



NUMTECH

# **Société des Crématoriums de France**

**Projet de création  
d'un crématorium  
à Narbonne (11)**

**Evaluation quantitative des risques  
sanitaires liés aux rejets  
atmosphériques du projet**

**RAPPORT D'ETUDE**

## INTERVENANTS

### Société des Crématoriums de France (CLIENT)

**Adresse :**

ESKA (intermédiaire)

**8 rue de la Croix Chaudron****51500 SAINT-LÉONARD**fixe : 09 72 68 10 18

mobile : 06 58 91 39 17

**Contacts : Kevin Guillier**

E-mail :

kguillier@eska-conseil.fr



### NUMTECH (PRESTATAIRE)

**Adresse : 6 Allée Alan Turing - CS 60242****Parc Technologique de La Pardieu****63178 AUBIERE CEDEX****Tél. : (33) 4 73 28 75 95**

Fax : (33) 4 73 28 75 99

**Contact : Emmanuelle DUTHIER, Cheffe de projet**E-mail : [duthier@numtech.fr](mailto:duthier@numtech.fr)**Adrien MARCHAIS, ingénieur santé environnement**[marchais@numtech.fr](mailto:marchais@numtech.fr)

VERSION	DATE	DESCRIPTION DES MODIFICATIONS
1.0	09/02/2023	Version finale
2.0	15/06/2023	Correction tableaux de résultats, précisions sur la VTR du CO et Precision sur la VG du CO
3.0	26/06/2023	Correction des QD pour la voie orale et précision sur la contribution des médias d'exposition
4.0	28/07/2023	

REDACTION	CONTROLE QUALITE
Adrien MARCHAIS, ingénieur études sanitaires 	Emmanuelle DUTHIER, cheffe de projet 

## RESUME

NUMTECH a été sollicité par la Société des Crématoriums de France dans le cadre de la construction d'un crématorium à Narbonne (11). Suite à l'examen du projet, la DREAL demande la réalisation d'une évaluation de risques sanitaire (ERS) basée sur une modélisation de la dispersion atmosphérique des rejets de la future installation.

L'évaluation des risques sanitaires a été réalisée en 4 étapes selon la démarche préconisée par l'Institut de l'environnement et des risques industriels (INERIS). Les effets aigus (pour une durée d'exposition de 1 heure à 2 semaines) et chroniques (pour une durée d'exposition d'au moins 1 an) susceptibles d'être induits suite à une exposition respiratoire et/ou orale à une série de substances ont été étudiés. Les niveaux d'expositions des populations riveraines au projet de crématorium et les risques sanitaires ont été estimés *via* une étude de dispersion.

Les valeurs toxicologiques de référence ont été choisies en suivant les recommandations de la note méthodologique de la direction générale de la santé (DGS) d'octobre 2014.

Comme indiqué dans le guide de l'Ineris, la caractérisation des risques a porté uniquement sur les émissions du site en projet, ainsi, l'exposition actuelle des populations, appelée aussi « exposition ambiante » ou « niveau de fond ambiant » n'a pas été considérée dans l'étape de caractérisation des risques.

Les données relatives au niveau de fond dans l'air ont été obtenues pour le NO<sub>2</sub> et le benzène *via* une recherche d'informations sur le site internet d'Atmo Occitanie. Pour ces substances, les émissions du projet d'installation contribuent faiblement aux niveaux agrégés (niveau de fond + projet).

Concernant les données de fond dans l'alimentation, pour les substances pour lesquelles ces données sont disponibles, les émissions du projet d'installation devraient peu contribuer aux niveaux agrégés, quelle que soit la substance considérée.

D'après les résultats obtenus, aucun dépassement de seuil sanitaire ( $QD < 1$  et  $ERI < 10^{-5}$ ) n'est observé lors d'expositions aiguës et chroniques par voie respiratoire et/ou digestive, pour l'ensemble des substances étudiées.

