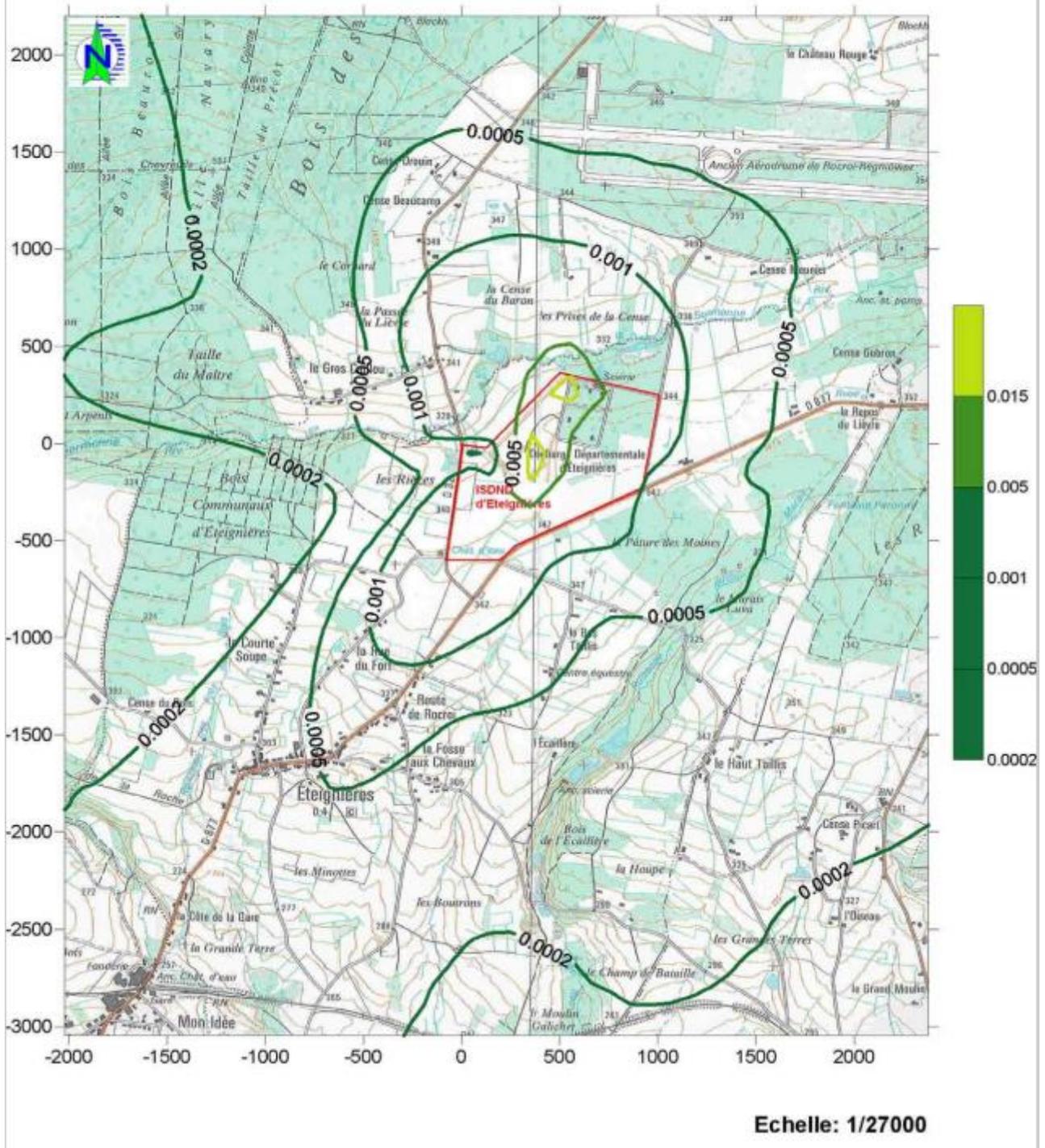
| Substances | Flux émis (kg/an) | VOIE INHALATION | | | | | | | | | | VOIE INGESTION | | | | | | RETEU TOUTE VOIE | |
|-----------------------------------|-------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------|------------|---------|----------------------------|------------|---------------------------|-------|-------------------------------|---------------------------------|------------|---------|----------------------------|------------|---------------------------|---------------------|-------|
| | | VTR inhalation (µg/m³) | ERU inhalation (µg/m³)-1 | cancérogène à seuil | Flux/VTR | Ratio | RETEU Flux/VTR (O/N) | Flux * ERU | RETEU Cancéro (O/N) | RETEU | VTR ingestion (mg/kg/j) | ERU ingestion (mg/kg/j)-1 | Flux/VTR | Ratio | RETEU Flux/VTR (O/N) | Flux * ERU | RETEU Cancéro (O/N) | | RETEU |
| PM10 | 1.25E+04 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| Particules Diesel | 8.79E+01 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| CO2 | 2.38E+05 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| H2S | 3.46E+03 | 2.00E+00 | - | - | 172.964767 | 100.00% | O | 0 | N | O | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | O |
| SO2 | 1.13E+04 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| NOx | 4.26E+03 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| CO | 6.44E+03 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| COVNM | 6.12E+02 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| CH4 | 1.99E+02 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| NH3 | 2.80E+02 | 5.00E+02 | - | - | 0.56 | 0.32% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| TSP | 0.00E+00 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| 1,2 Dichloroéthane | 3.18E+01 | 3.00E+03 | 3.40E-06 | - | 0.01058862 | 0.01% | N | 0.000108 | O | O | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | O |
| Acétone | 1.24E+02 | 3.00E+04 | - | - | 0.00414414 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| Benzène | 3.09E+01 | 1.00E+01 | 2.60E-05 | - | 3.08732675 | 1.78% | O | 0.0008027 | O | O | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | O |
| BaP | 6.10E-05 | 2.00E-03 | 6.00E-04 | - | 0.03052264 | 0.02% | N | 3.6627E-08 | O | O | 0.0003 | 1 | 0.20348424 | 0.63% | N | 6.1045E-05 | O | O | O |
| Chlorure de vinyle | 1.85E+01 | 1.00E+02 | 3.80E-06 | - | 0.18506644 | 0.11% | N | 7.0325E-05 | O | O | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | O |
| Ethylbenzène | 4.66E+01 | 1.50E+03 | - | - | 0.03107923 | 0.02% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| Naphtalène | 1.43E+01 | 3.70E+01 | 5.60E-06 | - | 0.38743131 | 0.22% | N | 8.0276E-05 | O | O | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | O |
| Oxyde d'azote | 0.00E+00 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| Tétrachloroéthyle | 7.29E+01 | 4.00E+02 | 2.60E-07 | - | 0.18223265 | 0.11% | N | 1.8952E-05 | O | O | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| Toluène | 1.76E+02 | 1.80E+04 | - | - | 0.00927945 | 0.01% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| Trichloroéthylène | 5.89E+01 | 3.20E+03 | 1.00E-06 | - | 0.01841394 | 0.01% | N | 5.8925E-05 | O | O | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | O |
| HAP | 1.31E+01 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| HCl | 0.00E+00 | 2.00E+01 | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| Formaldéhyde | 0.00E+00 | 1.23E+02 | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| Phosgène | 0.00E+00 | 3.00E-01 | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| 1,4-dioxane | 0.00E+00 | 3.00E+01 | 5.00E-06 | - | 0 | 0.00% | N | 0 | O | O | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | O |
| méthacrylate de méthyle | 0.00E+00 | 2.00E-01 | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| 1,1,2-tétrachloroéthane | 0.00E+00 | - | 7.40E-06 | - | 0 | 0.00% | N | 0 | O | O | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | O |
| chlorure de benzyle | 0.00E+00 | - | 4.90E-05 | - | 0 | 0.00% | N | 0 | O | O | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | O |
| diméthyl disulfure | 0.00E+00 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| Pyridine | 0.00E+00 | 1.20E+02 | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| Diméthyl sulfure | 0.00E+00 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| acétaldéhyde | 2.30E+02 | 1.74E+02 | - | x | 1.20598666 | 0.70% | N | 0 | O | O | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | O |
| acroléine | 0.00E+00 | 1.50E-01 | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| furaldéhyde | 0.00E+00 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| acide acrylique | 0.00E+00 | 1.00E-03 | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| acide chloroacétique | 0.00E+00 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| Diéthylamine - DEA | 0.00E+00 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| Diéthylamine | 0.00E+00 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| Ethylamine | 0.00E+00 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| Aniline | 0.00E+00 | 1.00E+00 | 1.60E-06 | - | 0 | 0.00% | N | 0 | O | O | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | O |
| Anhydride maléique | 0.00E+00 | 7.00E-01 | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| Biphényle | 0.00E+00 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| Nitrobenzène | 0.00E+00 | 9.00E+00 | 4.00E-05 | - | 0 | 0.00% | N | 0 | O | O | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | O |
| 4-nitrotoluène | 0.00E+00 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| chloroacétaldéhyde | 0.00E+00 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| triéthylamine | 0.00E+00 | 7.00E+00 | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| HF | 0.00E+00 | 1.40E+01 | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| Trichlorométhane (effets cancéro) | 0.00E+00 | 9.80E+01 | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | O | O | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | O |
| Trichlorométhane | 0.00E+00 | 6.30E+01 | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | O | O | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | O |
| Dioxines et furannes en ng/Nm3 | 0.00E+00 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | 7.00E-10 | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| As | 1.76E-03 | 1.50E-02 | 0.00015 | - | 0.11715324 | 0.07% | N | 2.6359E-07 | O | O | 0.00045 | 1.5 | 3.90510815 | 12.07% | O | 0.00263595 | O | O | O |
| Cd | 9.84E-03 | 4.50E-01 | - | - | 0.02186909 | 0.01% | N | 0 | N | N | 0.00035 | - | 28.1174038 | 86.93% | O | 0 | N | O | O |
| Cr | 2.06E-02 | 6.00E+01 | - | - | 0.00034334 | 0.00% | N | 0 | N | N | 0.3 | - | 0.0686685 | 0.21% | N | 0 | N | N | N |
| Cr VI | 2.06E-03 | 3.00E-02 | 0.04 | - | 0.0686685 | 0.04% | N | 8.2402E-05 | O | O | 0.0009 | 5.00E-01 | 2.28895016 | 7.08% | O | 0.00103003 | O | O | O |
| Mn | 1.76E-02 | 3.00E-01 | - | - | 0.05857662 | 0.03% | N | 0 | N | N | 0.055 | - | 0.31950885 | 0.99% | N | 0 | N | N | N |
| Hg | 4.39E-03 | 2.00E-01 | - | - | 0.02196623 | 0.01% | N | 0 | N | N | 0.00057 | - | 7.7045029 | 23.83% | O | 0 | N | O | O |
| Ni | 2.06E-02 | 2.30E-01 | 0.00017 | - | 0.08978161 | 0.05% | N | 3.5105E-06 | O | O | 0.0028 | - | 7.37491773 | 22.80% | O | 0 | N | O | O |
| Pb | 2.04E-02 | - | 1.20E-05 | - | 0 | 0.00% | N | 2.4454E-07 | O | O | 0.00063 | 8.50E-03 | 32.3464132 | 100.00% | O | 0.00017322 | O | O | O |
| Zn | 1.13E-01 | 1.76E+01 | - | - | 0.00642292 | 0.00% | N | 0 | N | N | 0.3 | - | 0.37756752 | 1.17% | O | 0 | N | O | O |
| Ag | 0.00E+00 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | 0.005 | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| Al | 0.00E+00 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | 0.14 | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| Ba | 0.00E+00 | 1.00E+00 | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | 0.2 | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| Be | 0.00E+00 | 2.00E-02 | 2.40E-03 | - | 0 | 0.00% | N | 0 | O | O | 0.002 | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | O |
| Ca | 0.00E+00 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| Cl | 0.00E+00 | 7.25E-02 | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | 0.15 | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| Cu | 0.00E+00 | 1.00E+00 | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | 0.15 | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| F | 0.00E+00 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | 0.06 | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| Fe | 0.00E+00 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| K | 0.00E+00 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| Na | 0.00E+00 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| Se | 4.39E-03 | 2.00E+01 | - | - | 0.00021966 | 0.00% | N | 0 | N | N | 0.005 | - | 0.87864933 | 2.72% | O | 0 | N | O | O |
| Te | 4.39E-03 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| Tl | 4.39E-03 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| Mg | 0.00E+00 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| P | 0.00E+00 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | 2.00E-05 | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| S | 0.00E+00 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| Si | 1.98E-03 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| SO4 | 0.00E+00 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| B | 0.00E+00 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | 0.2 | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| Co | 1.10E-02 | 1.00E-01 | 7.70E-03 | - | 0.10983117 | 0.06% | N | 8.457E-05 | O | O | 0.0016 | - | 6.86444792 | 21.22% | O | 0 | N | O | O |
| Mo | 0.00E+00 | 2.00E+00 | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | 0.005 | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| Sb | 4.39E-03 | 3.00E-01 | - | - | 0.01464416 | 0.01% | N | 0 | N | N | 0.006 | - | 0.73220778 | 2.26% | O | 0 | N | O | O |
| Sn | 0.00E+00 | - | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | - | - | 0 | 0.00% | N | 0 | N | N | N |
| Sr | 0.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Annexe 4. Modélisation et définition du plan d'échantillonnage

Cette annexe contient 3 pages.

