

# La Société des Crématoriums de France

## Projet de crématorium à Caveirac (30)



## Evaluation des risques sanitaires liés aux rejets atmosphériques

**Références :** Rapport n° 2026.027

**Version :** V2 – Juin 2026

### **SUEZ Aria Technologies**

Siège social - Parc de L'Île - 15/27 Rue du Port – 92000 Nanterre Cedex – France - Courriel : [air-climate-fr@suez.com](mailto:air-climate-fr@suez.com) – Site web  
S.A.S. au capital de 4 779 981 euros - SIRET 379 180 474 00064 – RCS Nanterre B 379 180 474 - Code APE 6201Z – TVA FR27 379 180 474

**Référence du projet :**

|                       |                                                                                                          |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Titre</b>          | Projet de crématorium à Caveirac (30) – Evaluation des risques sanitaires liés aux rejets atmosphériques |
| <b>N° rapport</b>     | 26.027                                                                                                   |
| <b>N° projet</b>      | L-003747 / 26-14564                                                                                      |
| <b>Sous-traitants</b> | -                                                                                                        |

**Intervenants :**

|                                |                                                                                                        |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Rédacteur(s)<br/>V1, V2</b> | Claire DUPUIS – Chef de Projet Senior Qualité de l’Air                                                 |
| <b>Relecteur</b>               | Héloïse YVERNEAU – Chef de Projet Senior Qualité de l’Air et Responsable du pôle Etudes réglementaires |
| <b>Référent</b>                | Héloïse YVERNEAU – Chef de Projet Senior Qualité de l’Air et Responsable du pôle Etudes réglementaires |

**Révisions du document :**

| Version | Date       | Modifications                         |
|---------|------------|---------------------------------------|
| 1       | 22/06/2026 | Version initiale                      |
| 2       | 29/06/2026 | Prise en compte des retours du client |

## SOMMAIRE

|                                                                        |           |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>SYNTHESE .....</b>                                                  | <b>8</b>  |
| <b>1. CADRE DE L'ETUDE .....</b>                                       | <b>10</b> |
| <b>2. DESCRIPTION DU PROJET .....</b>                                  | <b>11</b> |
| <b>3. INVENTAIRE DES EMISSIONS ATMOSPHERIQUES .....</b>                | <b>12</b> |
| <b>4. EVALUATION DES ENJEUX ET DES VOIES D'EXPOSITION .....</b>        | <b>14</b> |
| <b>4.1 Aire d'étude.....</b>                                           | <b>14</b> |
| <b>4.2 Populations .....</b>                                           | <b>15</b> |
| 4.2.1 Population générale .....                                        | 15        |
| 4.2.2 Localisation des zones habitées .....                            | 16        |
| 4.2.3 Populations sensibles .....                                      | 17        |
| <b>4.3 Usages autour du site.....</b>                                  | <b>19</b> |
| 4.3.1 Occupation des sols .....                                        | 19        |
| 4.3.2 Usages agricoles .....                                           | 20        |
| <b>4.4 Qualité de l'air .....</b>                                      | <b>21</b> |
| 4.4.1 Qualité de l'air dans le Gard .....                              | 21        |
| 4.4.2 Qualité de l'air sur la zone d'étude .....                       | 22        |
| <b>5. SCHEMA CONCEPTUEL D'EXPOSITION .....</b>                         | <b>24</b> |
| <b>6. CHOIX DES TRACEURS DE RISQUE .....</b>                           | <b>26</b> |
| <b>6.1 Substances d'intérêt .....</b>                                  | <b>26</b> |
| <b>6.2 Etude des relations dose-réponse.....</b>                       | <b>26</b> |
| 6.2.1 Définitions.....                                                 | 26        |
| 6.2.2 Critères de choix des Valeurs Toxicologiques de Référence .....  | 27        |
| <b>6.3 Critères de référence pour la qualité de l'air .....</b>        | <b>27</b> |
| 6.3.1 Normes de la qualité de l'air en France.....                     | 27        |
| 6.3.2 Valeurs guides.....                                              | 28        |
| <b>6.4 Choix des traceurs de risque.....</b>                           | <b>29</b> |
| <b>7. MODELISATION DE LA DISPERSION ATMOSPHERIQUE .....</b>            | <b>30</b> |
| <b>7.1 Présentation du logiciel de dispersion et paramétrages.....</b> | <b>30</b> |
| 7.1.1 Présentation générale du logiciel .....                          | 30        |
| 7.1.2 Paramétrages du modèle de dispersion.....                        | 31        |
| <b>7.2 Données d'entrée du modèle .....</b>                            | <b>32</b> |
| 7.2.1 Domaine d'étude et points cibles.....                            | 32        |
| 7.2.2 Topographie.....                                                 | 34        |
| 7.2.3 Météorologie .....                                               | 34        |
| 7.2.4 Emissions .....                                                  | 39        |
| <b>7.3 Résultats des modélisations .....</b>                           | <b>40</b> |
| 7.3.1 Présentation des résultats.....                                  | 40        |
| 7.3.2 Concentrations en moyenne annuelle .....                         | 40        |
| 7.3.3 Dépôts au sol .....                                              | 42        |

|            |                                                                                                                                       |                  |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| <b>8.</b>  | <b><u>EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES LIES AUX REJETS ATMOSPHERIQUES</u></b>                                                        | <b><u>45</u></b> |
| 8.1        | Evaluation de l'exposition humaine                                                                                                    | 45               |
| 8.1.1      | Scénarios d'exposition retenus                                                                                                        | 45               |
| 8.1.2      | Exposition par inhalation                                                                                                             | 46               |
| 8.1.3      | Exposition par ingestion                                                                                                              | 48               |
| 8.2        | Caractérisation des risques                                                                                                           | 51               |
| 8.2.1      | Méthodologie                                                                                                                          | 51               |
| 8.2.2      | Evaluation des risques sanitaires pour les substances à seuil                                                                         | 53               |
| 8.2.3      | Evaluation des risques sanitaires pour les substances sans seuil                                                                      | 54               |
| 8.2.4      | Cas particulier des PM2,5                                                                                                             | 55               |
| <b>9.</b>  | <b><u>INCERTITUDES</u></b>                                                                                                            | <b><u>57</u></b> |
| 9.1        | Incertitudes relatives à la modélisation atmosphérique                                                                                | 57               |
| 9.1.1      | Incertitudes liées au modèle : validation du modèle AIM intégré dans AirAdvanced® Map                                                 | 57               |
| 9.1.2      | Incertitudes liées aux données d'entrée                                                                                               | 58               |
| 9.2        | Incertitudes relatives à l'évaluation des risques sanitaires                                                                          | 59               |
| 9.2.1      | Facteurs de sous-estimation des risques                                                                                               | 59               |
| 9.2.2      | Facteurs de surestimation des risques                                                                                                 | 59               |
| 9.2.3      | Facteurs dont le sens d'influence sur les résultats n'est pas connu ou est variable                                                   | 60               |
| <b>10.</b> | <b><u>CONCLUSION</u></b>                                                                                                              | <b><u>61</u></b> |
|            | <b><u>ANNEXE 1 : METHODOLOGIE DE CHOIX DES VTR (DGS)</u></b>                                                                          | <b><u>63</u></b> |
|            | <b><u>ANNEXE 2 : DESCRIPTION DU MODELE NUMERIQUE AIRADVANCED® MAP STANDARD</u></b>                                                    | <b><u>65</u></b> |
|            | <b><u>ANNEXE 3 : CHOIX DES VALEURS TOXICOLOGIQUES DE REFERENCE</u></b>                                                                | <b><u>70</u></b> |
|            | <b><u>ANNEXE 4 : CARTES DE CONCENTRATION EN MOYENNE ANNUELLE</u></b>                                                                  | <b><u>73</u></b> |
|            | <b><u>ANNEXE 5 : CARTES DE DEPOTS AU SOL</u></b>                                                                                      | <b><u>82</u></b> |
|            | <b><u>ANNEXE 6 : DETERMINATION DES CONCENTRATIONS DANS LES MILIEUX D'EXPOSITION</u></b>                                               | <b><u>87</u></b> |
|            | <b><u>ANNEXE 7 : RESULTATS PAR TRANCHE D'AGE DES DOSES JOURNALIERES D'EXPOSITION PAR INGESTION LIEES AU REJETS ATMOSPHERIQUES</u></b> | <b><u>95</u></b> |

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

### TABLEAUX

|                                                                                                                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau 1 : caractéristiques des rejets du projet de crématorium (Source : eSKa Conseil) .....                                                                         | 12 |
| Tableau 2 : population par classe d'âge (Source : Insee, Recensements de la population, mise en ligne le 26/06/2025) .....                                             | 15 |
| Tableau 3 : recensement agricole 2020 (Source : Agreste).....                                                                                                          | 21 |
| Tableau 4 : valeurs réglementaires françaises relatives à la qualité de l'air.....                                                                                     | 28 |
| Tableau 5 : valeurs guides recommandées par l'OMS (Source : OMS, 2021).....                                                                                            | 28 |
| Tableau 6 : paramètres de calcul des dépôts pour chacune des substances étudiées.....                                                                                  | 31 |
| Tableau 7 : points cibles retenus.....                                                                                                                                 | 33 |
| Tableau 8 : fréquence d'apparition de chaque classe de vitesse de vent toutes directions confondues - Station Nîmes-Garons - Période du 01/01/2023 au 31/12/2025 ..... | 36 |
| Tableau 9 : statistiques relatives à la pluviométrie – Station Nîmes-Garons - Période du 01/01/2023 au 31/12/2025 .....                                                | 38 |
| Tableau 10 : statistiques relatives à la température de l'air – Station Nîmes-Garons - Période du 01/01/2023 au 31/12/2025 .....                                       | 39 |
| Tableau 11 : concentrations en moyenne annuelle.....                                                                                                                   | 41 |
| Tableau 12 : dépôts totaux au sol moyens annuels.....                                                                                                                  | 43 |
| Tableau 13 : récapitulatif du scénario retenu .....                                                                                                                    | 46 |
| Tableau 14 : concentrations et dépôts retenus pour le scénario d'exposition retenu.....                                                                                | 46 |
| Tableau 15 : concentrations moyennes inhalées (CI) .....                                                                                                               | 47 |
| Tableau 16 : comparaison avec les valeurs guides de l'OMS – risques chroniques.....                                                                                    | 47 |
| Tableau 17 : paramètres relatifs aux différentes catégories d'âge (données INERIS) .....                                                                               | 50 |
| Tableau 18 : fraction d'aliments auto-produits dans la zone d'étude (données INERIS) .....                                                                             | 50 |
| Tableau 19 : dose Journalière d'Exposition totale pour chaque tranche d'âge – Zone la plus exposée (point n°8 – Habitation au sud).....                                | 51 |
| Tableau 20 : quotients de danger pour les traceurs du risque à seuil par inhalation.....                                                                               | 53 |
| Tableau 21 : quotients de danger pour les traceurs du risque à seuil par ingestion .....                                                                               | 53 |
| Tableau 22 : excès de risque individuel pour les traceurs du risque sans seuil par inhalation.....                                                                     | 54 |
| Tableau 23 : excès de risque individuel calculé pour les PM <sub>2,5</sub> .....                                                                                       | 56 |
| Tableau 24 : valeurs guides .....                                                                                                                                      | 71 |
| Tableau 25 : valeurs toxicologiques de référence retenues pour les effets chroniques à seuil .....                                                                     | 71 |
| Tableau 26 : valeurs toxicologiques de référence retenues pour les effets chroniques sans seuil .....                                                                  | 72 |
| Tableau 27 : facteurs relatifs aux végétaux.....                                                                                                                       | 90 |
| Tableau 28 : facteurs de bioconcentration air/plante (Bv exprimés par rapport à la plante fraîche) ...                                                                 | 90 |
| Tableau 29 : paramètres physico-chimiques.....                                                                                                                         | 90 |
| Tableau 30 : facteurs de bioconcentration sol/plante (Br exprimés par rapport à la plante fraîche) ...                                                                 | 91 |
| Tableau 31 : coefficient de bio-transfert dans les produits animaux (Ba exprimés par rapport à la masse fraîche de produit) .....                                      | 92 |

### FIGURES

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1 : localisation du projet de crématorium (Source : eSKa Conseil) ..... | 11 |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|

|                                                                                                                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 2 : localisation de la cheminée .....                                                                                                                                                          | 13 |
| Figure 3 : périmètre de l'aire d'étude .....                                                                                                                                                          | 14 |
| Figure 4 : communes présentes sur l'aire d'étude (Source : IGN) .....                                                                                                                                 | 15 |
| Figure 5 : répartition de la population par classe d'âges (Source : Insee, Recensements de la population 2022, mise en ligne le 26/06/2025) .....                                                     | 16 |
| Figure 6 : localisation des zones habitées .....                                                                                                                                                      | 17 |
| Figure 7 : localisation des établissements recevant des populations sensibles .....                                                                                                                   | 18 |
| Figure 8 : occupation du sol (données Corine Land Cover 2018).....                                                                                                                                    | 19 |
| Figure 9 : culture majoritaire sur chaque îlot de culture (Source : données RPG de l'IGN 2024).....                                                                                                   | 20 |
| Figure 10 : qualité de l'air dans le Gard en 2024 (Source : ATMO Occitanie).....                                                                                                                      | 21 |
| Figure 11 : localisation des stations de qualité de l'air (Source : ATMO Occitanie).....                                                                                                              | 22 |
| Figure 12 : concentrations en NO <sub>2</sub> , PM10 et PM2.5 au niveau de la station Nîmes Sud Urbain (Source : ATMO Occitanie) .....                                                                | 23 |
| Figure 13 : schéma conceptuel d'exposition autour du projet .....                                                                                                                                     | 25 |
| Figure 14 : méthodologie du logiciel AirAdvanced® Map Standard.....                                                                                                                                   | 30 |
| Figure 15 : localisation du domaine d'étude.....                                                                                                                                                      | 32 |
| Figure 16 : localisation des points cibles retenus.....                                                                                                                                               | 33 |
| Figure 17 : topographie du domaine d'étude (Source : IGN, BD Alti®) .....                                                                                                                             | 34 |
| Figure 18 : rose des vents générale – Station Nîmes-Garons – période du 01/01/2023 au 31/12/2025 .....                                                                                                | 36 |
| Figure 19 : répartition des cas météorologiques en fonction de la stabilité atmosphérique – Station Nîmes-Garons et données Meteomatics au niveau du site - Période du 01/01/2023 au 31/12/2025 ..... | 37 |
| Figure 20 : variation moyenne mensuelle de la pluviométrie – Station Nîmes-Garons - Période du 01/01/2023 au 31/12/2025 .....                                                                         | 38 |
| Figure 21 : variation moyenne mensuelle de la température – Station Nîmes-Garons - Période du 01/01/2023 au 31/12/2025 .....                                                                          | 39 |
| Figure 22 : carte de concentration en moyenne annuelle en PM10.....                                                                                                                                   | 42 |
| Figure 23 : carte de dépôts au sol en PM10.....                                                                                                                                                       | 44 |
| Figure 24 : quotients de danger par traceur du risque à seuil .....                                                                                                                                   | 54 |
| Figure 25 : excès de risque individuel pour les traceurs du risque sans seuil.....                                                                                                                    | 55 |
| Figure 26 : contamination des végétaux (EPA, 1998) .....                                                                                                                                              | 89 |

## GLOSSAIRE

|                   |                                                                                                              |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AFSSA             | Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments                                                          |
| ANSES             | Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail                   |
| ATSDR             | Agency for Toxic Substances and Disease Registry                                                             |
| CI                | Concentration Inhalée                                                                                        |
| CIRC              | Centre International de Recherche sur le Cancer                                                              |
| COV               | Composés Organiques Volatils                                                                                 |
| DGS               | Direction Générale de la Santé                                                                               |
| EFSA              | Autorité européenne de sécurité des aliments                                                                 |
| ERI               | Excès de Risque Individuel                                                                                   |
| ERU               | Excès de Risque Unitaire                                                                                     |
| fg                | Femtogramme = $10^{-15}$ g                                                                                   |
| ICPE              | Installation Classée pour la Protection de l'Environnement                                                   |
| IEM               | Interprétation de l'Etat des Milieux                                                                         |
| IGN               | Institut national de l'information géographique                                                              |
| INERIS            | Institut National de l'Environnement et des RISques                                                          |
| INSEE             | Institut national de la statistique et des études économiques                                                |
| InVS              | Institut de Veille Sanitaire                                                                                 |
| µg                | Microgramme = $10^{-6}$ g                                                                                    |
| ng                | Nanogramme = $10^{-9}$ g                                                                                     |
| NO <sub>2</sub>   | Dioxyde d'azote                                                                                              |
| NO <sub>x</sub>   | Oxydes d'azote assimilés au NO <sub>2</sub>                                                                  |
| OEHHHA            | Office of Environmental Health Hazard Assessment                                                             |
| OMS               | Organisation Mondiale de la Santé                                                                            |
| PM <sub>10</sub>  | Poussières de diamètre inférieur à 10 µm                                                                     |
| PM <sub>2,5</sub> | Poussières de diamètre inférieur à 2,5 µm                                                                    |
| QD                | Quotient de Danger                                                                                           |
| RIVM              | Rijksinstituut Voor Volksgezondheid (Institut National de Santé Publique et de l'Environnement des Pays-Bas) |
| RPG               | Registre Parcellaire Géographique                                                                            |
| SO <sub>2</sub>   | Dioxyde de soufre                                                                                            |
| US-EPA            | United State Environment Protection Agency                                                                   |
| VTR               | Valeur Toxicologique de Référence                                                                            |

## SYNTHESE

Dans le cadre du projet de création d'un crématorium sur la commune de Caveirac (30), eSka Conseil a mandaté SUEZ Aria Technologies pour la réalisation de **l'évaluation des risques sanitaires associés aux rejets du site**, objet du présent rapport.

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

Conformément à la circulaire du 9 août 2013, la méthodologie de référence pour une étude d'impact sanitaire repose sur une démarche intégrée associant l'Interprétation de l'État des Milieux (IEM) et l'Évaluation des Risques Sanitaires (ERS), telle que précisée dans le guide INERIS (2021). Les mesures dans l'environnement constituent le meilleur moyen d'évaluer l'état actuel des milieux. Compte tenu des enjeux attendus relativement limités pour ce type d'installation, il n'a pas été jugé pertinent de réaliser cette étape à ce stade. A noter que des mesures complémentaires dans l'environnement pourront être réalisées ultérieurement.

### Inventaire des émissions

Une seule source d'émissions est recensée sur le site, à savoir la cheminée. Les flux d'émissions retenus s'appuient sur l'Arrêté Ministériel du 28/01/2010. Les substances rejetées prises en compte sont :

- Les oxydes d'azote (NOx),
- Le monoxyde de carbone (CO) ;
- Le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) ;
- Les Composés Organiques Volatils (COV) ;
- Les poussières ;
- L'acide chlorhydrique (HCl) ;
- Le mercure (Hg) ;
- Les dioxines et furanes.

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

Les premières zones habitées sont situées à moins de 190 mètres au sud du site. Le site se trouve dans une zone entourée principalement d'une carrière, de forêts et de zones agricoles.

Les composés considérés dans cette étude provenant essentiellement des émissions atmosphériques du site, les voies d'exposition pour les populations situées au voisinage du site sont l'inhalation et l'ingestion (dont les sols et indirectement les végétaux et les produits animaliers cultivés dans la zone d'étude).

### Choix des traceurs des risques

Les traceurs des risques retenus dans cette étude correspondent à l'ensemble des substances émises présentant une Valeur Toxicologique de Référence et des valeurs réglementaires et/ou guides de qualité de l'air pour la protection de la santé.

L'évaluation des risques sanitaires porte sur les substances suivantes : les oxydes d'azote (NOx) le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), les poussières (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>), le benzène (représentant les COV), l'acide chlorhydrique (HCl), le mercure et les dioxines et furanes.

## Evaluation des Risques Sanitaires

Afin d'évaluer l'incidence des émissions atmosphériques du site sur la qualité de l'air, une étude de dispersion a été réalisée afin d'estimer les concentrations dans l'air des composés traceurs imputables aux installations du site. Les concentrations ont été déterminées à partir du logiciel AirAdvanced® Map Standard (modèle de dispersion gaussien) prenant en compte l'influence des sources d'émissions, des conditions météorologiques et de la topographie au voisinage du site. Les concentrations dans l'air ont été modélisées sur une zone d'étude de 10 km centrée sur le site et au niveau de 11 points cibles.

Pour l'ensemble des substances étudiées, les concentrations en moyenne annuelle obtenues par modélisation au niveau du point le plus exposé du domaine d'étude sont inférieures aux valeurs limites françaises de la qualité de l'air.

Un scénario d'exposition au niveau de la zone la plus exposée du domaine a été retenu en se basant sur les concentrations dans l'air et/ou dépôts dans les sols modélisés au niveau des zones les plus exposées du domaine d'étude et des points cibles.

| Scénario                                        | Zone la plus exposée                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Individu                                        | Adulte (plus de 18 ans)<br>Enfant (6 classes d'âge)<br>A noter que dans le cas de l'exposition par inhalation, les paramètres d'exposition ne diffèrent pas pour les adultes et les enfants : les calculs de risque ne sont donc pas différenciés. |
| Valeur retenue pour l'exposition par inhalation | Concentration au niveau de la zone d'étude la plus exposée du domaine d'étude en dehors des limites du site                                                                                                                                        |
| Valeur retenue pour l'exposition par ingestion  | Ingestion directe et indirecte<br>Dépôts au niveau du point cible le plus exposé (point n°8 -habitation au sud)                                                                                                                                    |

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

|                                                    | Zone la plus exposée                                                               | Valeur repère      |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Risques à seuil<br>(Quotient de Danger)            | QDmax = 0,03 << 1<br>Pour le mercure                                               | 1                  |
| Risques sans seuil<br>(Excès de Risque Individuel) | ERI <sub>max</sub> = 1,2.10 <sup>-6</sup> << 1.10 <sup>-5</sup><br>Pour le benzène | 1.10 <sup>-5</sup> |

Les risques sanitaires calculés pour les substances à seuil d'effet et pour les substances sans seuil d'effet (effets cancérogènes généralement) sont inférieurs aux valeurs repères au niveau de la zone la plus exposée.

**Compte-tenu des hypothèses retenues pour la configuration étudiée, les risques sanitaires liés aux émissions atmosphériques du site peuvent être jugés « non préoccupants » en l'état actuel des connaissances, selon les critères d'acceptabilité.**

## 1. CADRE DE L'ETUDE

Dans le cadre d'un projet de crématorium à Caveirac (30), la société eSKA Conseil a mandaté SUEZ Aria Technologies pour la réalisation de **l'évaluation des risques sanitaires associés aux rejets atmosphériques du site**, objet du présent rapport.

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

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

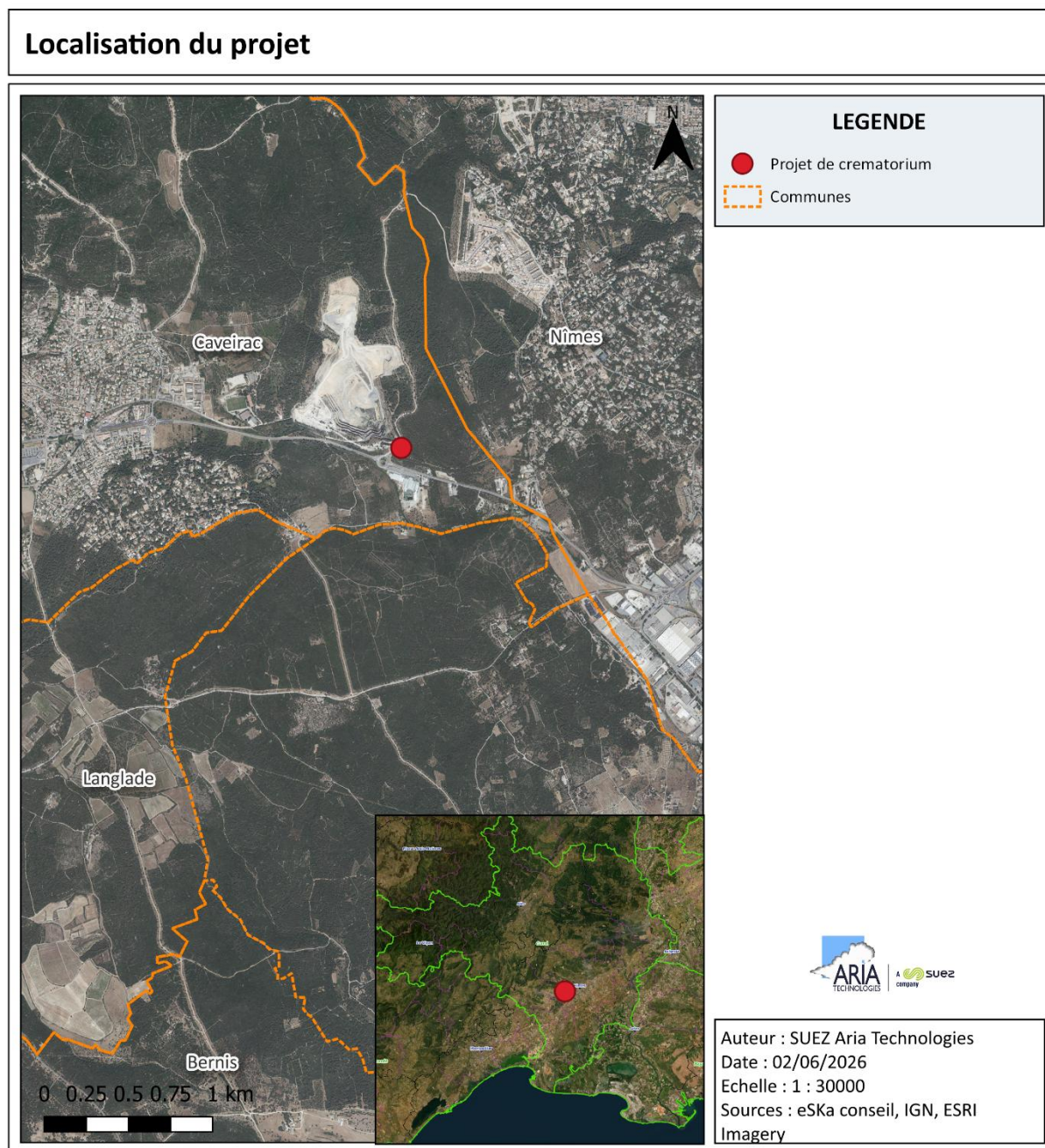
La méthodologie de référence pour une étude d'impact sanitaire repose sur une démarche intégrée associant l'Interprétation de l'État des Milieux (IEM) et l'Évaluation des Risques Sanitaires (ERS), telle que précisée dans le guide INERIS (2021). Les mesures dans l'environnement constituent le meilleur moyen d'évaluer l'état actuel des milieux. Compte tenu des enjeux attendus relativement limités pour ce type d'installation, il n'a pas été jugé pertinent de réaliser cette étape à ce stade.

Le présent rapport a été établi sur la base des informations transmises à SUEZ Aria Technologies, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives de la réglementation, en vigueur au moment de la réalisation du dossier. La responsabilité de SUEZ Aria Technologies ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été fournies sont incomplètes ou erronées. Sauf mention contraire, les cartographies de ce document ont été réalisées par SUEZ Aria Technologies.

## 2. DESCRIPTION DU PROJET

Le projet de crématorium se situe sur la commune de Caveirac, dans le département du Gard. La Figure 1 présente sa localisation.

Figure 1 : localisation du projet de crématorium (Source : eSka Conseil)



Le projet se situe dans une zone industrielle, au sud-est de la carrière de granulats exploitée par la société Heidelberg Materials.

### 3. INVENTAIRE DES EMISSIONS ATMOSPHERIQUES

Les informations relatives aux données du site ont été fournies par eSka Conseil. Le projet de crématorium ne compte qu'un seul rejet canalisé, dont les caractéristiques sont décrites dans le Tableau 1.

En ce qui concerne les poussières, lorsque l'information de granulométrie n'est pas connue, il a été fait l'hypothèse majorante que toutes les poussières totales sont assimilées à des PM10 et à des PM2,5.

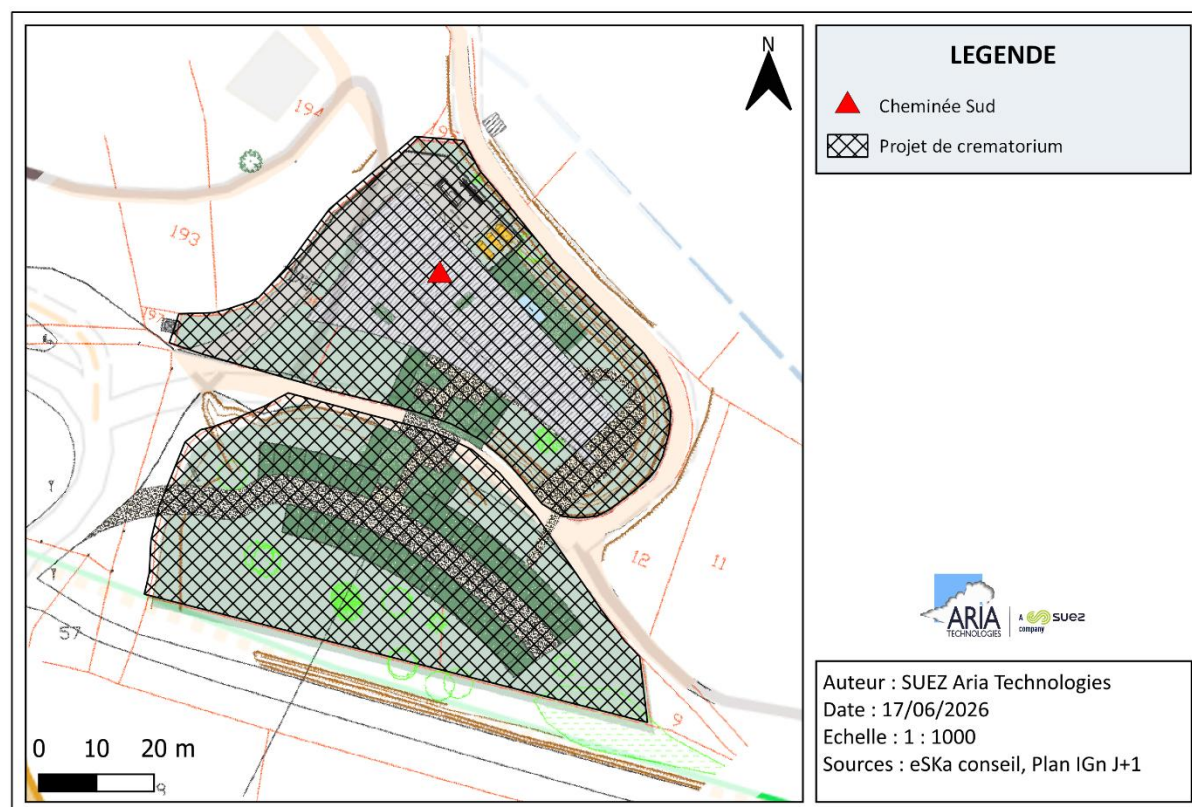
Tableau 1 : caractéristiques des rejets du projet de crématorium (Source : eKsa Conseil)

| Paramètres                                                                                    | Unité                    | Cheminée Sud          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------|
| Coordonnée X (UTM31, EPGS 32631)                                                              | m                        | 603 775,9             |
| Coordonnée Y (UTM31, EPGS 32631)                                                              | m                        | 4 852 862,0           |
| Hauteur de la cheminée                                                                        | m                        | 7,35                  |
| Diamètre de la cheminée                                                                       | m                        | 0,25                  |
| Débit des gaz réel en sortie de cheminée<br>(à 150°C et 6% d'O <sub>2</sub> )                 | m <sup>3</sup> /h        | 3 830                 |
| Débit des gaz normalisé en sortie de cheminée<br>(à 11% d'O <sub>2</sub> )                    | Nm <sup>3</sup> /h       | 3 720                 |
| Vitesse d'éjection des gaz en sortie de cheminée                                              | m/s                      | 21,67                 |
| Température des gaz en sortie de cheminée                                                     | °C                       | 150                   |
| Nombre d'heures de fonctionnement par an                                                      | h/an                     | 1 925                 |
| Jours de fonctionnement                                                                       |                          | Lundi au samedi matin |
| Horaires de fonctionnement                                                                    |                          | 9h-12h / 14h-18h30    |
| Nbre d'heures de fonctionnement par jour                                                      | h/jour                   | 7,50                  |
| <b>Concentrations à l'émission (à 11% d'O<sub>2</sub>) - Arrêté Ministériel du 28/01/2010</b> |                          |                       |
| NO <sub>x</sub>                                                                               | mg/Nm <sup>3</sup>       | 500,00                |
| SO <sub>2</sub>                                                                               | mg/Nm <sup>3</sup>       | 120,00                |
| CO                                                                                            | mg/Nm <sup>3</sup>       | 50,00                 |
| COV                                                                                           | mg/Nm <sup>3</sup>       | 20,00                 |
| PM                                                                                            | mg/Nm <sup>3</sup>       | 10,00                 |
| HCl                                                                                           | mg/Nm <sup>3</sup>       | 30,00                 |
| Dioxines et furanes                                                                           | ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup> | 0,10                  |
| Mercure (Hg)                                                                                  | mg/Nm <sup>3</sup>       | 0,20                  |
| <b>Flux à l'émission</b>                                                                      |                          |                       |
| NO <sub>x</sub>                                                                               | kg/h                     | 1,86E+00              |
| SO <sub>2</sub>                                                                               | kg/h                     | 4,46E-01              |
| CO                                                                                            | kg/h                     | 1,86E-01              |
| COV                                                                                           | kg/h                     | 7,44E-02              |
| PM                                                                                            | kg/h                     | 3,72E-02              |
| HCl                                                                                           | kg/h                     | 1,12E-01              |
| Dioxines et furanes                                                                           | kg/h                     | 3,72E-10              |
| Mercure (Hg)                                                                                  | kg/h                     | 7,44E-04              |
| <b>Flux à l'émission</b>                                                                      |                          |                       |
| NO <sub>x</sub>                                                                               | kg/an                    | 3,58E+03              |

| Paramètres           | Unité | Cheminée Sud |
|----------------------|-------|--------------|
| SO <sub>2</sub>      | kg/an | 8,59E+02     |
| CO                   | kg/an | 3,58E+02     |
| COV                  | kg/an | 1,43E+02     |
| PM                   | kg/an | 7,16E+01     |
| HCl                  | kg/an | 2,15E+02     |
| Dioxines et furances | kg/an | 7,16E-07     |
| Mercure (Hg)         | kg/an | 1,43E+00     |

La Figure 2 présente la source d'émissions prise en compte.