Les sommes de risques effectuées pour les effets chroniques non cancérogènes et les deux voies d'exposition (respiratoire et orale) conduisent à l'obtention d'un risque inférieur au seuil sanitaire ( $QD < 1$ ). D'après ces résultats, la population n'est pas susceptible de développer les effets sanitaires relatifs aux substances émises par le projet étudié et considérées dans l'étude.

# TABLE DES MATIERES

<b>1. INTRODUCTION</b>	<b>9</b>
1.1 Contexte et objectifs de l'étude .....	9
1.2 Cadre de l'évaluation quantitative des risques sanitaires (ERS) .....	9
<b>2. CARACTERISATION DU SITE ET DE SON ENVIRONNEMENT</b>	<b>12</b>
2.1 Présentation de l'installation et de son environnement proche .....	12
2.2 Détermination de la taille du domaine d'étude.....	13
2.3 Caractérisation des populations et des usages de l'environnement.....	14
2.4 Présence d'activités industrielles .....	18
2.5 Inventaire et choix des substances émises.....	20
<b>3. IDENTIFICATION DES DANGERS</b>	<b>23</b>
3.1 Méthode.....	23
3.2 Etude des dangers .....	23
<b>4. INVENTAIRE ET CHOIX DES VALEURS TOXICOLOGIQUES DE REFERENCE</b>	<b>25</b>
4.1 Définition.....	25
4.2 Sources de données.....	25
4.3 Choix des valeurs toxicologiques de référence .....	28
<b>5. ÉVALUATION DES EXPOSITIONS</b>	<b>30</b>
5.1 Exposition par inhalation .....	30
5.2 Exposition par ingestion .....	30
5.3 Exposition par voie cutanée .....	31
5.4 Calcul des doses d'exposition par inhalation .....	32
5.4.1 Paramètres d'exposition retenus .....	33
5.4.2 Estimation des concentrations en substances dans l'air (Ci) .....	33
5.4.3 L'Résultats de l'étude de dispersion .....	34
5.4.4 Concentration de fond dans l'air.....	38
5.5 Calcul des doses d'exposition par ingestion.....	39
5.5.1 Définition du scénario d'exposition .....	41
5.5.2 Paramètres du scénario d'exposition.....	43
5.5.3 Estimation des doses journalières d'exposition .....	44

<b>5.6 Exposition cumulée .....</b>	<b>50</b>
<b>6. CARACTERISATION DES RISQUES SANITAIRES .....</b>	<b>51</b>
<b>6.1 Méthode.....</b>	<b>51</b>
6.1.1 Quotients de danger pour les substances à effets à seuil de dose .....	51
6.1.2 Excès de risque individuel pour les substances à effets sans seuil de dose .....	51
<b>6.2 Exposition par voie respiratoire .....</b>	<b>53</b>
6.2.1 Exposition aiguë.....	53
6.2.2 Expositions chroniques .....	54
<b>6.3 Résultats pour la voie digestive .....</b>	<b>55</b>
<b>6.4 Risques cumulés.....</b>	<b>55</b>
<b>7. INCERTITUDE .....</b>	<b>57</b>
7.1 Incertitudes ayant pour effet de sous-estimer les risques .....	57
7.2 Incertitudes ayant pour effet de surestimer les risques .....	57
7.3 Incertitudes dont l'effet sur les risques est inconnu (ou variable) .....	58
<b>8. CONCLUSION .....</b>	<b>62</b>
8.1 Exposition respiratoire .....	62
8.2 Exposition orale.....	62
8.3 Risques cumulés.....	63
 <b>ANNEXE A : INVENTAIRE DES SITES SENSIBLES .....</b>	 <b>65</b>
<b>ANNEXE B : DYNAMIQUE DU MERCURE APRES COMBUSTION (HHRAP) .....</b>	<b>66</b>
<b>ANNEXE C : LA MODELISATION DE LA DISPERSION ATMOSPHERIQUE .....</b>	<b>67</b>
<b>ANNEXE D : FICHES TOXICOLOGIQUES DES SUBSTANCES ETUDIEES DANS L'ERS .....</b>	<b>78</b>
<b>ANNEXE E : RECAPITULATIF DES DONNEES ET DES RESULTATS OBTENUS AVEC MODULERS .....</b>	<b>79</b>