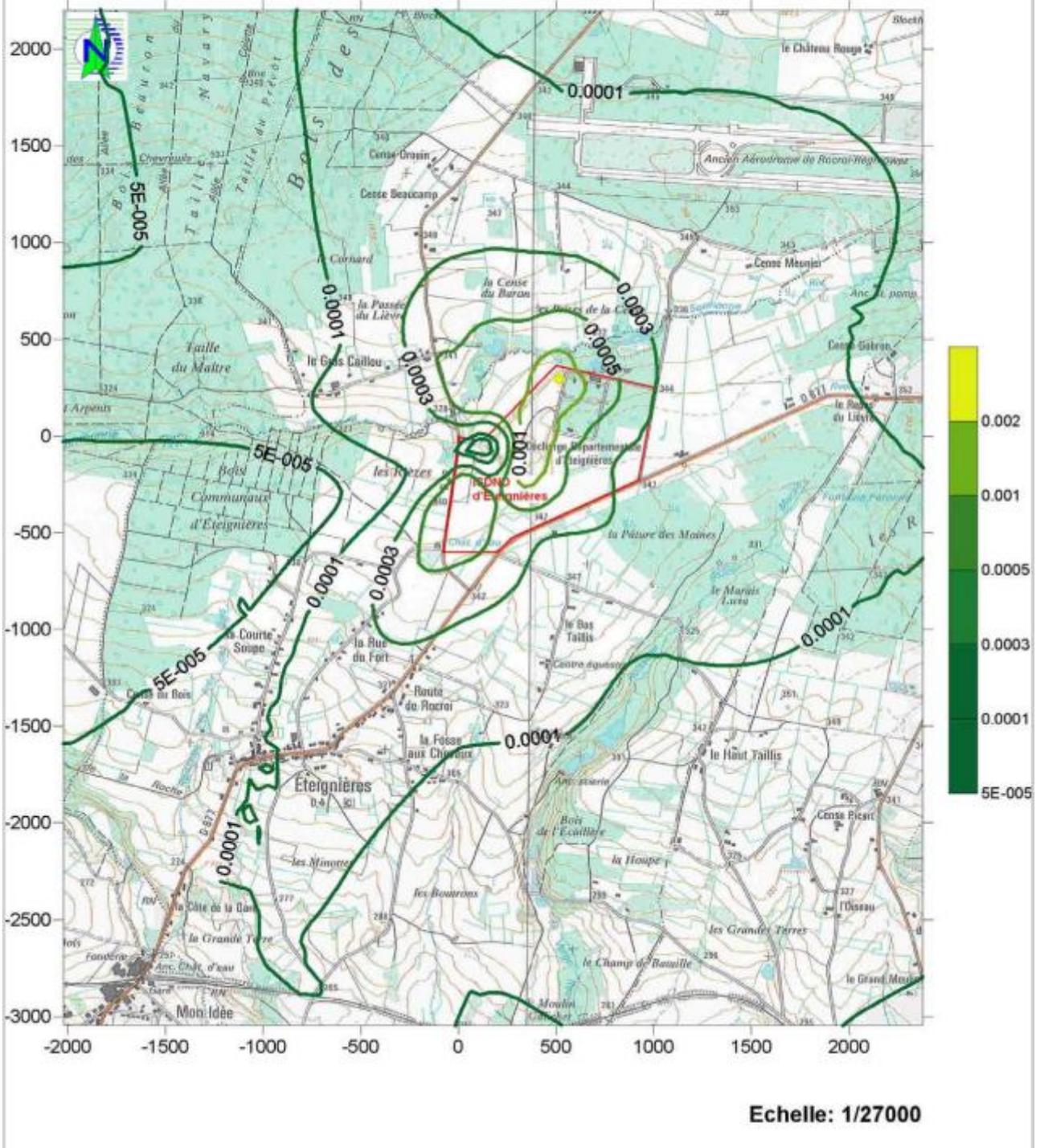
Concentrations en NOx assimilées au NO2 (en mg/m3)

L'objectif de qualité de l'air fixé à 0,040 mg/m3 n'est jamais dépassé sur la zone d'étude.



Concentrations en poussières assimilées à des PM2.5 (en mg/m³)

L'objectif de qualité de l'air fixé à 0,015 mg/m³ n'est jamais dépassé sur la zone d'étude.



Annexe 5. Méthodes de prélèvements

Cette annexe contient 2 pages

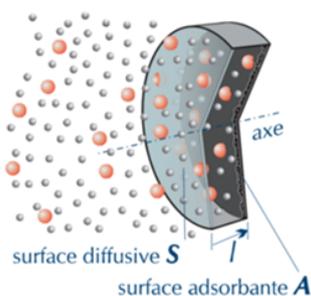
► Mesures des composés gazeux par capteurs passifs

La méthode de prélèvement des polluants gazeux est la méthode par échantillonnage passif. Elle permet de mesurer la concentration en polluants gazeux de façon autonome.

Cette méthode ne nécessite pas d'alimentation électrique et l'analyse chimique en laboratoire des supports fournit une valeur moyenne (concentration des polluants gazeux) pendant la durée d'exposition.

Le tube contient un adsorbant adapté pour le piégeage du polluant à mesurer. Le prélèvement de l'échantillon s'effectue par une méthode naturelle. Celle-ci repose sur le principe de la diffusion passive des molécules sur le milieu adsorbant. Quand l'échantillonneur est exposé, un gradient de concentration s'établit entre l'air à l'extérieur du tube et l'air en contact avec la surface de l'adsorbant. Ce différentiel de concentration va entraîner une diffusion du composé à travers la membrane poreuse, sans mouvement actif de l'air. L'échantillonneur passif est exposé à l'air pour une durée d'une semaine.

Principe de l'échantillonnage passif



Les surfaces diffuseuse et adsorbante de l'échantillonneur diffusif axial sont deux faces planes et opposées d'une boîte fermée, d'habitude cylindrique. Sous un gradient de concentration, les molécules adsorbables (en couleur sur le schéma) pénètrent la surface diffuseuse et viennent d'être piégées par celle adsorbante.

La quantité de polluant est proportionnelle à sa concentration dans l'environnement et est décrite par la loi de Fick simplifiée :

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

Avec : C : concentration moyenne en polluant dans l'air pendant la période d'échantillonnage ;
m : masse du composé adsorbé sur le support ;
Q : facteur caractérisant la diffusion du polluant dans le capteur (déterminé par le fabricant) ;
t : temps d'échantillonnage.

Les tubes passifs sont reconnus et décrits par la norme Européenne « *Ambient Air Quality – Diffusive samplers for the determination of gases and vapours – requirements and test methods* » [EN 13528 :2002].

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

Le tube en extérieur est placé à 1,5 m du sol dans un abri pour le protéger de la pluie et pour minimiser les effets du vent.

Les obstacles doivent être évités autant que possible (poteaux, ...), le site doit être aéré pour éviter les phénomènes d'accumulation.

Avant prélèvement, les tubes de prélèvement pour l'air ambiant sont stockés au froid dans un réfrigérateur dédié. Pendant l'envoi au laboratoire, les échantillons sont conditionnés dans une glacière avec du gel eutectique pour maintien au froid.

Conformément aux directives du constructeur des tubes RADIELLO, les tubes seront exposés sur une durée d'une semaine chacun et seront donc remplacés à la moitié de la campagne.

► Mesures des composés particulaires par capteurs passifs

Les poussières ont également été prélevées à l'aide de capteurs passifs PASSAM AG. Le capteur passif est une plaque adhésive permettant de piéger les poussières. Le prélèvement de l'échantillon s'effectue par une méthode naturelle qui repose sur le principe d'impaction des particules par sédimentation. Les poussières piégées sont ensuite analysées par microscopie. Cette analyse permet d'obtenir le nombre de particules déposées et la distribution granulométrique de ces particules : ainsi une concentration en PM10 peut être calculée.

L'utilisation de ces capteurs est optimale dans des conditions de température comprises entre -30 et 40°C ainsi que pour des vitesses de vent inférieures à 4,5 m/s. En dehors de ces plages, une erreur relative de 20% peut être notée.

Les plaques adhésives sont placées dans des supports qui permettent de les protéger de la pluie et de minimiser l'influence du vent. Ils sont placés en hauteur sur des supports existants ou sur des piquets métalliques disposés par GINGER BURGEAP, afin d'éviter les actes de vandalisme.

La photographie ci-dessous présente ce dispositif de mesures.

Photographie du dispositif de prélèvement des poussières PM10



► Prélèvements de sols

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

Les échantillons ont été conditionnés dans les règles de l'art, référencés de manière précise, et conservés dans des glacières avec pains de glace ou en réfrigérateur. Ils ont été expédiés au laboratoire d'analyse le jour du prélèvement par un transporteur spécialisé dans l'acheminement rapide des colis (temps maximum de transit 48 h, temps "normal" moins de 24 h).

Les outils de prélèvement ont été nettoyés à l'eau entre deux points de prélèvement afin d'éviter toute contamination croisée.

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

Les analyses ont été réalisées par MICROPOLLUANT TECHNOLOGIES, laboratoire partenaire de GINGER BURGEAP ayant une accréditation COFRAC. Il est à noter qu'avant prise en charge analytique, les sols subissent un tamisage à 250µm.

Annexe 6. Campagne de mesures – Rapport d'analyses

Cette annexe contient 27 pages

Présentation générale

| | | | |
|---|--|------------------------------|------------|
| Affaire N° | 23AF14808 | Version du rapport : | 0 |
| Client : | BURGEAP 62 | Référence client : | NO1400026 |
| Adresse : | 5 chemin des Filatiers, 62223 Sainte Catherine-les-Arras | | |
| Commande client : | TERA_6733 | Devis client : | 23DE34165 |
| Date de fin des prélèvements : | 16/08/2023 | Rapport transmis le : | 31/08/2023 |
| Date de réception des échantillons : | 18/08/2023 | | |
| Réserves éventuelles : | - | | |

Les résultats ne se rapportent qu'aux objets soumis à l'essai. TERA Environnement n'est pas responsable des informations transmises par le client et se dégage de toute responsabilité relative aux durées, températures, volumes de prélèvement ou emplacements notamment. Les concentrations calculées ne sont donc jamais portées par l'accréditation et sont sujettes à caution. Pour les prélèvements passifs, si la température d'exposition n'est pas renseignée, elle sera considérée à 20°C par défaut. Les résultats s'appliquent aux échantillons tels qu'ils ont été reçus.

Les milieux sont spécifiés ainsi : AIA=Air ambiant / ALT=Air des Lieux de Travail / AGA=Gaz des sols -Emission-Air des lieux de travail / AEX=Air à l'émission / GDS=Gaz contenus dans les sols / Eau=Eaux / QAI = Qualité de l'air intérieur / HTS= Hautes technologies - Santé / LAR=LABREF30-ERP / DIV=Divers / SUR=Conta de surface / ADBLUE / CAP=Location de capteurs

Dans la suite du rapport, seuls les paramètres notés avec un (c) sont couverts par l'accréditation cofrac essais.

Présentation des échantillons - Nombre total d'échantillons : 20

| Paramètres à analyser | Milieu | Références échantillons | Emplacement client | Température d'exposition | Exposition(min) |
|------------------------------|--------|-------------------------|--------------------|--------------------------|-----------------|
| Benzène | AIA | RAD 145 - 3026 | BLANC | 20°C | 10220 |
| Naphtalène | AIA | RAD 145 - 3026 | BLANC | 20°C | 10220 |
| 1,2-Dichloroéthane (1,2-DCE) | AIA | RAD 145 - 3026 | BLANC | 20°C | 10220 |
| Benzène | AIA | RAD 145 - 5268 | POINT 1 | 20°C | 10220 |
| Naphtalène | AIA | RAD 145 - 5268 | POINT 1 | 20°C | 10220 |
| 1,2-Dichloroéthane (1,2-DCE) | AIA | RAD 145 - 5268 | POINT 1 | 20°C | 10220 |
| Benzène | AIA | RAD 145 - 3064 | POINT 3 | 20°C | 10155 |
| Naphtalène | AIA | RAD 145 - 3064 | POINT 3 | 20°C | 10155 |
| 1,2-Dichloroéthane (1,2-DCE) | AIA | RAD 145 - 3064 | POINT 3 | 20°C | 10155 |
| Benzène | AIA | RAD 145 - 5695 | POINT 4 | 20°C | 10130 |
| Naphtalène | AIA | RAD 145 - 5695 | POINT 4 | 20°C | 10130 |
| 1,2-Dichloroéthane (1,2-DCE) | AIA | RAD 145 - 5695 | POINT 4 | 20°C | 10130 |
| Benzène | AIA | RAD 145 - 5631 | POINT 5 | 20°C | 10220 |
| Naphtalène | AIA | RAD 145 - 5631 | POINT 5 | 20°C | 10220 |
| 1,2-Dichloroéthane (1,2-DCE) | AIA | RAD 145 - 5631 | POINT 5 | 20°C | 10220 |
| Acétaldéhyde | AIA | RAD 165 - TW070 | BLANC | 20°C | 10220 |
| Acétaldéhyde | AIA | RAD 165 - TW074 | POINT 1 | 20°C | 10220 |
| Acétaldéhyde | AIA | RAD 165 - TW075 | POINT 3 | 20°C | 10155 |
| Acétaldéhyde | AIA | RAD 165 - TW073 | POINT 4 | 20°C | 10130 |
| Acétaldéhyde | AIA | RAD 165 - TW071 | POINT 5 | 20°C | 10220 |
| Ammoniac (NH3) | AIA | RAD 168 - TY601 | BLANC | 20°C | 10220 |
| Ammoniac (NH3) | AIA | RAD 168 - TY603 | POINT 1 | 20°C | 10220 |
| Ammoniac (NH3) | AIA | RAD 168 - TY605 | POINT 3 | 20°C | 10155 |
| Ammoniac (NH3) | AIA | RAD 168 - TY604 | POINT 4 | 20°C | 10130 |
| Ammoniac (NH3) | AIA | RAD 168 - TY602 | POINT 5 | 20°C | 10220 |
| Hydrogène Sulfuré (H2S) | AIA | RAD 170 - TQ577 | BLANC | 20°C | 10220 |
| Hydrogène Sulfuré (H2S) | AIA | RAD 170 - TQ582 | POINT 1 | 20°C | 10220 |
| Hydrogène Sulfuré (H2S) | AIA | RAD 170 - TQ580 | POINT 3 | 20°C | 10155 |
| Hydrogène Sulfuré (H2S) | AIA | RAD 170 - TQ581 | POINT 4 | 20°C | 10130 |
| Hydrogène Sulfuré (H2S) | AIA | RAD 170 - TQ578 | POINT 5 | 20°C | 10220 |

Affaire N° 23AF14808

Commande N° TERA_6733

Rad code 168 pour amines **Numéro de lot :** 23112C28 **Lieu de réalisation des essais :** Crolles **Date d'essais :** 21/08/2023

| Composés | No CAS | Résultat en µg | | | | |
|-------------------|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | Rad 168 - TY601 | Rad 168 - TY603 | Rad 168 - TY605 | Rad 168 - TY604 | Rad 168 - TY602 |
| Ammoniac (NH3)(c) | 7664-41-7 | <1.0 | 3.9 | 3.5 | 6.4 | 4.3 |

Les incertitudes sont présentées en annexe de ce rapport.