Figure 2 : localisation de la cheminée

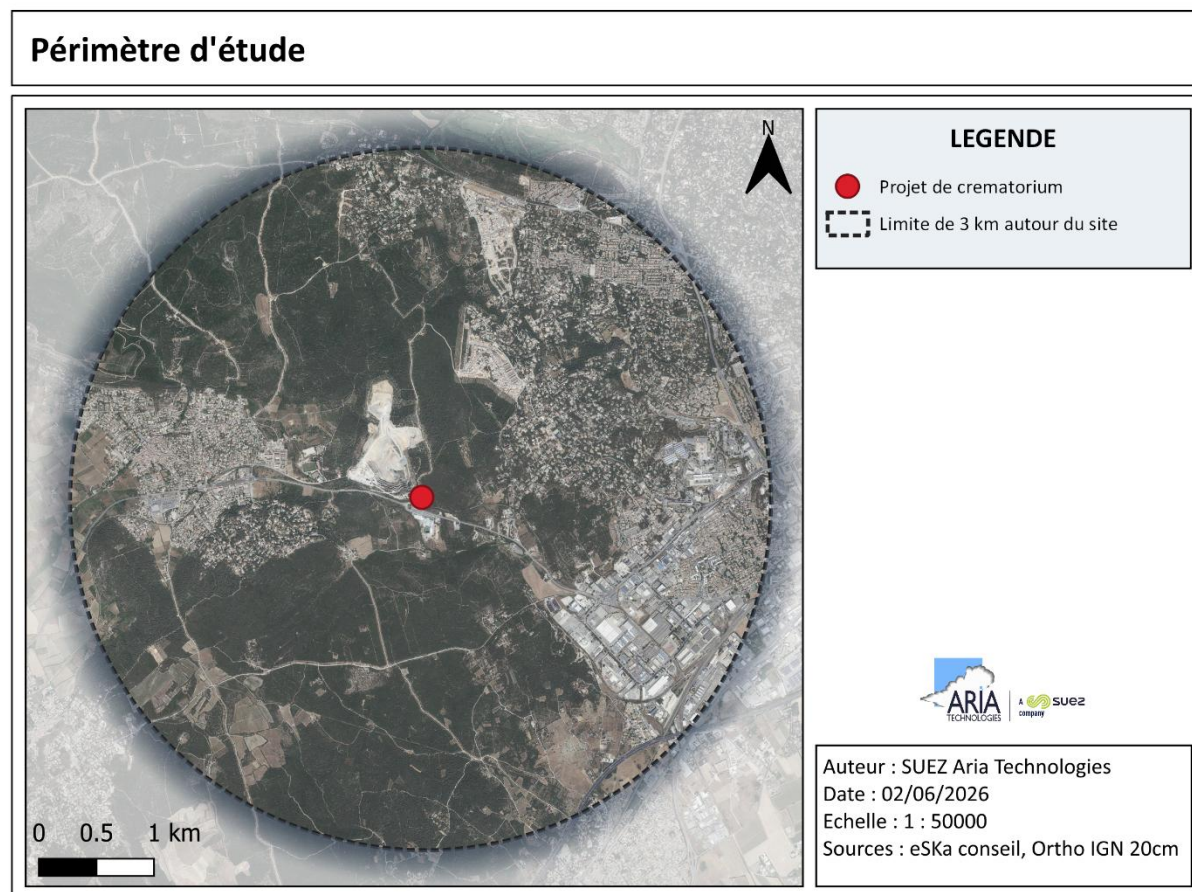


## 4. EVALUATION DES ENJEUX ET DES VOIES D'EXPOSITION

### 4.1 AIRE D'ETUDE

L'aire d'étude retenue correspond à la zone située dans un rayon de 3 km des limites du projet de crématorium. Ce rayon détermine un périmètre permettant de recenser les communes susceptibles d'être affectées par les risques et inconvénients dont l'installation peut être la source.

Figure 3 : périmètre de l'aire d'étude

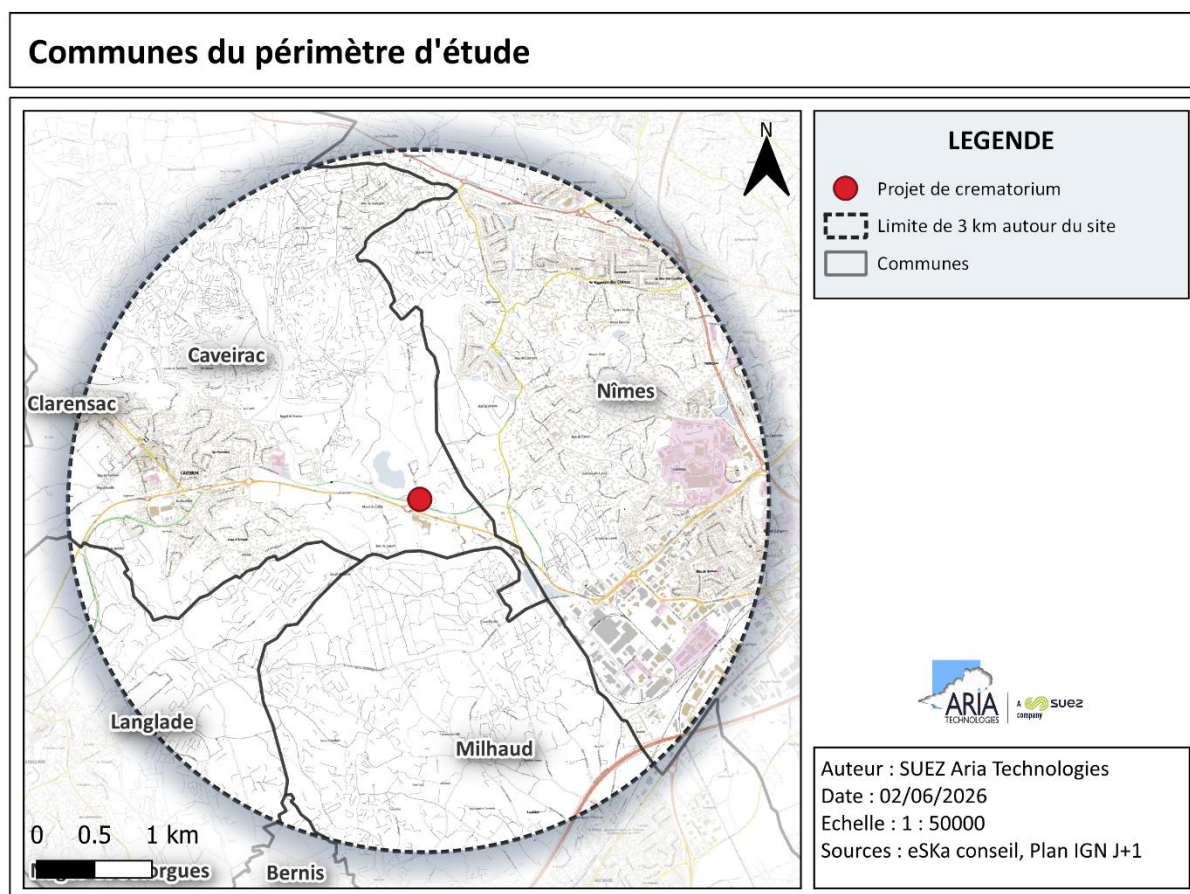


## 4.2 POPULATIONS

### 4.2.1 Population générale

Comme le montre la Figure 4, quatre communes se trouvent dans le rayon de 3 km autour du site : Caveirac, Langlade, Milhaud et Nîmes.

Figure 4 : communes présentes sur l'aire d'étude (Source : IGN)



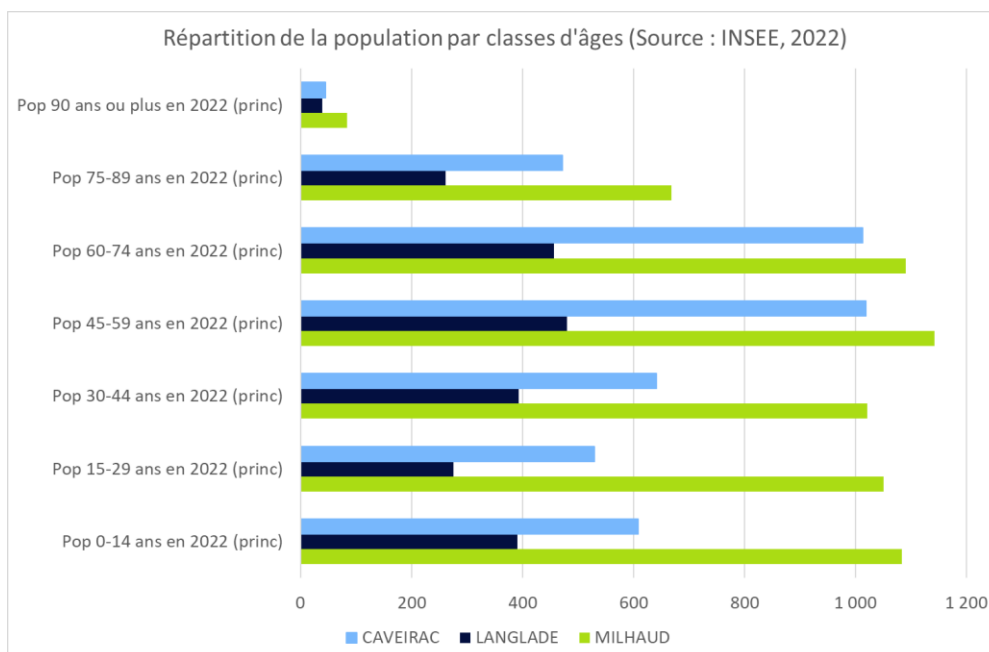
Le Tableau 2 présente les données de population par catégorie d'âge en 2022 pour chaque commune, données les plus récentes au moment de la rédaction du présent rapport.

Tableau 2 : population par classe d'âge (Source : Insee, Recensements de la population, mise en ligne le 26/06/2025<sup>1</sup>)

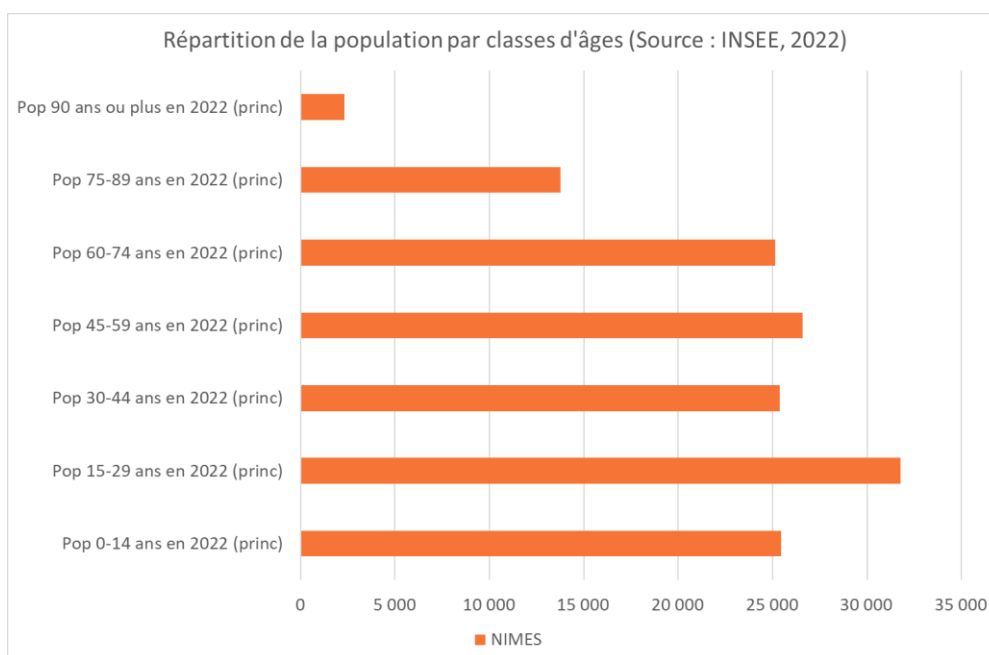
| Commune  | Population 2022 | Pop 0-14 ans | Pop 15-29 ans | Pop 30-44 ans | Pop 45-59 ans | Pop 60-74 ans | Pop 75-89 ans | Pop 90 ans ou plus |
|----------|-----------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------------|
| Caveirac | 4 328           | 608          | 529           | 641           | 1 019         | 1 013         | 472           | 45                 |
| Langlade | 2 297           | 390          | 276           | 393           | 480           | 457           | 261           | 40                 |
| Milhaud  | 6 142           | 1 083        | 1 051         | 1 022         | 1 143         | 1 091         | 668           | 84                 |
| Nîmes    | 150 444         | 25 449       | 31 774        | 25 391        | 26 593        | 25 139        | 13 777        | 2 321              |

<sup>1</sup> <https://www.insee.fr/fr/statistiques/8581696?sommaire=8581933>

**Figure 5 : répartition de la population par classe d'âges (Source : Insee, Recensements de la population 2022, mise en ligne le 26/06/2025)**  
**Communes de Caveirac, Langlade et Milhaud**



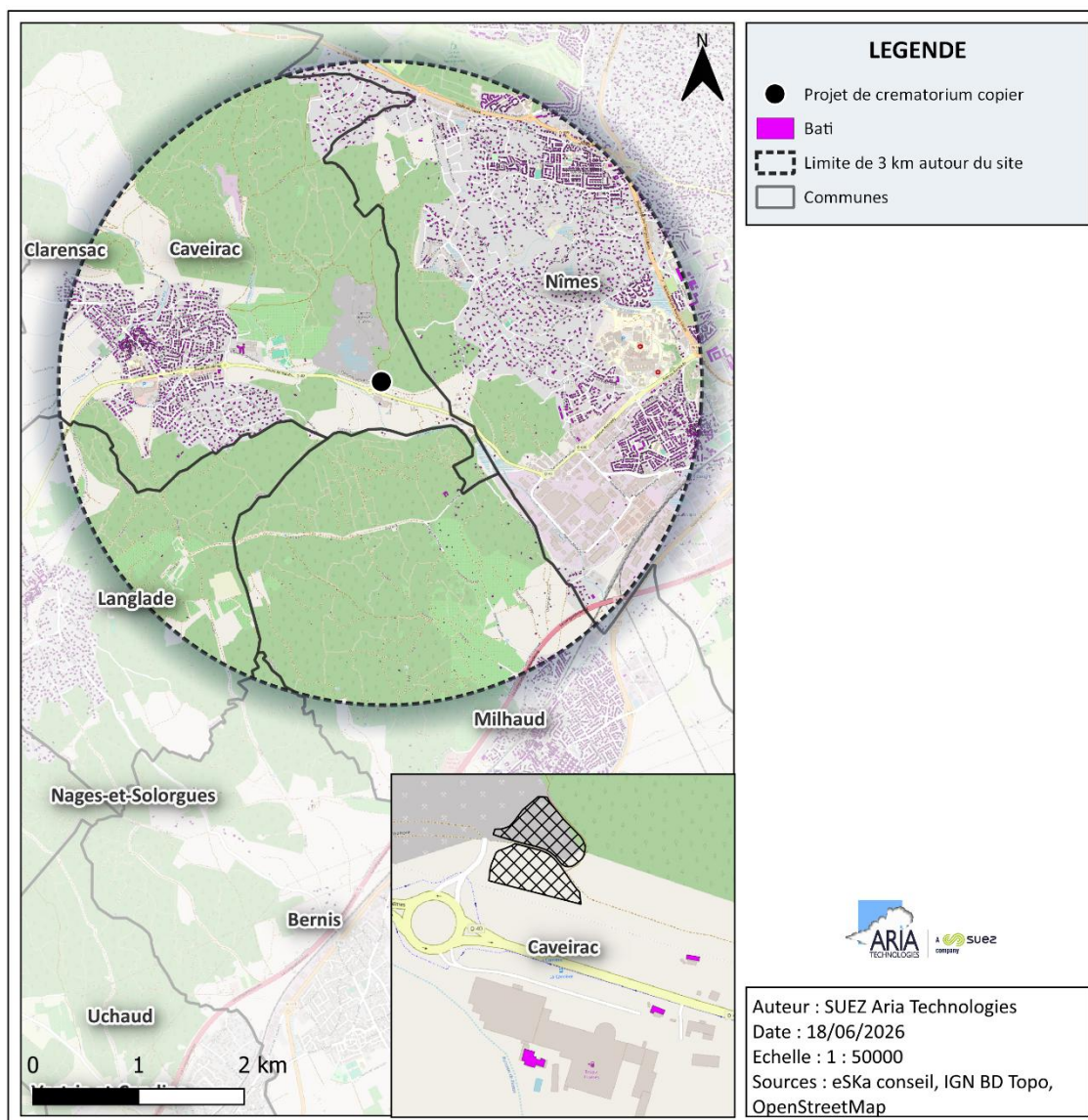
#### Communes de Nîmes



#### 4.2.2 Localisation des zones habitées

La Figure 6 localise les zones habitées autour du site. Les habitations les plus proches se situent à environ 190 m au sud du projet.

Figure 6 : localisation des zones habitées



#### 4.2.3 Populations sensibles

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

- Enfants : crèches et écoles ;
- Personnes âgées : maisons de retraite ;
- Personnes malades : hôpitaux et cliniques ;
- Sportifs : stades, terrains de sport extérieurs.

Les sites sensibles présents dans l'aire d'étude et susceptibles d'être impactés par le site sont recensés. Les établissements recensés dans le périmètre de 3 km autour du site sont :

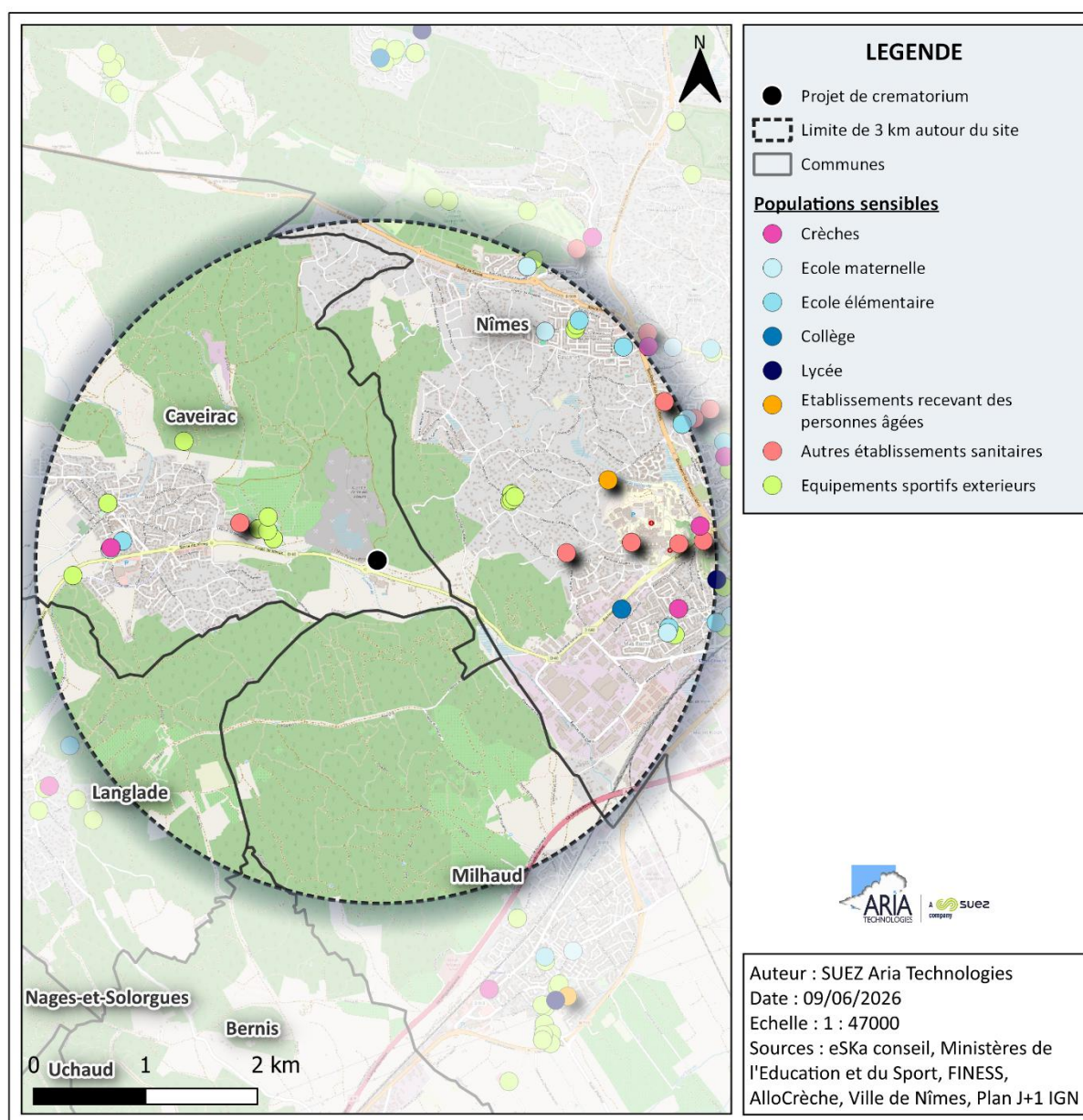
- 3 crèches<sup>2</sup> ;

<sup>2</sup> Sources : Allocrèches et Site de la ville de Nîmes

- 13 écoles, dont 5 écoles maternelles, 4 écoles élémentaires, 2 écoles primaires privées, 1 école secondaire privée et 1 lycée<sup>3</sup> ;
- 9 établissements sanitaires dont 1 établissement d'hébergement pour personnes âgées dépendantes<sup>4</sup> ;
- 23 équipements sportifs extérieurs<sup>5</sup>.

La Figure 7 localise ces établissements sensibles.

Figure 7 : localisation des établissements recevant des populations sensibles



<sup>3</sup> Source : annuaire de l'éducation nationale <http://www.education.gouv.fr/>

<sup>4</sup> Source : FINESS (Fichier National des Etablissements Sanitaires et Sociaux)

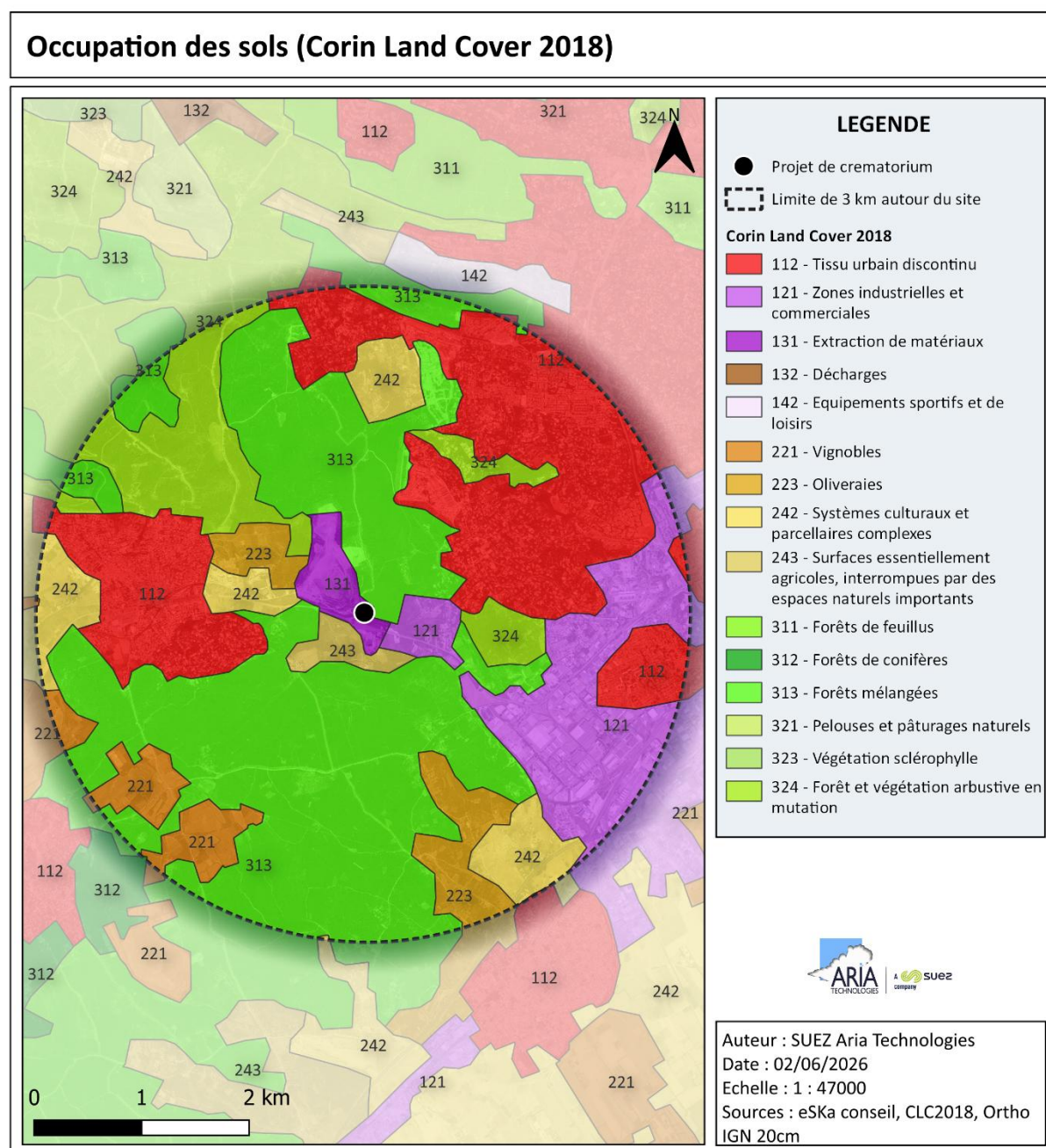
<sup>5</sup> Source : <http://www.res.sports.gouv.fr/>

## 4.3 USAGES AUTOUR DU SITE

### 4.3.1 Occupation des sols

Le site se trouve dans une zone d'extraction de matériaux entourée de cultures et forêts. Ces principales zones sont localisées sur la Figure 8 (données issues de la base Corine Land Cover 2018<sup>6</sup>).

Figure 8 : occupation du sol (données Corine Land Cover 2018)

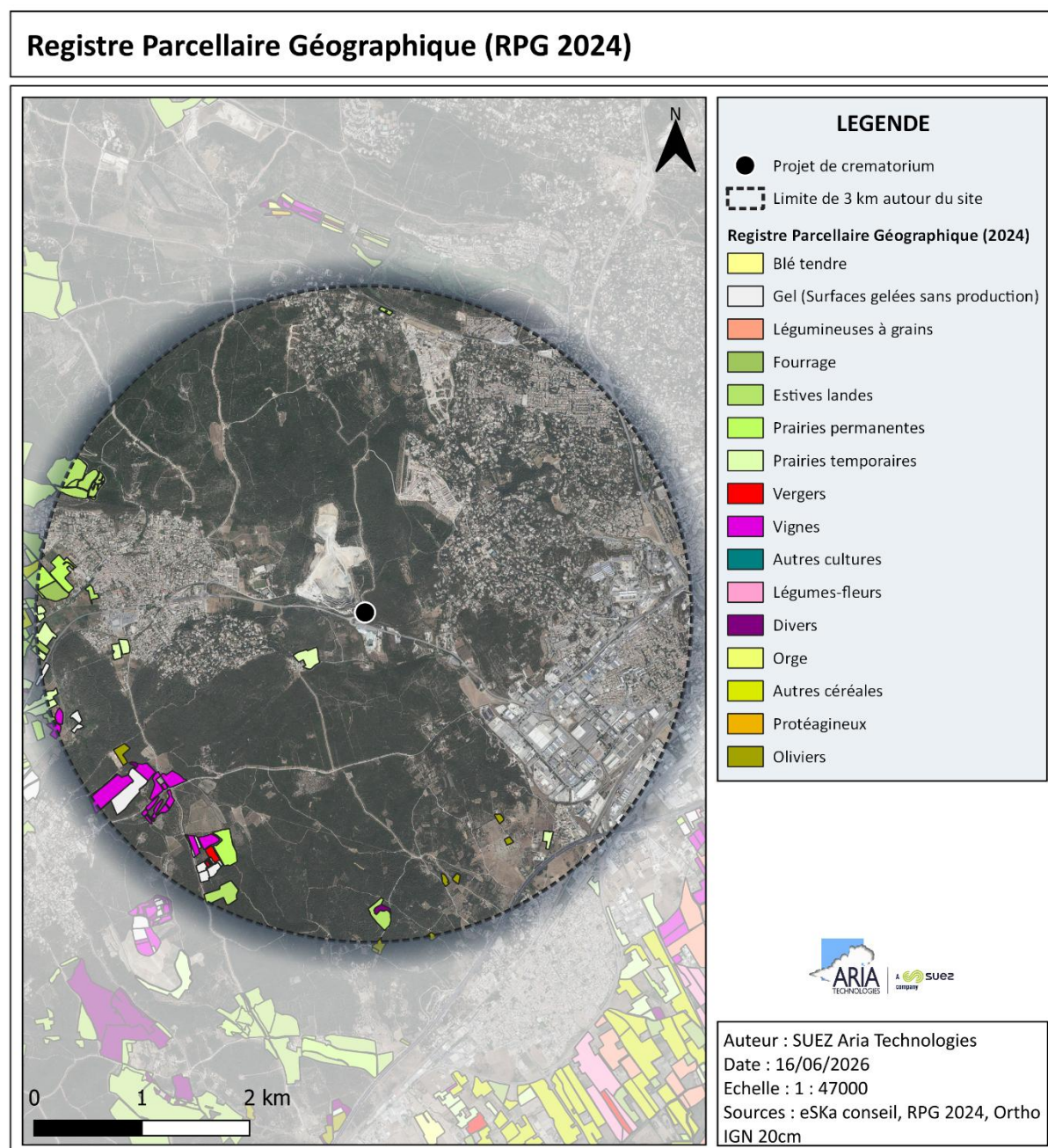


<sup>6</sup> Les produits CORINE Land ont été réalisées avec un financement de l'Union européenne, dans le cadre du programme Copernicus : <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/>

### 4.3.2 Usages agricoles

Comme le montre la Figure 8, peu de zones agricoles sont présentes autour du site. Néanmoins, afin d'avoir une présentation plus précise des zones de cultures, la Figure 9 donne un aperçu des cultures majoritaires sur chaque îlot de culture pour l'année 2024 (selon les données du Registre Parcellaire Graphique (RPG) de l'IGN<sup>7</sup>). Les zones agricoles situées au sud-ouest du périmètre d'étude correspondent essentiellement à des vignes, des prairies et des oliviers.