## ABREVIATIONS

- DJE : dose journalière d'exposition
- ERI : excès de risque individuel
- HHRAP : human health risk assessment protocol
- QD : quotient de danger
- VTR : valeurs toxicologiques de référence
- US-EPA : United-States Environmental Protection Agency
- ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry
- OMS : Organisation Mondiale de la Santé
- IPCS : International Program on Chemical Safety
- RIVM : Institut National de Santé Publique et de l'Environnement des Pays-Bas
- OEHHA : Office of Environmental Health Hazard Assessment

## TABLE DES FIGURES

FIGURE 1 - ENVIRONNEMENT PROCHE DE L'INSTALLATION (SOURCE GEOPORTAIL) .....	13
FIGURE 2 - LOCALISATION DES SITES CONSIDERES COMME SENSIBLES DANS LA ZONE D'ETUDE (FOND DE PLAN : OSM) .....	16
FIGURE 3 - OCCUPATION DES SOLS (SOURCE : CORINE LAND COVER 2018).....	18
FIGURE 4 – LOCALISATION DES ANCIENS SITES INDUSTRIELS OU D'ACTIVITE DE SERVICE BASIAS ET DU SITE POLLUE - BASOL(SOURCE : GEORISQUES) .....	20
FIGURE 5 - LOGIGRAMME POUR LE CHOIX DES VTR (NOTE N°DGS/EA1/DGPR/2014/307 DU 31 OCTOBRE 2014).....	26
FIGURE 6 - SCHEMA CONCEPTUEL D'EXPOSITION CONSIDERE DANS LE CADRE DE CETTE ETUDE .....	32
FIGURE 7 – VARIABILITE SPATIALE DE L'EXPOSITION MOYENNE ANNUELLE (CAS DES OXYDES D'AZOTE) ET LOCALISATION DU SITE FREQUENTE LE PLUS IMPACTE (ETOILE ROUGE) – UNITE : $\mu\text{G}/\text{M}^3$ .....	35
FIGURE 8 – VARIABILITE SPATIALE DE L'EXPOSITION MAXIMALE HORAIRE (CAS DES OXYDES D'AZOTE) ET LOCALISATION DU SITE FREQUENTE LE PLUS IMPACTE (ETOILE ROUGE) – UNITE : $\mu\text{G}/\text{M}^3$ .....	36
FIGURE 9 – VARIABILITE SPATIALE DE L'EXPOSITION MAXIMALE JOURNALIERE (CAS DES OXYDES D'AZOTE) ET LOCALISATION DU SITE FREQUENTE LE PLUS IMPACTE (ETOILE ROUGE) – UNITE : $\mu\text{G}/\text{M}^3$ .....	37
FIGURE 10 – MODELE D'EXPOSITION SELON L'OUTIL MODULERS .....	41
FIGURE 11 – VARIABILITE SPATIALE DES DEPOTS ATMOSPHERIQUES EN DIOXINES-FURANNES ET LOCALISATION DU SITE POTENTIELLEMENT EXPLOITE POUR LA CULTURE D'ALIMENTS LE PLUS IMPACTE (ETOILE ROUGE) – UNITE : $*10^{-10}$ $\mu\text{G} / \text{M}^2/\text{S}$ .....	42
FIGURE 12 – VARIABILITE TEMPORELLE DES DJE ESTIMEES POUR LES DIOXINES-FURANNES INDUITES PAS LE PROJET ....	45
FIGURE 13 : CONTRIBUTION DES DIFFERENTS MEDIAIS D'EXPOSITION AU COURS DU TEMPS POUR LES DIOXINES .....	47
FIGURE 14 : CONTRIBUTION DES DIFFERENTS MEDIAIS D'EXPOSITION AU COURS DU TEMPS POUR LE MERCURE INORGANIQUE.....	48
FIGURE 15 : CONTRIBUTION DES DIFFERENTS MEDIAIS D'EXPOSITION AU COURS DU TEMPS POUR LE MERCURE ORGANIQUE .....	49
FIGURE 16 - COMPORTEMENT DU MERCURE DANS L'AIR ET DANS LA CHAINE ALIMENTAIRE APRES UN PROCEDE DE COMBUSTION (HHRAP) .....	66
FIGURE 17 .....	71