Rad code 168 pour amines

| Composés | No CAS | Résultat en µg/m ³ | | | | |
|----------------|-----------|-------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | Rad 168 - TY601 | Rad 168 - TY603 | Rad 168 - TY605 | Rad 168 - TY604 | Rad 168 - TY602 |
| Ammoniac (NH3) | 7664-41-7 | <0.39 | 1.64 | 1.45 | 2.69 | 1.77 |

Rad code 165 pour aldéhydes **Numéro de lot :** 23122D17 **Lieu de réalisation des essais :** Crolles **Date d'essais :** 24/08/2023

| Composés | No CAS | Résultat en µg | | | | |
|-----------------|---------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | Rad 165 - TW070 | Rad 165 - TW074 | Rad 165 - TW075 | Rad 165 - TW073 | Rad 165 - TW071 |
| Acétaldéhyde(c) | 75-07-0 | 0.38 | 1.5 | 1.3 | 1.5 | 1.7 |

Les incertitudes sont présentées en annexe de ce rapport.

Blanc analytique : <0.20µg

Présence de DNPH résiduelle : Oui

Le blanc a été soustrait aux résultats : Non

Rad code 165 pour aldéhydes

| Composés | No CAS | Résultat en µg/m ³ | | | | |
|--------------|---------|-------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | Rad 165 - TW070 | Rad 165 - TW074 | Rad 165 - TW075 | Rad 165 - TW073 | Rad 165 - TW071 |
| Acétaldéhyde | 75-07-0 | 0.45 | 1.8 | 1.5 | 1.8 | 2.0 |

Rad code 170 pour H2S **Numéro de lot :** 23106C22 **Lieu de réalisation des essais :** Crolles **Date d'essais :** 25/08/2023

| Composés | No CAS | Résultat en µg | | | | |
|----------------------------|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | Rad 170 - TQ577 | Rad 170 - TQ582 | Rad 170 - TQ580 | Rad 170 - TQ581 | Rad 170 - TQ578 |
| Hydrogène Sulfuré (H2S)(c) | 7783-06-4 | <0.54 | 0.60 | <0.54 | <0.54 | <0.54 |

Les incertitudes sont présentées en annexe de ce rapport.

Rad code 170 pour H2S

| Composés | No CAS | Résultat en µg/m ³ | | | | |
|-------------------------|-----------|-------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | Rad 170 - TQ577 | Rad 170 - TQ582 | Rad 170 - TQ580 | Rad 170 - TQ581 | Rad 170 - TQ578 |
| Hydrogène Sulfuré (H2S) | 7783-06-4 | <0.83 | 0.92 | <0.84 | <0.84 | <0.83 |

| Rad code 145 pour COVs | | Numéro de lot : - | | Lieu de réalisation des essais : Crolles | | | Date d'essais : 23/08/2023 |
|------------------------------|----------|-------------------|-------------------|--|-------------------|-------------------|----------------------------|
| Masses en ng / support | | | | | | | |
| Composés | N°CAS | RAD 145 - 3026 | RAD 145 - 5268 | RAD 145 - 3064 | RAD 145 - 5695 | RAD 145 - 5631 | |
| Benzène | 71-43-2 | 8.0 | 110 | 104 | 120 | 127 | |
| Naphtalène | 91-20-3 | <5.0 | 25.2 | 29.6 | 27.9 | 25.7 | |
| 1,2-Dichloroéthane (1,2-DCE) | 107-06-2 | <5.0 | <5.0 | <5.0 | <5.0 | <5.0 | |

Les incertitudes sont présentées en annexe de ce rapport.

| Rad code 145 pour COVs | | Résultats en µg/m3 | | | | |
|------------------------------|----------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Composés | N°CAS | RAD 145 - 3026 | RAD 145 - 5268 | RAD 145 - 3064 | RAD 145 - 5695 | RAD 145 - 5631 |
| Benzène | 71-43-2 | 0.03 | 0.40 | 0.38 | 0.44 | 0.46 |
| Naphtalène | 91-20-3 | <0.03 | 0.13 | 0.15 | 0.14 | 0.13 |
| 1,2-Dichloroéthane (1,2-DCE) | 107-06-2 | <0.07 | <0.07 | <0.07 | <0.07 | <0.07 |

Affaire N° 23AF14808

Commande N° TERA_6733

Annexe

| Composés | Supports | Norme | Technique analytique | Incertitude basse % | Incertitude haute % | LQ | Unité |
|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|------|-------|
| 1,2-Dichloroéthane (1,2-DCE) | Rad code 145 COVs basse LQ | NF EN ISO 16017-2 | ATDGCMS C | 30 | 30 | 5 | ng |
| Benzène | Rad code 145 COVs basse LQ | NF EN ISO 16017-2 | ATDGCMS C | 30 | 30 | 5 | ng |
| Naphtalène | Rad code 145 COVs basse LQ | NF EN ISO 16017-2 | ATDGCMS C | 30 | 30 | 5 | ng |
| Acétaldéhyde | Rad code 165 pour aldéhydes | Méthode interne MO.LAB.841 | HPLCUV | 13 | 9 | 0,2 | µg |
| Ammoniac (NH3) | Rad code 168 pour amines | NF EN 17346 | CICD | 37 | 15 | 1 | µg |
| Hydrogène Sulfuré (H2S) | Rad code 170 pour H2S | Méthode interne MO.LAB.705 | SPECTRO | 16 | 26 | 0,54 | µg |

Approbation

Nom(s)

Fiona PELLETIER

Raphael JULIO

Florian CHAPOT

Visa(s)





FIN DU RAPPORT

Feuille de données: Echantillonneur passif Sigma-2

Echantillonnage

Code d'échantillon: FBUC 1 Lieu: Point 5

Intervalle d'échantillonnage: 09.08.2023 08:30 - 16.08.2023 10:50 Observations:

Résultats

Particules foncées

| Taille [μm] | Cm [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | Dn [$\text{n}/\text{cm}^2/\text{d}$] |
|--------------------------|---------------------------------|--|
| 2.5-5.0 | 0.4 | 57 |
| 5.0-10.0 | 1.0 | 68 |
| 10.0-20.0 | 2.2 | 72 |
| 20.0-40.0 | 2.2 | 41 |
| 40.0-80.0 | 1.1 | 11 |

Particules claires

| Taille [μm] | Cm [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | Dn [$\text{n}/\text{cm}^2/\text{d}$] |
|--------------------------|---------------------------------|--|
| 2.5-5.0 | 3.2 | 405 |
| 5.0-10.0 | 2.6 | 205 |
| 10.0-20.0 | 2.3 | 83 |
| 20.0-40.0 | 0.3 | 7 |
| 40.0-80.0 | 0.2 | 2 |

Cm = Concentration massique

Dn = Taux de déposition

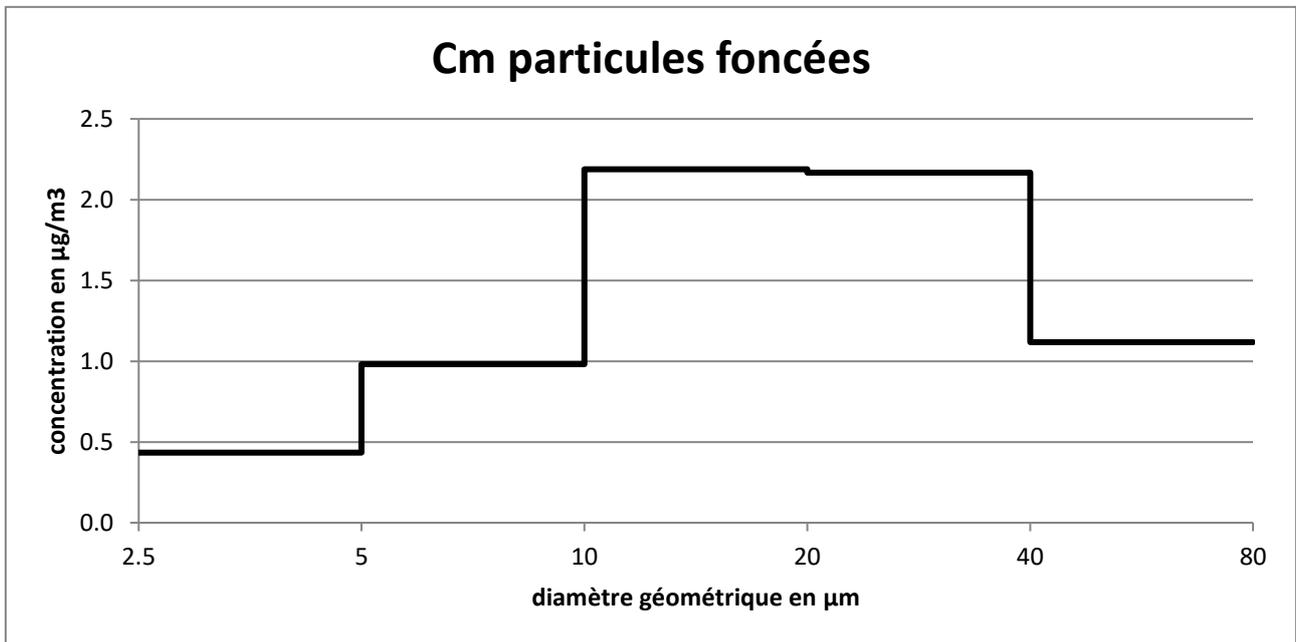
PM10 (modelé): 13.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Remarques

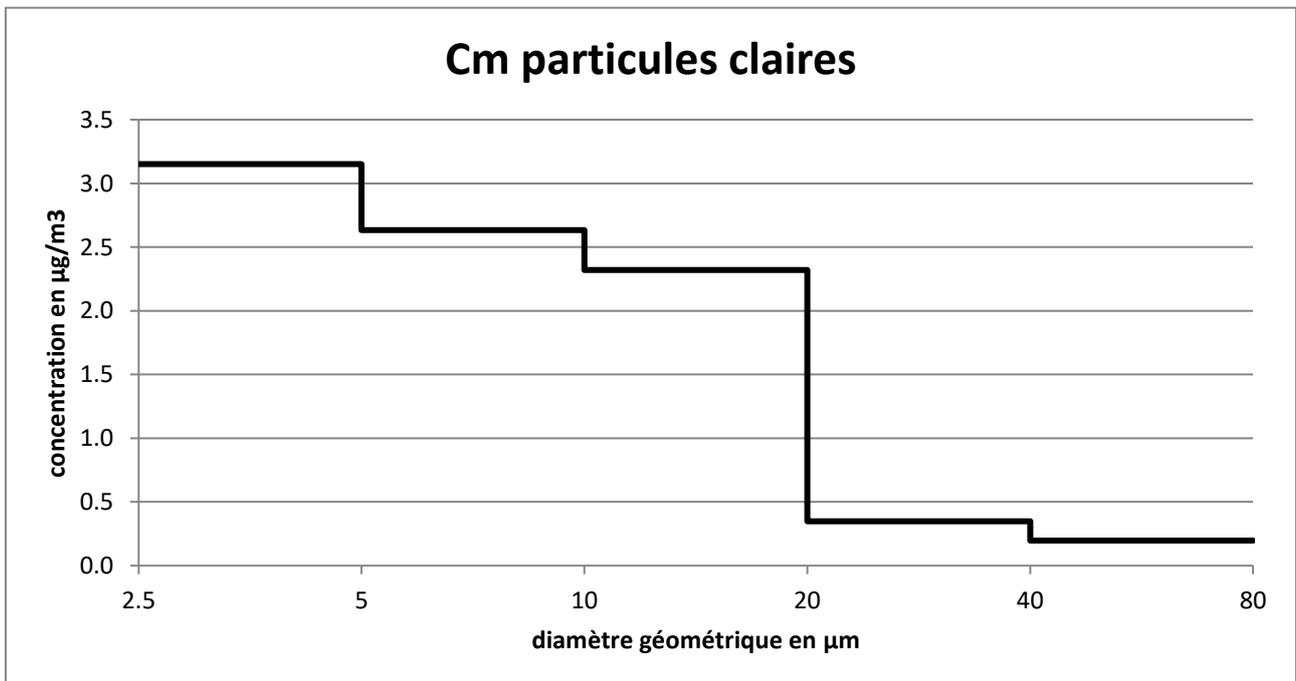
Code d'échantillon:

FBUC 1

concentration massique des particules foncées



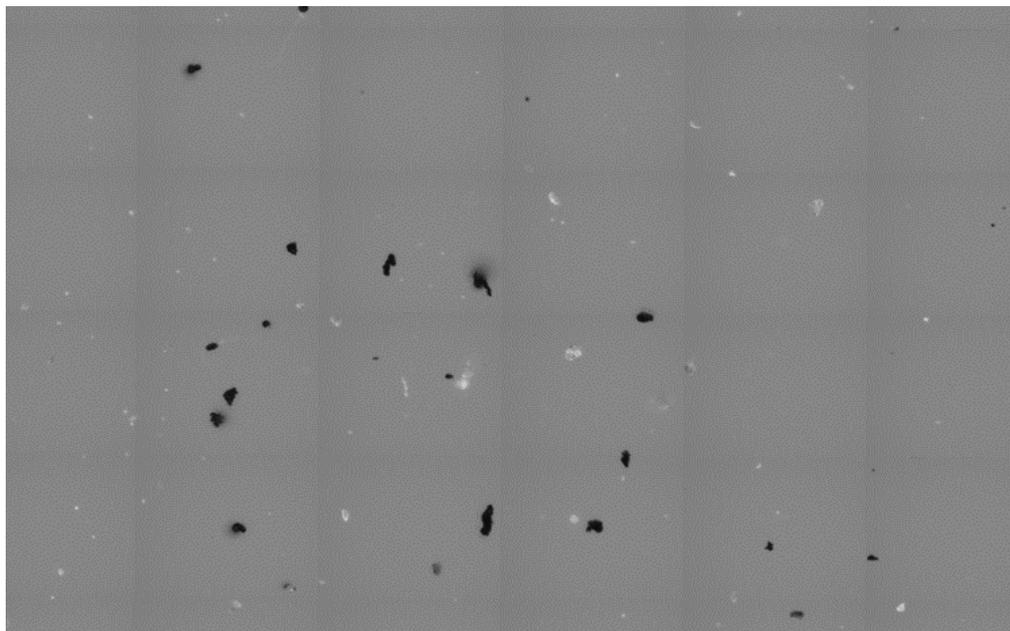
concentration massique des particules claires



Code d'échantillon:

FBUC 1

Image d'échantillon



largeur d'image: 1.6 mm

Remarques

Feuille de données: Echantillonneur passif Sigma-2

Echantillonnage

Code d'échantillon: FBUC 2 Lieu: Point 1

Intervalle d'échantillonnage: 09.08.2023 08:55 - 16.08.2023 11:15 Observations:

Résultats

Particules foncées

| Taille [μm] | Cm [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | Dn [$\text{n}/\text{cm}^2/\text{d}$] |
|--------------------------|---------------------------------|--|
| 2.5-5.0 | 0.4 | 63 |
| 5.0-10.0 | 0.5 | 35 |
| 10.0-20.0 | 1.3 | 48 |
| 20.0-40.0 | 0.6 | 11 |
| 40.0-80.0 | | |

Particules claires

| Taille [μm] | Cm [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | Dn [$\text{n}/\text{cm}^2/\text{d}$] |
|--------------------------|---------------------------------|--|
| 2.5-5.0 | 3.4 | 458 |
| 5.0-10.0 | 3.2 | 238 |
| 10.0-20.0 | 2.1 | 76 |
| 20.0-40.0 | 0.2 | 4 |
| 40.0-80.0 | | |

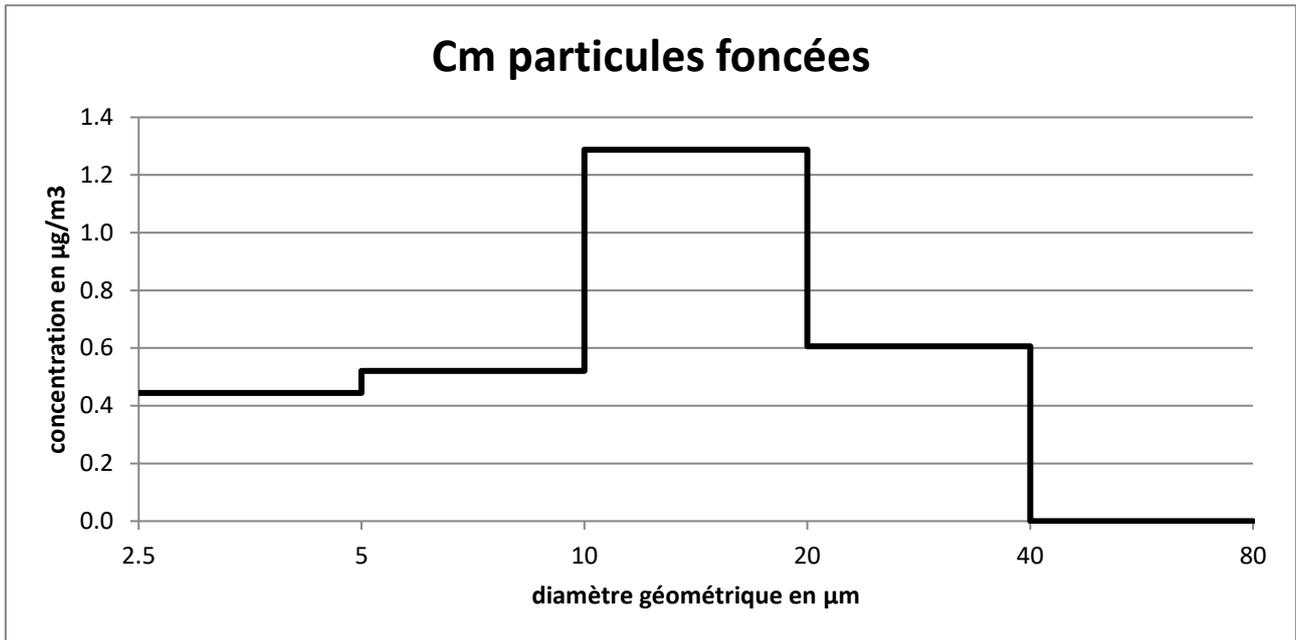
Cm = Concentration massique

Dn = Taux de déposition

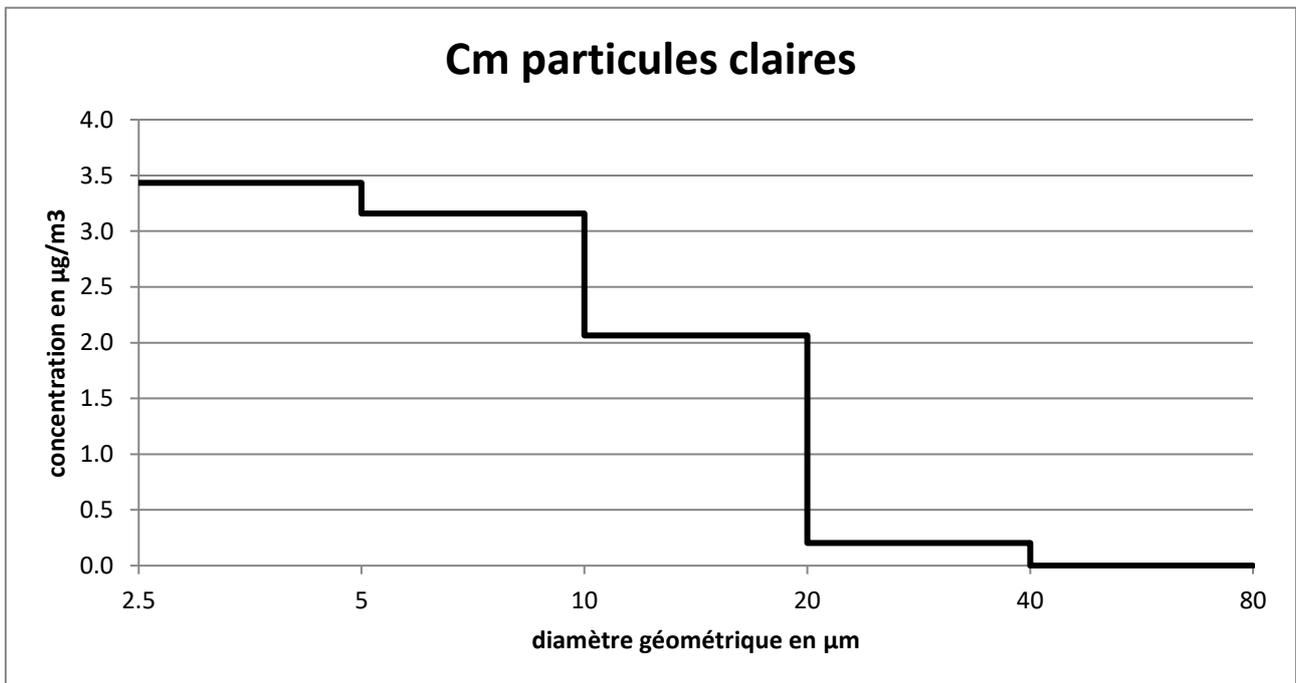
PM10 (modelé): 14.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Remarques

concentration massique des particules foncées



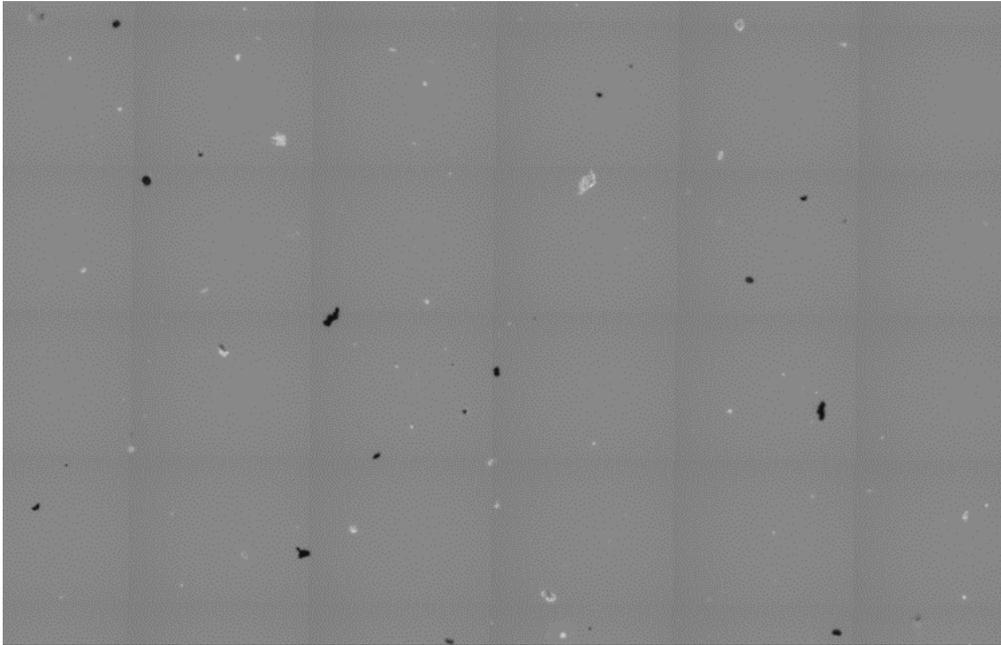
concentration massique des particules claires



Code d'échantillon:

FBUC 2

Image d'échantillon



largeur d'image: 1.6 mm

Remarques

Feuille de données: Echantillonneur passif Sigma-2

Echantillonnage

Code d'échantillon: FBUC 4 Lieu: Point 2

Intervalle d'échantillonnage: 09.08.2023 10:30 - 16.08.2023 11:45 Observations:

Résultats

Particules foncées

| Taille [μm] | Cm [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | Dn [$\text{n}/\text{cm}^2/\text{d}$] |
|--------------------------|---------------------------------|--|
| 2.5-5.0 | 0.4 | 57 |
| 5.0-10.0 | 0.7 | 50 |
| 10.0-20.0 | 0.2 | 9 |
| 20.0-40.0 | 0.3 | 4 |
| 40.0-80.0 | | |

Particules claires

| Taille [μm] | Cm [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | Dn [$\text{n}/\text{cm}^2/\text{d}$] |
|--------------------------|---------------------------------|--|
| 2.5-5.0 | 2.8 | 364 |
| 5.0-10.0 | 1.8 | 147 |
| 10.0-20.0 | 1.0 | 37 |
| 20.0-40.0 | 0.2 | 4 |
| 40.0-80.0 | | |

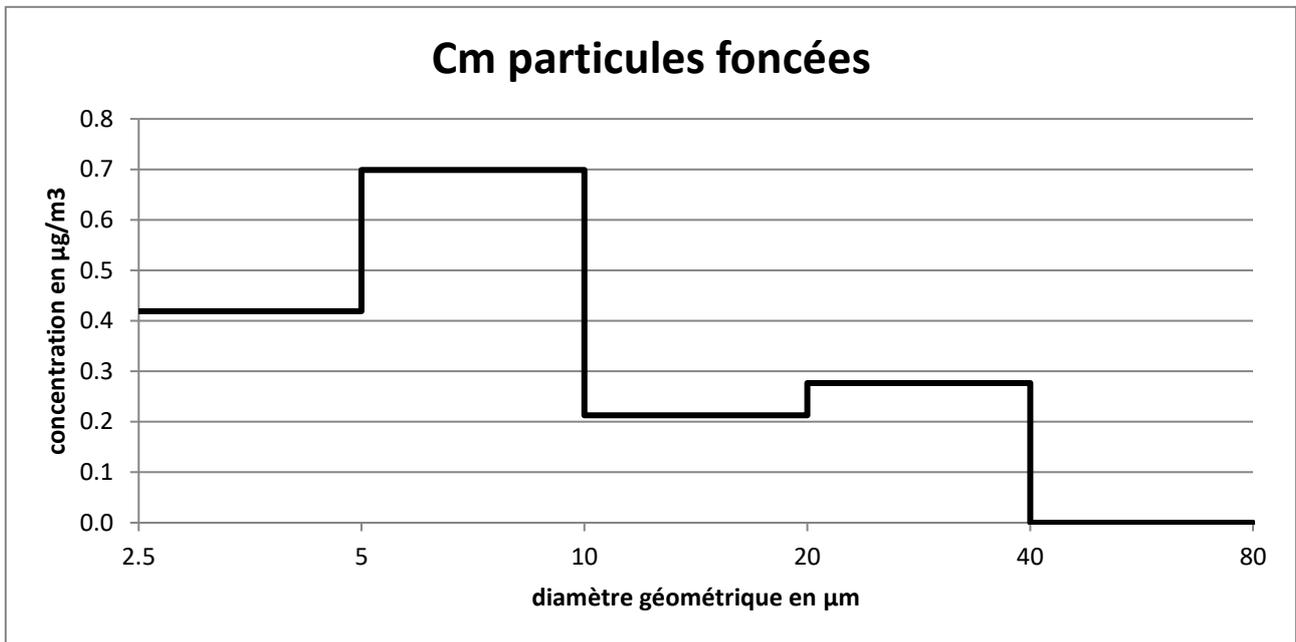
Cm = Concentration massique

Dn = Taux de déposition

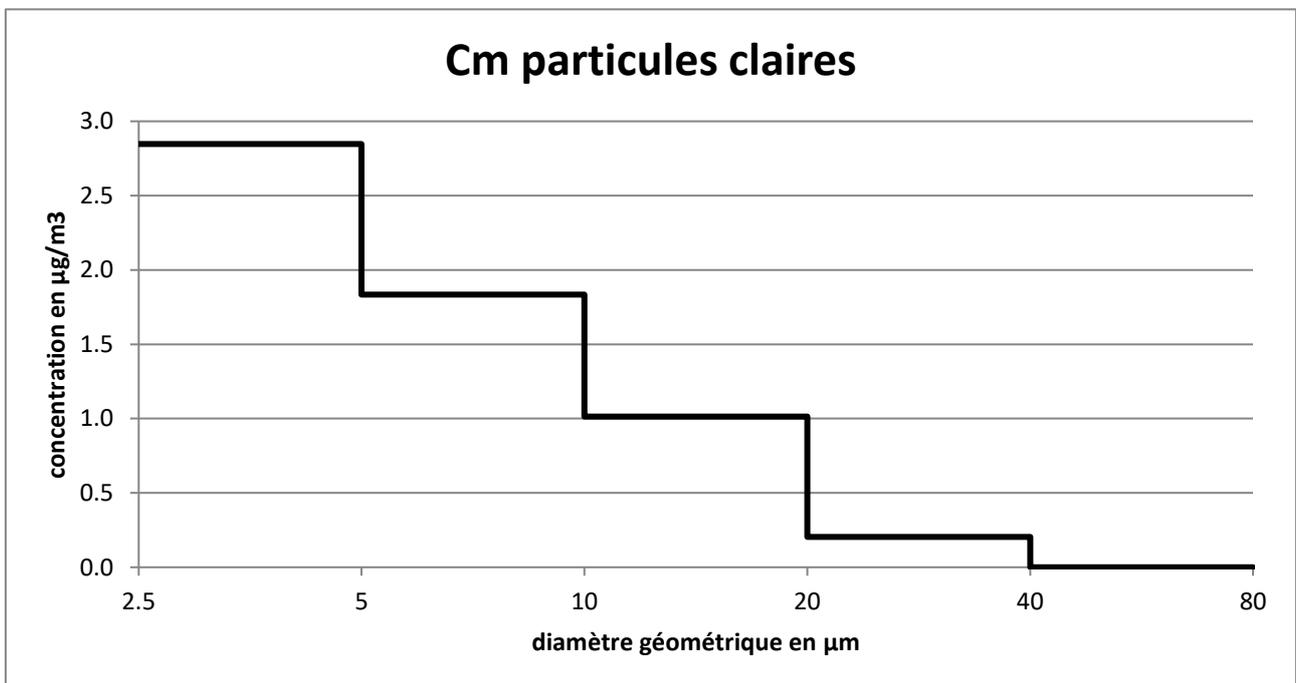
PM10 (modelé): 10.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Remarques