Figure 9 : culture majoritaire sur chaque îlot de culture (Source : données RPG de l'IGN 2024)



<sup>7</sup> <https://geoservices.ign.fr/rpg>

Le Tableau 3 présente les résultats du recensement général agricole 2020<sup>8</sup> (dernier recensement disponible) au niveau des 4 communes présentes dans le périmètre d'étude. Le recensement agricole offre un portrait instantané, complet et détaillé, du secteur de l'agriculture (population agricole, surfaces végétales, y compris viticoles, effectifs animaux, moyens de production, activités annexes, etc.).

Tableau 3 : recensement agricole 2020 (Source : Agreste)

| Commune  | Exploitations agricoles ayant leur siège dans la commune | Superficie agricole utilisée en hectare | Equivalent Temps Plein | Production Brute Standard en millier d'euros |
|----------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------|----------------------------------------------|
| Caveirac | 4                                                        | 61                                      | 2                      | 125                                          |
| Langlade | 7                                                        | 266                                     | 10                     | 528                                          |
| Milhaut  | 11                                                       | 325                                     | 18                     | 992                                          |
| Nîmes    | 76                                                       | 2 114                                   | 159                    | 10 743                                       |

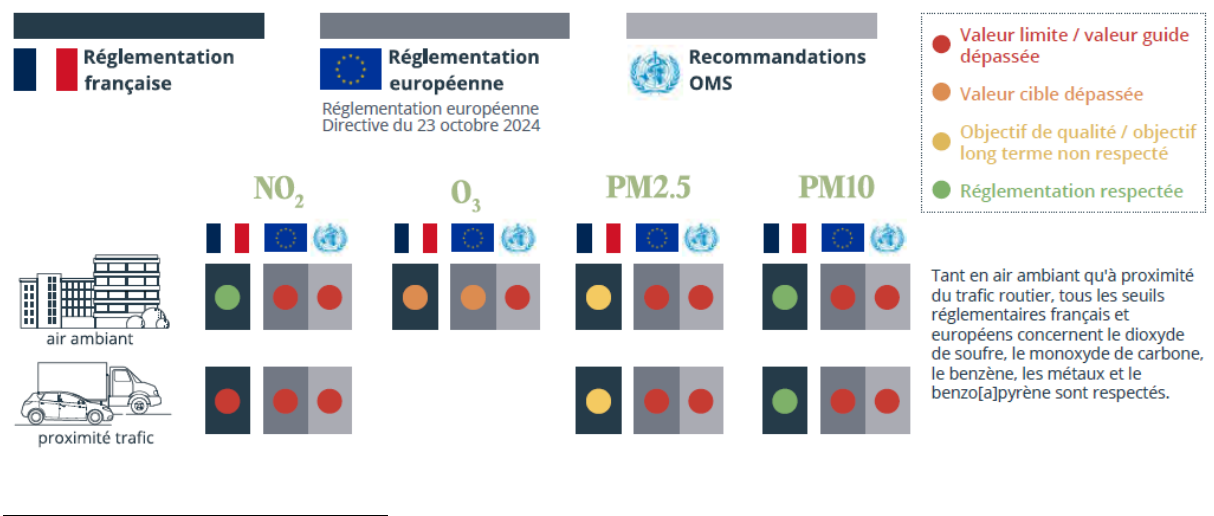
4.4 QUALITE DE L’AIR

4.4.1 Qualité de l’air dans le Gard

La qualité de l'air du département du Gard est surveillée par l’association de surveillance de la qualité de l’air ATMO Occitanie<sup>9</sup>, qui possède un dispositif déployé permettant de mesurer les concentrations dans l’air de différents polluants atmosphériques.

D’après le dernier bilan de la qualité de l’air publié par ATMO Occitanie (2024), « la population est exposée à des niveaux de polluants ne respectant pas les seuils réglementaires en vigueur : la valeur limite pour le dioxyde d’azote (NO<sub>2</sub>) est localement dépassée. (...) Les évaluations réalisées montrent que les valeurs limites fixées par la directive européenne pour 2030, plus exigeantes, devraient être dépassées pour les particules comme pour le dioxyde d’azote sur de très larges secteurs du département. Les concentrations de particules et de dioxyde d’azote restent stables en 2024. »

Figure 10 : qualité de l’air dans le Gard en 2024 (Source : ATMO Occitanie)



<sup>8</sup> Agreste, Ministère de l’Agriculture, de la Souveraineté alimentaire et de la Forêt : <https://stats.agriculture.gouv.fr/cartostat/#c=report>  
<sup>9</sup> <https://www.atmo-occitanie.org>

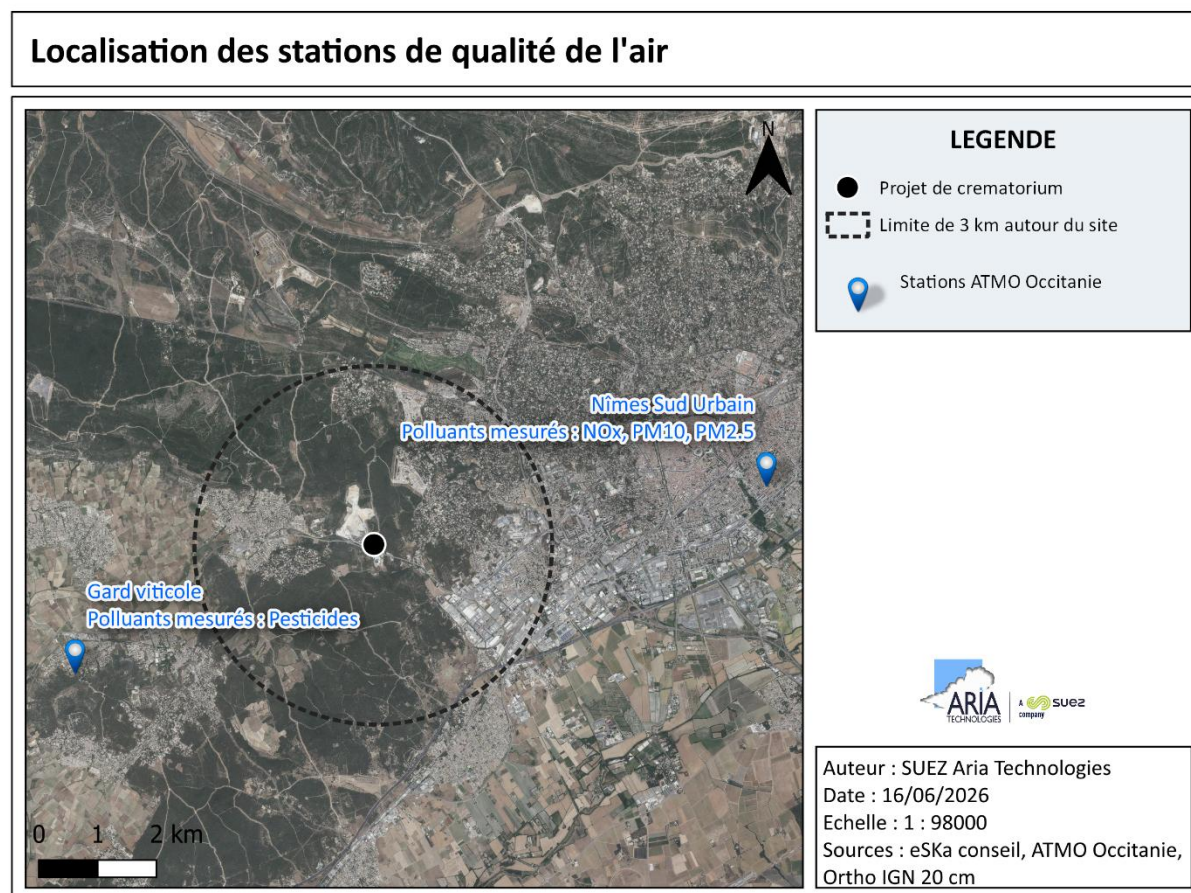
#### 4.4.2 Qualité de l'air sur la zone d'étude

Deux stations de fond du réseau ATMO Occitanie sont situées à moins de 10 km du projet de site :

- Station Gard viticole, située à environ 5,4 km à l'ouest du site ;
- Station Nîmes Sud Urbain, située à environ 6,9 km à l'est du site.

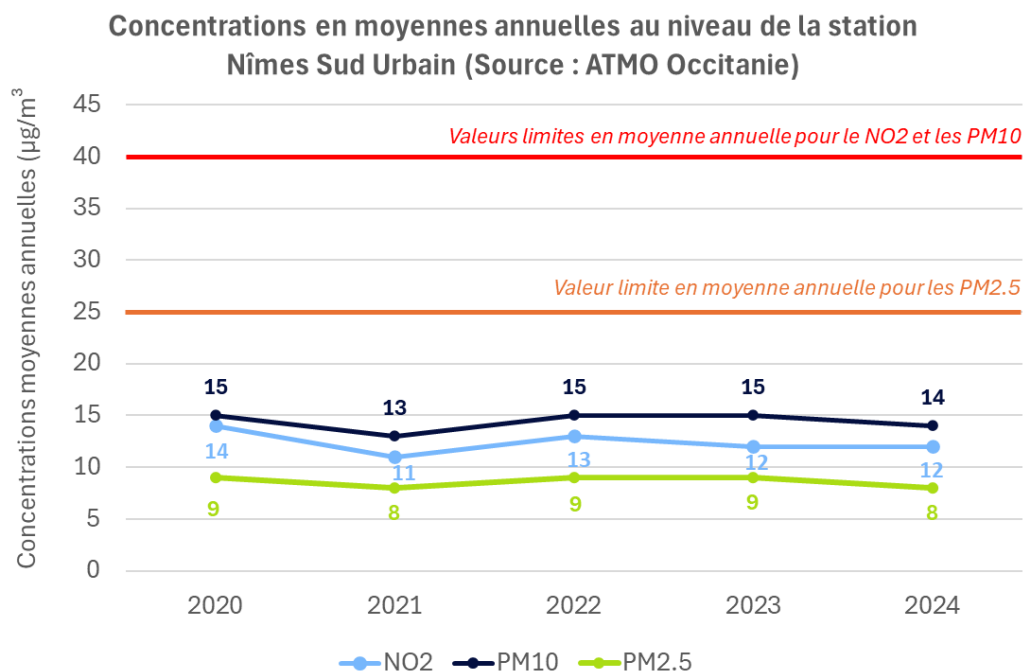
La Figure 11 présente leur localisation.

Figure 11 : localisation des stations de qualité de l'air (Source : ATMO Occitanie)



Parmi ces stations, seule Nîmes Sud Urbain mesure les concentrations de dioxyde d'azote et de PM10. La Figure 12 présente l'évolution de ces deux polluants sur les cinq dernières années.

Figure 12 : concentrations en NO<sub>2</sub>, PM10 et PM2.5 au niveau de la station Nîmes Sud Urbain (Source : ATMO Occitanie)



Les concentrations en NO<sub>2</sub>, PM10 et PM2.5 mesurées à la station Nîmes Sud Urbain sont conformes aux valeurs limites de la réglementation française. En moyenne, elles sont respectivement 3,2 fois inférieures à la valeur limite pour le NO<sub>2</sub>, 2,8 fois inférieures pour les PM10 et 2,9 fois inférieures pour les PM2.5.

## 5. SCHEMA CONCEPTUEL D'EXPOSITION

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

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

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

L'exposition par ingestion peut être :

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

Ainsi, au regard des données locales relatives à la caractérisation des milieux (cf. chapitre 4) :

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

**Les composés particuliers pouvant se déposer au sol et s'accumuler au travers de la chaîne alimentaire (mercure, dioxines) pourront également conduire à une exposition par ingestion.**

En ce qui concerne la voie cutanée, elle ne sera pas conservée. Cette voie peut être en effet considérée comme négligeable par rapport à l'inhalation et l'ingestion. De plus, il n'existe pas de valeur toxicologique de référence (VTR) pour cette voie d'exposition<sup>10</sup>.

---

<sup>10</sup> La note d'information de la DGS du 31 octobre 2014 précise en effet qu'« en l'absence de procédures établies pour la construction de VTR pour la voie cutanée, ils [les pétitionnaires] ne doivent envisager aucune transposition à cette voie de VTR disponibles pour les voies orale ou respiratoire ».

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

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

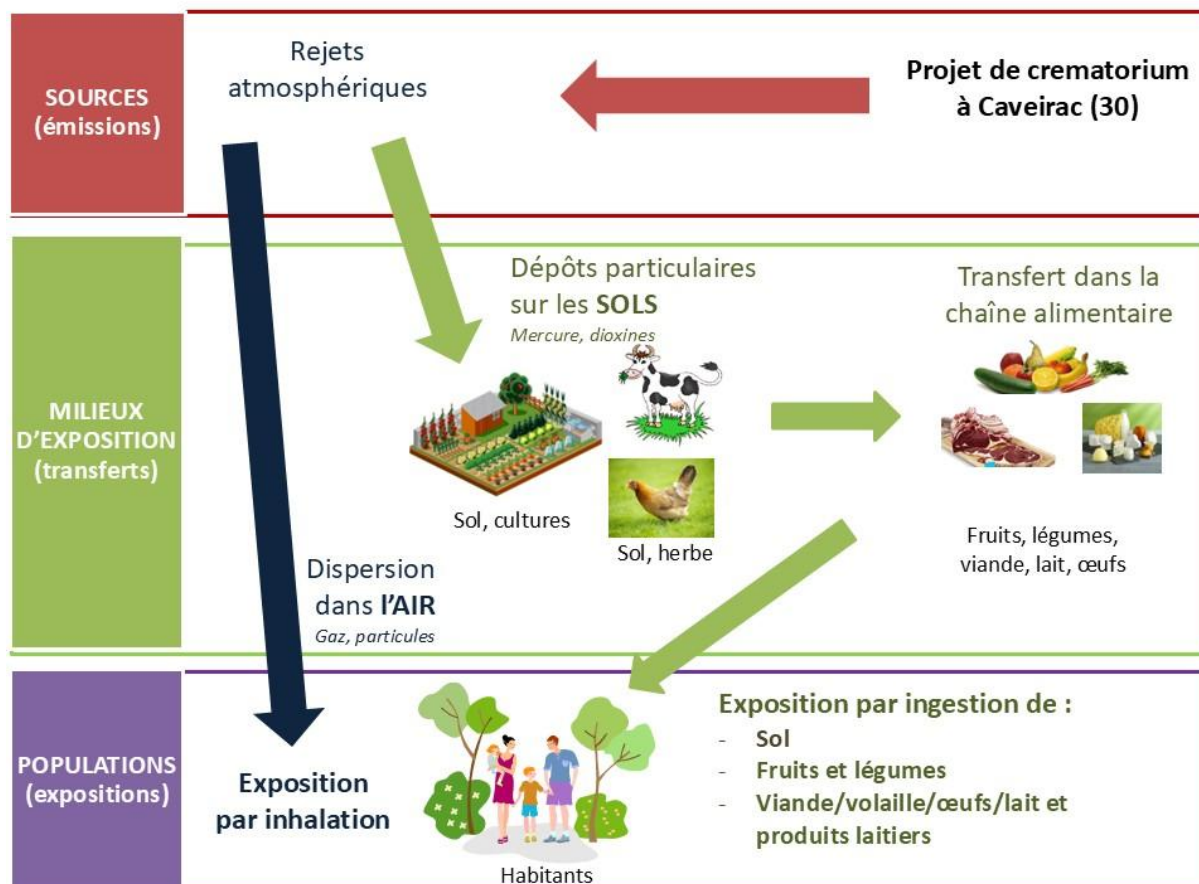
- l'inhalation de particules de sol remises en suspension dans l'air ;
- l'absorption cutanée des gaz et particules en suspension dans l'air ;
- l'ingestion d'animaux terrestres chassés dans la zone d'influence des rejets atmosphériques de l'installation.

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

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

Le Schéma Conceptuel d'Exposition autour du site est présenté sur la Figure 13.

Figure 13 : schéma conceptuel d'exposition autour du projet



## 6. CHOIX DES TRACEURS DE RISQUE

### 6.1 SUBSTANCES D'INTERET

Le bilan des émissions atmosphériques (cf. paragraphe 3) a permis le recensement des sources d'émissions en lien avec le projet et des substances émises. Certaines substances étant relatives à des familles de composés, elles nécessitent d'être assimilés à des composés individualisés dans la suite de l'étude. Aussi :

- Les oxydes d'azote (NOx) ont été assimilés au dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), espèce présentant le plus d'intérêt d'un point de vue toxicologique ;
- Faute d'informations sur leur spéciation, les COV ont été assimilés au benzène ;
- En l'absence de données disponibles sur la granulométrie des poussières, celles-ci ont été assimilées en totalité à des PM<sub>10</sub> (particules de diamètre inférieur ou égal à 10 µm) ;
- Concernant le mercure, ce métal émis dans l'atmosphère va passer sous forme organique ou inorganique dans les sols et dans les végétaux, dans des proportions différentes. Il est possible de distinguer les risques spécifiquement liés à chacune des formes de mercure car il existe des VTR spécifiques. Dans le cadre d'une exposition par ingestion, la forme organique (méthylmercure en particulier) est plus toxique que la forme inorganique.

### 6.2 ETUDE DES RELATIONS DOSE-REPONSE

#### 6.2.1 Définitions

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

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

- **les toxiques à effets à seuil** pour lesquels il existe des valeurs toxicologiques de référence en dessous desquelles l'exposition est réputée sans risque et dont la gravité des effets est proportionnelle à la dose.
- **les toxiques à effets sans seuil** tels que les cancérigènes génotoxiques pour lesquels il n'est pas possible de définir un niveau d'exposition sans risque pour la population. Pour ces produits, des excès unitaires de risque (ERU) ont été définis. Ils correspondent à la probabilité supplémentaire de survenue de cancer dans une population exposée à 1 µg/m<sup>3</sup> (durant toute sa vie<sup>11</sup> et 24h/24) par rapport à la probabilité de cancer dans une population non exposée. Un ERU à 10<sup>-5</sup> signifie qu'une personne exposée durant toute sa vie à 1 µg/m<sup>3</sup> aurait une probabilité supplémentaire par rapport au risque de base de 0,00001 de contracter un cancer ou bien, en d'autres termes, que si 100 000 personnes sont exposées, 1 cas de cancer supplémentaire est susceptible d'apparaître. Il n'existe pas de valeur seuil sans risque pour les composés à effets sans seuil.

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

---

<sup>11</sup> Conventionnellement prise égale à 70 ans

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

## 6.2.2 Critères de choix des Valeurs Toxicologiques de Référence

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

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

Dans l'objectif de simplifier les modalités de sélection des VTR et par la même la vérification des dossiers par les services de l'État, la Direction Générale de la Santé française a demandé, par une note d'information (DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014), de sélectionner la VTR en suivant le logigramme présenté en Annexe 1 lorsqu'il existe plusieurs VTR pour une voie et une durée d'exposition. Ces modalités seront appliquées dans le choix des VTR dans le présent rapport (cf. Annexe 3).

À noter que, pour certains composés, aucune VTR pertinente n'est recensée. C'est le cas du NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, du CO et/ou des particules (PM) qui disposent de valeurs réglementaires définies dans le Code de l'Environnement et/ou de valeurs guides par l'OMS (cf. paragraphe 6.3.2). La note d'information de la DGS précise que ces valeurs ne peuvent être utilisées comme des VTR. En effet, celles-ci peuvent intégrer des critères autres que toxicologiques ou sanitaires (économiques par exemple). Aussi, **aucune quantification sanitaire ne pourra être effectuée pour ces composés lorsqu'ils ne disposent pas de VTR pour la durée d'exposition considérée.**

## 6.3 CRITERES DE REFERENCE POUR LA QUALITE DE L'AIR

### 6.3.1 Normes de la qualité de l'air en France

Les concentrations de polluants dans l'air caractérisent la qualité de l'air que l'on respire. Les critères réglementaires de qualité dans l'air sont régis les principaux niveaux suivants (valeurs de référence) :

- **Valeur cible** : niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble ;
- **Objectif de qualité** : niveau à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble ;
- **Valeur limite** : niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble.

Le tableau ci-après présente les valeurs réglementaires françaises du Code de l'Environnement des niveaux définis précédemment.

Tableau 4 : valeurs réglementaires françaises relatives à la qualité de l'air

| Valeurs réglementaires françaises relatives à la qualité de l'air |                                                                                                                                                                                |                                                       |                                                      |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Substances                                                        | Valeurs limites                                                                                                                                                                | Objectifs de qualité                                  | Valeurs cibles                                       |
| <b>NO<sub>2</sub></b>                                             | <b>En moyenne annuelle :</b><br>depuis le 01/01/2010 : 40 µg/m <sup>3</sup> .<br><b>En moyenne horaire :</b><br>depuis le 01/01/2010 : 200 µg/m <sup>3</sup> <sup>(1)</sup>    | <b>En moyenne annuelle :</b><br>40 µg/m <sup>3</sup>  | -                                                    |
| <b>SO<sub>2</sub></b>                                             | <b>En moyenne horaire :</b><br>350 µg/m <sup>3</sup> <sup>(3)</sup><br><b>En moyenne journalière :</b><br>125 µg/m <sup>3</sup> <sup>(4)</sup>                                 | <b>En moyenne annuelle :</b><br>50 µg/m <sup>3</sup>  | -                                                    |
| <b>PM10</b>                                                       | <b>En moyenne annuelle :</b><br>depuis le 01/01/2005 : 40 µg/m <sup>3</sup> .<br><b>En moyenne journalière :</b><br>depuis le 01/01/2005 : 50 µg/m <sup>3</sup> <sup>(2)</sup> | <b>En moyenne annuelle :</b><br>30 µg/m <sup>3</sup>  | -                                                    |
| <b>PM2.5</b>                                                      | <b>En moyenne annuelle :</b><br>25 µg/m <sup>3</sup> depuis l'année 2015                                                                                                       | <b>En moyenne annuelle :</b><br>10 µg/m <sup>3</sup>  | <b>En moyenne annuelle :</b><br>20 µg/m <sup>3</sup> |
| <b>Benzène</b>                                                    | <b>En moyenne annuelle :</b><br>depuis le 01/01/2010 : 5 µg/m <sup>3</sup> .                                                                                                   | <b>En moyenne annuelle :</b><br>2 µg/m <sup>3</sup> . | -                                                    |

<sup>(1)</sup> Valeur à ne pas dépasser plus de 18 heures par an (centile 99,8). Valeur identique au seuil de recommandation et d'information.

<sup>(2)</sup> Valeur à ne pas dépasser plus de 35 jours par an (centile 90,4). Valeur identique au seuil de recommandation et d'information.

<sup>(3)</sup> Valeur à ne pas dépasser plus de 24 heures par an (centile 99,7).

<sup>(4)</sup> Valeur à ne pas dépasser plus de 3 jours par an (centile 99,2).

- : Absence de valeur disponible

### 6.3.2 Valeurs guides

En complément de ces valeurs réglementaires, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a mis à jour en septembre 2021 ses valeurs guides comme lignes directrices pour la qualité de l'air. Elles sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5 : valeurs guides recommandées par l'OMS (Source : OMS, 2021)

| Valeurs guides de l'OMS |                      |
|-------------------------|----------------------|
| Substances              | Annuelles            |
| <b>NO<sub>2</sub></b>   | 10 µg/m <sup>3</sup> |
| <b>PM10</b>             | 15 µg/m <sup>3</sup> |
| <b>PM2.5</b>            | 5 µg/m <sup>3</sup>  |
| <b>SO<sub>2</sub></b>   | 40 µg/m <sup>3</sup> |

## 6.4 CHOIX DES TRACEURS DE RISQUE

Dans le cadre de cette étude, toutes les substances disposant d'une Valeur Toxicologique de Référence ou une Valeur réglementaire sont retenues comme traceurs de risques, à savoir :

- Benzène,
- Acide chlorhydrique,
- Mercure (dont le méthylmercure),
- Dioxines.

Le **NO<sub>2</sub>**, le **SO<sub>2</sub>** et les **poussières (PM10 et PM2,5)** sont également retenus en tant que traceurs. À noter que les PM2,5 feront l'objet d'un paragraphe particulier (cf. paragraphe 8.2.4) à la suite de la publication d'une VTR sans seuil par l'ANSES en janvier 2023.

## 7. MODELISATION DE LA DISPERSION ATMOSPHERIQUE

Afin d'estimer les concentrations et dépôts dans l'environnement **attribuables aux installations du site**, une étude de dispersion a été réalisée pour les traceurs de risques retenus (cf. paragraphe 6.4).

### 7.1 PRESENTATION DU LOGICIEL DE DISPERSION ET PARAMETRAGES

#### 7.1.1 Présentation générale du logiciel

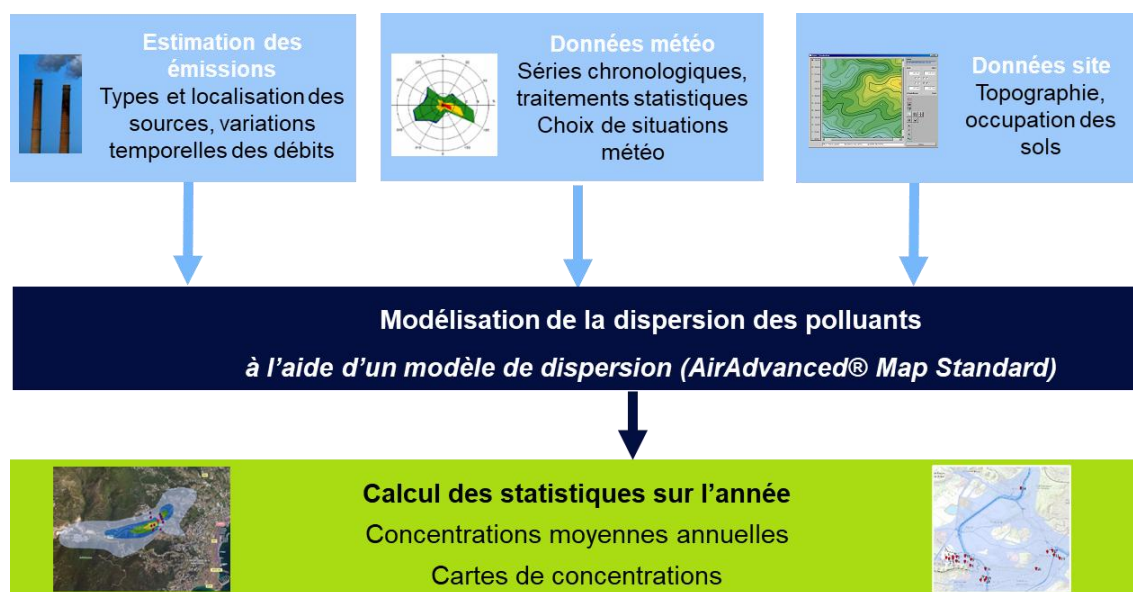
Le modèle utilisé pour cette analyse statistique est le logiciel AirAdvanced® Map Standard, version 1.4 (anciennement ARIA Impact). Ce logiciel permet d'élaborer des statistiques météorologiques et de déterminer l'impact des émissions rejetées par une ou plusieurs sources ponctuelles, linéiques ou surfaciques. Il permet de simuler plusieurs années de fonctionnement en utilisant des chroniques météorologiques représentatives du site. En revanche, il ne permet pas de considérer les transformations photochimiques des polluants et de calculer les concentrations de polluant secondaires tel que l'ozone.

Sans être un modèle tridimensionnel, AirAdvanced® Map Standard peut prendre en compte la topographie de manière simplifiée.

Par ailleurs, AirAdvanced® Map Standard est un modèle gaussien qui répond aux prescriptions de l'INERIS pour la modélisation de la dispersion de la pollution atmosphérique des rejets des installations industrielles (cf. Annexe 2 du Guide méthodologique INERIS : « Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions des substances chimiques par les installations classées » publié par l'INERIS en août 2013 et remis à jour en septembre 2021).

Une description détaillée du modèle est présentée en Annexe 2. Le diagramme ci-dessous schématise la méthodologie.

Figure 14 : méthodologie du logiciel AirAdvanced® Map Standard



## 7.1.2 Paramétrages du modèle de dispersion

Les hypothèses de calcul suivantes ont été prises en compte :

- Les caractéristiques physiques de l'émissaire considéré ainsi que les émissions associées (cf. paragraphe 3) ;
- Une prise en compte des vents calmes ;
- Une prise en compte simplifiée du relief (cf. paragraphe 7.2.2) ;
- Un modèle de dispersion selon les écarts-types de Pasquill (modèle adapté pour les sites ruraux) ;
- Une maille de calcul de 50 mètres.

### 7.1.2.1 Calcul des dépôts au sol

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

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

### 7.1.2.2 Caractéristiques des substances

Le Tableau 6 résume les valeurs utilisées dans le cadre de cette étude pour le calcul des dépôts.