## TABLE DES TABLEAUX

TABEAU 1 – POPULATION RECENSEE DANS LE DOMAINE D’ETUDE (SOURCE : INSEE, 2015).....	14
TABEAU 2 - TYPOLOGIE DES SOLS DANS LE DOMAINE D’ETUDE (SOURCE : CORINE LAND COVER 2018).....	17
TABEAU 3 – DESCRIPTION SUCCINCTE DES ICPE RECENSEES SUR LE DOMAINE D’ETUDE ET DES EMISSIONS ASSOCIEES (SOURCE : GEO RISQUES) .....	19
TABEAU 4 – SUBSTANCES REGLEMENTEES ET VLE ASSOCIEES, EXPRIMEES EN SUR GAZ SEC A 11% D’O <sub>2</sub> .....	21
TABEAU 5 - SUBSTANCES INVENTORIEES, VOIE ET DUREE D’EXPOSITION ET SYSTEMES CIBLES ASSOCIES .....	24
TABEAU 6 - PRESENCE OU ABSENCE DE VTR POUR LES SUBSTANCES RECENSEES A L’EMISSION DU PROJET DE CREMATORIUM .....	27
TABEAU 7 - VTR AIGUË POUR LA VOIE RESPIRATOIRE .....	28
TABEAU 8 - VTR CHRONIQUE NON CANCERIGENE POUR LA VOIE RESPIRATOIRE .....	28
TABEAU 9 - VTR CHRONIQUE NON CANCERIGENE POUR LA VOIE DIGESTIVE .....	29
TABEAU 10 - VTR CHRONIQUE CANCERIGENE POUR LA VOIE RESPIRATOIRE .....	29
TABEAU 11 - PARAMETRES DU SCENARIO D’EXPOSITION .....	33
TABEAU 12 - CONCENTRATIONS ATMOSPHERIQUES MAXIMALES (CI, µG/M <sup>3</sup> ) OBTENUES SUR LE DOMAINE D’ETUDE POUR LES SUBSTANCES RETENUES DANS L’ERS.....	38
TABEAU 13 – COMPARAISON ENTRE LES NIVEAUX DE FONDS ET L’IMPACT ATTENDU DU PROJET DANS LE DOMAINE D’ETUDE (µG/M <sup>3</sup> ) .....	39
TABEAU 14 - DEPOTS ATMOSPHERIQUES OBTENUS AU NIVEAU DU SITE INGESTION .....	43
TABEAU 15 – DJE CUMULEES MAXIMALES OBTENUES APRES 30 ANS DE FONCTIONNEMENT (MG/KGPC/J) .....	45
TABEAU 16 - DJE MOYENNES DANS L’ALIMENTATION FRANÇAISE POUR LES SUBSTANCES ETUDIEES DANS L’ERS (SOURCE : EAT2) .....	50
TABEAU 17 - QUOTIENTS DE DANGER ET COMPARAISON AUX VTR OU VALEURS GUIDE POUR UNE EXPOSITION AIGUË.....	53
TABEAU 18 - QUOTIENTS DE DANGER OBTENUS POUR UNE EXPOSITION CHRONIQUE DANS LE DOMAINE D’ETUDE ....	54
TABEAU 19 - DETERMINATION DES ERI ASSOCIES AU BENZENE .....	54
TABEAU 20 - QUOTIENTS DE DANGER (QD) OBTENUS POUR LA VOIE DIGESTIVE .....	55
TABEAU 21 - SOMMES DE QD CHRONIQUES SELON LA VOIE D’EXPOSITION .....	56
TABEAU 22 - ETABLISSEMENTS SCOLAIRES LOCALISES DANS LE DOMAINE D’ETUDE (COORDONNEES GEOGRAPHIQUES INDIQUEES EN WGS84) .....	65
TABEAU 23 - STRUCTURES SANITAIRES ET SOCIALES LOCALISEES DANS LE DOMAINE D’ETUDE (COORDONNEES GEOGRAPHIQUES INDIQUEES EN LAMBERT 93) .....	65
TABEAU 24 - STRUCTURES DE PRATIQUE DE SPORT LOCALISEES DANS LE DOMAINE D’ETUDE (COORDONNEES GEOGRAPHIQUES INDIQUEES EN WGS84) .....	65