concentration massique des particules foncées



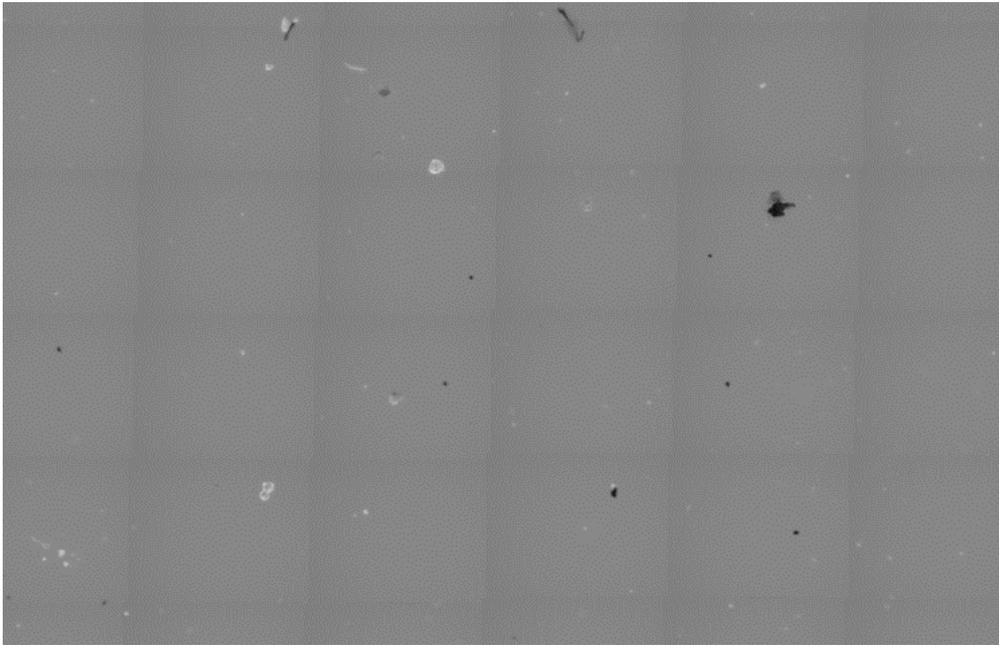
concentration massique des particules claires



Code d'échantillon:

FBUC 4

Image d'échantillon



largeur d'image: 1.6 mm

Remarques

Feuille de données: Echantillonneur passif Sigma-2

Echantillonnage

Code d'échantillon: FBUC 5 Lieu: Point 4

Intervalle d'échantillonnage: 09.08.2023 11:15 - 16.08.2023 12:05 Observations:

Résultats

Particules foncées

| Taille [μm] | Cm [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | Dn [$\text{n}/\text{cm}^2/\text{d}$] |
|--------------------------|---------------------------------|--|
| 2.5-5.0 | 0.4 | 53 |
| 5.0-10.0 | 0.7 | 46 |
| 10.0-20.0 | 0.6 | 24 |
| 20.0-40.0 | 0.8 | 15 |
| 40.0-80.0 | | |

Particules claires

| Taille [μm] | Cm [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | Dn [$\text{n}/\text{cm}^2/\text{d}$] |
|--------------------------|---------------------------------|--|
| 2.5-5.0 | 4.4 | 594 |
| 5.0-10.0 | 3.3 | 257 |
| 10.0-20.0 | 2.8 | 101 |
| 20.0-40.0 | 0.7 | 13 |
| 40.0-80.0 | | |

Cm = Concentration massique

Dn = Taux de déposition

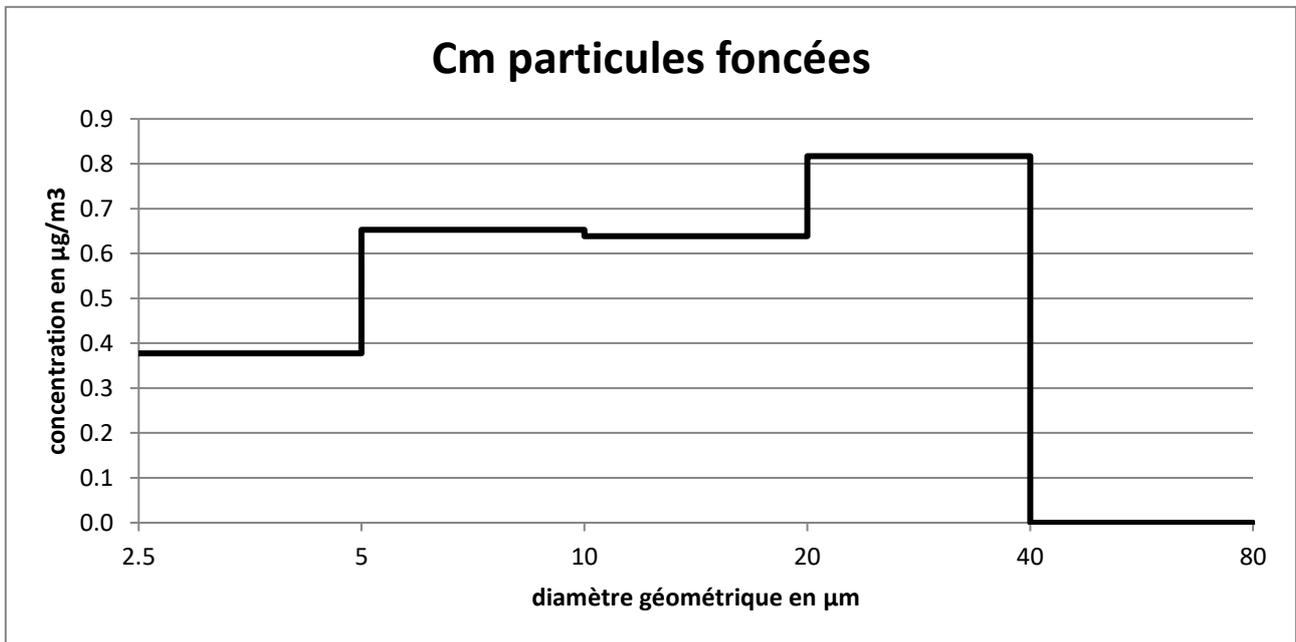
PM10 (modelé): 16.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Remarques

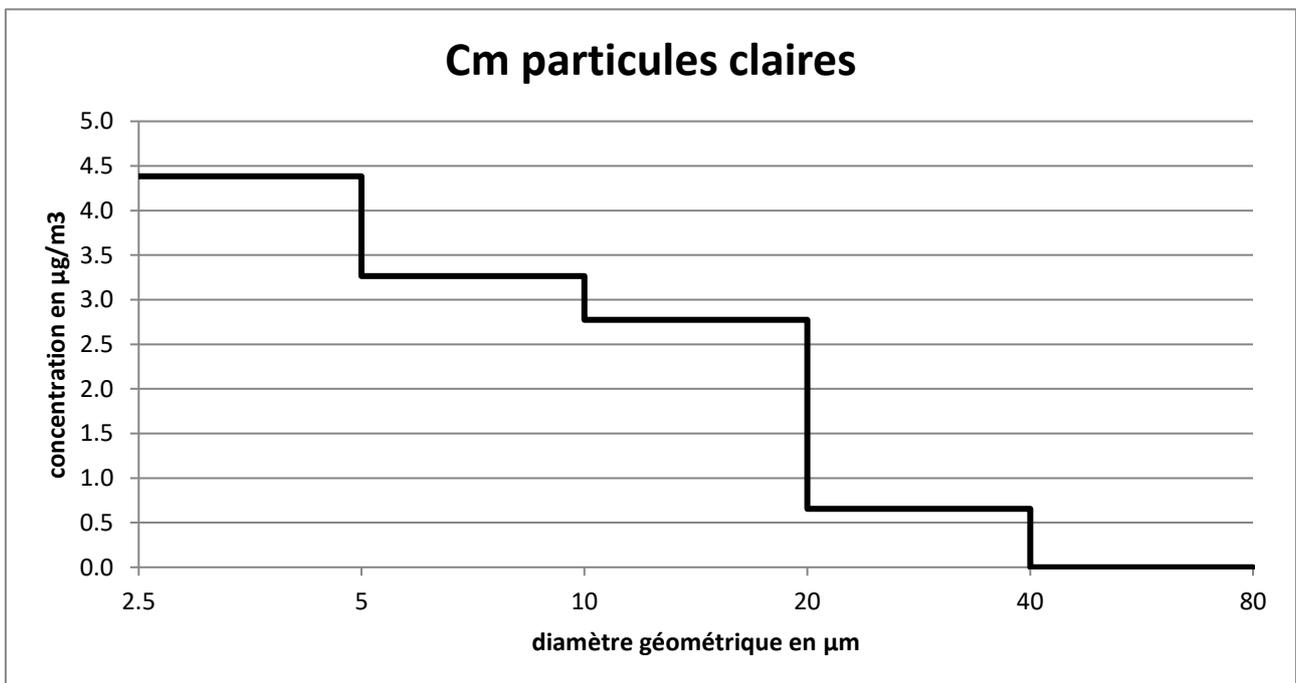
Code d'échantillon:

FBUC 5

concentration massique des particules foncées



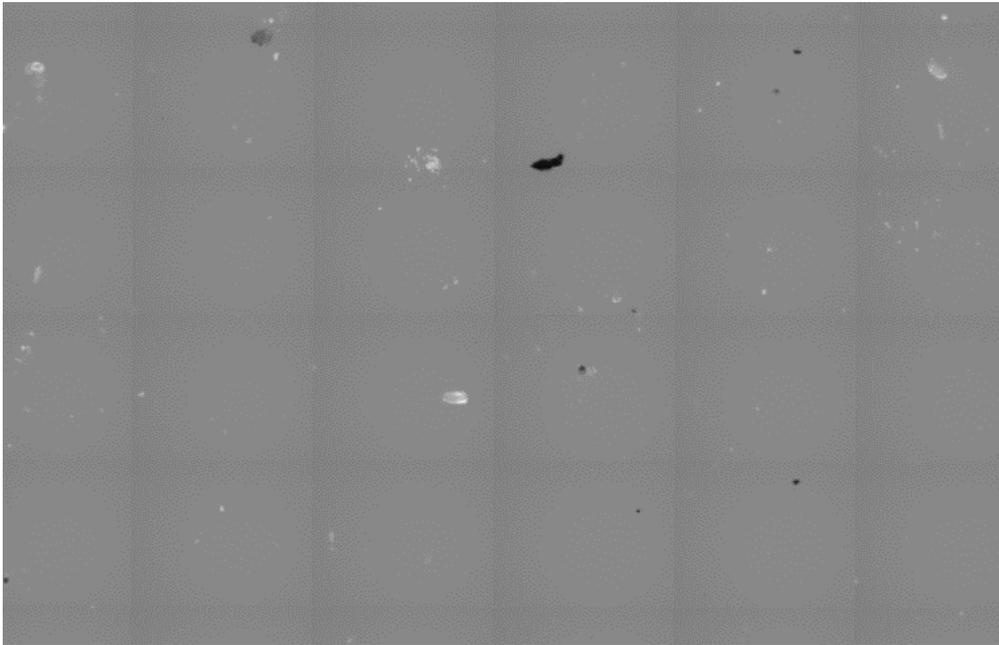
concentration massique des particules claires



Code d'échantillon:

FBUC 5

Image d'échantillon



largeur d'image: 1.6 mm

Remarques

RAPPORT D'ANALYSES

XDSH007_MAA_R1

BURGEAP Arras
Monsieur Grégoire BENASSI
5 chemin des Filatiers

62223 - SAINTE CATHERINE LES ARRAS

Vos références : N°154.NO140.23.6737 DU 01/08/2023

Echantillon reçu le : 16/08/2023

Analyse effectuée le : 17/08/2023

Norme : NF ISO 11465

Technique : GRAVIMETRIE

Matrice : Sol

Température de réception des échantillons : 23.3 °C

Résultats sous réserve, température de l'enceinte non-conforme à réception

Date de prélèvement des échantillons : 09/08/2023

Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu.

| Date | Description | Validé par |
|-------------------|----------------------|--|
| 18/08/2023 | Rapport final | Paul-Eric LAFARGUE  |

Référence externe : S1- 0-3 cm
Référence interne : XDSH009

Teneur en matière sèche (%) * 74.3

Référence externe : S1- 0-30 cm
Référence interne : XDSH010

Teneur en matière sèche (%) * 74.7

Référence externe : S2- 0-3 cm
Référence interne : XDSH011

Teneur en matière sèche (%) * 58.7

Référence externe : S2- 0-30 cm
Référence interne : XDSH012

Teneur en matière sèche (%) * 66.4

Référence externe : S3- 0-3 cm
Référence interne : XDSH013

Teneur en matière sèche (%) * 74

Référence externe : S3 - 0-30 cm
Référence interne : XDSH014

Teneur en matière sèche (%) * 76.3

Référence externe : S4 - 0-3 cm
Référence interne : XDSH015

Teneur en matière sèche (%) * 83.8

Référence externe : S4 - 0-30cm
Référence interne : XDSH016

Teneur en matière sèche (%) * 74.5

Référence externe : S5 0- 3 cm
Référence interne : XDSH017

Teneur en matière sèche (%) * 79

| | |
|--------------------------------------|------|
| Teneur en matière sèche (%) * | 79.4 |
|--------------------------------------|------|