Tableau 6 : paramètres de calcul des dépôts pour chacune des substances étudiées

| Polluant                            | Phase du polluant | Vitesse de dépôt sec (m/s) | Coefficient de lessivage ( $s^{-1}$ ) | Diamètre de particules |
|-------------------------------------|-------------------|----------------------------|---------------------------------------|------------------------|
| NOx, SO <sub>2</sub> , HCl, Benzène | Gaz               | 0                          | $1,0 \cdot 10^{-5}$                   | 0                      |
| PM <sub>10</sub>                    | Particules        | $1,3 \cdot 10^{-2}$        | $4,0 \cdot 10^{-4}$                   | 10                     |
| PM <sub>2,5</sub>                   | Particules        | $6 \cdot 10^{-3}$          | $8,0 \cdot 10^{-5}$                   | 2,5                    |
| Mercure                             | Particules        | $5 \cdot 10^{-4}$          | $3,5 \cdot 10^{-5}$                   | 1                      |
| Dioxines                            | Particules        | $5 \cdot 10^{-4}$          | $1,0 \cdot 10^{-5}$                   | 1,3                    |

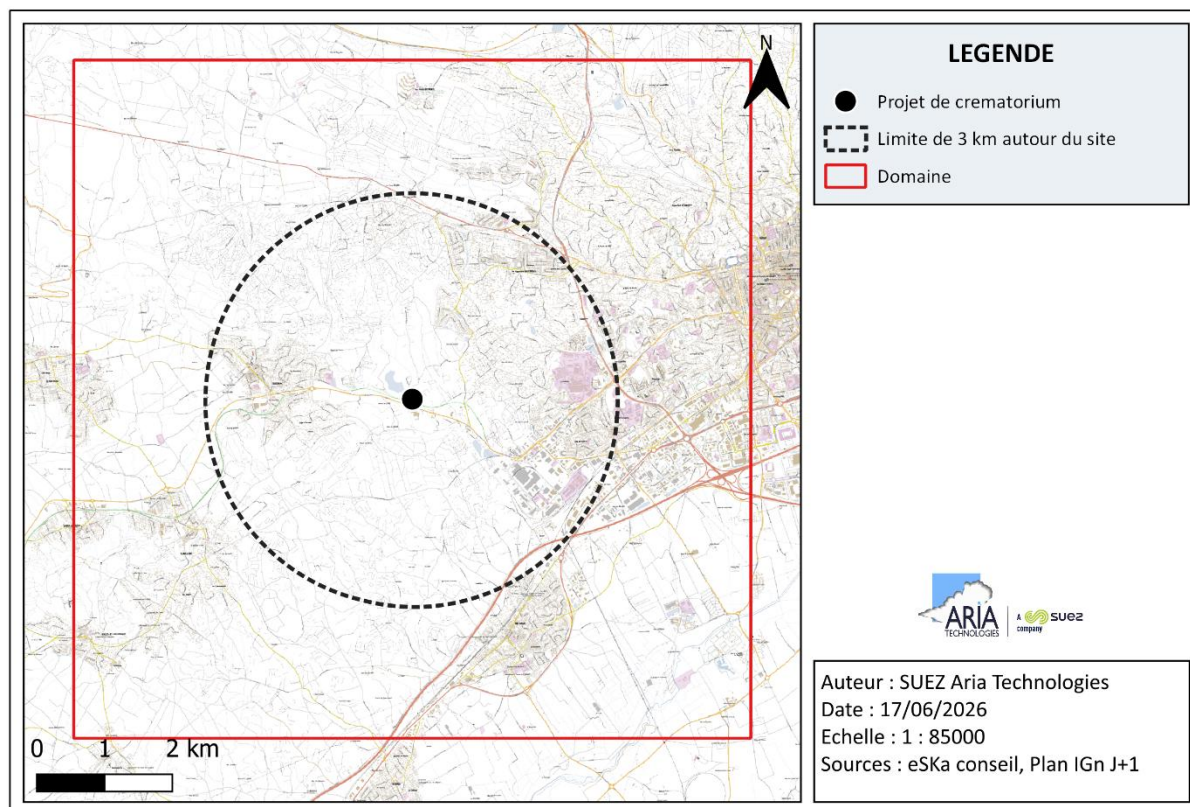
## 7.2 DONNEES D'ENTREE DU MODELE

### 7.2.1 Domaine d'étude et points cibles

#### 7.2.1.1 Domaine d'étude

Le domaine d'étude retenu est un carré de 10 km de côté centré sur le site. Il intègre le rayon de 3 km autour des limites du site.

Figure 15 : localisation du domaine d'étude



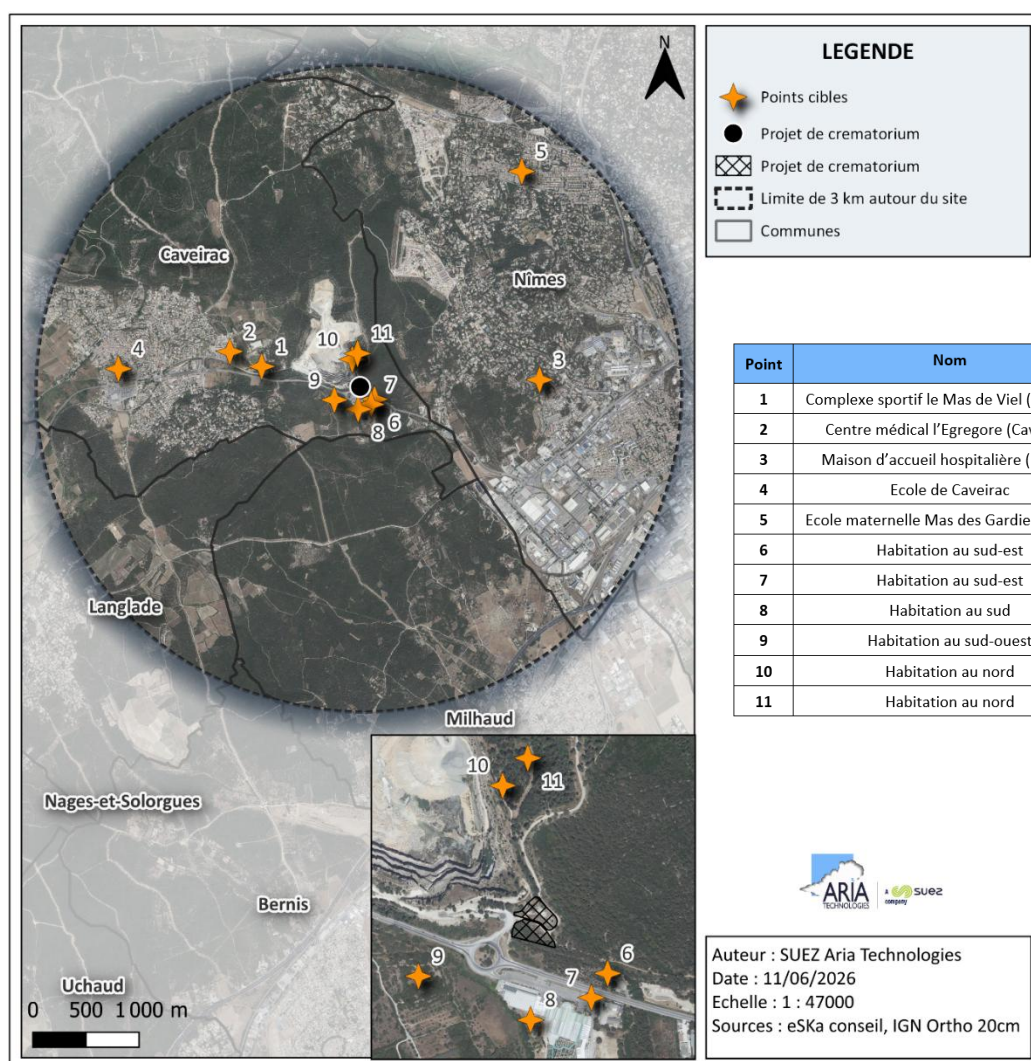
#### 7.2.1.2 Points cibles

Les résultats sont présentés sur la figure ci-dessous au niveau de onze points cibles correspondant aux zones d'occupation humaine les plus proches du site et aux sites accueillant des populations sensibles. Le point cible le plus proche se situe à environ 191 mètres de la source (Point 6 - habitation au sud-est).

Tableau 7 : points cibles retenus

| Point | Nom                                        | Distance à la source (m) | Point | Nom                     | Distance à la source (m) |
|-------|--------------------------------------------|--------------------------|-------|-------------------------|--------------------------|
| 1     | Complexe sportif le Mas de Viel (Caveirac) | 960                      | 7     | Habitation au sud-est   | 208                      |
| 2     | Centre médical l'Egrogore (Caveirac)       | 1 264                    | 8     | Habitation au sud       | 223                      |
| 3     | Maison d'accueil hospitalière (Nîmes)      | 1 698                    | 9     | Habitation au sud-ouest | 273                      |
| 4     | Ecole de Caveirac                          | 2 279                    | 10    | Habitation au nord      | 241                      |
| 5     | Ecole maternelle Mas des Gardies (Nîmes)   | 2 533                    | 11    | Habitation au nord      | 303                      |
| 6     | Habitation au sud-est                      | 191                      |       |                         |                          |

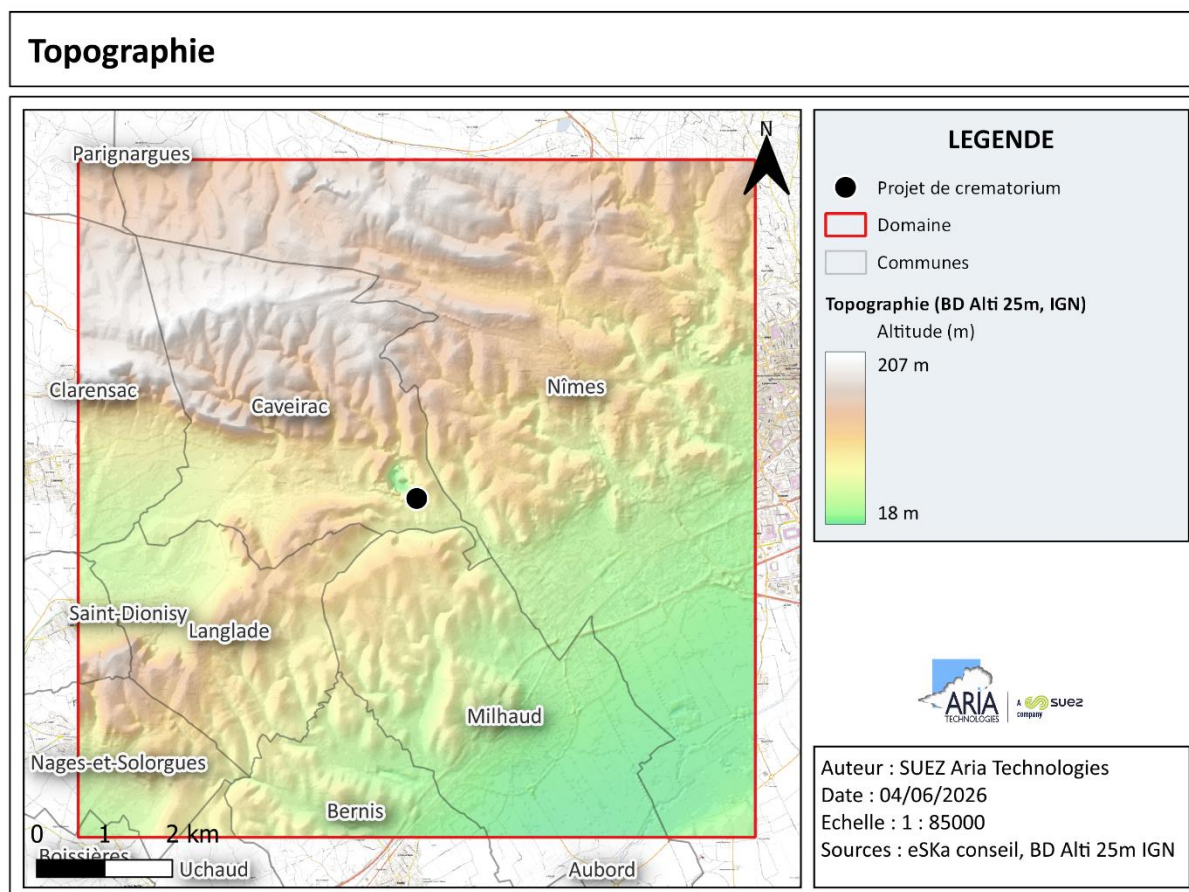
Figure 16 : localisation des points cibles retenus



## 7.2.2 Topographie

La topographie est issue d'un Modèle Numérique de Terrain au pas de 25 mètres qui provient de la BD Alti® fournie par l'Institut National Géographique (IGN). La figure ci-dessous présente une vue de la topographie sur le domaine d'étude, sur lequel le relief est compris entre 18 et 207 mètres NGF<sup>12</sup> environ. Les reliefs les plus importants se situent au nord du projet de site.

Figure 17 : topographie du domaine d'étude (Source : IGN, BD Alti®)



## 7.2.3 Météorologie

Les paramètres les plus importants pour la modélisation de la dispersion atmosphérique des odeurs sont : la direction du vent, la vitesse du vent, la température extérieure et la stabilité de l'atmosphère.

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

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

<sup>12</sup> Nivellement Général de la France

### **7.2.3.1 Données météorologiques disponibles**

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

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

Les données météorologiques retenues pour la simulation de la dispersion proviennent de la station Nîmes-Garons pour les données de vent (direction et vitesse), de température et de pluie. Les données de nébulosité sont des **données extraites au niveau du site** qui proviennent de la société Meteomatics<sup>13</sup>. Elle propose la fourniture de données historiques issues de stations Météo-France et de simulations météorologiques mondiales afin de représenter au mieux la météorologie au niveau du site (données « Meteomatics Mix »<sup>14</sup>).

Les données météorologiques utilisées sont des données horaires (une mesure toutes les heures). Ces fichiers comportent trois années de données : du 01/01/2023 au 31/12/2025.

### **7.2.3.2 Analyse météorologique**

#### **7.2.3.2.1 Roses des vents**

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

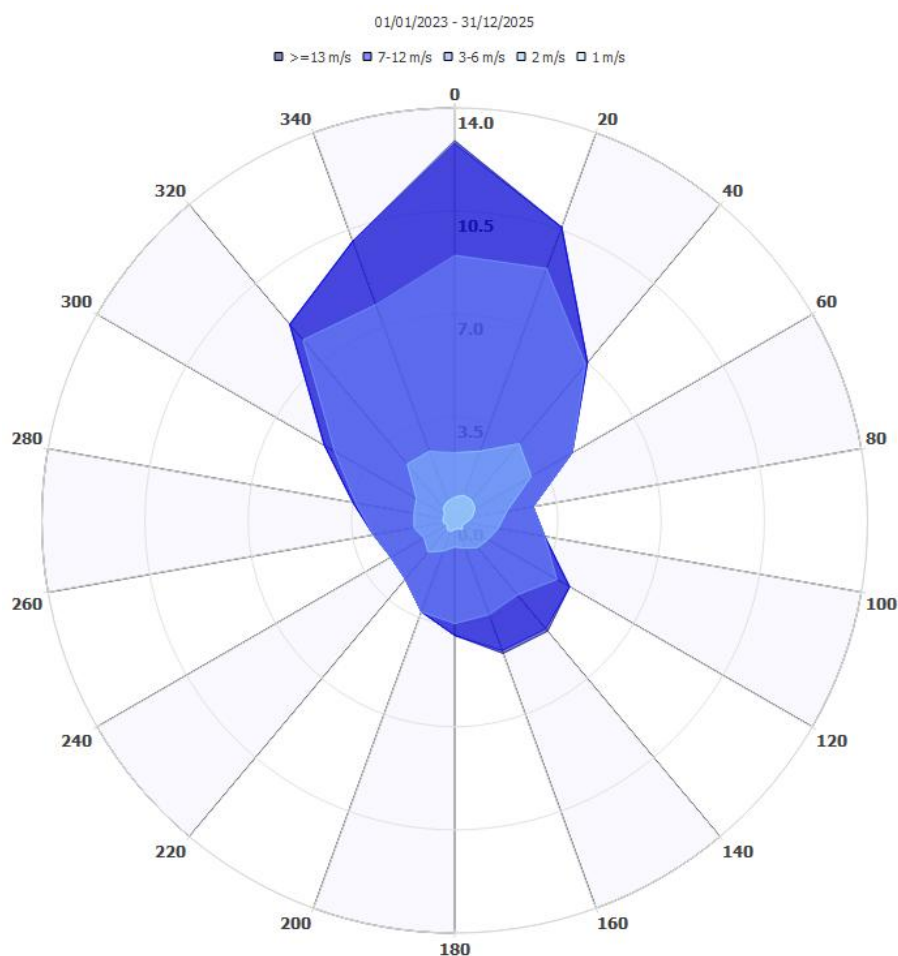
La Figure 18 présente la rose des vents générale pour la station simulée au niveau du site calculée à partir des données horaires sur la période 01/01/2023 au 31/12/2025.

---

<sup>13</sup> [www.meteomatics.com](http://www.meteomatics.com)

<sup>14</sup> Le Meteomatics Mix combine différentes sources en un mélange intelligent, de sorte que la meilleure source de données est choisie pour chaque heure et chaque lieu : combine l'ECMWF avec plus de 25 autres modèles météorologiques, mélange de modèles météorologiques et de terrain, de données sur l'utilisation des sols et de données astronomiques, calibrés avec les données de la station pour une précision encore plus grande. Résolution : 100 m

Figure 18 : rose des vents générale – Station Nîmes-Garons – période du 01/01/2023 au 31/12/2025



Le Tableau 8 synthétise les fréquences d'occurrence par classe de vitesse, toutes directions confondues.

Tableau 8 : fréquence d'apparition de chaque classe de vitesse de vent toutes directions confondues - Station Nîmes-Garons - Période du 01/01/2023 au 31/12/2025

| Classe de vitesse (m/s) | Calmes    | 1           | 2           | 3-6         | 7-12         | $\geq 13$          |
|-------------------------|-----------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------------|
| Borne de l'intervalle   | [0 ; 0,9[ | [0,9 ; 1,5[ | [1,5 ; 2,5[ | [2,5 ; 6,5[ | [6,5 ; 12,5[ | [12,5 ; $\infty$ [ |
| Fréquence (%)           | 2,5       | 9,1         | 22,6        | 52,6        | 12,9         | 0,3                |

Sur la période retenue pour cette étude (du 01/01/2023 au 31/12/2025), les principaux résultats de cette analyse sont les suivants :

- La rose des vents montre une direction privilégiée provenant du nord (50,2% des occurrences du vent mesuré ont une direction comprise entre 320° et 40°<sup>15</sup>) ;

<sup>15</sup> Les directions du vent sont données en degrés par rapport au Nord et indiquent la direction d'où vient le vent (convention météorologique internationale). Un vent de 0° est donc un vent venant du Nord, un vent de 180° est un vent venant du Sud.

- Les vents les plus fréquents ont une vitesse comprise entre 3 et 6 m/s. Sur l'ensemble des directions, les vents ont une vitesse moyenne de 3,8 m/s (soit 13,6 km/h) ;
- Les vents faibles (de vitesse inférieure à 1,5 m/s) sont fréquents et représentent 34,2% des estimations dont 2,5 % de vents calmes (vents inférieurs à 0,9 m/s soit 3,2 km/h) qui sont les plus pénalisants pour la dispersion des polluants ;
- Les vents forts (de vitesse supérieure à 6,5 m/s soit 23,4 km/h) ne représentent que 13,2%.

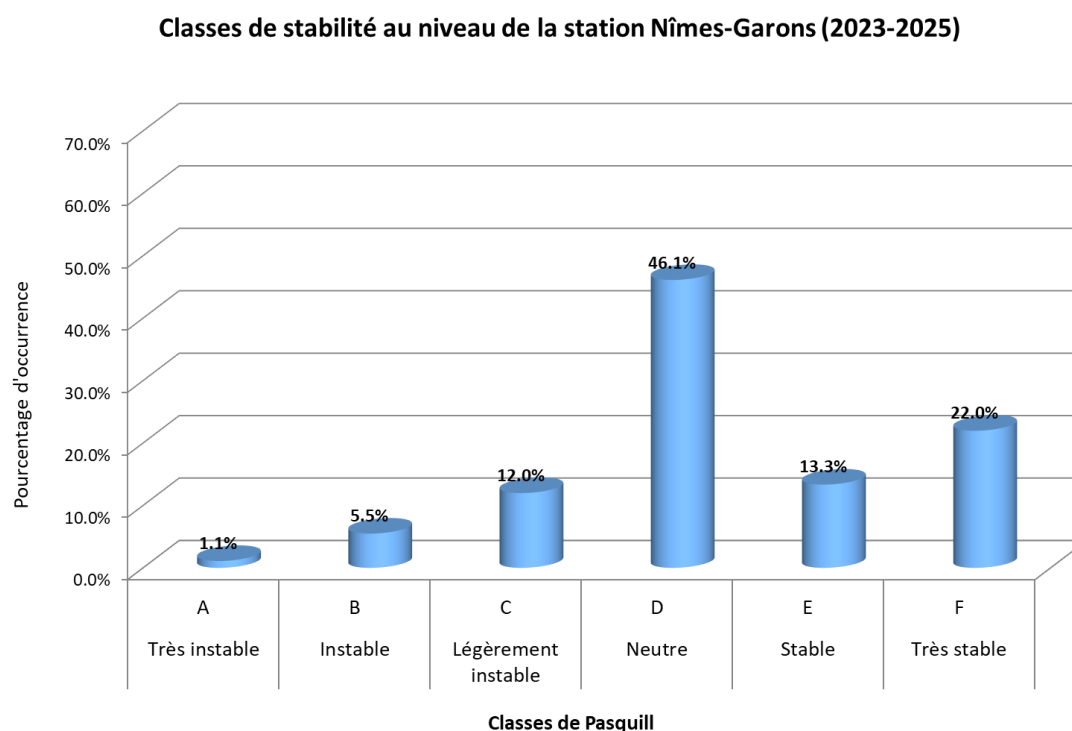
#### 7.2.3.2.2 Stabilité atmosphérique

La stabilité de l'atmosphère est destinée à quantifier les propriétés diffuses de l'air dans les basses couches. Elle est souvent associée à la structure thermique de l'atmosphère : par exemple, les situations d'inversion thermique se produisent lorsque l'atmosphère est stable. Elle est déterminée à partir du vent et de la nébulosité qui conduit à distinguer six catégories de stabilité de l'atmosphère :

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

La Figure 19 présente la répartition des cas météorologiques en fonction de la stabilité atmosphérique.

*Figure 19 : répartition des cas météorologiques en fonction de la stabilité atmosphérique – Station Nîmes-Garons et données Meteomatics au niveau du site - Période du 01/01/2023 au 31/12/2025*



La classe D de Pasquill est la plus fréquemment observée (46,1%), ce qui est très favorable pour la dispersion atmosphérique. Les vents ont une vitesse moyenne d'environ 2,3 m/s en situation très

stable - donc pénalisante pour la dispersion des émissions, tandis qu'en atmosphère neutre, elle est de 4,6 m/s.

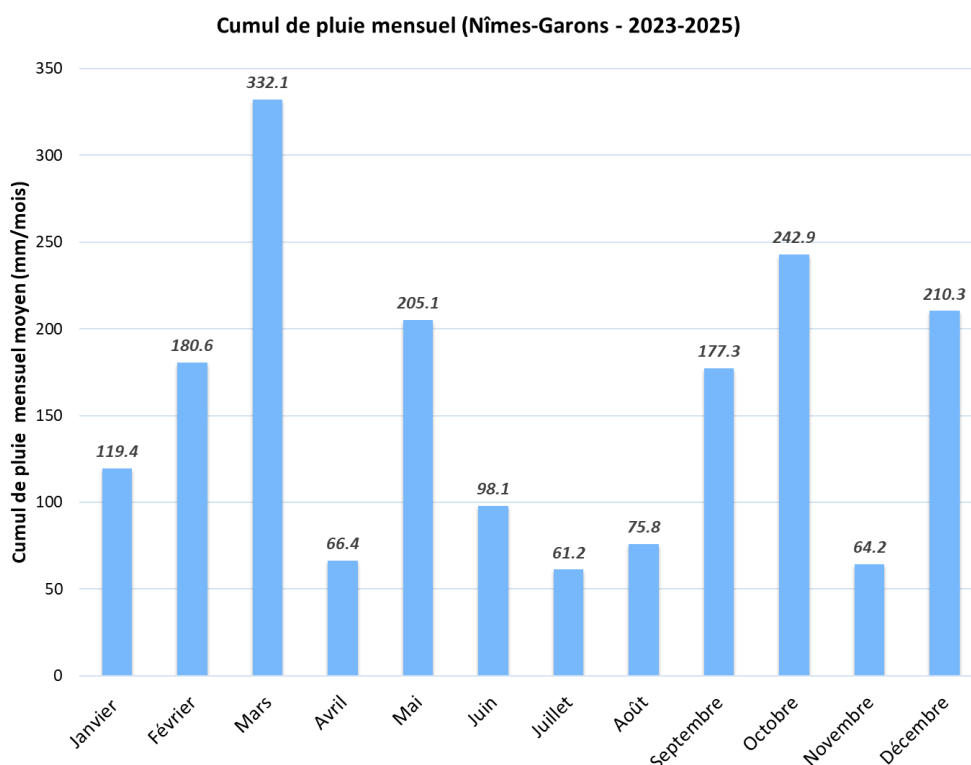
### 7.2.3.3 Pluviométrie

Dans le cadre de cette étude, les données de pluviométrie ont été prises en compte afin, notamment, de calculer les dépôts humides.

Tableau 9 : statistiques relatives à la pluviométrie – Station Nîmes-Garons - Période du 01/01/2023 au 31/12/2025

|                | Pluviométrie annuelle (mm) |
|----------------|----------------------------|
| <b>2023</b>    | 465,9                      |
| <b>2024</b>    | 694,9                      |
| <b>2022</b>    | 672,6                      |
| <b>Moyenne</b> | <b>611,1</b>               |

Figure 20 : variation moyenne mensuelle de la pluviométrie – Station Nîmes-Garons - Période du 01/01/2023 au 31/12/2025



Notons qu'en moyenne sur la période étudiée (du 01/01/2023 au 31/12/2025), il est tombé environ 611 mm de pluie par an, l'année 2024 étant l'année la plus pluvieuse (cf. Tableau 9).

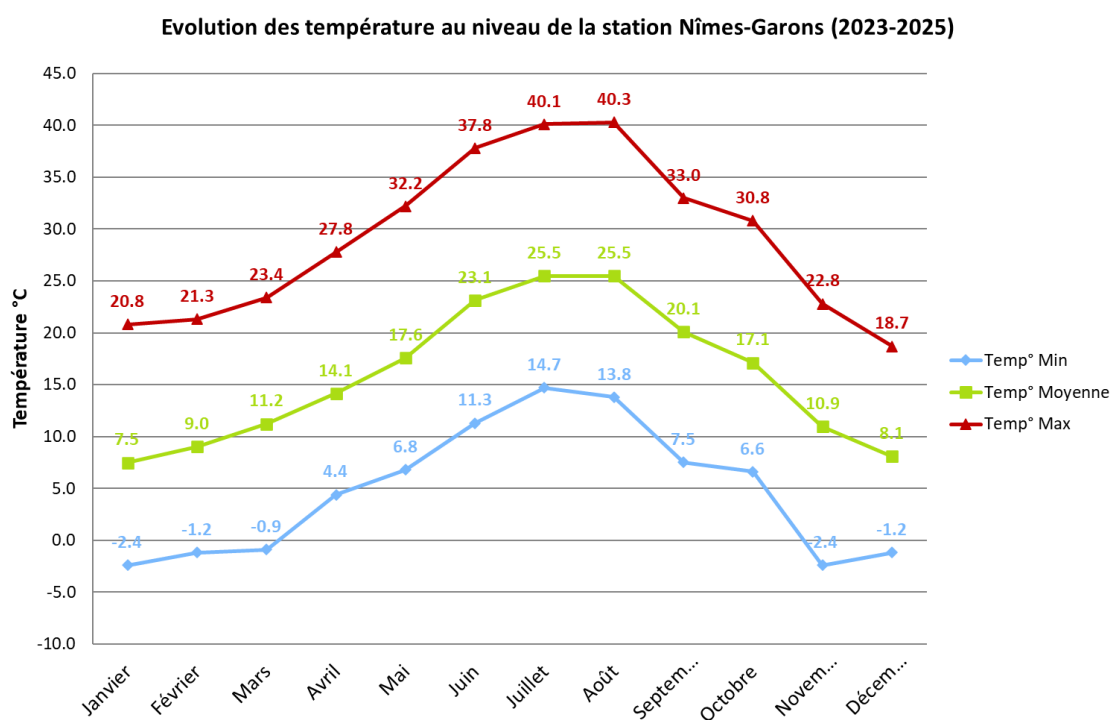
### 7.2.3.4 Températures

La température de l'air, dernier paramètre intervenant dans le processus de dispersion des polluants, est en moyenne de 15,9°C pour les trois années d'observations et varie peu au cours des trois années comme le montre le Tableau 10. La Figure 21 présente les variations moyennes mensuelles de la température minimale, moyenne et maximale sur la période du 01/01/2023 au 31/12/2025.

Tableau 10 : statistiques relatives à la température de l'air – Station Nîmes-Garons - Période du 01/01/2023 au 31/12/2025

|            | Température moyenne (°C) |
|------------|--------------------------|
| Année 2023 | 16,0                     |
| Année 2024 | 15,6                     |
| Année 2025 | 16,0                     |
| Moyenne    | 15,9                     |

Figure 21 : variation moyenne mensuelle de la température – Station Nîmes-Garons - Période du 01/01/2023 au 31/12/2025



### 7.2.4 Emissions

Les émissions prises en compte dans la modélisation correspondent aux flux horaires présentés au paragraphe 3. Des modulations ont été appliquées afin de tenir compte de la variabilité des émissions au cours de la journée ainsi que de la semaine.

## 7.3 RESULTATS DES MODELISATIONS

### 7.3.1 Présentation des résultats

Les résultats sont exprimés sous forme de concentrations en moyenne annuelle et dépôts au sol pour les espèces particulières. Les unités retenues pour exprimer les concentrations de polluant dans l'air dans ce rapport sont :

- le  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>(16)</sup> pour les concentrations de  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ , HCl, Benzène (COV) et les particules (PM10 et PM2.5) ;
- le  $\text{ng}/\text{m}^3$ <sup>(17)</sup> pour les concentrations de mercure ;
- le  $\text{fg}/\text{m}^3$ <sup>(18)</sup> pour les concentrations de dioxines ;
- le  $\text{ng}/\text{m}^2/\text{s}$  pour les dépôts au sol du mercure ;
- le  $\text{fg}/\text{m}^2/\text{s}$  pour les dépôts au sol de dioxines.

Ces résultats ne concernent que la contribution des rejets étudiés.

Les résultats sont présentés sous forme de cartes et de tableaux, notamment au niveau :

- de points cibles présentés au paragraphe 7.2.1 ;
- du point géographique le plus exposé en dehors des limites du site.

### 7.3.2 Concentrations en moyenne annuelle

Les résultats de concentrations moyennes annuelles vont permettre de fournir les éléments nécessaires pour évaluer les risques par inhalation.

Le Tableau 11 présente les concentrations moyennes annuelles modélisées au niveau du point géographique le plus exposé en dehors des limites du site et au niveau des points cibles présentés précédemment, correspondant aux premières habitations et aux populations sensibles.

La Figure 22 présente la carte de concentration en moyenne annuelle sur le domaine d'étude pour les PM10. Les aplats colorés montrent les zones où les concentrations au niveau du sol sont comprises entre deux valeurs, par exemple, les zones en « bleu clair » sur la Figure 22 correspondent à des concentrations en PM10 comprises entre 0,0005 et 0,001  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Les cartes des autres traceurs de risque sont présentées en Annexe 4.

L'analyse des résultats montre que :

- **Pour l'ensemble des substances étudiées, les concentrations en moyenne annuelle obtenues par modélisation au niveau du point le plus exposé du domaine d'étude sont inférieures aux valeurs limites françaises de la qualité de l'air pour les composés qui en disposent ;**
- Parmi les points cibles étudiés, le point n°8 (habitation au sud) présente les niveaux d'exposition les plus élevés, en raison de sa localisation sous les vents dominants de secteur nord, favorisant le transport des polluants en sa direction ;
- Les cartographies montrent que les concentrations les plus élevées sont situées à proximité du site. La zone la plus exposée en dehors des limites du site se situe au nord, dans une zone inhabitée (forêt).

---

<sup>16</sup> Microgramme de polluant par mètre cube d'air.  $1 \mu\text{g} = 1.10^{-6} \text{ g}$ .