# 1. INTRODUCTION

---

## 1.1 Contexte et objectifs de l'étude

NUMTECH est sollicitée par la Société des Crématoriums de France afin d'évaluer les risques sanitaires relatif à un projet de crématorium à Narbonne (11).

## 1.2 Cadre de l'évaluation quantitative des risques sanitaires (ERS)

### Définition de l'ERS et références méthodologiques

L'évaluation des risques sanitaires est une démarche structurée élaborée par le national research council (NRC) (l'Académie des sciences nord-américaine) (NRC, 1983)<sup>1</sup> qui la décrit comme « ...l'utilisation de faits scientifiques pour définir les effets sur la santé d'une exposition d'individus ou de populations à des matériaux ou des situations dangereuses ». Cette démarche suit une méthode définie permettant de fournir aux gestionnaires des estimations des risques pour la santé, en l'état actuel des connaissances scientifiques. Dans le cadre des installations classées, elle s'applique de façon itérative afin, si possible, de quantifier le risque potentiel attendu autour du site.

Concernant la méthodologie à suivre pour la réalisation d'une ERS, le guide méthodologique de l'Ineris a été considéré (Ineris, 2021)<sup>2</sup>, car il fait référence en France. Dans le cas particulier d'un crématorium, un second guide méthodologique de l'ADEME paru en 2006 a également été utilisé (ADEME, 2006)<sup>3</sup>.

### Champ d'intervention

Dans la présente ERS, seul le risque sur la santé des populations riveraines au projet d'installation est étudié. Les travailleurs du site lui-même, dans le cadre de leur poste de travail, n'entrent pas dans la présente évaluation mais sont soumis à la législation du travail (Cf. Notice Hygiène et Sécurité du Dossier de demande d'autorisation d'exploiter). De même, l'étude n'évalue pas :

- les risques écotoxiques (impact sur la faune et la flore),
- les impacts liés aux odeurs,
- les risques liés aux agents physiques et microbiologiques,
- les risques liés aux sources d'émission non atmosphériques,
- les risques liés aux rejets diffus.

### Structure du rapport

---

<sup>1</sup> National Research Council (NRC), 1983, Risk assessment in the federal government. Managing the process. Washington DC, National Academy of Science, 191 p.

<sup>2</sup> Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris), Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires Démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées Deuxième édition – Septembre 2021.

<sup>3</sup> ADEME, 2006, Caractérisation des émissions atmosphériques d'un échantillon représentatif du parc français des crématoriums en vue d'une évaluation globale du risque sanitaire

La démarche d'évaluation des risques sanitaires s'appuie sur les 4 étapes suivantes :

- Etape 1 : l'identification des dangers qui consiste en l'identification et la description les plus exhaustives possible des substances capables de générer un effet sanitaire indésirable, ainsi que la description de cet effet sanitaire,
- Etape 2 : l'évaluation de la relation dose-réponse qui a pour but d'estimer le lien entre la dose d'une substance mise en contact avec l'organisme et l'incidence de l'apparition d'un effet toxique jugé critique pour l'organisme. Cette étape se caractérise par le choix des valeurs toxicologiques de référence (VTR) pour chaque toxique étudié,
- Etape 3 : l'évaluation des expositions qui permet de juger du niveau de contamination des milieux, de caractériser les populations potentiellement exposées et de quantifier l'exposition de celles-ci,
- Etape 4 : la caractérisation du risque qui est une étape de synthèse des étapes précédentes permettant de quantifier le risque encouru pour la ou les population(s) exposées.