Légende: < valeur(caractère simple): valeur inférieure à la limite de quantification

RAPPORT D'ANALYSES
XDSH008_HAP_R1

BURGEAP Arras
Monsieur Grégoire BENASSI
5 chemin des Filatiers

62223 - SAINTE CATHERINE LES ARRAS

Vos références : N°154.NO140.23.6737 DU 01/08/2023

Echantillon reçu le : 16/08/2023

Analyse effectuée le : 18/08/2023

Norme : Méthode Interne Mop C-4/52

Technique : GC_MS

Matrice : Sol

Température de réception des échantillons : 23.3 °C

Résultats sous réserve, température de l'enceinte non-conforme à réception

Date de prélèvement des échantillons : 09/08/2023

Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu.

| Date | Description | Validé par |
|------------|---------------|--|
| 22/08/2023 | Rapport final | Marielle ZEMLIC  |

Responsable d'analyse

Référence externe : S1- 0-3 cm
Référence interne : XDSH009

| Paramètres | Concentration (mg/kg de MS**) |
|------------|-------------------------------|
| Naphtalene | 0,021 |
| Remarques | / |

Référence externe : S1- 0-30 cm
Référence interne : XDSH010

| Paramètres | Concentration (mg/kg de MS**) |
|------------|-------------------------------|
| Naphtalene | 0,094 |
| Remarques | / |

Référence externe : S2- 0-3 cm
Référence interne : XDSH011

| Paramètres | Concentration (mg/kg de MS**) |
|------------|-------------------------------|
| Naphtalene | 0,076 |
| Remarques | / |

Référence externe : S2- 0-30 cm
Référence interne : XDSH012

| Paramètres | Concentration (mg/kg de MS**) |
|------------|-------------------------------|
| Naphtalene | 0,0087 |
| Remarques | / |

Référence externe : S3- 0-3 cm
Référence interne : XDSH013

| Paramètres | Concentration (mg/kg de MS**) |
|------------|-------------------------------|
| Naphtalene | 0,060 |
| Remarques | / |

Référence externe : S3 - 0-30 cm
Référence interne : XDSH014

| Paramètres | Concentration (mg/kg de MS**) |
|------------|-------------------------------|
| Naphtalene | 0,011 |
| Remarques | / |

Référence externe : S4 - 0-3 cm
Référence interne : XDSH015

| Paramètres | Concentration (mg/kg de MS**) |
|------------|-------------------------------|
| Naphtalene | 0,20 |
| Remarques | / |

Référence externe : S4 - 0-30cm
Référence interne : XDSH016

| Paramètres | Concentration (mg/kg de MS**) |
|------------|-------------------------------|
| Naphtalene | 0,055 |
| Remarques | / |

Référence externe : S5 0- 3 cm
Référence interne : XDSH017

| Paramètres | Concentration (mg/kg de MS**) |
|------------|-------------------------------|
| Naphtalene | 0,054 |
| Remarques | / |

Référence externe : S5 0-30cm
Référence interne : XDSH018

| Paramètres | Concentration (mg/kg de MS**) |
|------------|-------------------------------|
| Naphtalene | 0,041 |
| Remarques | / |

Légende: < valeur (caractère simple): valeur inférieure à la limite de quantification

Les incertitudes associées aux résultats quantitatifs sont disponibles auprès du laboratoire.

RAPPORT D'ANALYSES
XDSH012_MET_R1

BURGEAP Arras
Monsieur Grégoire BENASSI
5 chemin des Filatiers

62223 - SAINTE CATHERINE LES ARRAS

Vos références : N°154.NO140.23.6737 DU 01/08/2023

Echantillon reçu le : 16/08/2023

Analyse effectuée le : 18/08/2023

Norme : Méthode interne Mop C-4/72

Technique : ICP_MS

Matrice : Sol

Température de réception des échantillons : 23.3 °C

Résultats sous réserve, température de l'enceinte non-conforme à réception

Date de prélèvement des échantillons : 09/08/2023

Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu.

Solution de minéralisation employée : Eau régale

Conditions de minéralisation : Bloc chauffant

| Date | Description | Validé par |
|------------|---------------|---|
| 28/08/2023 | Rapport final | Mamoune EL HIMRI  |

Référence externe : S1- 0-3 cm
Référence interne : XDSH009

| Eléments | Concentration en mg/Kg de MS** |
|----------|--------------------------------|
| Ni * | 7,17 |
| Cd * | 0,165 |
| Pb * | 20,6 |

Référence externe : S1- 0-30 cm
Référence interne : XDSH010

| Eléments | Concentration en mg/Kg de MS** |
|----------|--------------------------------|
| Ni * | 8,74 |
| Cd * | 0,161 |
| Pb * | 23,9 |

Référence externe : S2- 0-3 cm
Référence interne : XDSH011

| Eléments | Concentration en mg/Kg de MS** |
|----------|--------------------------------|
| Ni * | 9,06 |
| Cd * | 0,507 |
| Pb * | 43,4 |

Référence externe : S2- 0-30 cm
Référence interne : XDSH012

| Eléments | Concentration en mg/Kg de MS** |
|----------|--------------------------------|
| Ni * | 8,00 |
| Cd * | 0,549 |
| Pb * | 51,8 |

Référence externe : S3- 0-3 cm
Référence interne : XDSH013

| Eléments | Concentration en mg/Kg de MS** |
|----------|--------------------------------|
| Ni * | 11,0 |
| Cd * | 0,373 |
| Pb * | 30,3 |

Référence externe : S3 - 0-30 cm
Référence interne : XDSH014

| Eléments | Concentration en mg/Kg de MS** |
|----------|--------------------------------|
| Ni * | 10,6 |
| Cd * | 0,379 |
| Pb * | 40,2 |

Référence externe : S4 - 0-3 cm
Référence interne : XDSH015

| Eléments | Concentration en mg/Kg de MS** |
|----------|--------------------------------|
| Ni * | 15,4 |
| Cd * | 0,395 |
| Pb * | 40,8 |

Référence externe : S4 - 0-30cm
Référence interne : XDSH016

| Eléments | Concentration en mg/Kg de MS** |
|----------|--------------------------------|
| Ni * | 11,5 |
| Cd * | 0,459 |
| Pb * | 54,3 |

Référence externe : S5 0- 3 cm
Référence interne : XDSH017

| Eléments | Concentration en mg/Kg de MS** |
|----------|--------------------------------|
| Ni * | 28,1 |
| Cd * | 0,253 |
| Pb * | 44,3 |

| Eléments | Concentration en mg/Kg de MS** |
|----------|--------------------------------|
| Ni * | 31,0 |
| Cd * | 0,291 |
| Pb * | 48,2 |

Légende: < Valeur(caractère simple) : valeur inférieure à la limite de quantification
Les incertitudes associées aux résultats quantitatifs sont disponible auprès du laboratoire.
** MB : matière brute
MS: Matière sèche

Annexe 7. Valeurs de référence

Cette annexe contient 7 pages

Milieu Air

► Présentation des valeurs réglementaires

Source : article R221.1 Code de l'environnement

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

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

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

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

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

| Famille | Polluants | Concentration moyenne annuelle | | |
|---------|--------------------------------------|---|--|---|
| | | Valeur limite pour la protection de la santé humaine ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Objectif de qualité ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Valeur cible ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
| COV | Benzène | 5 | 2 | - |
| | Dioxyde d'azote (NO ₂) | 40 | 40 | - |
| | Dioxyde de soufre (SO ₂) | 50 | 125 (en moyenne journalière) | - |
| | PM ₁₀ | 40 | 30 | - |
| | PM _{2,5} | 25 | 10 | 20 |

► Présentation des valeurs guides

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

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

Valeurs guides OMS de la qualité de l'air ambiant

| Polluants | Valeurs guides ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
|--------------------|---|
| Benzène | 1,7 |
| Trichloroéthylène | 23 |
| 1,2 Dichloroéthane | 700 (24h) |
| Formaldéhyde | 100 (30min) |
| H ₂ S | 7 (30min) 150 (24 heures) |
| PM10 | 15 |
| PM2,5 | 5 |

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

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

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

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

| Polluant | Concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | |
|-------------------|--|---------------|
| | Médiane | Percentile 90 |
| Benzène | < 1,1 | 2,2 |
| Trichloroéthylène | < 1 | 1,6 |
| Acétaldéhyde | 1,3 | 2,4 |
| Formaldéhyde | 1,9 | 3,1 |

► Présentation des valeurs rencontrées dans le cadre de la synthèse de données AASQA

Il s'agit des valeurs de bruit de fond définies par l'INERIS en 2009 et issues d'une synthèse de donnée AASQA dans le cadre d'un inventaire des données dans l'air ambiant, l'air intérieur, les eaux de surfaces et les produits destinés à la consommation humaine en France, rapport DRC-08-94882-15772A. INERIS, 2009.

Bruit de fond national défini par l'INERIS en 2009

| Polluants | Valeurs guides ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
|-----------|---|
| Benzène | urbain : [0,6-4,8] rural : [0,5-1,2] industriel : [0,2-3,5] |

| Polluants | Valeurs guides ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
|-------------------|--|
| Trichloroéthylène | urbain : [1,5-3,6] |
| Naphtalène | urbain : [0,8-9] industriel : 0,8 |
| Acétaldéhyde | urbain : [1-2,5] industriel : 1,4 |
| Formaldéhyde | urbain : [1,6-4,3] industriel : [1,3-3,7] |
| H ₂ S | industriel : [0,1-7,3] |
| NH ₃ | industriel : 1 (INERIS, 2009) rural : [0,3 - 24,0] (Anses, 2021) |
| NO _x | urbain : [5-73] rural : [1-18] industriel : [6-35] |
| SO ₂ | urbain : [1-17] rural : [2-5] industriel : [1-33] |
| PM _{2,5} | urbain : [10-22] industriel : [10] |
| PM ₁₀ | urbain : [11-41] rural : [16] industriel : [1-45] |

Compte tenu de l'environnement du site étudié, les valeurs correspondant à un milieu « rural », si disponibles, ont été retenues pour cette étude.

► Valeurs de référence retenues

Le tableau suivant présente les valeurs de référence retenues, il s'agit des valeurs les plus contraignantes (moins élevées) pour une exposition sur une année entière.

Synthèse des valeurs de référence retenues

| Composés | Valeurs guide OMS | Bruit de fond – Synthèse données AASQA |
|-------------------|-------------------|---|
| PM _{2,5} | 5 | urbain : [10-22] |
| PM ₁₀ | 15 | rural : [16] |
| NO ₂ | - | rural : [1-18] |
| SO ₂ | - | rural : [2-5] |
| NH ₃ | - | rural : [0,3 - 24,0] (Anses, 2021) |
| H ₂ S | - | industriel : [0,1-7,3] |

| Composés | Valeurs guide OMS | Bruit de fond – Synthèse données AASQA |
|--------------------|-------------------|--|
| Formaldéhyde | - | urbain : [1,6-4,3] |
| Acétaldéhyde | - | urbain : [1-2,5] |
| Benzène | - | rural : [0,5-1,2] |
| Naphtalène | - | urbain : [0,8-9] |
| 1,2 Dichloroéthane | - | - |
| Trichloroéthylène | - | urbain : [1,5-3,6] |
| Trichlorométhane | - | - |

**Non retenue ; seules les valeurs de référence pour une exposition annuelle sont retenues*

Milieu Sol

► Les métaux

► Région Ile de France

A la différence d'autres régions françaises, il n'existe pas, en Ile-de-France, de roches mères fortement minéralisées qui puissent donner naissance à de fortes anomalies naturelles. La seule exception à ces teneurs très basses est représentée par les « argiles à silex », paléosols riches en fer et en plusieurs ETM (dont chrome, Cr ; nickel, Ni ; cobalt, Co ; cuivre, Cu ; arsenic, As).

À partir des bases de données Aspitet et de la collecte Anademe 1998¹¹, les analyses relatives à 1 043 prélèvements de sols ont pu être rassemblées, en provenance des quatre départements de la grande couronne francilienne : Seine-et-Marne, Yvelines, Essonne et Val-d'Oise. À de rares exceptions près (quelques sols forestiers), il s'agit d'horizons de surfaces de sols agricoles. Le tableau ci-dessous présente ces données :

Paramètres statistiques de distribution pour les sols agricoles d'Ile-de-France

| Nb valeurs disponibles | Cd | Cr | Cu | Hg | Ni | Pb | Se | Zn |
|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 25 ^e percentile = P25 | 0,20 | 38,6 | 10,2 | 0,05 | 15,6 | 23,5 | 0,15 | 49,0 |
| 50 ^e percentile = P50 | 0,26 | 45,3 | 12,4 | 0,06 | 19,5 | 26,4 | 0,18 | 56,0 |
| 75 ^e percentile = P75 | 0,33 | 51,9 | 16,5 | 0,10 | 24,3 | 31,7 | 0,22 | 65,0 |
| 90 ^e percentile = P90 | 0,42 | 59,4 | 22,3 | 0,21 | 28,2 | 42,7 | 0,27 | 77,3 |
| 95 ^e percentile = P95 | 0,51 | 65,2 | 28,0 | 0,32 | 31,2 | 53,7 | 0,31 | 88,0 |
| 100 ^e percentile = P100 | 1,80 | 98,9 | 420,0 | 5,20 | 47,4 | 213,0 | 1,13 | 520,0 |

Cd : cadmium ; Cr : chrome ; Cu : cuivre ; Hg : mercure ; Ni : nickel ; Pb : plomb ; Se : selenium ; Zn : zinc.

Les concentrations sont exprimées en milligrammes d'éléments traces métalliques (ETM) par kilogramme de sol. Mise en solution par acide fluorhydrique + acide perchlorique (HF + HClO₄) avant dosages, sauf Hg et Se qui ont été dosés par des méthodes spécifiques. Sont surlignées en bleu des valeurs correspondant à des contaminations certaines.