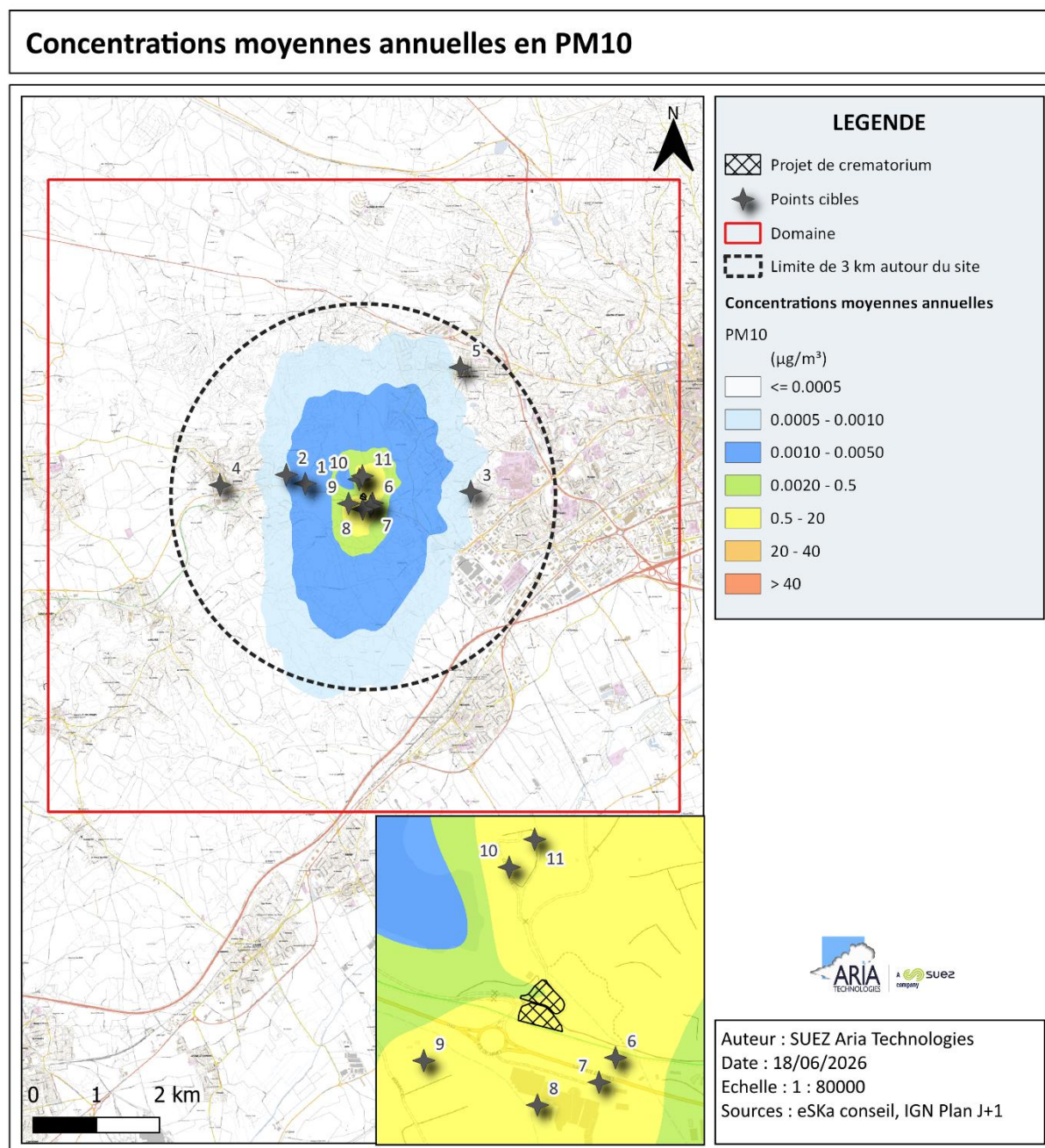
<sup>17</sup> Nanogramme de polluant par mètre cube d'air.  $1 \text{ ng} = 1.10^{-9} \text{ g}$ .

<sup>18</sup> Femtogramme de polluant par mètre cube d'air.  $1 \text{ fg} = 1.10^{-15} \text{ g}$ .

Tableau 11 : concentrations en moyenne annuelle

| Concentrations moyennes annuelles                         |                                            |                   |                   |                   |                           |                   |                   |                   |                     |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
|                                                           |                                            | NO <sub>2</sub>   | SO <sub>2</sub>   | Benzène           | Acide chlorhydrique (HCl) | PM10              | PM2,5             | Mercure           | Dioxines et furanes |
| Unité                                                     |                                            | µg/m <sup>3</sup> | µg/m <sup>3</sup> | µg/m <sup>3</sup> | µg/m <sup>3</sup>         | µg/m <sup>3</sup> | µg/m <sup>3</sup> | ng/m <sup>3</sup> | fg/m <sup>3</sup>   |
| <b>Point le plus exposé en dehors des limites du site</b> |                                            | <b>2,37</b>       | <b>5,65E-01</b>   | <b>9,49E-02</b>   | <b>1,42E-01</b>           | <b>4,89E-02</b>   | <b>4,73E-02</b>   | <b>9,48E-01</b>   | <b>4,74E-01</b>     |
| <b>1</b>                                                  | Complexe sportif le Mas de Viel (Caveirac) | 1,17E-01          | 2,55E-02          | 4,69E-03          | 7,04E-03                  | 1,84E-03          | 2,11E-03          | 4,64E-02          | 2,33E-02            |
| <b>2</b>                                                  | Centre médical l'Egregore (Caveirac)       | 6,32E-02          | 1,34E-02          | 2,53E-03          | 3,79E-03                  | 9,37E-04          | 1,11E-03          | 2,50E-02          | 1,25E-02            |
| <b>3</b>                                                  | Maison d'accueil hospitalière (Nîmes)      | 3,68E-02          | 7,72E-03          | 1,47E-03          | 2,21E-03                  | 5,27E-04          | 6,40E-04          | 1,45E-02          | 7,28E-03            |
| <b>4</b>                                                  | Ecole de Caveirac                          | 2,15E-02          | 4,21E-03          | 8,61E-04          | 1,29E-03                  | 2,72E-04          | 3,49E-04          | 8,42E-03          | 4,23E-03            |
| <b>5</b>                                                  | Ecole maternelle Mas des Gardies (Nîmes)   | 3,72E-02          | 6,92E-03          | 1,49E-03          | 2,23E-03                  | 4,33E-04          | 5,76E-04          | 1,46E-02          | 7,29E-03            |
| <b>6</b>                                                  | Habitation au sud-est                      | 8,49E-01          | 2,02E-01          | 3,40E-02          | 5,09E-02                  | 1,81E-02          | 1,69E-02          | 3,39E-01          | 1,70E-01            |
| <b>7</b>                                                  | Habitation au sud-est                      | 1,03              | 2,45E-01          | 4,12E-02          | 6,18E-02                  | 2,18E-02          | 2,05E-02          | 4,12E-01          | 2,06E-01            |
| <b>8</b>                                                  | Habitation au sud                          | 1,36              | 3,25E-01          | 5,45E-02          | 8,18E-02                  | 2,86E-02          | 2,71E-02          | 5,45E-01          | 2,73E-01            |
| <b>9</b>                                                  | Habitation au sud-ouest                    | 5,27E-01          | 1,25E-01          | 2,11E-02          | 3,16E-02                  | 1,21E-02          | 1,05E-02          | 2,11E-01          | 1,05E-01            |
| <b>10</b>                                                 | Habitation au nord                         | 8,52E-01          | 2,03E-01          | 3,41E-02          | 5,11E-02                  | 1,78E-02          | 1,69E-02          | 3,41E-01          | 1,70E-01            |
| <b>11</b>                                                 | Habitation au nord                         | 1,03              | 2,43E-01          | 4,12E-02          | 6,18E-02                  | 1,99E-02          | 2,02E-02          | 4,11E-01          | 2,06E-01            |
| <b>Rappel de la réglementation française :</b>            |                                            |                   |                   |                   |                           |                   |                   |                   |                     |
| Objectif de qualité                                       |                                            | 40                | 50                | 2                 | -                         | 30                | 10                | -                 | -                   |
| Valeur cible                                              |                                            | -                 | -                 | -                 | -                         | -                 | 20                | -                 | -                   |
| Valeur limite                                             |                                            | 40                | -                 | 5                 | -                         | 40                | 25                | -                 | -                   |

Figure 22 : carte de concentration en moyenne annuelle en PM10



### 7.3.3 Dépôts au sol

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

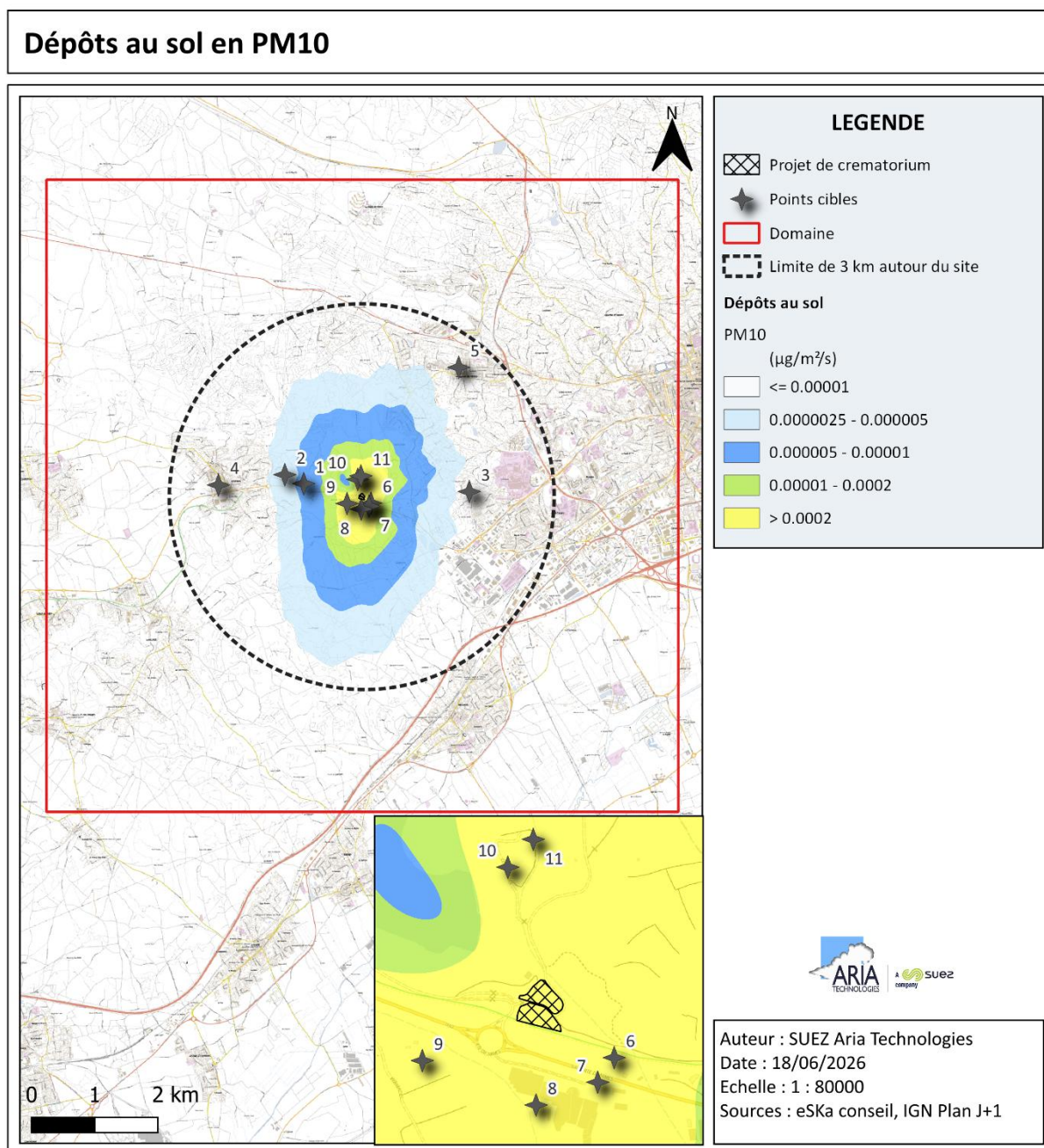
Le Tableau 12 présente les dépôts totaux moyens annuels modélisés pour chacun des polluants particuliers au niveau du point géographique le plus exposé du domaine d'étude en dehors des limites du site et au niveau des points cibles retenus.

La Figure 23 présente la carte des dépôts pour les PM10 sur le domaine d'étude. Les cartes pour les autres substances sont présentées en Annexe 5. Les cartographies montrent que les dépôts les plus élevés sont situés sur le site ou en dehors des limites du site au sud au niveau de zones d'habitation pour les PM10.

Tableau 12 : dépôts totaux au sol moyens annuels

| Dépôts totaux                                                           |                                            |          |          |          |                     |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------|----------|----------|---------------------|
| Unité                                                                   |                                            | PM10     | PM2,5    | Mercure  | Dioxines et furanes |
|                                                                         |                                            | µg/m²/s  | µg/m²/s  | ng/m²/s  | fg/m²/s             |
| Point le plus exposé en dehors des limites du site (en bordure du site) |                                            | 9,44E-05 | 4,64E-05 | 9,22E-05 | 4,16E-05            |
| 1                                                                       | Complexe sportif le Mas de Viel (Caveirac) | 2,66E-05 | 1,36E-05 | 3,20E-05 | 1,30E-05            |
| 2                                                                       | Centre médical l'Egregore (Caveirac)       | 1,42E-05 | 7,39E-06 | 2,01E-05 | 7,43E-06            |
| 3                                                                       | Maison d'accueil hospitalière (Nîmes)      | 7,62E-06 | 4,16E-06 | 1,04E-05 | 4,13E-06            |
| 4                                                                       | Ecole de Caveirac                          | 4,05E-06 | 2,33E-06 | 6,91E-06 | 2,54E-06            |
| 5                                                                       | Ecole maternelle Mas des Gardies (Nîmes)   | 5,82E-06 | 3,55E-06 | 8,18E-06 | 3,79E-06            |
| 6                                                                       | Habitation au sud-est                      | 2,57E-04 | 1,06E-04 | 2,16E-04 | 9,08E-05            |
| 7                                                                       | Habitation au sud-est                      | 2,98E-04 | 1,26E-04 | 2,40E-04 | 1,07E-04            |
| 8                                                                       | Habitation au sud                          | 3,91E-04 | 1,67E-04 | 3,25E-04 | 1,43E-04            |
| 9                                                                       | Habitation au sud-ouest                    | 1,61E-04 | 6,33E-05 | 1,14E-04 | 5,35E-05            |
| 10                                                                      | Habitation au nord                         | 2,27E-04 | 9,84E-05 | 1,73E-04 | 8,29E-05            |
| 11                                                                      | Habitation au nord                         | 2,78E-04 | 1,29E-04 | 2,73E-04 | 1,14E-04            |

Figure 23 : carte de dépôts au sol en PM10



## 8. EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES LIÉS AUX REJETS ATMOSPHERIQUES

### 8.1 EVALUATION DE L'EXPOSITION HUMAINE

L'étude de dispersion (cf. paragraphe 7) a permis d'estimer les concentrations dans l'air et les dépôts au sol imputables au projet. Ces résultats serviront dans le cadre de cette étude pour estimer les expositions des populations vivant autour du site.

#### 8.1.1 Scénarios d'exposition retenus

Compte tenu des rejets des installations du site, des usages et des populations avoisinantes, les voies d'exposition retenues sont les suivantes (cf. schéma conceptuel d'exposition au paragraphe 5) :

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

L'évaluation de l'exposition humaine est réalisée pour un scénario d'exposition relatif à l'exposition potentielle des habitants situés au voisinage du site, considéré comme majorant compte tenu des paramètres d'exposition retenus, à savoir :

- L'étude porte sur des expositions chroniques, c'est-à-dire des expositions récurrentes ou continues pendant plusieurs années. Par conséquent, **la durée de résidence choisie est de 30 ans**, ce qui correspond au 90<sup>ème</sup> percentile des durées de résidence en France<sup>19</sup> sans changer d'adresse. Cette durée de résidence est préconisée par l'INERIS et par l'Observatoire des pratiques de l'évaluation des risques sanitaires dans les études d'impact. Il peut exister des variations locales à ce chiffre. Par ailleurs, ce chiffre ne rend pas compte des personnes qui déménagent dans la même commune et qui restent donc exposées.
- En l'absence de données sur le temps passé par les populations sur le domaine d'étude et en dehors du domaine d'étude ainsi que sur les concentrations d'exposition des personnes pendant le temps passé en dehors du domaine d'étude, il est posé l'hypothèse majorante d'une **présence journalière et annuelle permanente des personnes (soit 24 h/jour et 365 jours/an)** sur le domaine d'étude.

Ces hypothèses ne tiennent pas compte des diverses causes d'absence du domicile, notamment pour des raisons personnelles (vacances, loisirs, etc.) ou professionnelles.

---

<sup>19</sup> Nedellec V., D. Courgeau et P. Empereur-Bissonnet, La durée de résidence des Français et l'évaluation des risques liés aux sols pollués, *Energie Santé*, 9, 503-515, 1998.

Tableau 13 : récapitulatif du scénario retenu

| SCENARIO                                        | Zone la plus exposée                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Individu                                        | Adulte (plus de 18 ans)<br>Enfant (6 classes d'âge)<br>A noter que dans le cas de l'exposition par inhalation, les paramètres d'exposition ne diffèrent pas pour les adultes et les enfants : les calculs de risque ne sont donc pas différenciés. |
| Valeur retenue pour l'exposition par inhalation | Concentration au niveau de la zone d'étude la plus exposée du domaine d'étude en dehors des limites du site                                                                                                                                        |
| Valeur retenue pour l'exposition par ingestion  | Ingestion directe et indirecte<br>Dépôts au niveau du point cible le plus exposé (point n°8 – habitation au sud)                                                                                                                                   |

Le Tableau 14 rappelle les valeurs de concentrations et de dépôts au sol retenus pour le scénario d'exposition, valeurs qui seront utilisées pour le calcul des doses d'exposition par inhalation et par ingestion.

Tableau 14 : concentrations et dépôts retenus pour le scénario d'exposition retenu

|                                  |                      | Zone la plus exposée                                                     |
|----------------------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Lieu                             |                      | Zone habitée la plus exposée = Zone de culture                           |
|                                  |                      | Concentrations en moyenne annuelle (exposition chronique par inhalation) |
| NOx assimilés au NO <sub>2</sub> | µg/m <sup>3</sup>    | 2,4                                                                      |
| PM <sub>10</sub>                 | µg/m <sup>3</sup>    | 4,9E-02                                                                  |
| PM <sub>2,5</sub>                | µg/m <sup>3</sup>    | 4,7E-02                                                                  |
| SO <sub>2</sub>                  | µg/m <sup>3</sup>    | 5,7E-01                                                                  |
| Benzène                          | µg/m <sup>3</sup>    | 9,5E-02                                                                  |
| Acide chlorhydrique              | µg/m <sup>3</sup>    | 1,4E-01                                                                  |
| Mercure                          | µg/m <sup>3</sup>    | 9,5E-04                                                                  |
| Dioxines et furanes              | µg/m <sup>3</sup>    | 4,7E-10                                                                  |
|                                  |                      | Dépôts totaux au sol (exposition chronique par ingestion)                |
| Mercure                          | µg/m <sup>2</sup> /s | 3,3E-07                                                                  |
| Dioxines et furanes              | µg/m <sup>2</sup> /s | 1,4E-13                                                                  |

## 8.1.2 Exposition par inhalation

### 8.1.2.1 Calcul des concentrations moyennes inhalées

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

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

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

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

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

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

Le Tableau 15 présente les concentrations moyennes inhalées (CI) calculées pour le scénario d'exposition retenu.

Tableau 15 : concentrations moyennes inhalées (CI)

| Substances                       | Unité                    | Zone la plus exposée |
|----------------------------------|--------------------------|----------------------|
| NOx assimilés au NO <sub>2</sub> | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 2,4                  |
| PM <sub>10</sub>                 | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 4,9E-02              |
| PM <sub>2,5</sub>                | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 4,7E-02              |
| SO <sub>2</sub>                  | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 5,7E-01              |
| Benzène                          | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 9,5E-02              |
| Acide chlorhydrique              | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 1,4E-01              |
| Mercure                          | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 9,5E-04              |
| Dioxines et furanes              | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 4,7E-10              |

### 8.1.2.2 Comparaison des concentrations aux valeurs guides OMS

Les NO<sub>x</sub> (assimilés au NO<sub>2</sub>), le SO<sub>2</sub> et les poussières (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>) ne disposent pas de valeur de référence applicable mais des valeurs guides ont été fixées par l'Organisation Mondiale de la Santé (septembre 2021) pour évaluer l'impact des émissions sur la qualité de l'air et la santé des populations exposées. Pour ces substances, les concentrations modélisées seront simplement comparées aux valeurs guides conformément à la note d'information de la DGS d'octobre 2014.

Le Tableau 16 présente les concentrations moyennes inhalées (CI) estimées pour le scénario d'exposition retenu en comparaison avec les valeurs guides de l'OMS. **Pour le scénario étudié, les concentrations inhalées sont très inférieures aux recommandations de l'OMS.**

Tableau 16 : comparaison avec les valeurs guides de l'OMS – risques chroniques

| Substances                       | Unité                    | Zone la plus exposée | Valeur guide moyenne annuelle OMS |
|----------------------------------|--------------------------|----------------------|-----------------------------------|
| NOx assimilés au NO <sub>2</sub> | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 2,4                  | 10                                |
| PM <sub>10</sub>                 | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 4,9E-02              | 15                                |
| PM <sub>2,5</sub>                | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 4,7E-02              | 5                                 |
| SO <sub>2</sub>                  | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 5,7E-01              | 50                                |

### 8.1.3 Exposition par ingestion

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

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

#### 8.1.3.1 Cibles retenues

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

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

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

#### 8.1.3.2 Voies d'exposition par ingestion

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

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

Ainsi, l'exposition par ingestion et en particulier par ingestion indirecte a été estimée en effectuant un calcul à partir d'équations simples qui permet une estimation sommaire de l'apport lié à l'ingestion de légumes et fruits d'origine locale (EPA, HHRAP)<sup>20</sup>.

La méthodologie utilisée pour déterminer les concentrations dans les milieux d'exposition est détaillée en Annexe 6.

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

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

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

Avec :

DJE : Dose Journalière d'Exposition totale (mg/kg poids corporel/jour)

C<sub>i</sub> : concentration en polluant dans l'aliment i (mg/kg)

i correspondant au sol (terre ingérée), aux légumes-feuilles, aux légumes-fruits, aux légumes-racines, aux fruits, à la viande de volaille, aux œufs, aux autres viandes et aux produits laitiers.

Q<sub>i</sub> : quantité de l'aliment i ingérée (kg/jour)

f<sub>i</sub> : fraction d'aliment i provenant de la zone d'exposition (-)

P : masse corporelle de la cible (kg)

Les concentrations C<sub>i</sub> dans l'aliment i sont calculées suivant les méthodologies présentées en Annexe 6.

Les Doses Journalières d'Exposition sont calculées en prenant comme hypothèses les valeurs de poids corporel, de consommations journalières et de taux d'autoconsommation préconisées par l'INERIS<sup>21</sup> et utilisées dans le logiciel MODUL'ERS pour chaque catégorie d'âge (cf. Tableau 17).

---

<sup>20</sup> EPA. Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion facilities. July 1998. EPA530-D-98-001A.

<sup>21</sup> Rapport INERIS-DRC-14-141968-11173C (juin 2017) – Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel MODUL'ERS.

Tableau 17 : paramètres relatifs aux différentes catégories d'âge (données INERIS)

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

Tableau 18 : fraction d'aliments auto-produits dans la zone d'étude (données INERIS)

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

Les Doses Journalières d'Exposition liées au projet ainsi calculées sont présentées dans le Tableau 19 (détail en Annexe 7).

**Tableau 19 : dose Journalière d'Exposition totale pour chaque tranche d'âge – Zone la plus exposée (point n°8 – Habitation au sud)**

| En mg/kg/jour                     | Méthylmercure  | Mercure inorganique | Dioxines et furanes |
|-----------------------------------|----------------|---------------------|---------------------|
| DJE Classe 1 : de 0 à 1 an        | 2,1E-08        | 1,1E-06             | 3,8E-13             |
| DJE Classe 2 : de 1 à 3 ans       | 3,5E-08        | 1,9E-06             | 1,0E-12             |
| DJE Classe 3 : de 3 à 6 ans       | 2,0E-08        | 1,4E-06             | 6,8E-13             |
| DJE Classe 4 : de 6 à 11 ans      | 1,3E-08        | 8,5E-07             | 4,2E-13             |
| DJE Classe 5 : de 11 à 15 ans     | 8,0E-09        | 5,5E-07             | 2,5E-13             |
| DJE Classe 6 : de 15 à 18 ans     | 6,4E-09        | 4,5E-07             | 2,1E-13             |
| DJE Enfant (moyenne)              | <b>1,7E-08</b> | <b>1,0E-06</b>      | <b>5,0E-13</b>      |
| DJE Classe 7 : les plus de 18 ans | <b>7,7E-09</b> | <b>5,5E-07</b>      | <b>2,5E-13</b>      |
| DJE pondérée sur 30 ans           | <b>4,8E-09</b> | <b>3,2E-07</b>      | <b>1,6E-13</b>      |

## 8.2 CARACTERISATION DES RISQUES

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

### 8.2.1 Méthodologie

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

#### 8.2.1.1 Substances à effets à seuil

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

Le quotient de danger est donc le suivant :

$$\begin{array}{cc}
 \textbf{Inhalation} & \textbf{Ingestion} \\
 QD = \frac{CI}{VTR_{AS,inh}} & QD = \frac{DJE}{VTR_{AS,ing}}
 \end{array}$$

où : QD : Quotient de danger

CI : Concentration moyenne inhalée (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

$VTR_{AS,ing}$  : Valeur Toxicologique de Référence à seuil par inhalation (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

DJE : Dose journalière d'Exposition (en mg/kg de poids corporel/jour)

$VTR_{AS,inh}$  : Valeur Toxicologique de Référence à seuil par ingestion (en mg/kg/jour)

Pour l'exposition par ingestion, la DJE étant fonction des quantités ingérées, variables avec l'âge, il est calculé un QD pour chacune des tranches d'âge entre 0 et 18 ans et pour les adultes (plus de 18 ans).

Dans les tableaux de résultats, les résultats de ces tranches d'âge d'enfants sont présentés sous le terme « enfants » qui est une moyenne des cinq tranches d'âge de 0 à 18 ans inclus.

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

#### 8.2.1.2 Substances à effets sans seuil

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

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

L'Excès de Risque Individuel est donc le suivant :

| <u>Inhalation</u>                                            | <u>Ingestion</u>                                              |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| $ERI = \sum CI_i \times \frac{T_i}{T_m} \times VTR_{SS,inh}$ | $ERI = \sum DJE_i \times \frac{T_i}{T_m} \times VTR_{SS,ing}$ |

où : ERI : Excès de Risque Individuel

VTR<sub>SS</sub>=ERU : Excès de Risque Unitaire par ingestion (en (mg/kg/j)<sup>-1</sup>) ou par inhalation (ERU<sub>i</sub> en (µg/m<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>). L'ERU correspond à la probabilité supplémentaire de survenue de cancer dans une population exposée à 1 µg/m<sup>3</sup> par rapport à la probabilité de cancer dans une population non exposée.

CI<sub>i</sub> : Concentration inhalée pour la période d'exposition i (en µg/m<sup>3</sup>)

DJE<sub>i</sub> : Dose journalière d'Exposition pour la période d'exposition i (en mg/kg/jour)

T<sub>i</sub> : durée de la période d'exposition i (années)

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

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

#### 8.2.1.3 Critères d'acceptabilité

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

- Les QD ne doivent pas dépasser 1 ;
- Les ERI ne doivent pas dépasser 10<sup>-5</sup>.

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

#### 8.2.1.4 Risque global

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

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

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

Concernant les risques par inhalation, le Tableau 20 présente les Quotients de Danger (QD) calculés pour les traceurs du risque à partir des Concentrations inhalées (CI) **pour la zone la plus exposée** et des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) retenues pour l'exposition par inhalation. Les QD sont classés par ordre décroissant afin de hiérarchiser les substances.

Tableau 20 : quotients de danger pour les traceurs du risque à seuil par inhalation

| Substance           | Voie d'exposition | VTR (µg/m³ ou mg/kg/j) | Dose d'exposition (CI / DJE) |        | Quotient de Danger (QD) |        |
|---------------------|-------------------|------------------------|------------------------------|--------|-------------------------|--------|
|                     |                   |                        | Enfant                       | Adulte | Enfant                  | Adulte |
| Mercure             | Inhalation        | 0,03                   | 9,5E-04                      |        | 0,03                    |        |
| Benzène             | Inhalation        | 9,7                    | 9,5E-02                      |        | 0,01                    |        |
| Acide chlorhydrique | Inhalation        | 20                     | 1,4E-01                      |        | 0,007                   |        |
| Dioxines et furanes | Inhalation        | 4,0E-05                | 4,7E-10                      |        | 1,2E-05                 |        |

Pour tous les traceurs de risque à seuil, pour une exposition par inhalation, le quotient de danger est inférieur à la valeur repère égale à 1. Le mercure présente le quotient de danger le plus élevé avec une valeur de 0,03 au niveau de la zone la plus exposée.

Concernant les risques par ingestion, le Tableau 21 présente les Quotients de Danger (QD) calculés à partir des Doses Journalières d'Exposition (DJE) estimées **pour la zone la plus exposée**, et des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) retenues pour l'exposition par ingestion. Les QD sont classés par ordre décroissant afin de hiérarchiser les substances.

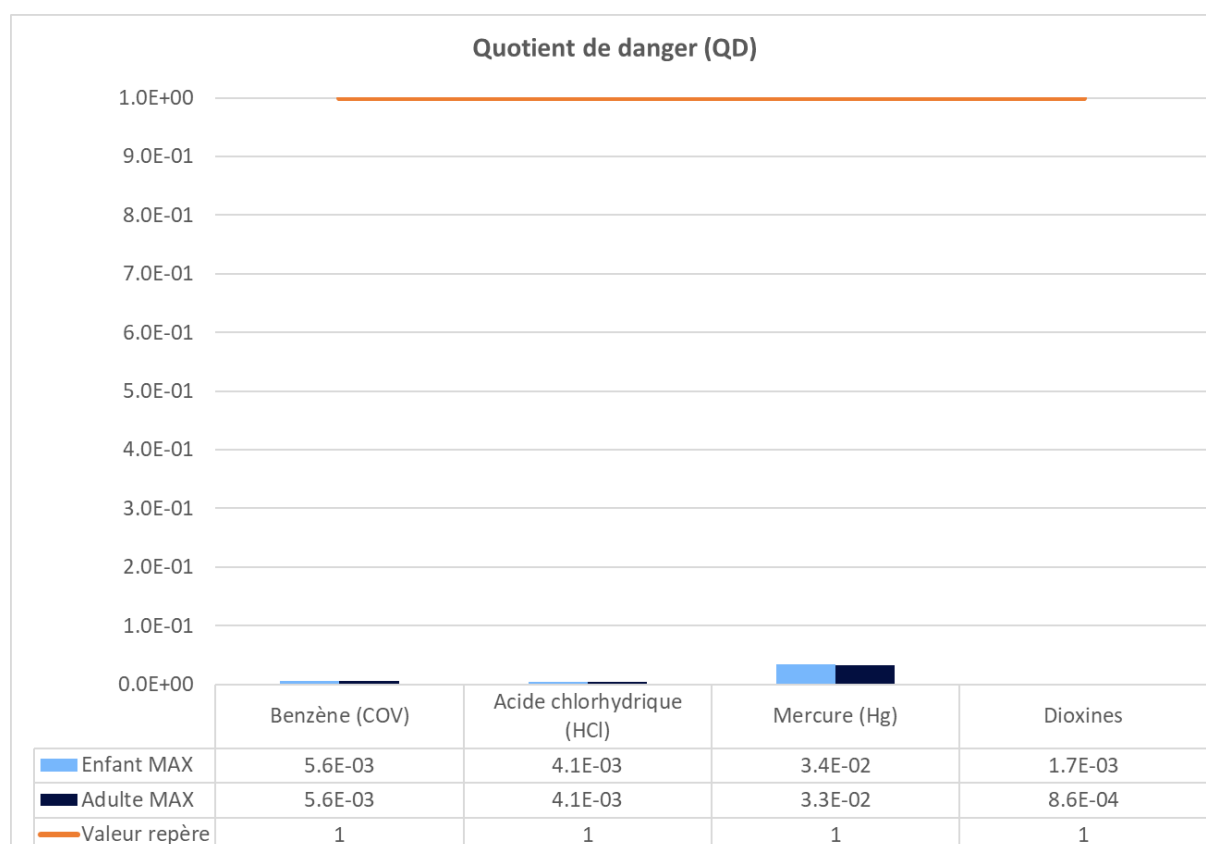
Tableau 21 : quotients de danger pour les traceurs du risque à seuil par ingestion

| Substance           | Voie d'exposition | VTR (µg/m³ ou mg/kg/j) | Dose d'exposition (CI / DJE) |         | Quotient de Danger (QD) |         |
|---------------------|-------------------|------------------------|------------------------------|---------|-------------------------|---------|
|                     |                   |                        | Enfant                       | Adulte  | Enfant                  | Adulte  |
| Mercure             | Ingestion         | 5,7E-04                | 1,0E-06                      | 5,5E-07 | 0,002                   | 0,001   |
| Méthylmercure       | Ingestion         | 1,9E-04                | 1,7E-08                      | 7,7E-09 | 9,0E-05                 | 4,1E-05 |
| Dioxines et furanes | Ingestion         | 2,9E-10                | 1,2E-14                      | 5,8E-15 | 4,1E-05                 | 2,0E-05 |

Pour tous les traceurs de risque à seuil, pour une exposition par ingestion, le quotient de danger est inférieur à la valeur repère égale à 1. Le mercure présente le quotient de danger le plus élevé avec une valeur de 0,001 au niveau de la zone la plus exposée pour les enfants.