Cette étape est suivie d'un récapitulatif des hypothèses et des incertitudes liées à la démarche d'évaluation des risques sanitaires.

Comme le recommande l'Ineris, une étape préalable de « Caractérisation de l'installation et de son environnement » a été réalisée. Dans le cadre de cette étude, elle permet d'identifier les populations potentiellement exposées, ainsi que les usages de l'environnement potentiellement impactés par le projet de crématorium.

### **Principes conducteurs à la réalisation de l'étude**

Plusieurs grands principes sont respectés dans l'ERS, conformément aux recommandations de l'InVS, de l'Ineris et de la circulaire du 17 février 1998 relative à l'application de l'article 19 de la loi LAURE<sup>4</sup>, complétant le contenu des études d'impact des projets d'aménagement :

- la transparence : les sources de données et les méthodes utilisées, les choix réalisés et les incertitudes relevées sont explicités et référencés,
- la cohérence : les meilleures connaissances scientifiques du moment (cohérence externe) sont utilisées de même que des règles systématiques pour recueillir et traiter l'information, choisir les méthodes et les hypothèses de calcul (cohérence interne),
- la spécificité : l'étude s'appuie sur les connaissances scientifiques et les données propres au site ou qui s'en rapprochent le plus.
- la prudence scientifique : en l'absence de donnée reconnue, sont prises en compte des hypothèses raisonnablement majorantes,
- la proportionnalité : le degré d'approfondissement doit être cohérent avec l'importance des incidences prévisibles de la pollution.

Cette étude s'appuie sur les méthodes et les connaissances disponibles au moment de la rédaction du rapport. Sa validité est donc limitée par l'évolution des outils et des connaissances des sciences utilisées dans l'évaluation des risques sanitaires.

---

<sup>4</sup> Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Énergie

Le document produit par NUMTECH doit être diffusé dans son intégralité de façon à ce que les lecteurs disposent de l'ensemble des éléments ayant servi à établir les résultats. La responsabilité de NUMTECH ne pourra pas être engagée si les informations qui lui ont été fournies au cours de l'étude par le commanditaire sont erronées ou parcellaires ou si le rapport et ses annexes sont présentés de façon partielle ou utilisés à d'autres fins que celles prévues dans l'introduction de cette étude.

## 2. CARACTERISATION DU SITE ET DE SON ENVIRONNEMENT

---

### 2.1 Présentation de l'installation et de son environnement proche

Le site d'implantation du crématorium est localisé au sud de l'agglomération de Narbonne, dans l'Aude (11). Seule la cheminée par laquelle les émissions du projet seront rejetées à l'atmosphère est prise en compte dans la présente ERS.

Le projet est prévu pour être desservi côté sud par l'autoroute n°9.

Au nord de celui-ci est implantée la ville de Narbonne avec les quartiers de La Mayolle et de Maraussan.

A l'est se situe un parcours de golf puis une zone industrielle.

Le site se situe donc dans un environnement péri-urbain, au sud de la commune de Narbonne. Les premières habitations sont présentes à environ 600mètres au nord du projet. En plus d'un parcours de golf, il est également possible de noter la présence de pratiques culturelles diversifiées à proximité du projet. Ce point est abordé plus précisément dans le chapitre relatif à la caractérisation des usages de l'environnement.