Le 95e percentile (P95) permet d'identifier des valeurs élevées de la distribution qui pourraient correspondre à des anomalies liées notamment à des contaminations anthropiques. Cette estimation peut être justifiée par différents arguments : d'un point de vue statistique, la forme des distributions des teneurs d'éléments naturellement présents dans les sols ne suit pas une distribution normale, ce qui proscrit l'utilisation de certains estimateurs basés sur une hypothèse de normalité des distributions. Le choix de ce descripteur présente l'avantage d'être indépendant de la forme de la distribution des teneurs. Par ailleurs, l'estimation des P95 est compatible avec les effectifs des populations de cette étude à partir de laquelle ils sont estimés. En revanche, le P95 plutôt qu'un percentile plus élevé (P99, par exemple) a été sélectionné afin de garantir une sensibilité de la démarche, tout en prenant en compte la variabilité spatiale naturelle des éléments dans les sols.

¹¹ « Proposition de référentiels régionaux en éléments traces métalliques dans les sols : leur utilisation dans les évaluations des risques sanitaires » Environnement, Risques et Santé – Vol.7, n°2, mars-avril 2008, A. Mathieu, *et al.*

Ainsi, les seuils de sélection sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

Seuils de sélection pour les sols d'Île-de-France

| Composé | Seuil de teneurs (mg/kg) |
|---------|--------------------------|
| Cadmium | 0,51 |
| Chrome | 65,2 |
| Mercur | 0,32 |
| Nickel | 31,2 |
| Plomb | 53,7 |

En gras : contaminations certaines

Concernant l'utilisation de seuils de sélection au niveau d'un site industriel, il s'avère que cette démarche est aisée et pertinente en Ile-de-France en raison de la grande homogénéité pédogéochimique de cette région. Bien que la plupart des échantillons aient été prélevés sur des terrains agricoles des départements de la grande couronne francilienne, ils ont été considérés comme représentatifs de tous les sols de la région, car rien ne distingue les sols de la proche couronne de ceux de la grande couronne.

► Programme INRA – ASPITET

Le programme « Apports d'une Stratification Pédologique pour l'Interprétation des Teneurs en Eléments Traces » a été développé par l'INRA dans le but de fournir des références sur les teneurs totales en éléments traces métalliques mesurées dans divers sols français de zones rurales. Les résultats obtenus sont reportés dans le tableau suivant¹².

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

| | Gamme de valeurs couramment observées dans les sols « ordinaires » de toutes granulométries | Gamme de valeurs observées dans le cas d'anomalies naturelles modérées | Gamme de valeurs observées dans le cas de fortes anomalies naturelles |
|-----------|---|--|---|
| Arsenic | 1.0-25.0 | 30-60 | 60-284 |
| Cadmium | 0.05-0.45 | 0.7-2 | 2-7 |
| Nickel | 2-60 | 60-130 | 130-2 076 |
| Plomb | 9-50 | 60-90 | 100-3 000 |
| Chrome VI | - | - | - |
| Chrome | 10-90 | 90-150 | 150-3180 |
| Manganèse | 110-4600* | - | - |
| Cobalt | 2-23 | 23-90 | 105-148 |
| Thallium | 0,10-1,7 | 2,5-4,4 | 7,0-55,0 |
| Phosphore | - | - | - |

* Données sur la nature du sol non disponible dans le FOREGS ; choix des concentrations les plus pénalisantes

Les valeurs en gras correspondent aux concentrations retenues en fonction du type de sols et de la localisation du site étudié.

¹² Source : BRGM, Bases de données existantes relatives à la qualité des sols : contenu et utilisation dans le cadre de la gestion des sols pollués, version provisoire, 2007 et <http://etm.oreans.inra.fr>
<http://www7.inra.fr/lecourrier/assets/C39Baize.pdf>

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

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

Wedepohl ; 1972 : Bruit de fond dans les roches sédimentaires

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

► Les HAP

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

ATSDR : bruit de fond pour les HAP

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

► Dioxines et furannes

L'étude du Bureau de recherches Géologiques et Minières (BRGM) réalisée sur 1 181 données d'équivalent toxique (TEQ), dont plus de 500 données de concentrations des 17 congénères toxiques de sols en France entre 1998 et 2012 (Dioxines/Furanes dans les sols français troisième Etat des Lieux, analyses 1998-2012,

BRGM décembre 2013) donne une concentration médiane dans les sols en France de l'ordre de 2 ng-TEQ/kg MS (matière sèche).

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

Sources : Commission européenne DG Environnement 1999

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

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

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

Annexe 8. Principes généraux de l'IEM

Cette annexe contient 5 pages

Inhalation de substances dans l'air extérieur

Inhalation de substances gazeuses et particulaires

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

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

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

Avec :

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

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

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

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

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

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

Ingestion de sols et poussières

Ingestion de sols et poussières

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

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

avec :

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

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

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

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

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

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

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

Ingestion de végétaux

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

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

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

Les paramètres utilisés sont ceux mentionnés à l'**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

Estimation du risque et intervalles de gestion pour l'IEM

Estimation du risque

Cas des substances à effet de seuil

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

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

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

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

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

Cas des substances sans effet de seuil

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

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

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

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

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

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

Intervalles de gestion dans le cadre de l'IEM

Les intervalles de gestion donnés par le MEDD dans son document méthodologique¹³ sont repris ci-dessous. Ils ont été définis pour la démarche IEM, « pour interpréter les résultats de l'évaluation quantitative des risques sanitaires menée dans le seul cadre de cette démarche. Ces intervalles ne sont pas adaptés au plan de gestion ».

Cette interprétation permet de distinguer :

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

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

¹³ La démarche d'interprétation de l'état des milieux, MEDD. V0 du 08/02/07. 42 pages

Annexe 9. Présentation du logiciel de modélisation ADMS5

Cette annexe contient 6 pages

Grâce à ses performances techniques, ADMS est considéré par l'INERIS¹⁴, l'InVS¹⁵ et l'US EPA comme la nouvelle génération (Advanced model) des modèles gaussiens de dispersion atmosphérique. Ses principales caractéristiques techniques sont les suivantes :

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

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

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

Pré-processeur météorologique

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

ADMS travaille en mode séquentiel horaire

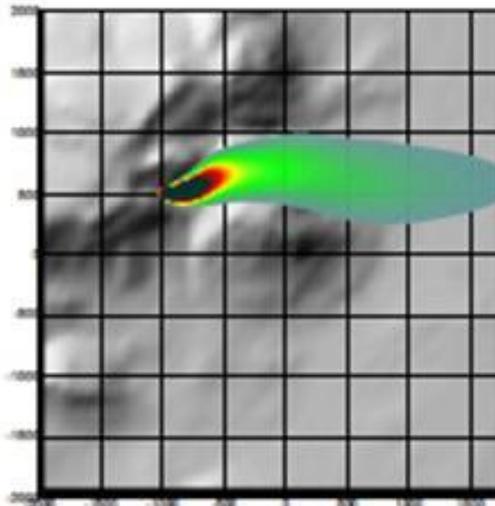
Beaucoup de gaussiens « classiques » travaillent en mode statistique : à partir de données météorologiques horaires ou tri-horaires, ils regroupent les situations météorologiques par classes, et effectuent le calcul de dispersion en attribuant un poids statistique à chacun des résultats. ADMS effectue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

Prise en compte du relief

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

¹⁴ Guide méthodologique « Évaluation des Risques Sanitaires dans les Études d'impact des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement », INERIS 2003.

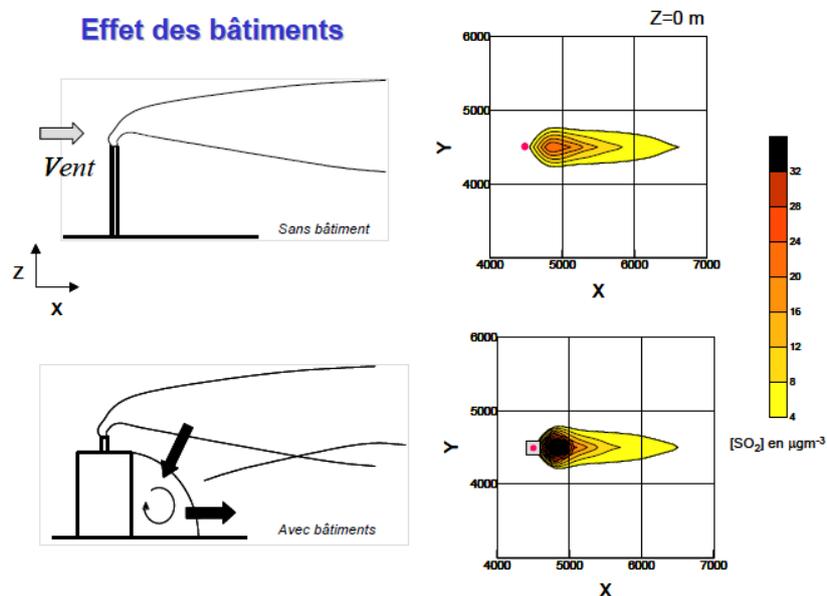
¹⁵ Rapport « INCINERATEURS ET SANTE, Exposition aux dioxines de la population vivant à proximité des UIOM. Etat des connaissances et protocole d'une étude d'exposition » Institut de Veille Sanitaire - Département Santé Environnement, 2003.



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

Le module bâtiment

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



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

Le modèle de dépôt des particules intégré

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

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

Où :

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

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

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

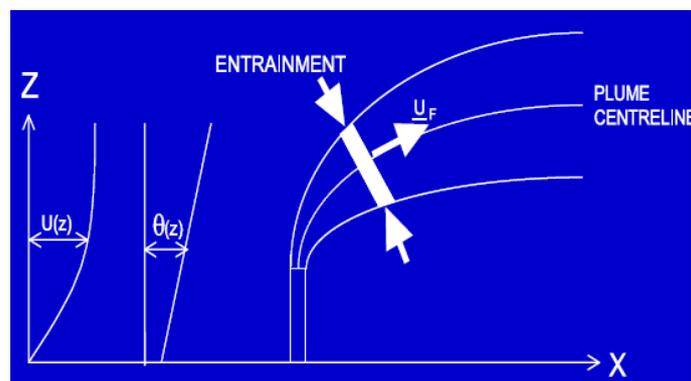
Où :

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

Le modèle intégral de trajectoire de panache

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

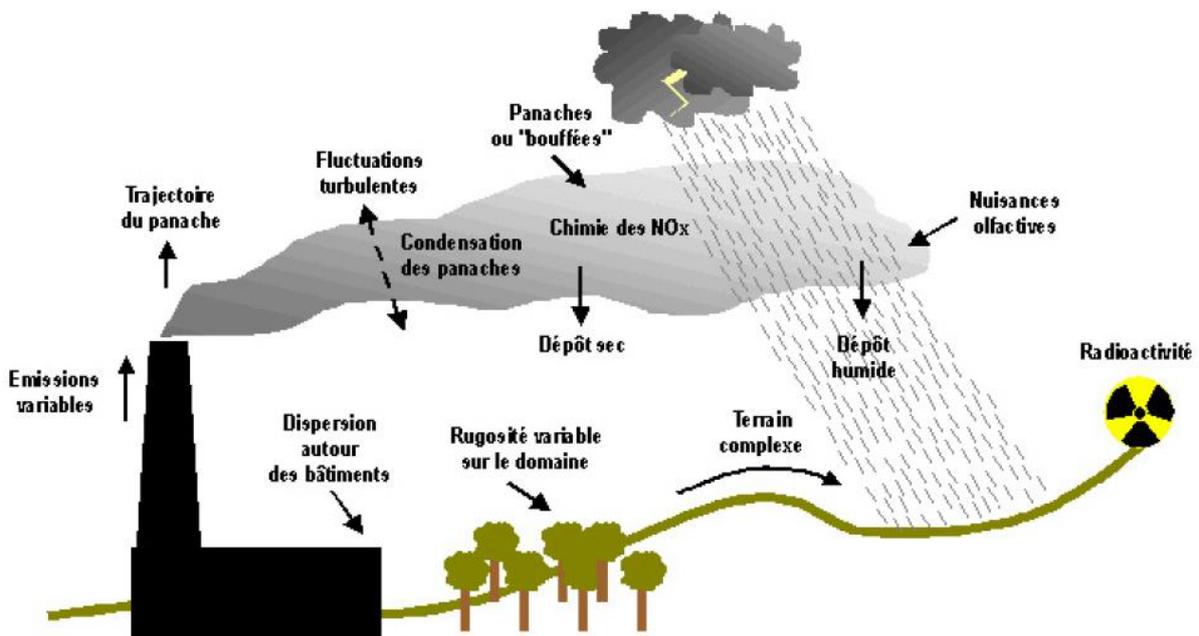
Remarque : ce sont principalement ces phénomènes turbulents induits par les bâtiments, la turbulence en sortie de cheminée et les effets de sillage qui font que les modèles gaussiens « classiques » ne sont pas valides dans un rayon inférieur à 100 mètres de la source, ce qui n'est pas le cas d'ADMS dont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