La Figure 24 synthétise les Quotients de Danger (QD) calculés par substance pour l'ensemble des voies d'exposition (exposition agrégée en sommant l'exposition par inhalation et par ingestion).

Figure 24 : quotients de danger par traceur du risque à seuil



Les Quotients de Danger calculés par substance sont tous très inférieurs à la valeur repère égale à 1. Toute voie d'exposition confondue, le mercure est la substance présentant le quotient de danger le plus élevé avec une valeur de 3,4E-02 pour les enfants.

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

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

Concernant les risques par inhalation, le Tableau 22 présente les Excès de Risque Individuel (ERI) calculés pour les traceurs du risque à partir des Concentrations inhalées (CI) **pour la zone la plus exposée** et des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) retenues. Les ERI sont classés par ordre décroissant afin de hiérarchiser les substances.

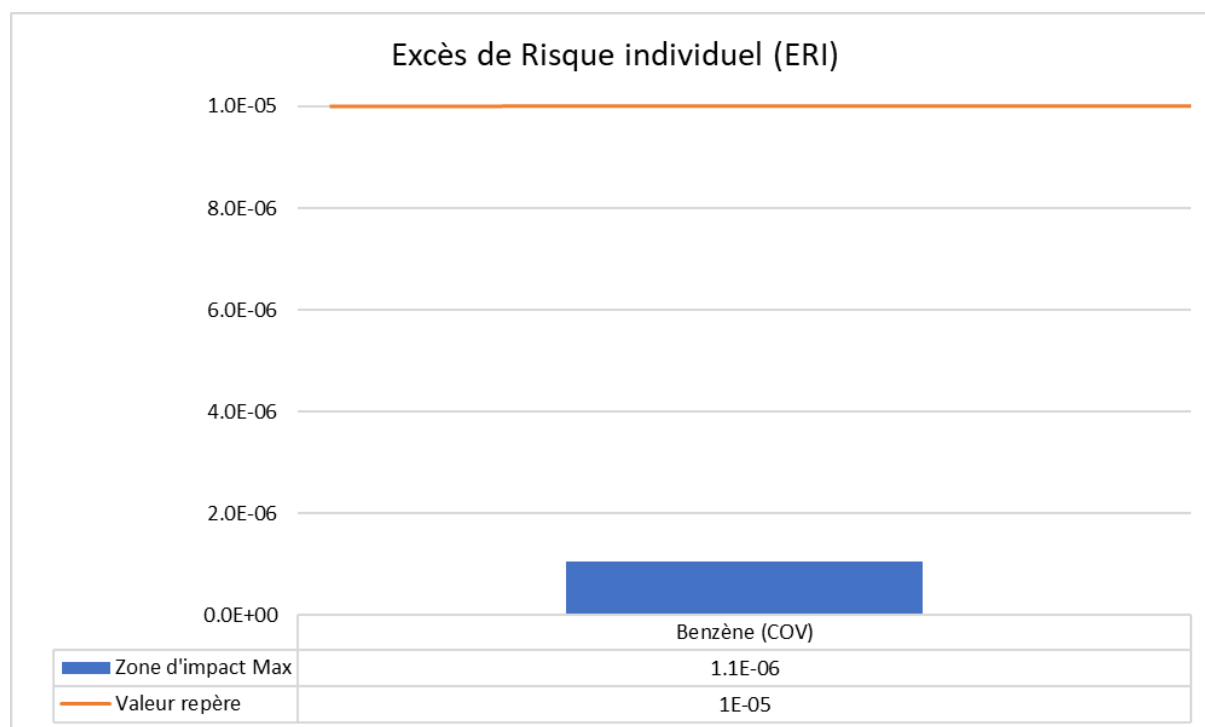
Tableau 22 : excès de risque individuel pour les traceurs du risque sans seuil par inhalation

| Substances | Voies d'exposition | VTR (µg/m³ ou mg/kg/j) | Dose d'exposition (CI / DJE) | Excès de Risque Individuel (ERI) |
|------------|--------------------|------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| Benzène    | Inhalation         | 2,6E-05                | 9,5E-02                      | 1,1E-06                          |

Pour une exposition par inhalation, l'Excès de Risque Individuel du benzène est très inférieur à la valeur repère égale à  $1.10^{-5}$ .

La Figure 25 synthétise les Excès de Risque Individuel (ERI) calculés pour le benzène.

Figure 25 : excès de risque individuel pour les traceurs du risque sans seuil



L'Excès de Risque Individuel calculé pour le benzène est très inférieur à la valeur repère égale à  $1.10^{-5}$ .

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

#### 8.2.4 Cas particulier des PM<sub>2,5</sub>

L'ANSES a publié une VTR pour les poussières PM<sub>2,5</sub> en janvier 2023. Compte tenu des études disponibles en population générale examinant l'exposition à long terme aux PM qui montrent des effets sur la santé aux plus faibles concentrations et ce, sans seuil discernable, l'ANSES a construit une VTR sans seuil d'effet qui couvre :

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

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

Cependant, comme indiqué dans le document ANSES<sup>22</sup>, il n'existe pas à ce jour de consensus ou recommandations sur des niveaux acceptables de risque sanitaire lié à l'exposition aux particules de l'air ambiant.

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

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

Le Tableau 23 indique l'ERI calculé pour les poussières en utilisant la VTR sans seuil pour les PM<sub>2,5</sub>.

*Tableau 23 : excès de risque individuel calculé pour les PM<sub>2,5</sub>*

| Substances        | Voies d'exposition | VTR (( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) <sup>-1</sup> ) | Dose d'exposition (CI / DJE) | Excès de Risque Individuel (ERI) |
|-------------------|--------------------|---------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| PM <sub>2,5</sub> | Inhalation         | 1,28E-02                                          | 4,7E-02                      | 2,4E-04                          |

---

<sup>22</sup> AVIS et RAPPORT de l'Anses relatif à la recommandation de VTR par voie respiratoire pour l'exposition à long terme aux particules de l'air ambiant extérieur (PM<sub>2,5</sub>) et à la faisabilité d'élaborer des VTR pour le carbone suie et les particules ultrafines, ANSES, JANVIER 2023.

## 9. INCERTITUDES

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

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

### 9.1 INCERTITUDES RELATIVES A LA MODELISATION ATMOSPHERIQUE

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

|                                 |   |                                        |   |                                         |   |                    |
|---------------------------------|---|----------------------------------------|---|-----------------------------------------|---|--------------------|
| <b>Incertitudes<br/>totales</b> | = | <b>Incertitudes dues<br/>au modèle</b> | + | <b>Incertitudes due<br/>aux données</b> | + | <b>Variabilité</b> |
|---------------------------------|---|----------------------------------------|---|-----------------------------------------|---|--------------------|

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

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

#### 9.1.1 Incertitudes liées au modèle : validation du modèle AIM intégré dans AirAdvanced® Map

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

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

capteurs du réseau OPAL'AIR ont montré un ratio modèle/mesures pour la concentration de 0.95 en moyenne ;

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

Le modèle AIM a obtenu de bonnes performances dans le cadre de plusieurs campagnes de mesures in situ, ce qui est un gage de qualité et de fiabilité du modèle.

### 9.1.2 Incertitudes liées aux données d'entrée

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

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

#### 9.1.2.1 Incertitudes liées aux émissions

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

Les émissions ont été quantifiées en prenant des hypothèses majorantes :

- Les flux de l'Arrêté Ministériel du 28/01/2010, représentant les valeurs maximales émises ;
- Les flux horaires pris en compte dans la modélisation intègrent des modulations afin de refléter les variations liées aux heures et aux jours de fonctionnement. Cette approche est majorante, puisqu'elle correspond à une durée de fonctionnement annuelle de 2 106 h, supérieure aux 1 925 h/an effectivement prévues.

#### 9.1.2.2 Incertitudes liées aux mesures météorologiques

Les données météorologiques sont issues des mesures de Météo-France. L'incertitude la plus grande dans la fourniture des données de Météo-France est l'incertitude sur la direction du vent qui est de  $\pm 5^\circ$ . Ce manque de précision sur la direction de vent peut avoir pour incidence la surestimation des concentrations dans les 36 directions « mesurées » et une sous-estimation dans les zones entre deux données de direction « mesurées ». Cette incertitude est compensée dans le modèle AirAdvanced® Map Standard par l'ajout à chaque échéance météorologique d'une direction additionnelle aléatoire comprise entre  $-5^\circ$  et  $+5^\circ$  afin de mieux simuler les directions réelles.

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

Les données de nébulosité sont exprimées en octas. Elles sont issues des simulations de Meteomatics. En l'absence de données, le modèle AirAdvanced® Map Standard compense ces données invalides en basculant sur une méthode simplifiée dite « vent/jour/nuit » où la classe de stabilité est répartie entre les classes légèrement instable à stable en fonction de la vitesse du vent et du jour ou de la nuit.

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

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

Dans le cadre de cette étude, le modèle AIM retenu est un modèle très simple dont l'essentiel des paramètres a été présenté dans le paragraphe 7.1.2. Les options du modèle retenues pour cette étude sont ceux qui ont été utilisés pour les études de validation du modèle définies ci-dessus. Les limites d'utilisation du modèle ont été respectées.

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

## **9.2 INCERTITUDES RELATIVES A L'ÉVALUATION DES RISQUES SANITAIRES**

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

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

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

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

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

#### **9.2.1.3 Bruits de fond**

Conformément au guide de l'INERIS, l'évaluation des risques sanitaires ne porte que sur l'impact du projet, et ne tient pas compte du bruit de fond dans le calcul des risques sanitaires.

### **9.2.2 Facteurs de surestimation des risques**

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

#### **9.2.2.1 Estimation des émissions**

Les émissions ont été quantifiées en prenant des hypothèses majorantes (concentrations à l'émission, amplitudes horaires, etc.).

Il est important de préciser que les limites d'émission de l'arrêté du 28 janvier 2010 relatif à la hauteur de la cheminée des crématoriums et aux quantités maximales de polluants contenus dans les gaz rejetés à l'atmosphère) ont été retenues comme seules valeurs d'entrée pour la modélisation de la dispersion atmosphérique. Les installations complémentaires prévues dans le crématorium de Caveirac n'ont pas été intégrées à l'étude. En effet et pour rappel, l'appareil de crémation sera équipé d'une ligne de filtration performante et d'un système de traitement complémentaire des fumées (dit « DÉNOx ») permettant de tendre vers des valeurs substantiellement inférieures aux valeurs fixées par l'arrêté précité (y compris les oxydes d'azote)

#### **9.2.2.2 Durée d'exposition**

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

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

Les zones d'expositions étudiées correspondent à la zone la plus exposée du domaine d'étude, correspondant également à la zone de culture la plus exposée.

Ainsi, il a été fait l'hypothèse que des personnes séjournent en permanence (24h/24) dans cette zone et mangent, comme produits locaux, des produits cultivés/élevés dans la zone agricole la plus exposée du domaine d'étude. **Cette hypothèse est très majorante (somme des cas les plus pénalisants) et peu plausible.**

#### **9.2.2.4 Pénétration des polluants dans les habitats**

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

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

#### **9.2.3.1 Constance des paramètres**

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

#### **9.2.3.2 Interactions des polluants**

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

## 10. CONCLUSION

Dans le cadre du projet de crématorium situé à Caveirac (30), eSKa Conseil a confié à SUEZ Aria Technologies la réalisation de **l'évaluation des risques sanitaires liés aux rejets atmosphériques du site**, objet du présent rapport.

Cette évaluation a été conduite conformément aux recommandations de la circulaire GGPR & DGS du 9 août 2013, ainsi qu'au guide méthodologique de l'INERIS « *Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – Démarche intégrée pour la gestion des émissions des substances chimiques par les installations classées* », publié en août 2013 et mis à jour en septembre 2021. Il est à noter que la démarche complète comprend une étape supplémentaire avec la réalisation d'une Interprétation de l'État des Milieux (IEM). Il n'a pas été jugé pertinent de réaliser cette étape.

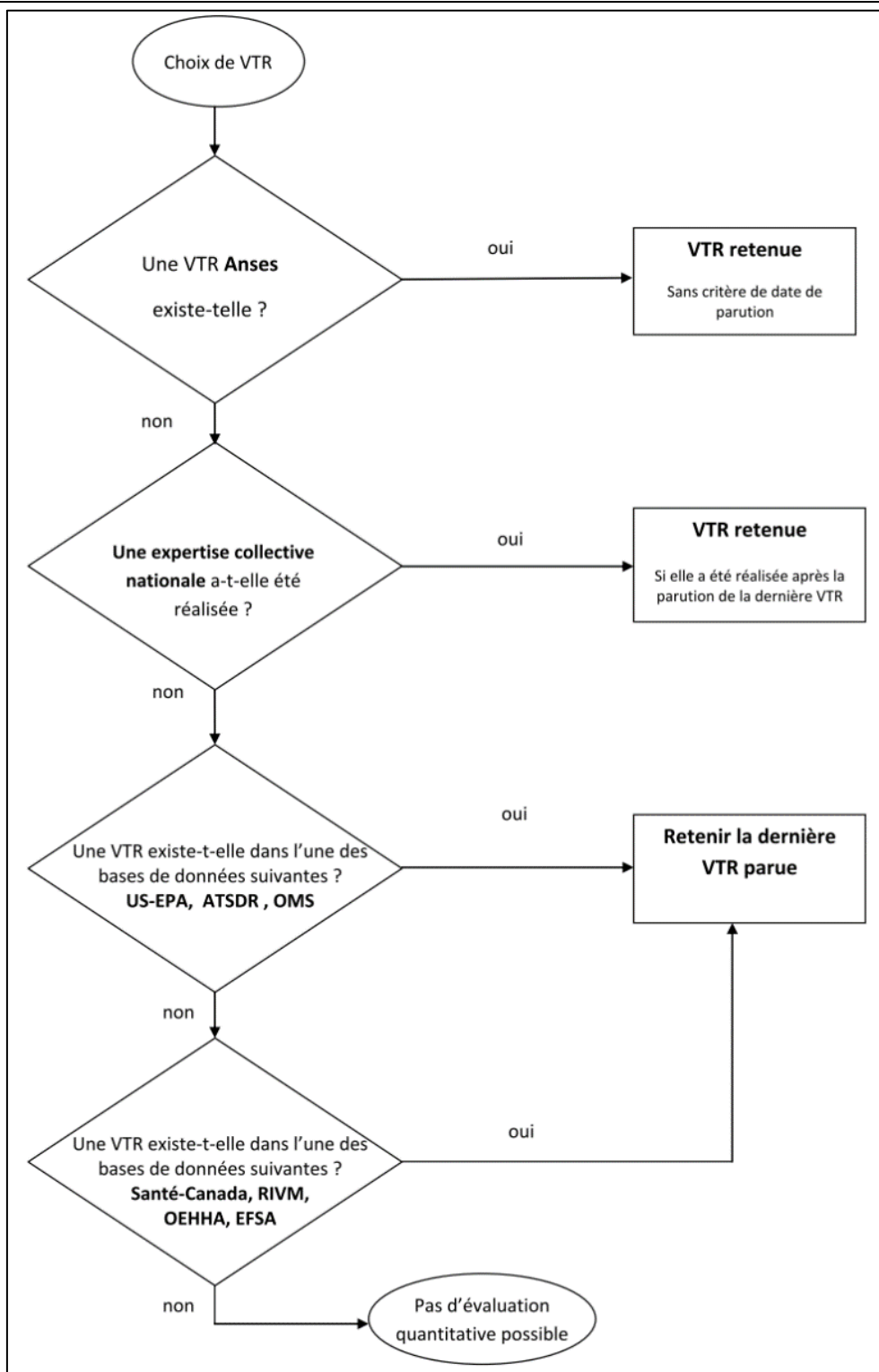
Sur la base des données transmises par eSKa Conseil et au regard des hypothèses retenues pour la configuration étudiée, les **risques sanitaires liés aux émissions atmosphériques du site peuvent être jugés « non préoccupants » en l'état actuel des connaissances**, selon les critères d'acceptabilité.

Par ailleurs, en ce qui concerne la qualité de l'air, les concentrations modélisées respectent les valeurs réglementaires pour l'ensemble des substances disposant de seuils réglementaires (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, benzène, PM10 et PM2.5).

Il est important de préciser que les limites d'émission de l'arrêté du 28 janvier 2010 relatif à la hauteur de la cheminée des crématoriums et aux quantités maximales de polluants contenus dans les gaz rejetés à l'atmosphère) ont été retenues comme seules valeurs d'entrée pour la modélisation de la dispersion atmosphérique. Les installations complémentaires prévues dans le crématorium de Caveirac n'ont pas été intégrées à l'étude. En effet et pour rappel, l'appareil de crémation sera équipé d'une ligne de filtration performante et d'un système de traitement complémentaire des fumées (dit « DÉNOx ») permettant de tendre vers des valeurs substantiellement inférieures aux valeurs fixées par l'arrêté précité (y compris les oxydes d'azote)

# ANNEXES

# **Annexe 1 : Méthodologie de choix des VTR (DGS)**



## **Annexe 2 : Description du modèle numérique AirAdvanced® Map Standard**

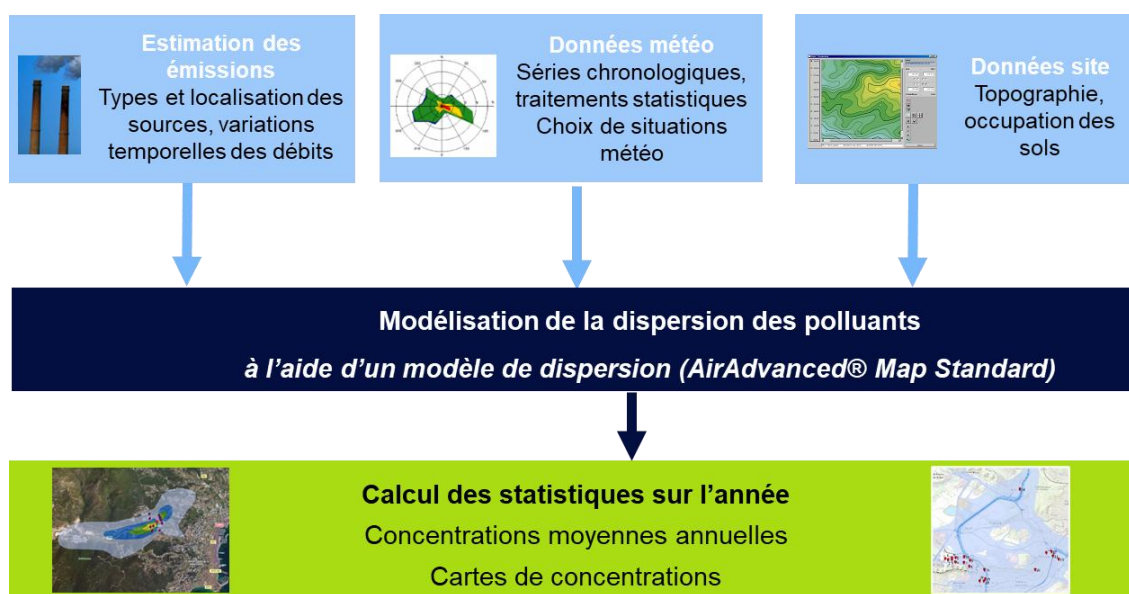
## Présentation générale

**AirAdvanced® Map Standard** est un modèle de type "gaussien", conforme aux recommandations de l'E.P.A.<sup>23</sup>. AirAdvanced® Map Standard **répond également aux prescriptions de l'INERIS** pour la modélisation de la dispersion de la pollution atmosphérique des rejets des installations industrielles (cf. Annexe 2 du Guide méthodologique INERIS : Evaluation des Risques Sanitaires liés aux substances chimiques dans l'Etude d'Impact des ICPE). C'est un logiciel de modélisation de la pollution atmosphérique qui permet de répondre à l'ensemble des éléments demandés par la législation française sur la qualité de l'air et européenne, et de fournir les éléments indispensables à :

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

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

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



<sup>23</sup> Agence de l'environnement américain (Environment Protection Agency).

## Fonctionnalités techniques

### Logiciel multi-espèces et multi-sources

AirAdvanced® Map Standard permet de modéliser la dispersion de :

- de **polluants gazeux** (NOx, SO<sub>2</sub>...) : dispersion passive pure sans vitesse de chute ;
- de **polluants particulaires** (PM<sub>10</sub>, métaux lourds, dioxines/furanes...) : dispersion passive et prise en compte des effets gravitaires en fonction de la granulométrie. Les poussières sont représentées sur un nombre arbitraire de classes de taille : si la granulométrie des émissions est connue, des calculs détaillés peuvent être effectués.
- des **odeurs** : mélange de molécules odorantes dont la composition est inconnue, exprimée en unité d'odeur ;
- de polluants radioactifs.

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

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

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

Plusieurs types de modélisation sont possibles avec le logiciel AirAdvanced® Map Standard :

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

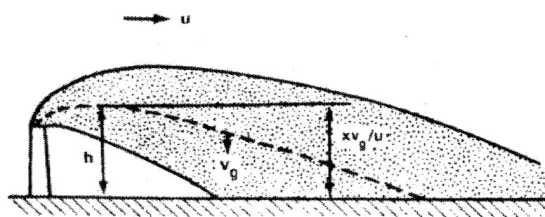
### Variation temporelle des émissions

AirAdvanced® Map Standard permet de prendre en compte les variations temporelles des émissions. Les émissions peuvent varier en fonction de l'heure, du jour et du mois de l'année.

Il est également possible d'intégrer des périodes de fonctionnement particulières (arrêt technique, panne de fonctionnement du système de traitement des gaz...).

### **Dépôts au sol**

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



AirAdvanced® Map Standard permet également de prendre en compte le lessivage du panache par la pluie. Cette fonction permet de calculer les **dépôts humides** en plus des dépôts secs.

### **Dispersion par vents calmes**

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

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

### **Reconstitution de profils verticaux météorologiques**

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

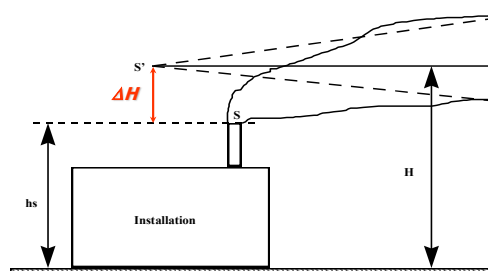
Afin de prendre en compte cette variation de vitesse de vent dans les calculs de la dispersion des polluants atmosphériques, le logiciel AirAdvanced® Map Standard peut calculer des profils verticaux de vent en fonction des mesures de vent au sol, de la turbulence atmosphérique et de l'occupation des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

### **Prise en compte de la couche de mélange**

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

### **Surélévation de panache issu de cheminée**

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



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

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

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

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

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

### **Envois de poussières**

AirAdvanced® Map Standard contient un module spécifique pour le calcul des envolées de poussières fines, dans le cas d'un **stockage de poussières exposé au vent**.

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

## **Résultats**

### **Grandeurs calculées**

AirAdvanced® Map Standard permet de calculer les grandeurs suivantes :

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

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

### **Cartographies**

Les résultats obtenus avec AirAdvanced® Map Standard peuvent être présentés sous forme cartographique au format image, mais aussi en des formats numériques **compatibles** avec la plupart des **Systèmes d'Informations Géographiques** tels que ArcGIS ou QGIS.



## **Annexe 3 : Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence**

Tableau 24 : valeurs guides

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

Tableau 25 : valeurs toxicologiques de référence retenues pour les effets chroniques à seuil

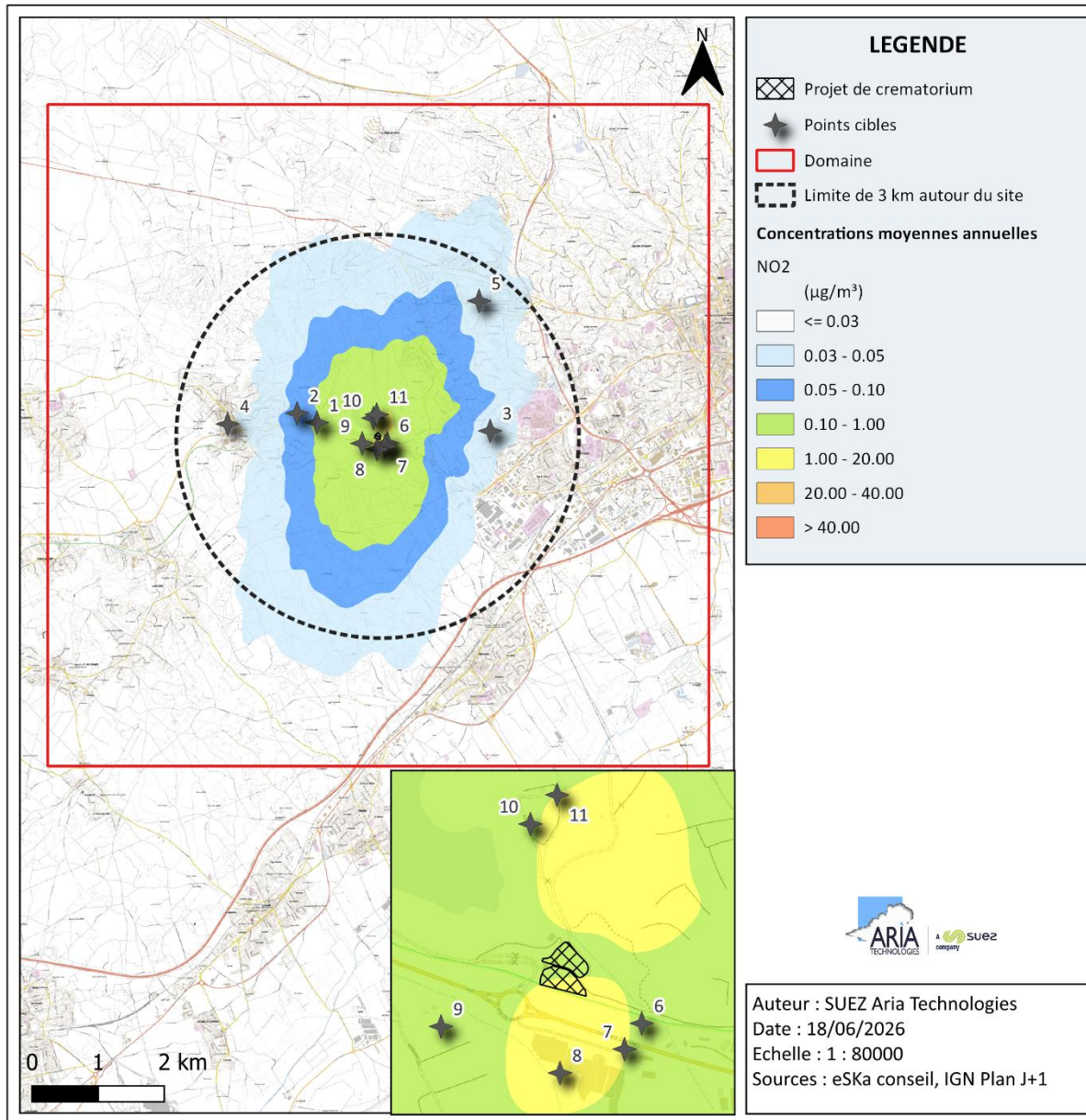
| Substance           | Voie d'exposition | Organe /Système cible | Effet(s) observé(s)                                                                                                                                         | VTR                                  | Référence | Année de révision | Justification du choix        |
|---------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------|-------------------|-------------------------------|
| Benzène             | Inhalation        | Système immunologique | -                                                                                                                                                           | 9,7 µg/m <sup>3</sup>                | ATSDR     | 2007              | Choix ANSES 2008              |
| Acide chlorhydrique | Inhalation        | Système respiratoire  | Hyperplasie de la muqueuse nasale, du larynx et de la trachée                                                                                               | 20 µg/m <sup>3</sup>                 | US-EPA    | 2025              | Choix de la VTR de l'US-EPA   |
| Mercure             | Inhalation        | Système neurologique  | -                                                                                                                                                           | 0,03 µg/m <sup>3</sup>               | OEHHA     | 2008              | Expertise de l'INERIS de 2010 |
| Mercure inorganique | Ingestion         | Système rénal         | Changement du poids des reins                                                                                                                               | 5,7.10 <sup>-4</sup> mg/kg/j         | EFSA      | 2012              | Avis de l'ANSES de 2016       |
| Méthylmercure       | Ingestion         | Système nerveux       | -                                                                                                                                                           | 1,9.10 <sup>-4</sup> mg/kg/j         | EFSA      | 2012              | Avis de l'ANSES de 2016       |
| Dioxines et furanes | Inhalation        | -                     | Augmentation de la mortalité, diminution de la prise de poids, effets sur le rein, effets sur les tissus hépatiques, lymphoïdes, pulmonaires et vasculaires | 4.10 <sup>-5</sup> µg/m <sup>3</sup> | OEHHA     | 2000              | Expertise de l'INERIS de 2019 |
|                     | Ingestion         | Système reproducteur  | Diminution significative de la concentration en spermatozoïdes                                                                                              | 2,9.10 <sup>-10</sup> mg/kg/j        | EFSA      | 2018              | Expertise de l'INERIS de 2019 |

Tableau 26 : valeurs toxicologiques de référence retenues pour les effets chroniques sans seuil

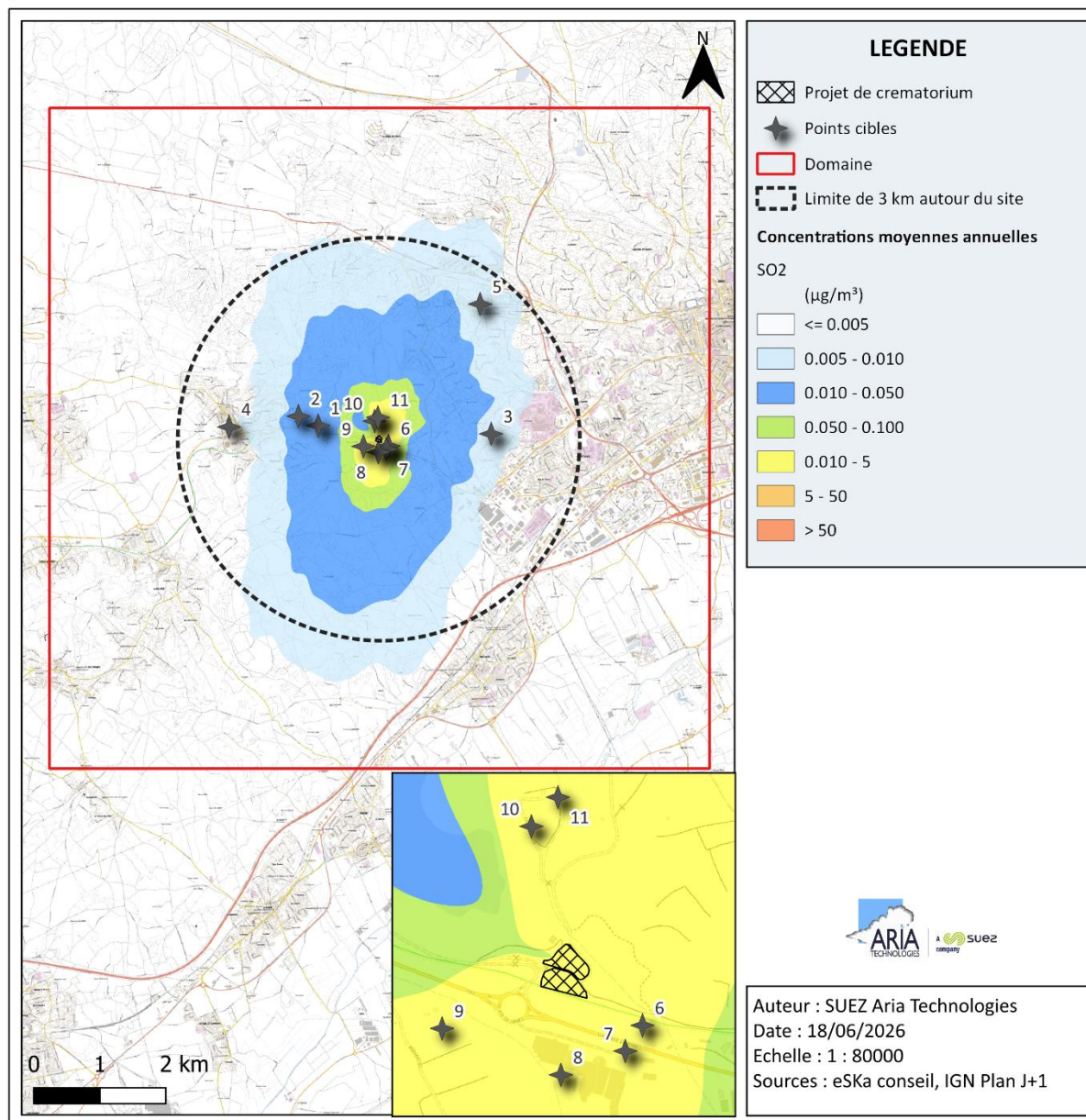
| Substance | Voie d'exposition | Organe /Système cible | Effet(s) observé(s) | VTR                                      | Référence | Année de révision | Justification du choix |
|-----------|-------------------|-----------------------|---------------------|------------------------------------------|-----------|-------------------|------------------------|
| Benzène   | Inhalation        | Système sanguin       | Leucémie            | $1,6.10^{-6} (\mu\text{g.m}^{-3})^{-1}$  | ANSES     | 2024              | VTR ANSES 2024         |
| PM2,5     | Inhalation        | -                     | -                   | $1,28.10^{-2} (\mu\text{g.m}^{-3})^{-1}$ | ANSES     | 2023              | Choix ANSES 2023       |

## **Annexe 4 : Cartes de concentration en moyenne annuelle**

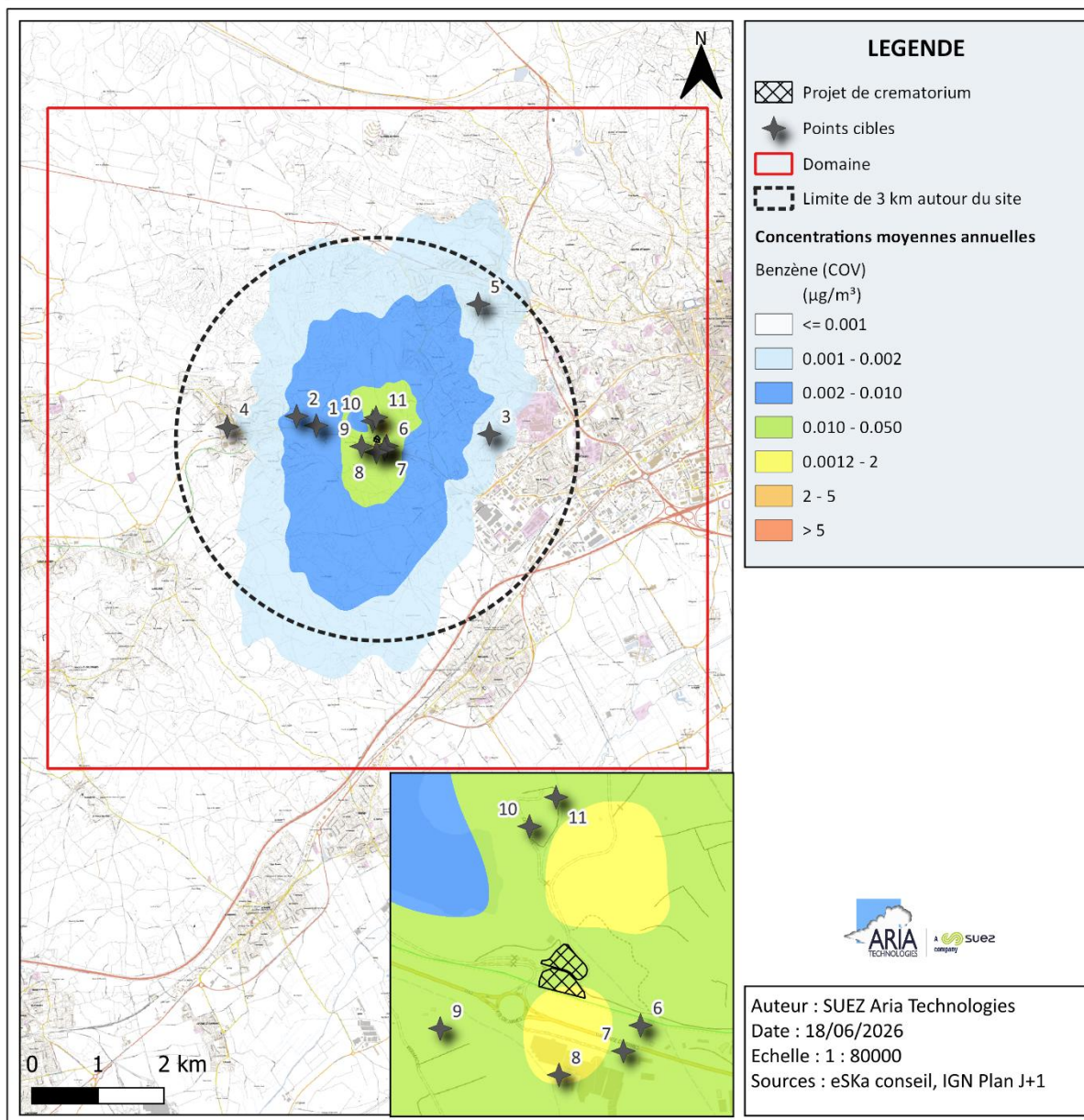
## Concentrations moyennes annuelles en NO2



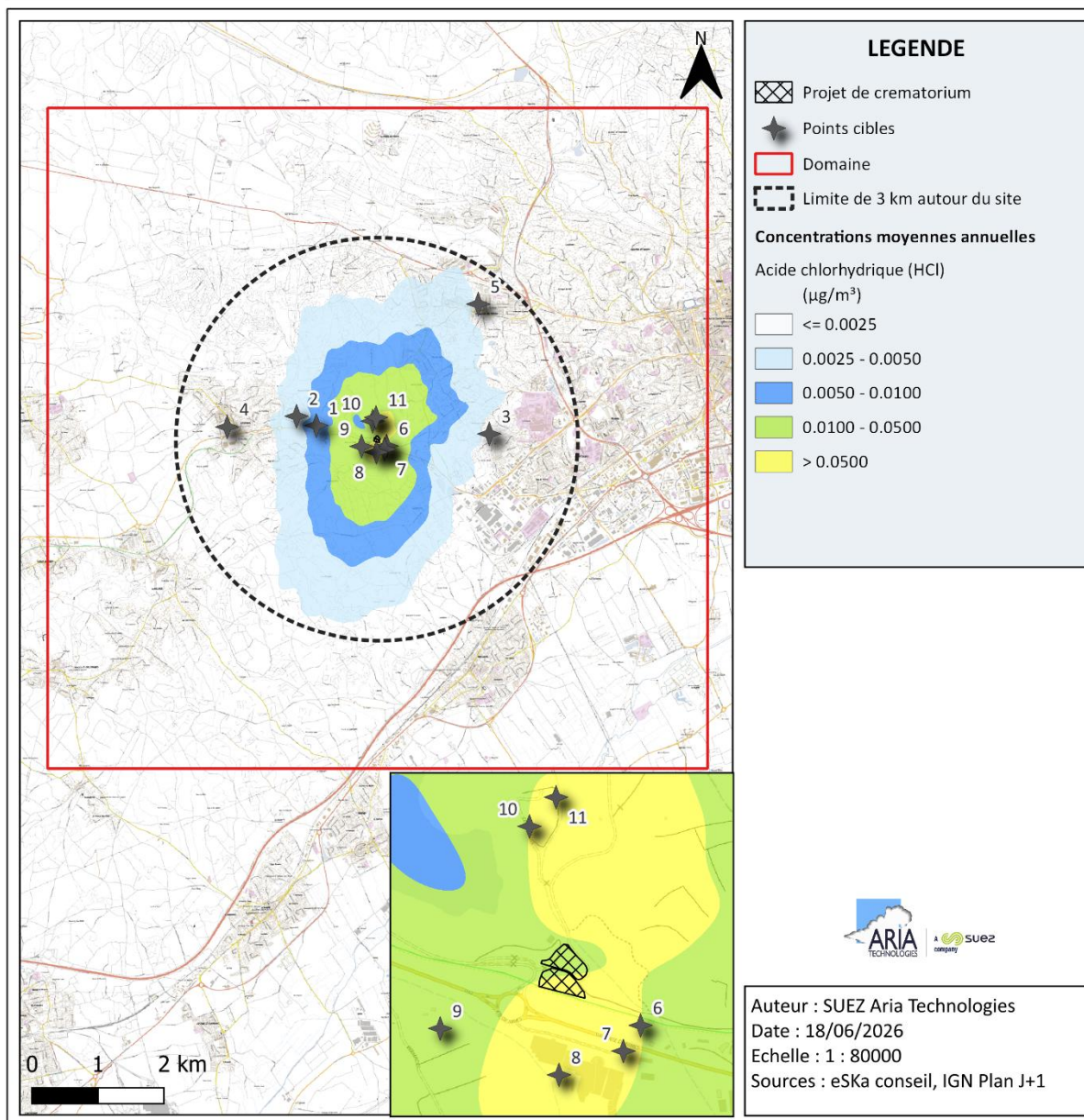
## Concentrations moyennes annuelles en SO<sub>2</sub>



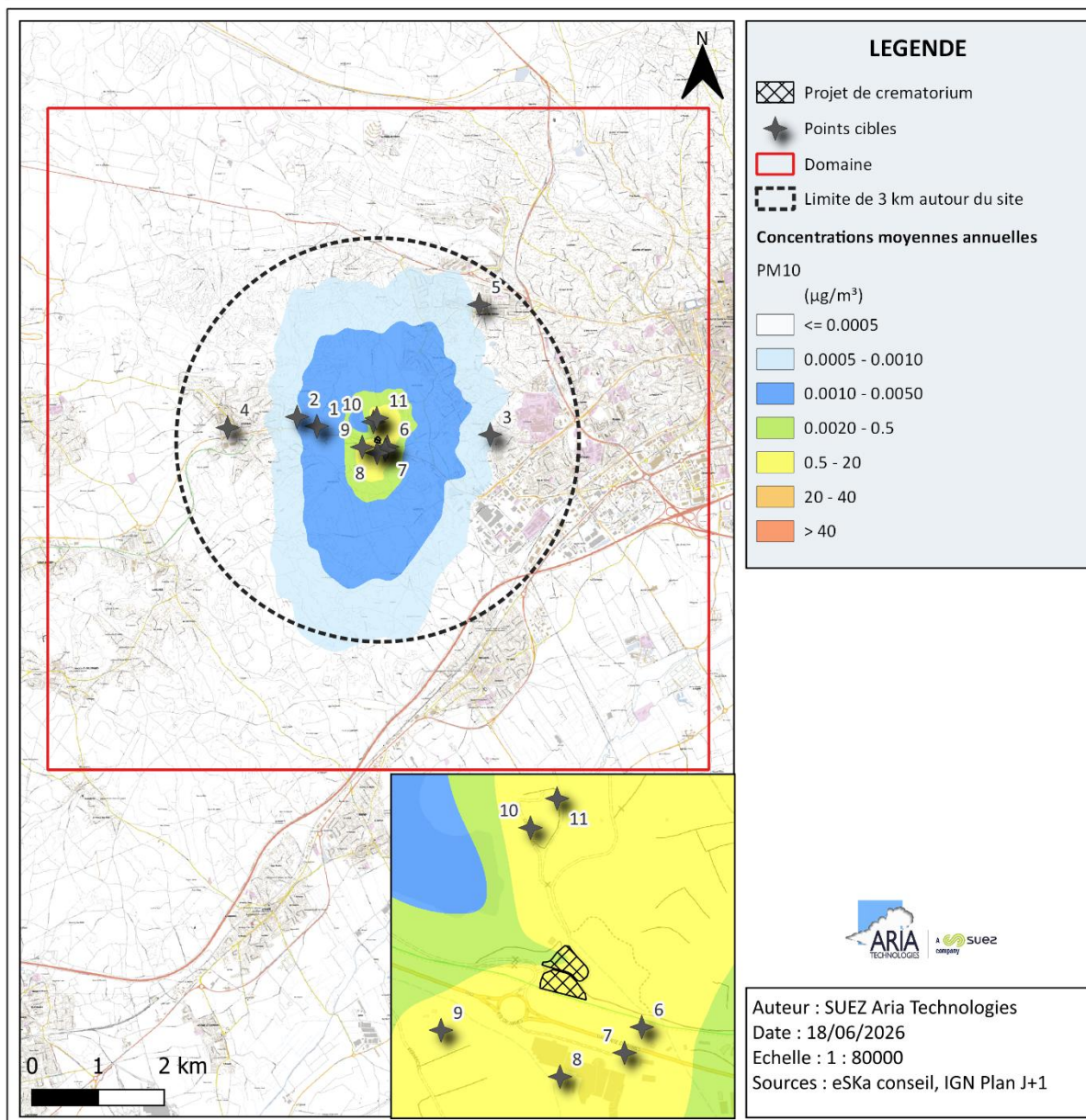
## Concentrations moyennes annuelles en benzène



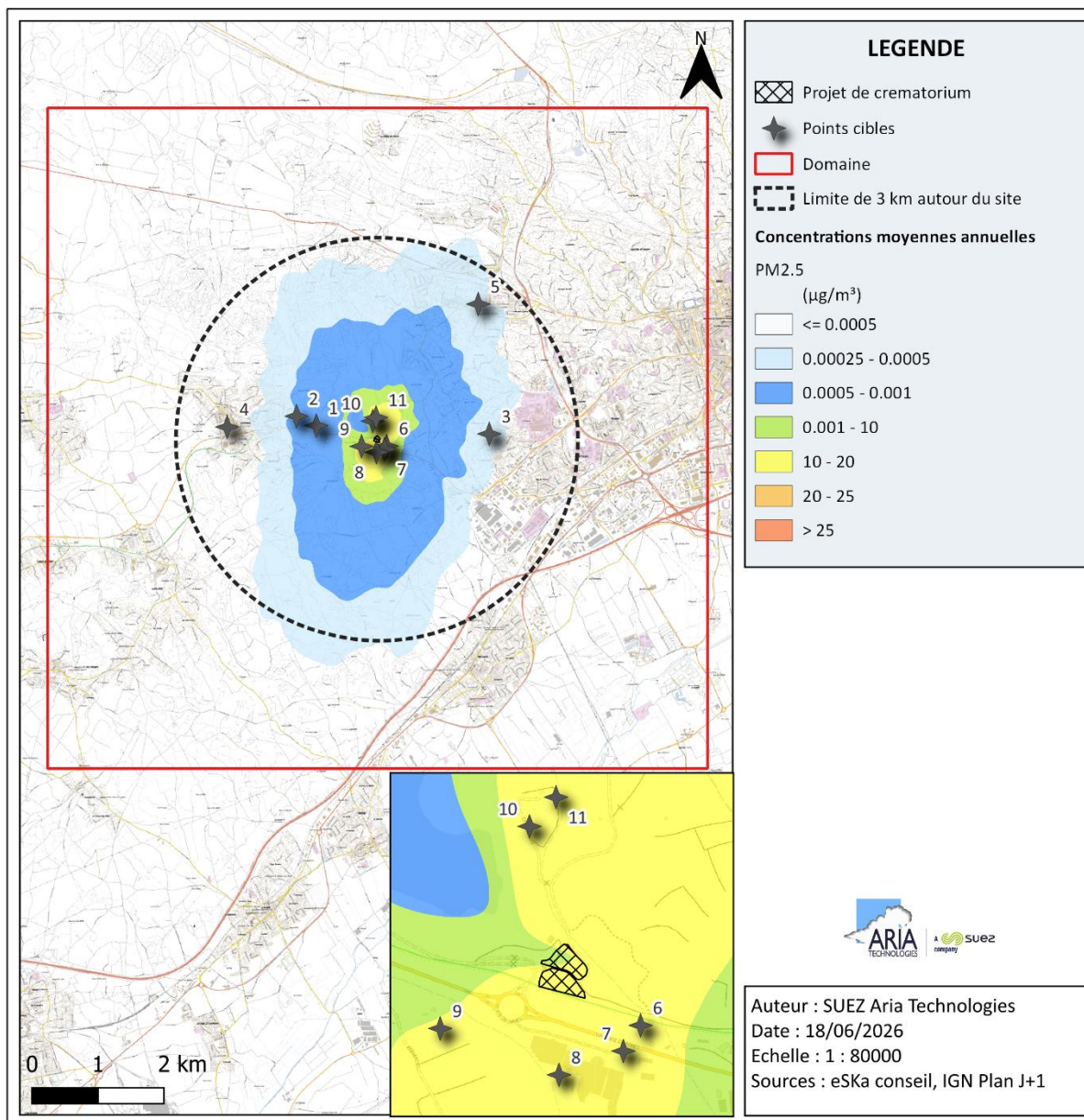
## Concentrations moyennes annuelles en acide chlorhydrique



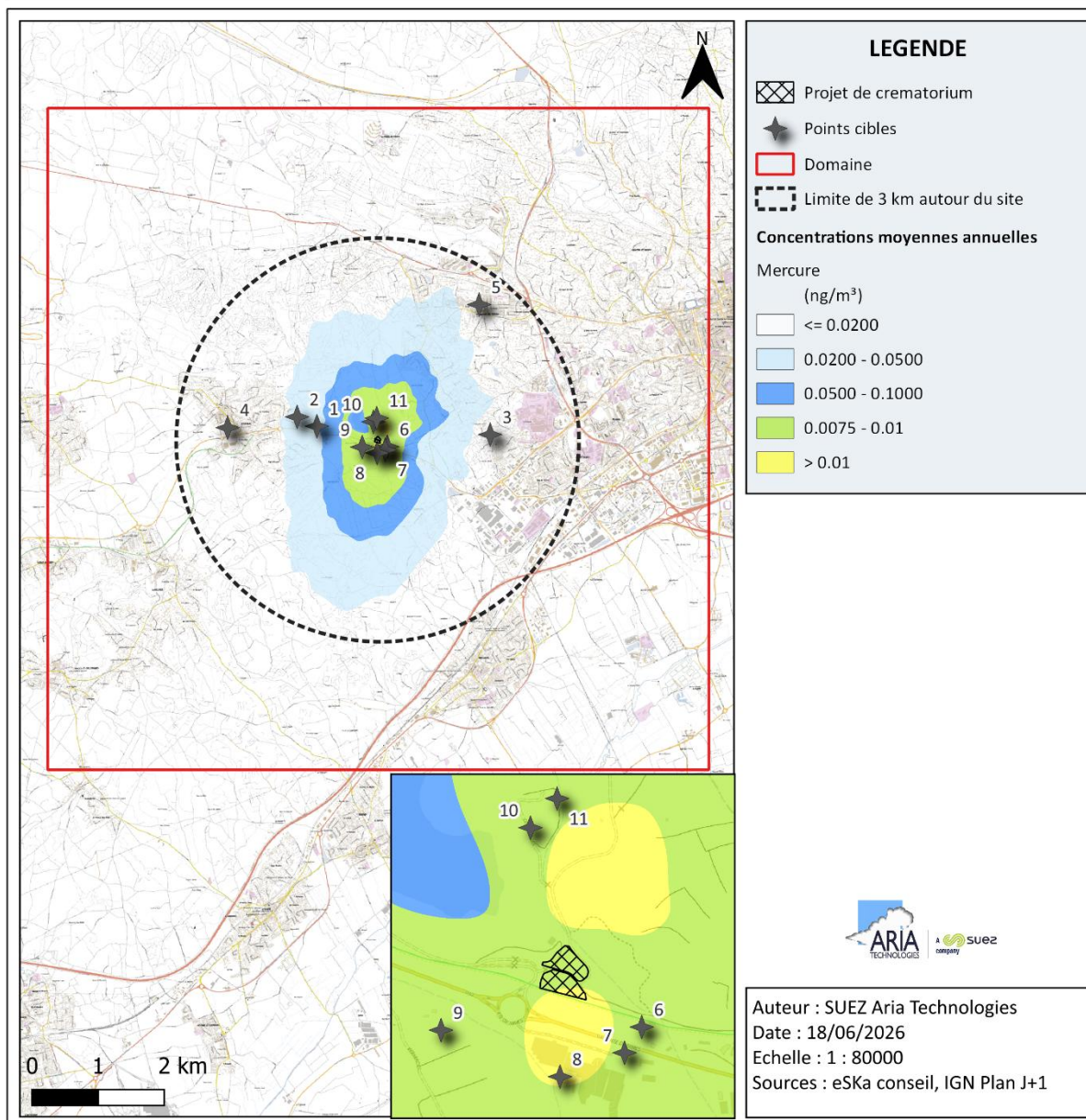
## Concentrations moyennes annuelles en PM10



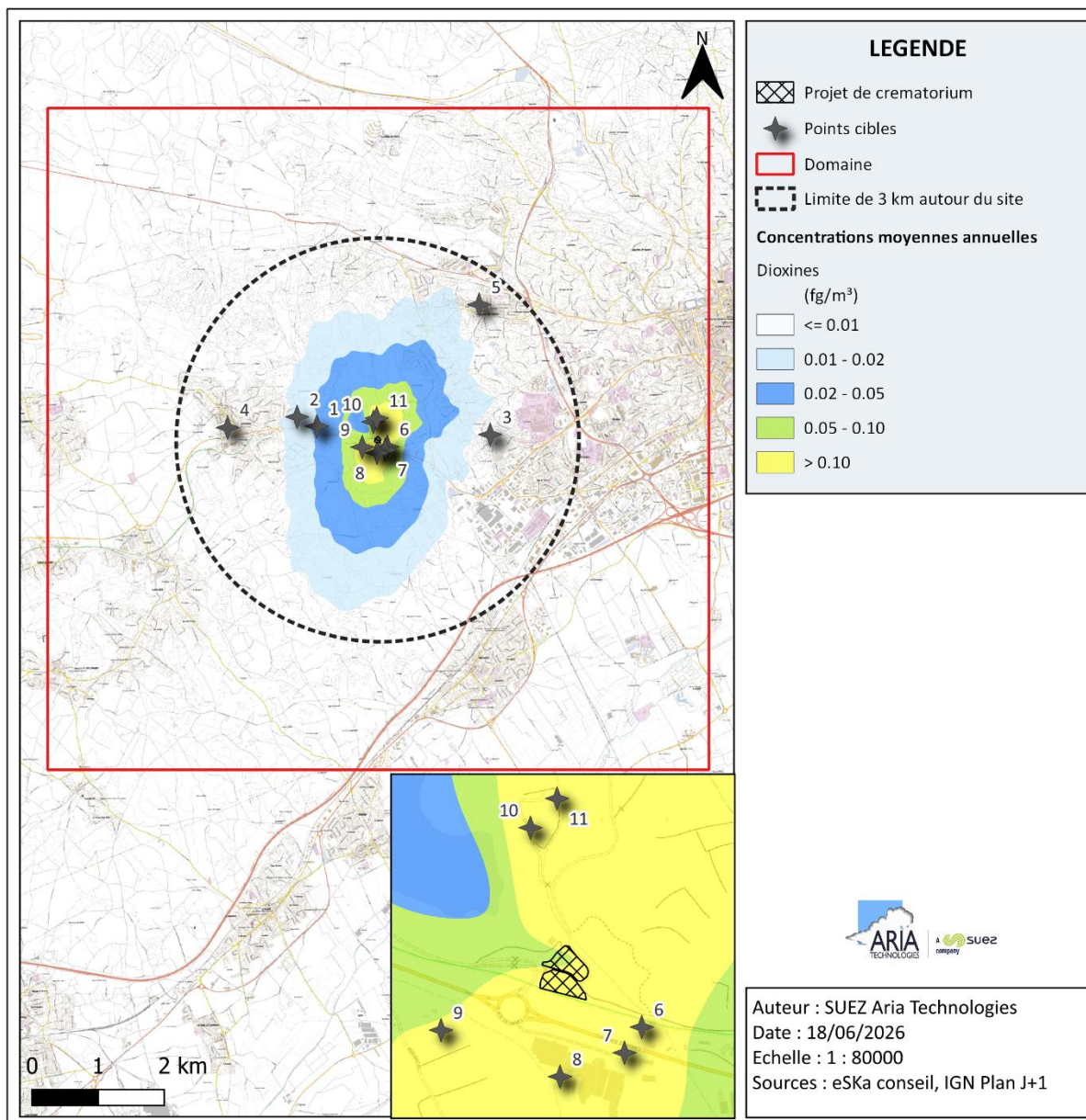
## Concentrations moyennes annuelles en PM2.5