Modèle intégral de trajectoire utilisé dans ADMS

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

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

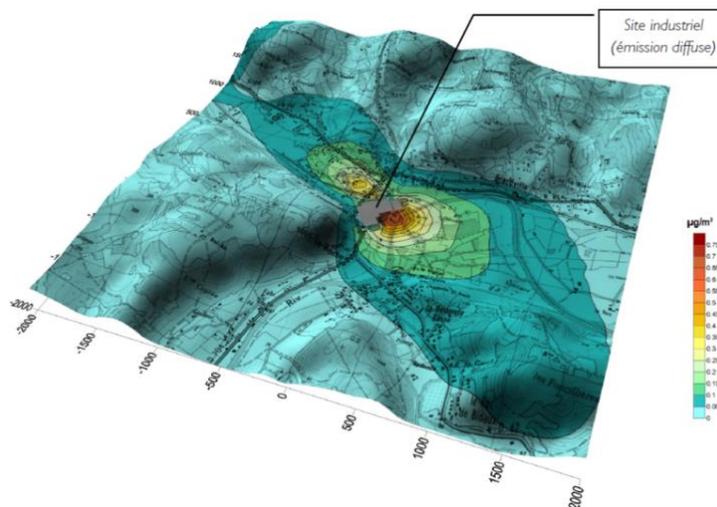


Phénomènes et processus pris en compte par ADMS

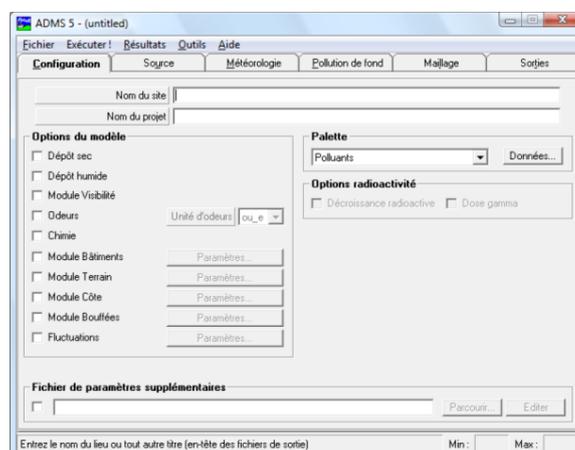
EXPLOITATION DES RESULTATS

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

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



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



Interface du logiciel ADMS 5

VALIDATIONS ET REFERENCES

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

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

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



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

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



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

ADMS5
ATMOSPHERIC DISPERSION MODELLING SYSTEM

Annexe 10. Résultats de la modélisation au niveau des différents récepteurs

Cette annexe contient 2 pages

Concentrations modélisées aux points récepteurs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

| Polluants | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 | R9 | R10 |
|---------------------|----------|-----------------|----------|----------|----------|-----------------|----------|----------|----------|----------|
| PM10 | 1,53E-01 | 6,83E-01 | 2,23E-01 | 8,24E-02 | 8,11E-02 | 1,33E-01 | 3,20E-02 | 4,57E-02 | 9,14E-02 | 2,53E-02 |
| PM2,5 | 2,33E-01 | 8,61E-01 | 2,69E-01 | 1,02E-01 | 1,13E-01 | 2,02E-01 | 5,56E-02 | 6,34E-02 | 1,29E-01 | 3,07E-02 |
| H2S | 9,79E-03 | 2,99E-02 | 1,24E-02 | 5,29E-03 | 6,28E-03 | 1,01E-02 | 2,96E-03 | 3,30E-03 | 6,89E-03 | 1,63E-03 |
| SO2 | 1,15E-01 | 9,93E-02 | 5,29E-02 | 3,18E-02 | 3,73E-02 | 1,95E-01 | 6,11E-02 | 6,84E-02 | 7,98E-02 | 1,84E-02 |
| NOx | 1,36E-01 | 4,36E-01 | 1,33E-01 | 4,08E-02 | 4,64E-02 | 1,52E-01 | 3,83E-02 | 4,59E-02 | 6,39E-02 | 1,64E-02 |
| CO | 1,10E-01 | 1,81E-01 | 6,54E-02 | 2,96E-02 | 3,41E-02 | 1,79E-01 | 4,75E-02 | 5,55E-02 | 6,80E-02 | 1,56E-02 |
| NH3 | 6,20E-03 | 1,72E-02 | 1,24E-02 | 4,77E-03 | 6,81E-03 | 6,69E-03 | 2,18E-03 | 2,64E-03 | 5,83E-03 | 1,31E-03 |
| 1,2-Dichlorobenzène | 6,12E-04 | 6,27E-04 | 2,68E-04 | 1,56E-04 | 1,84E-04 | 1,18E-03 | 2,86E-04 | 3,42E-04 | 4,18E-04 | 9,02E-05 |
| Benzène | 6,66E-04 | 1,41E-03 | 8,37E-04 | 3,50E-04 | 4,70E-04 | 9,43E-04 | 2,60E-04 | 3,10E-04 | 5,33E-04 | 1,19E-04 |
| Naphtalène | 3,20E-04 | 8,92E-04 | 6,33E-04 | 2,44E-04 | 3,46E-04 | 3,45E-04 | 1,12E-04 | 1,35E-04 | 2,98E-04 | 6,71E-05 |
| Tétrachloroéthylène | 1,45E-03 | 1,74E-03 | 7,18E-04 | 3,99E-04 | 4,66E-04 | 2,69E-03 | 6,54E-04 | 7,79E-04 | 9,86E-04 | 2,15E-04 |
| Trichloroéthylène | 1,19E-03 | 1,56E-03 | 6,34E-04 | 3,44E-04 | 4,00E-04 | 2,16E-03 | 5,29E-04 | 6,28E-04 | 8,12E-04 | 1,78E-04 |
| Acétaldéhyde | 4,65E-03 | 1,29E-02 | 9,31E-03 | 3,57E-03 | 5,10E-03 | 5,01E-03 | 1,63E-03 | 1,97E-03 | 4,37E-03 | 9,82E-04 |
| Chlorure de vinyle | 4,15E-04 | 7,70E-04 | 2,96E-04 | 1,46E-04 | 1,67E-04 | 6,52E-04 | 1,65E-04 | 1,92E-04 | 2,80E-04 | 6,29E-05 |
| As | 5,16E-08 | 6,11E-08 | 2,09E-08 | 1,13E-08 | 1,32E-08 | 9,52E-08 | 1,93E-08 | 2,43E-08 | 3,12E-08 | 6,54E-09 |
| Cd | 3,20E-07 | 5,81E-07 | 1,76E-07 | 7,29E-08 | 8,42E-08 | 5,16E-07 | 1,07E-07 | 1,33E-07 | 1,75E-07 | 3,81E-08 |
| Cr | 7,61E-07 | 1,91E-06 | 5,37E-07 | 1,80E-07 | 2,05E-07 | 1,03E-06 | 2,18E-07 | 2,71E-07 | 3,65E-07 | 8,36E-08 |
| Hg | 1,29E-07 | 1,53E-07 | 5,21E-08 | 2,81E-08 | 3,30E-08 | 2,38E-07 | 4,82E-08 | 6,06E-08 | 7,78E-08 | 1,63E-08 |
| Ni | 8,22E-07 | 2,39E-06 | 6,58E-07 | 2,01E-07 | 2,27E-07 | 9,92E-07 | 2,15E-07 | 2,65E-07 | 3,65E-07 | 8,64E-08 |
| Pb | 5,91E-07 | 7,16E-07 | 2,56E-07 | 1,34E-07 | 1,60E-07 | 1,08E-06 | 2,21E-07 | 2,77E-07 | 3,60E-07 | 7,56E-08 |
| Zn | 6,43E-06 | 2,78E-05 | 7,19E-06 | 1,69E-06 | 1,85E-06 | 4,40E-06 | 1,08E-06 | 1,29E-06 | 1,99E-06 | 5,59E-07 |
| Se | 1,29E-07 | 1,53E-07 | 5,21E-08 | 2,81E-08 | 3,30E-08 | 2,38E-07 | 4,82E-08 | 6,06E-08 | 7,78E-08 | 1,63E-08 |
| Co | 3,22E-07 | 3,82E-07 | 1,30E-07 | 7,04E-08 | 8,25E-08 | 5,95E-07 | 1,21E-07 | 1,52E-07 | 1,95E-07 | 4,09E-08 |
| Sb | 1,29E-07 | 1,53E-07 | 5,21E-08 | 2,81E-08 | 3,30E-08 | 2,38E-07 | 4,82E-08 | 6,06E-08 | 7,78E-08 | 1,63E-08 |
| BaP | 3,63E-09 | 1,61E-08 | 4,17E-09 | 9,61E-10 | 1,05E-09 | 2,30E-09 | 5,84E-10 | 6,85E-10 | 1,08E-09 | 3,11E-10 |

Dépôts totaux modélisées aux points récepteurs (mg/m²/s)

| Polluants | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 | R9 | R10 |
|-----------|----------|-----------------|----------|----------|----------|-----------------|----------|----------|----------|----------|
| PM10 | 6,46E-03 | 3,27E-02 | 8,45E-03 | 3,38E-03 | 3,63E-03 | 5,93E-03 | 1,57E-03 | 1,73E-03 | 3,38E-03 | 8,36E-04 |
| PM2,5 | 1,48E-03 | 6,46E-03 | 1,86E-03 | 7,64E-04 | 8,92E-04 | 1,46E-03 | 4,28E-04 | 3,91E-04 | 7,77E-04 | 1,99E-04 |
| As | 3,09E-10 | 4,39E-10 | 1,65E-10 | 9,45E-11 | 1,13E-10 | 6,62E-10 | 1,53E-10 | 1,50E-10 | 2,02E-10 | 4,12E-11 |
| Cd | 1,94E-09 | 4,14E-09 | 1,29E-09 | 5,94E-10 | 7,01E-10 | 3,56E-09 | 8,44E-10 | 8,23E-10 | 1,12E-09 | 2,40E-10 |
| Cr | 4,64E-09 | 1,35E-08 | 3,77E-09 | 1,42E-09 | 1,65E-09 | 7,03E-09 | 1,72E-09 | 1,67E-09 | 2,31E-09 | 5,28E-10 |
| Hg | 7,70E-10 | 1,10E-09 | 4,11E-10 | 2,36E-10 | 2,83E-10 | 1,65E-09 | 3,83E-10 | 3,74E-10 | 5,03E-10 | 1,03E-10 |
| Ni | 5,05E-09 | 1,69E-08 | 4,54E-09 | 1,56E-09 | 1,79E-09 | 6,71E-09 | 1,69E-09 | 1,64E-09 | 2,29E-09 | 5,47E-10 |
| Pb | 3,54E-09 | 5,17E-09 | 1,99E-09 | 1,12E-09 | 1,37E-09 | 7,52E-09 | 1,75E-09 | 1,71E-09 | 2,32E-09 | 4,78E-10 |
| Zn | 4,04E-08 | 1,96E-07 | 4,74E-08 | 1,24E-08 | 1,37E-08 | 2,79E-08 | 8,34E-09 | 7,99E-09 | 1,19E-08 | 3,54E-09 |
| Se | 7,70E-10 | 1,10E-09 | 4,11E-10 | 2,36E-10 | 2,83E-10 | 1,65E-09 | 3,83E-10 | 3,74E-10 | 5,03E-10 | 1,03E-10 |
| Co | 1,93E-09 | 2,74E-09 | 1,03E-09 | 5,91E-10 | 7,08E-10 | 4,13E-09 | 9,58E-10 | 9,36E-10 | 1,26E-09 | 2,58E-10 |
| Sb | 7,70E-10 | 1,10E-09 | 4,11E-10 | 2,36E-10 | 2,83E-10 | 1,65E-09 | 3,83E-10 | 3,74E-10 | 5,03E-10 | 1,03E-10 |
| BaP | 2,14E-11 | 1,07E-10 | 2,58E-11 | 6,65E-12 | 7,33E-12 | 1,36E-11 | 4,26E-12 | 3,98E-12 | 5,97E-12 | 1,85E-12 |

Annexe 11. Hypothèses et détails des calculs des doses d'exposition

Cette annexe contient 4 pages

CONCENTRATION DANS LE SOL

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

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

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

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

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

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

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

$p_{\text{dépôt}}$: profondeur du dépôt (m) .

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

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

La profondeur de dépôt est prise égale à **1 cm**.

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

CONCENTRATION DANS LES VEGETAUX

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

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

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

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

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

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

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

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

Rapport poids frais / poids sec

Pour passer de la concentration en poids sec à la concentration en poids frais dans le végétal, le taux d'humidité du végétal doit être considéré. Ce taux varie en fonction des végétaux entre 0.95 pour la salade et 0.74 pour les petits pois). Les valeurs proposées par les modèles intégrés HESP et VOLASOIL sont retenues.

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

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

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

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

FACTEURS de BIOCONCENTRATION

BCF considérés dans la présente étude

| substance | BCF feuilles (mg/kg plant) / (mg/kg sol) | BCF racines (mg/kg plant) / (mg/kg sol) | Source BCF feuilles | Source BCF racines |
|------------|--|---|------------------------|-----------------------|
| As | 0,00633 | 0,008 | HHRAP | HHRAP |
| Co | 0,0003 | 0,0028 | INERIS | INERIS |
| Cr | 0,00488 | 0,0045 | HHRAP | HHRAP |
| Mn | 0,68 | 0,68 | RAIS | RAIS |
| Ni | 0,00931 | 0,008 | HHRAP | HHRAP |
| Pb | 0,0136 | 0,009 | HHRAP | HHRAP |
| V | 1 | 1 | EHC | EHC |
| Zn | 0,097 | 0,9 | HHRAP | HHRAP |
| Naphtalène | 0,479 | 0,269 | HHRAP | HHRAP |

INGESTION DE SOLS ET POUSSIÈRES

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

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

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

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

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

T : durée d'exposition (années)

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

P : poids corporel de la cible (kg)

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

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

Pour le taux d'ingestion de sols d'un enfant en extérieur, nous nous baserons sur les travaux de synthèse de l'INVS sur les variables humaines d'exposition (2012), basés pour ce paramètre sur l'étude de Stanek et al. (2001), qui donne un percentile 95 de **91 mg/jour**.

Pour les **adultes**, aucune donnée n'étant disponible dans le document de l'INVS, nous retiendrons la valeur couramment utilisée dans des études françaises et d'autres pays de **50 mg/jour** et recommandée par l'US-EPA (2007). L'US-EPA (2001) recommande par ailleurs de ne pas tenir compte de la relation linéaire entre le temps de présence et la quantité de sol ingéré, l'évènement considéré par l'US-EPA ayant une durée de 24 heures. Cette recommandation est suivie par un certain nombre de modèles intégrés.

Ces données sont dans la fourchette des valeurs décrites dans la littérature : entre 0,6 et 480 mg/j chez l'adulte et entre 2 et 250 mg/j chez l'enfant (cité par KISSEL et al., 1998). La valeur de 480 mg/jour correspond à la réalisation de travaux de jardinage (Hawley 1985), non considérés de manière particulière dans la présente étude.

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

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

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

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

INGESTION DE VEGETAUX

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

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

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

Les paramètres suivants ont été considérés :

Le taux de consommation de légumes provenant du potager sur une année est variable. La base CIBLEX (juin 2003) donne une autarcie de la population dans le département des Ardennes (08) pour la consommation de végétaux de **34,64 %** pour les légumes feuilles/fruits et **35,00 %** pour les légumes racinaires.

Ne connaissant pas les végétaux cultivés à l'avenir dans les jardins potagers (légumes-racines, légumes-feuilles, verger...), nous avons considéré un mélange de végétaux défini par la base de données CIBLEX pour des enfants et adultes vivant dans le département des Ardennes (08). Les résultats sont repris dans le tableau suivant :

| | Consommation journalière (g/j) | |
|---------|--------------------------------|------------------|
| | légumes racines | légumes-feuilles |
| Adultes | 31,25 | 50,67 |
| Enfants | 25,51 | 36,91 |

La fraction de polluant réellement ingéré a été pris égal à 100%.