## Concentrations moyennes annuelles en mercure

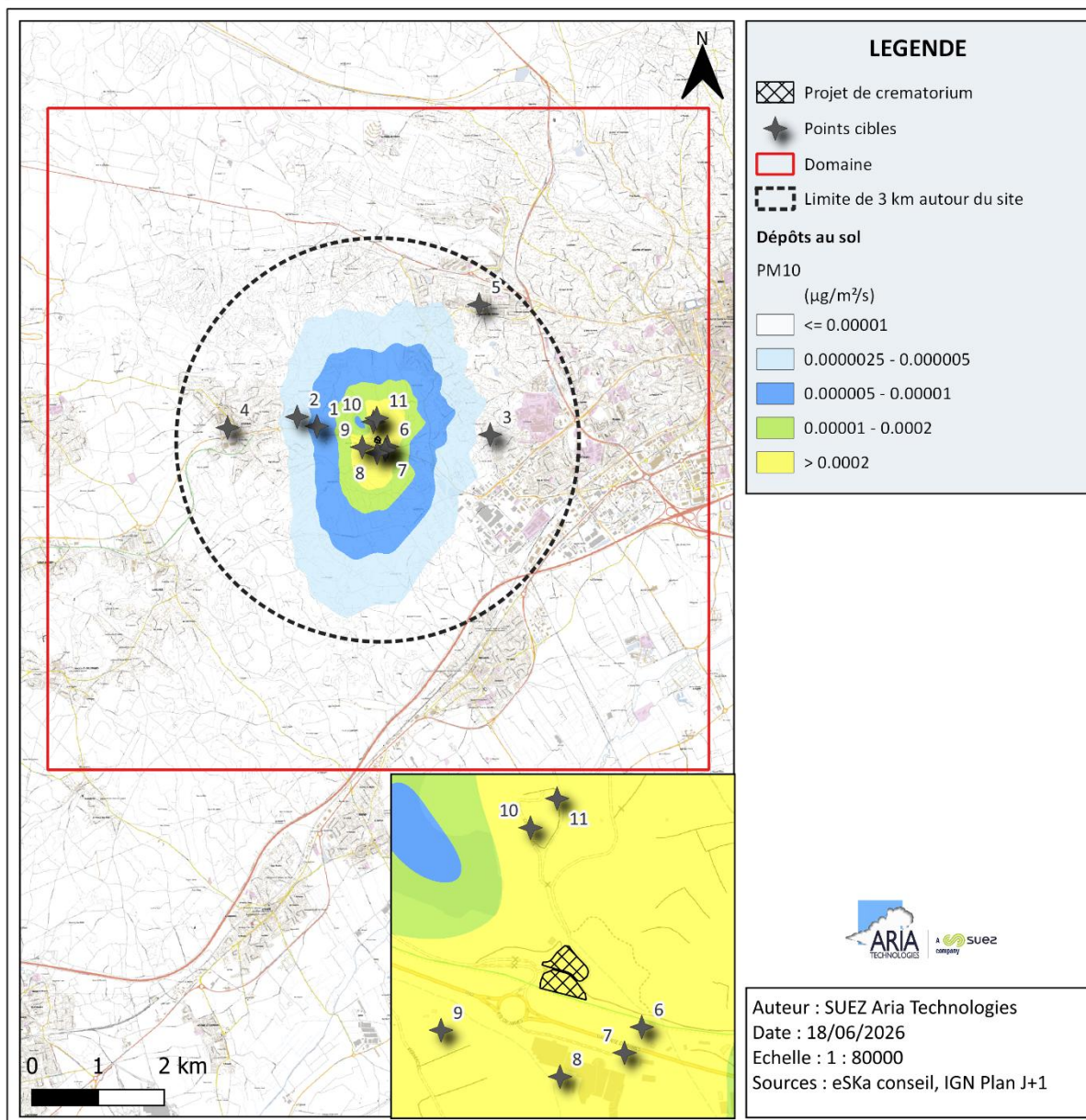


## Concentrations moyennes annuelles en dioxines

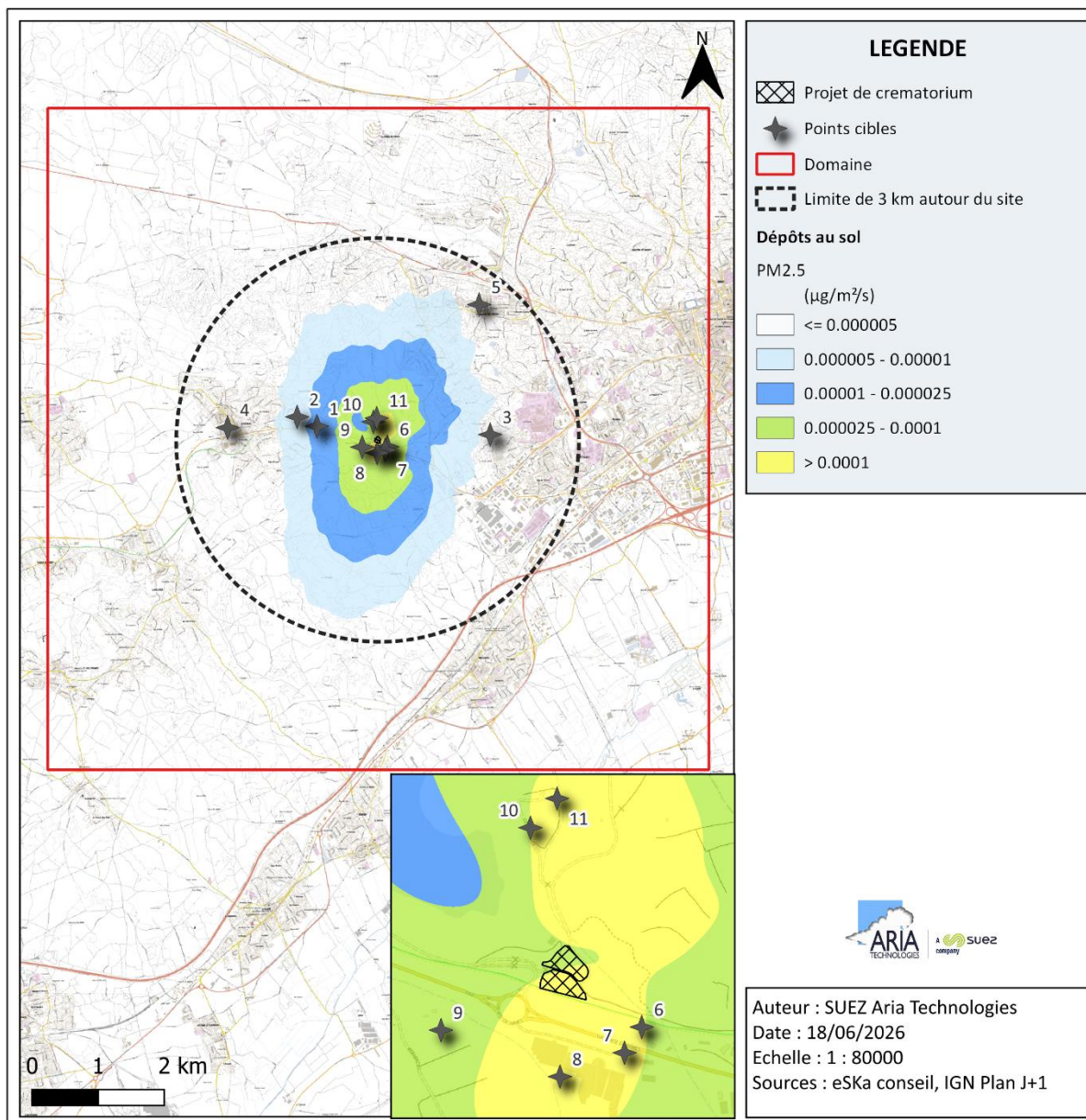


## **Annexe 5 : Cartes de dépôts au sol**

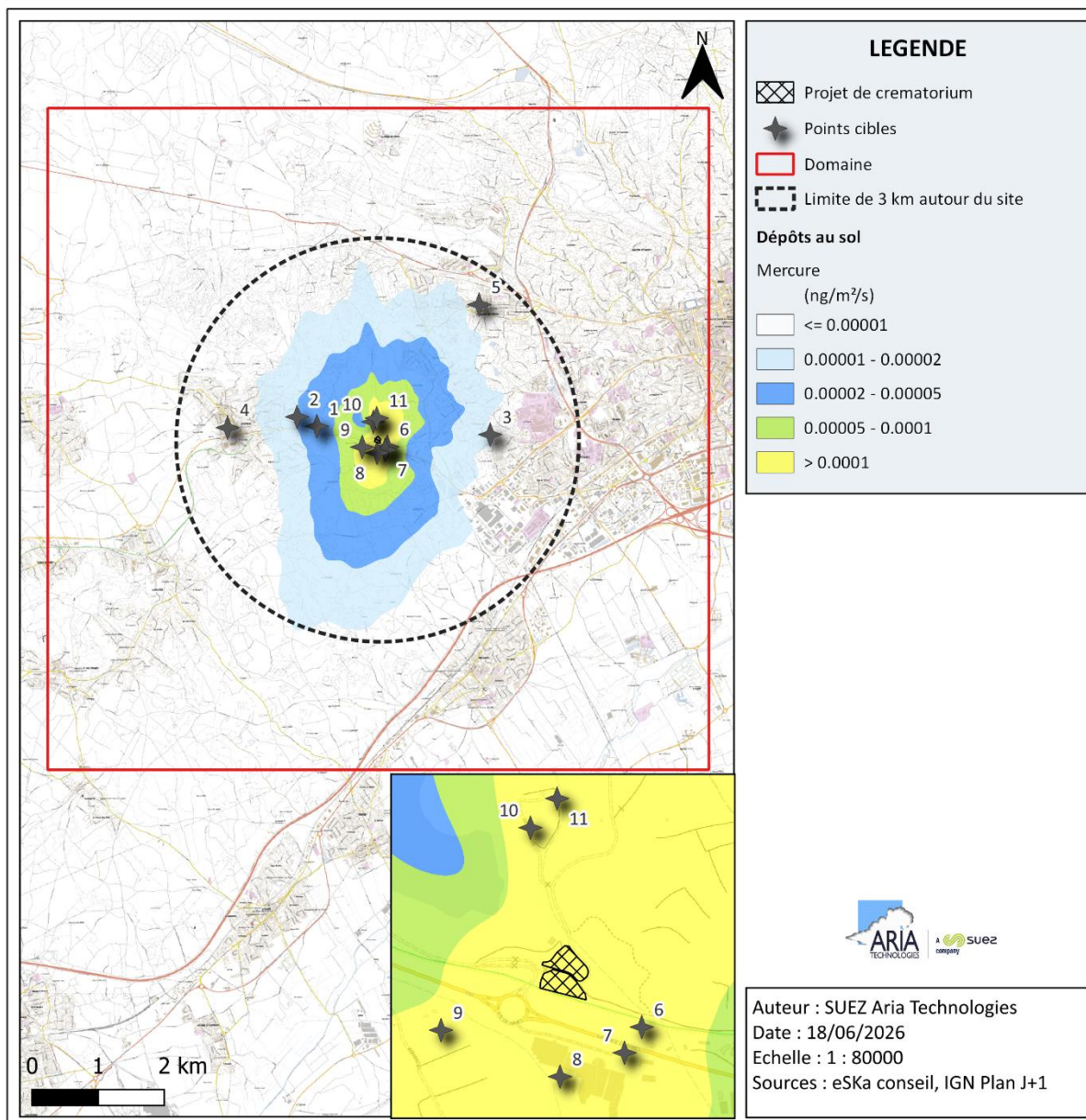
## Dépôts au sol en PM10



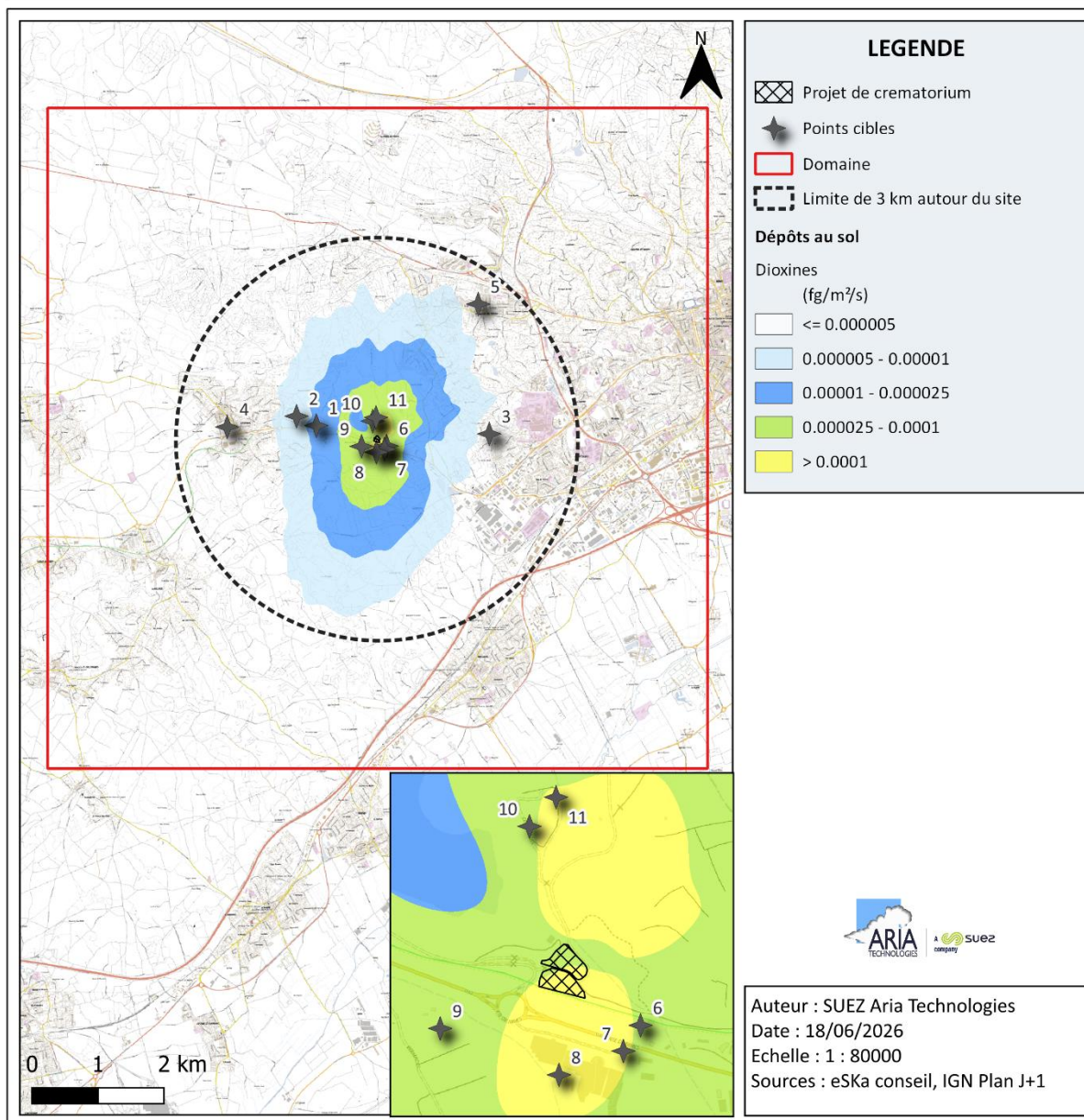
## Dépôts au sol en PM2.5



## Dépôts au sol en mercure



## Dépôts au sol en dioxines



## **Annexe 6 : Détermination des concentrations dans les milieux d'exposition**

Cette annexe présente les modes de calculs des concentrations en composés dans les milieux auxquels les personnes sont exposées, à partir des données de la modélisation selon la méthode de l'EPA (HHRAP)<sup>24</sup>.

Dans cette approche de l'EPA, les dépôts modélisés sont supposés s'accumuler sur le sol au cours du temps sans aucun phénomène d'atténuation (lixiviation, érosion, dégradation, ...) et la concentration de polluants dans le sol est obtenue par calcul de la dilution dans le sol de la quantité de composés déposés dans la couche de sol considérée. Il s'agit donc d'une **approche majorante simplifiée**.

### **Détermination des concentrations dans les sols**

Il s'agit de déterminer la concentration dans les sols à partir des dépôts calculés par modélisation de la manière suivante :

$$C_{\text{sol}} = \frac{D \times T}{\rho \times h}$$

Avec :

- C<sub>sol</sub> : concentration dans le sol (mg/kg)
- D : quantité de dépôt sur le sol (mg/m<sup>2</sup>/an)
- T : durée d'exposition (année)
- ρ : densité du sol (kg/m<sup>3</sup>)
- h : hauteur du sol (m)

Les concentrations dans les sols sont calculées en prenant les hypothèses et paramétrages suivants :

- densité de sol sec : ρ=1 300 kg/m<sup>3</sup>
- durée d'exposition : T= 52,75 ans

Les concentrations dans le sol ont été calculées :

- dans la couche superficielle de **1 cm d'épaisseur**, dans les zones d'habitation et de pâturages, pour l'ingestion directe de poussières (homme et animaux),
- dans la couche superficielle de **20 cm d'épaisseur**, dans les zones d'habitations ou de culture, où sont cultivés les végétaux,
- dans la couche superficielle de **10 cm d'épaisseur** au niveau des zones de pâturage et dans laquelle se trouvent les racines de l'herbe (valeur proposée dans la mise à jour de décembre 2004 du rapport GT-GIC<sup>25</sup>).

Dans cette étude, nous considérerons **Dcult = Dpât = Dépôt sur la zone de culture la plus exposée** et **Dpop = Dépôt sur la zone habitée la plus exposée**.

### **Détermination des concentrations dans les végétaux**

La contamination des végétaux a trois origines (cf. Figure 26) :

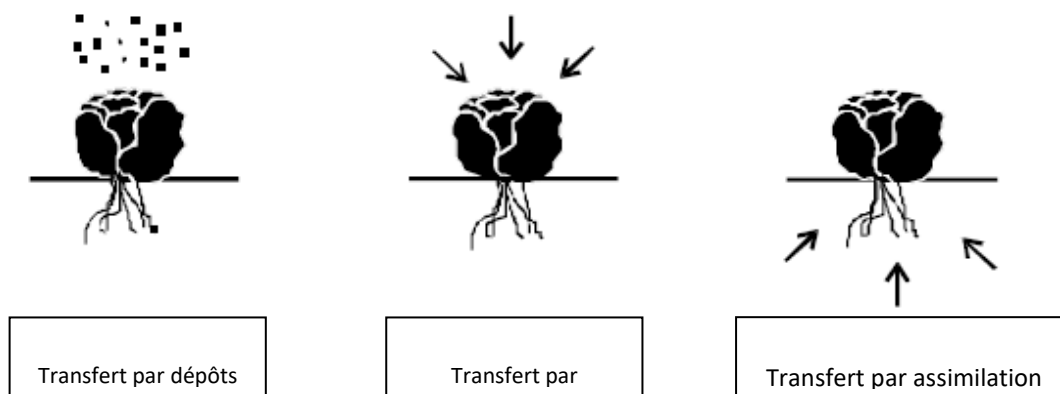
---

<sup>24</sup> EPA. Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion facilities. July 1998. EPA530-D-98-001A.

<sup>25</sup> « Mise à jour de l'étude de l'évaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion », INERIS, Décembre 2004.

- les dépôts de polluants sur les parties aériennes provenant des retombées atmosphériques et de ré-envol de poussières,
- l'absorption foliaire de certains polluants gazeux par les feuilles de la plante,
- l'assimilation des polluants par la plante depuis le sol, par les racines, puis la diffusion dans tout le végétal.

Figure 26 : contamination des végétaux (EPA, 1998)



#### **Transfert lié aux dépôts particulaires sur les plantes**

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

$$C_{dp} = D \times R_p \times \frac{1 - e^{(-k_p \times T_p)}}{Y_p \times k_p} \times t_{ms}$$

Avec :

- $C_{dp}$  : concentration dans les plantes due au phénomène de déposition (mg/kg frais)
- $D$  : quantité de dépôt sur le sol (mg/m<sup>2</sup>/an)
- $R_p$  : fraction interceptée par les cultures (-)
- $k_p$  : coefficient de perte sur la surface de la plante (année<sup>-1</sup>) - effet « weathering »
- $T_p$  : durée de culture (année)
- $Y_p$  : rendement de production (kg sec/m<sup>2</sup>)
- $t_{ms}$  : teneur en matière sèche de la plante (-)

Les facteurs relatifs aux végétaux utilisés sont issus des rapports de l'INERIS<sup>26/27</sup> et sont présentés dans le Tableau 27.

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

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

Tableau 27 : facteurs relatifs aux végétaux

| Type de plante   | t <sub>ms</sub> | Yp (kg sec /m²) | Rp    | Kp (an <sup>-1</sup> ) | Tp (an) |
|------------------|-----------------|-----------------|-------|------------------------|---------|
| Légumes-racines  | 0,2             | -               | -     | -                      | -       |
| Légumes-feuilles | 0,086           | 0,246           | 0,215 | 18                     | 0,164   |
| Légumes-fruits   | 0,063           | 10,52           | 0,996 | 18                     | 0,164   |
| Fruit            | 0,15            | 0,252           | 0,053 | 18                     | 0,164   |
| Herbe            | 0,2             | 0,24            | 0,5   | 18                     | 0,12    |
| Grains           | 0,882           | -               | -     | -                      | -       |

### Transfert lié à l'absorption foliaire

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

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

Avec :

C<sub>gp</sub> : concentration dans les plantes due à l'absorption foliaire (mg/kg frais)

C<sub>a</sub> : concentration de polluant dans l'air (µg/m³)

B<sub>v</sub> : coefficient de bio-transfert air-plante (m³/kg frais)

F<sub>v</sub> : Fraction de polluant sous forme gazeuse (-)

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

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

Les facteurs de bioconcentration air/plante (B<sub>v</sub>) utilisés sont présentés dans le Tableau 28 et sont issus de préférence de la base de données HHRAP (EPA, 2005). Les données HHRAP ont été privilégiées pour la transparence des sources d'informations. Ce facteur est nul pour les métaux.

Tableau 28 : facteurs de bioconcentration air/plante (B<sub>v</sub> exprimés par rapport à la plante fraîche)

|                  | Bv air/feuille | Bv air/leg-fruit | Bv air/fruit | Bv air/herbe | Source       |
|------------------|----------------|------------------|--------------|--------------|--------------|
| unité            | m³/kg frais    | m³/kg frais      | m³/kg frais  | m³/kg frais  |              |
| Métaux           | 0              | 0                | 0            | 0            | HHRAP 2005   |
| 2,3,7,8 dioxines | 10300          | 10300            | 10300        | 10300        | GIC rev 2004 |

Les paramètres physico-chimiques relatifs sont issus des rapports de l'INERIS<sup>28/29</sup> et sont présentés dans le Tableau 29.

Tableau 29 : paramètres physico-chimiques

|        | Fv | Coefficient de partage octanol-eau | VG |
|--------|----|------------------------------------|----|
| unité  | -  | log Kow                            | -  |
| Métaux | -  | -                                  | -  |

<sup>28</sup> INERIS. Evaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion, INERIS (mai 2003).

<sup>29</sup> « Mise à jour de l'étude de l'évaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion », INERIS, Décembre 2004.

|                     | Fv   | Coefficient de partage octanol-eau | VG   |
|---------------------|------|------------------------------------|------|
| unité               | -    | log Kow                            | -    |
| Mercuré inorganique | 1    | 0,62                               | 1    |
| 2,3,7,8 dioxines    | 0.66 | 6.80                               | 0.01 |

### **Transfert lié à l'assimilation des polluants par la plante**

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

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

Avec :

C<sub>rp</sub> : concentration dans la plante due au transfert sol/plante (mg/kg frais)

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

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

Les facteurs de bioconcentration sol/plante (B<sub>r</sub>) utilisés sont présentés dans le Tableau 30 et sont issus de préférence de la base de données HHRAP (EPA, 2005) et, à défaut de l'étude réalisée par le Groupe Radioécologie Nord-Cotentin (1999)<sup>30</sup>. Les données HHRAP ont été privilégiées pour la transparence des sources d'informations.

Tableau 30 : facteurs de bioconcentration sol/plante (Br exprimés par rapport à la plante fraîche)

| Substances              | Br<br>sol/racine              | Br<br>sol/feuille | Br sol/leg-<br>fruit | Br sol/fruit | Br<br>sol/grain | Br<br>sol/herbe | Source biblio               |
|-------------------------|-------------------------------|-------------------|----------------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------------------|
|                         | kg sol sec/kg frais de plante |                   |                      |              |                 |                 |                             |
| Méthylmercure           | 1.98E-02                      | 2.53E-03          | 1.85E-03             | 4.41E-03     | 1.68E-02        | 0.00E+00        | HHRAP 2005                  |
| Mercur<br>e inorganique | 3.00E-01                      | 3.00E-01          | 3.00E-01             | 3.00E-01     | 3.00E-01        | 1.20E+00        | GRNC - GR3                  |
| 2,3,7,8 dioxines        | 5.00E-03                      | 3.91E-04          | 2.87E-04             | 6.83E-04     | 4.01E-03        | 9.10E-04        | INERIS 2004 &<br>HHRAP 2005 |

### **Contamination totale des plantes**

La contamination totale des plantes correspond à la somme des concentrations dans les plantes calculées par le transfert sol/plante, par le transfert air/plante et liées au dépôt de particules :

$$C_p = C_{dp} + C_{gp} + C_{rp}$$

<sup>30</sup> GNRC, Rapport détaillé du GT3 (source : IPSN/DPHD/SAER) – 1999 et son annexe VIII-2

GNRC, Karine Beaugelin-Seiller, Adaptation du modèle de transfert GT3-GRNC dans un écosystème agricole aux polluants inorganiques non radioactifs – Paramètres [1] de transfert, Rapport IPSN DPRE/SERLAB/01-39

Avec :

- Cp : concentration totale dans les plantes (mg/kg frais)
- Cdp : concentration dans les plantes due au phénomène de déposition (mg/kg frais)
- Cgp : concentration dans les plantes due à l'absorption foliaire (mg/kg frais)
- Crp : concentration dans la plante due au transfert sol/plante (mg/kg frais)

### **Détermination des concentrations dans les produits d'origine animale**

On suppose de manière majorante que toute la nourriture ingérée par l'animal provient de la zone d'exposition.

Les facteurs de bioconcentration dans les produits animaux (Ba) utilisés sont présentés dans le Tableau 31 et sont issus de préférence de la base de données HHRAP (EPA, 2005) et, à défaut de l'étude réalisée par le Groupe Radioécologie Nord-Cotentin (1999)<sup>31</sup>. Les données HHRAP ont été privilégiées pour la transparence des sources d'informations.

*Tableau 31 : coefficient de bio-transfert dans les produits animaux (Ba exprimés par rapport à la masse fraîche de produit)*

| Substances          | Baboeuf    | Bapork   | Balait   | Bavolaille | Baoeuf   | Blait matern | Source      |
|---------------------|------------|----------|----------|------------|----------|--------------|-------------|
|                     | j/kg frais |          |          |            |          | j/kg frais   |             |
| Méthylmercure       | 7.80E-04   | 5.07E-06 | 3.38E-04 | 3.58E-03   | 3.58E-03 | -            | HHRAP 2005  |
| Mercure inorganique | 0.00E+00   | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00   | 0.00E+00 | -            | HHRAP 2005  |
| 2,3,7,8 dioxines    | 3.42E-02   |          | 6.30E-03 | 3.42E-02   | 2.46E+01 | 6.70E+00     | INERIS 2004 |

### **Transfert vers la viande de bœuf**

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

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

Avec :

- Cboeuf : concentration dans la viande (mg/kg de viande fraîche)
- Qherbe : quantité totale d'herbe ingérée quotidiennement par l'animal (kg frais/j)
- Cherbe : concentration en polluant dans l'herbe ingérée par l'animal (mg/kg)
- Qs : quantité de sol ingérée quotidiennement par l'animal (kg sol sec/j)
- Cs : concentration en polluant dans le sol (mg/kg sol sec) dans le premier cm
- Bs : facteur de biodisponibilité (Bs = 1)
- Baboeuf : facteur de biotransfert pour la viande de bœuf (j/kg frais)

<sup>31</sup> GNRC, Rapport détaillé du GT3 (source : IPSN/DPHD/SAER) – 1999 et son annexe VIII-2  
 GNRC, Karine Beaugelin-Seiller, Adaptation du modèle de transfert GT3-GRNC dans un écosystème agricole aux polluants inorganiques non radioactifs – Paramètres [1] de transfert, Rapport IPSN DPPE/SERLAB/01-39.

Les paramètres relatifs au bœuf sont les suivants (INERIS<sup>32</sup>) :

Qherbe = 60 kg frais/j

Qs = 0,5 kg sec/j

### **Transfert vers le lait**

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

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

Avec :

Clait : concentration dans le lait (mg/kg de lait)

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

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

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

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

Bs : facteur de biodisponibilité (Bs = 1)

Balait: facteur de biotransfert pour le lait (j/kg frais)

Les paramètres relatifs à la vache laitière sont les suivants (INERIS<sup>32</sup>) :

Qherbe = 80 kg frais/j

Qs = 0,64 kg sec/j

### **Transfert vers la viande de volaille**

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

$$C_{\text{volaille}} = (Q_{\text{grain}} \cdot C_{\text{grain}} + Q_s \cdot C_s \cdot B_s) \times Ba_{\text{volaille}}$$

Avec :

Cvolaille : concentration dans la viande de volaille (mg/kg de viande fraîche)

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

Cgrain : concentration en polluant dans les grains ingérée par l'animal (mg/kg)

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

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

Bs : facteur de biodisponibilité (Bs = 1)

Bavolaille : facteur de biotransfert pour la viande de volaille (j/kg frais)

---

<sup>32</sup> INERIS. Evaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion, INERIS (mai 2003).

Les paramètres relatifs aux volailles sont les suivants (INERIS32) :

Q<sub>grain</sub> = 0,2 kg frais/j

Q<sub>s</sub> = 0,02 kg sec/j

### **Transfert vers les œufs**

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

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

Avec :

C<sub>oeuf</sub> : concentration dans les œufs (mg/kg frais)

Q<sub>grain</sub> : quantité totale de grain ingérée quotidiennement par l'animal (kg frais/j)

C<sub>grain</sub> : concentration en polluant dans les grains ingérés par l'animal (mg/kg)

Q<sub>s</sub> : quantité de sol ingérée quotidiennement par l'animal (kg sol sec/j)

C<sub>s</sub> : concentration en polluant dans le sol (mg/kg sol sec) dans le premier cm

B<sub>s</sub> : facteur de biodisponibilité (B<sub>s</sub> = 1)

Ba<sub>oeuf</sub> : facteur de biotransfert pour les œufs (j/kg frais)

Les paramètres relatifs aux volailles sont les suivants (INERIS32) :

Q<sub>grain</sub> = 0,2 kg frais/j

Q<sub>s</sub> = 0,02 kg sec/j

## **Annexe 7 : Résultats par tranche d'âge des Doses Journalières d'Exposition par ingestion liées au rejets atmosphériques**

| Classe d'âge                  | Apport par ingestion | Unité          | Méthylmercure | mercure inorganique | 2,3,7,8 dioxines |
|-------------------------------|----------------------|----------------|---------------|---------------------|------------------|
| Classe 1 : de 0 à 1 an        | de sol               | mg/kg/j        | 1.9E-09       | 9.1E-08             | 4.1E-14          |
|                               | de végétaux          | mg/kg/j        | 1.7E-08       | 1.0E-06             | 7.1E-14          |
|                               | de produits animaux  | mg/kg/j        | 1.7E-09       | 0.0E+00             | 2.6E-13          |
|                               | de poissons          | mg/kg/j        | 0.0E+00       | 0.0E+00             | 0.0E+00          |
|                               | de lait maternel     | mg/kg/j        | -             | -                   | -                |
|                               | <b>Apport total</b>  | <b>mg/kg/j</b> | 2.1E-08       | 1.1E-06             | 3.8E-13          |
| Classe 2 : de 1 à 3 ans       | de sol               | mg/kg/j        | 1.9E-09       | 9.3E-08             | 4.2E-14          |
|                               | de végétaux          | mg/kg/j        | 2.9E-08       | 1.8E-06             | 1.5E-13          |
|                               | de produits animaux  | mg/kg/j        | 3.5E-09       | 0.0E+00             | 8.5E-13          |
|                               | de poissons          | mg/kg/j        | 0.0E+00       | 0.0E+00             | 0.0E+00          |
|                               | <b>Apport total</b>  | <b>mg/kg/j</b> | 3.5E-08       | 1.9E-06             | 1.0E-12          |
| Classe 3 : de 3 à 6 ans       | de sol               | mg/kg/j        | 1.3E-09       | 6.5E-08             | 2.9E-14          |
|                               | de végétaux          | mg/kg/j        | 1.6E-08       | 1.3E-06             | 1.2E-13          |
|                               | de produits animaux  | mg/kg/j        | 2.0E-09       | 0.0E+00             | 5.3E-13          |
|                               | de poissons          | mg/kg/j        | 0.0E+00       | 0.0E+00             | 0.0E+00          |
|                               | <b>Apport total</b>  | <b>mg/kg/j</b> | 2.0E-08       | 1.4E-06             | 6.8E-13          |
| Classe 4 : de 6 à 11 ans      | de sol               | mg/kg/j        | 8.2E-10       | 4.0E-08             | 1.8E-14          |
|                               | de végétaux          | mg/kg/j        | 1.0E-08       | 8.1E-07             | 7.8E-14          |
|                               | de produits animaux  | mg/kg/j        | 1.2E-09       | 0.0E+00             | 3.3E-13          |
|                               | de poissons          | mg/kg/j        | 0.0E+00       | 0.0E+00             | 0.0E+00          |
|                               | <b>Apport total</b>  | <b>mg/kg/j</b> | 1.3E-08       | 8.5E-07             | 4.2E-13          |
| Classe 5 : de 11 à 15 ans     | de sol               | mg/kg/j        | 2.0E-10       | 9.8E-09             | 4.4E-15          |
|                               | de végétaux          | mg/kg/j        | 7.2E-09       | 5.4E-07             | 5.0E-14          |
|                               | de produits animaux  | mg/kg/j        | 6.6E-10       | 0.0E+00             | 2.0E-13          |
|                               | de poissons          | mg/kg/j        | 0.0E+00       | 0.0E+00             | 0.0E+00          |
|                               | <b>Apport total</b>  | <b>mg/kg/j</b> | 8.0E-09       | 5.5E-07             | 2.5E-13          |
| Classe 6 : de 15 à 18 ans     | de sol               | mg/kg/j        | 1.6E-10       | 7.7E-09             | 3.5E-15          |
|                               | de végétaux          | mg/kg/j        | 5.7E-09       | 4.4E-07             | 4.0E-14          |
|                               | de produits animaux  | mg/kg/j        | 4.7E-10       | 0.0E+00             | 1.7E-13          |
|                               | de poissons          | mg/kg/j        | 0.0E+00       | 0.0E+00             | 0.0E+00          |
|                               | <b>Apport total</b>  | <b>mg/kg/j</b> | 6.4E-09       | 4.5E-07             | 2.1E-13          |
| Classe 7 : les plus de 18 ans | de sol               | mg/kg/j        | 1.3E-10       | 6.6E-09             | 3.0E-15          |
|                               | de végétaux          | mg/kg/j        | 7.2E-09       | 5.5E-07             | 5.7E-14          |
|                               | de produits animaux  | mg/kg/j        | 4.0E-10       | 0.0E+00             | 1.9E-13          |
|                               | <b>de poissons</b>   | <b>mg/kg/j</b> | 0.0E+00       | 0.0E+00             | 0.0E+00          |
|                               | <b>Apport total</b>  | <b>mg/kg/j</b> | 7.7E-09       | 5.5E-07             | 2.5E-13          |
| DJE pondérée sur 30 ans       | de sol               | mg/kg/j        | 2.4E-10       | 1.2E-08             | 5.2E-15          |
|                               | de végétaux          | mg/kg/j        | 4.4E-09       | 3.2E-07             | 3.0E-14          |
|                               | de produits animaux  | mg/kg/j        | 4.2E-10       | 0.0E+00             | 1.2E-13          |
|                               | de poissons          | mg/kg/j        | 0.0E+00       | 0.0E+00             | 0.0E+00          |
|                               | <b>Apport total</b>  | <b>mg/kg/j</b> | 4.8E-09       | 3.2E-07             | 1.6E-13          |