Figure 1 - Environnement proche de l'installation (source Geoportail)

## 2.2 Détermination de la taille du domaine d'étude

Le domaine d'étude retenu est un rectangle de 2 kilomètres de côté centré sur le projet. Cette étendue a été fixée par l'intermédiaire de l'étude de dispersion en considérant les émissions en oxydes d'azote ( $\text{NO}_x$ ) émis par le projet de crématorium. En effet, il a été vérifié que le domaine d'étude comprend bien les zones d'exposition correspondantes au moins à 1/10 de la concentration maximale estimée à proximité du site. Cette méthode d'estimation de la taille du domaine d'étude est couramment utilisée pour les évaluations des risques sanitaires.

## 2.3 Caractérisation des populations et des usages de l'environnement

### ■ Population résidente

Le domaine d'étude se situe intégralement dans la commune de Narbonne. Afin d'estimer le nombre de personnes résidant dans la zone d'étude, des données carroyées (carreaux de 200 mètres) proposées par l'INSEE ont été utilisées. Elles sont issues de la source Revenus Fiscaux Localisés 2015. D'après ces informations, la zone d'étude comprend environ 3717 personnes. Le profil d'âge de cette population est présenté dans le Tableau 1 suivant :

Classe d'âge	Nombre individu
0-3 ans	101
4-5 ans	63
6-10 ans	160
11-17 ans	271
18-24 ans	153
25-39 ans	469
40-54 ans	651
55-64 ans	532
65-79 ans	824
80 ans et +	436
Age incertain	57
<b>total</b>	<b>3717</b>

Tableau 1 – Population recensée dans le domaine d'étude (source : INSEE, 2015)

### ■ Populations fréquentant le domaine d'étude

Dans la zone d'étude considérée dans le cadre de l'ERS, des sites appelés « sites sensibles » ont été localisés. Ces sites correspondent à des lieux de vie où des personnes potentiellement plus sensibles à la pollution atmosphérique que la population générale, passent un temps significatif. Ces populations sensibles sont les enfants, les personnes âgées et hospitalisées. Étant donné que les personnes exerçant une activité physique ont une ventilation pulmonaire augmentée, cette population a été considérée

Les « sites sensibles » recensés sont donc les suivants :

- les structures d'accueil des enfants en bas-âge : crèches, haltes garderies,
- les établissements scolaires : écoles maternelles et primaires, collèges,
- les structures d'accueil des personnes âgées et/ou handicapées : maisons de retraite, foyers pour personnes âgées,
- les établissements hospitaliers : hôpitaux, cliniques.
- les lieux dédiés à la pratique du sport.

Les paragraphes suivants précisent les données collectées relatives aux sites sensibles.

**Enfants / adolescents**

Les structures d'accueil des enfants de moins de 3 ans prises en compte sont les crèches et les haltes garderies. D'après les informations figurant dans la base de données de 2019 de la caisse d'allocations familiales (CAF), il n'existe aucune structure d'accueil d'enfants en bas âge dans le domaine d'étude. Attention toutefois, cette base se limite aux structures en partie financées par la CAF, lesquelles représentent la grande majorité des sites accueillant des jeunes enfants.

Les structures d'accueil des enfants entre 3 et 16 ans recensés sont les établissements scolaires (écoles maternelles, écoles primaires et collèges). La liste des établissements scolaires est issue de la base de données Etalab 2022 correspondante aux Etablissements des premier et second degrés sous tutelle du ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche. Cette base de données est disponible en libre accès en « Open Data »<sup>5</sup>. D'après les données collectées, le domaine d'étude compte 3 établissements scolaires situés dans la même rue : une école maternelle ou élémentaire, un collège et une section d'enseignement adapté dans ce même collège. Le détail de ces sites est précisé en Annexe A.

**Personnes fréquentant les établissements sanitaires et sociaux**

D'après les informations disponibles dans le FINESS<sup>6</sup>, 3 établissements sanitaires et sociaux sont présents sur le domaine d'étude. Le détail de ces sites est précisé en Annexe A. Comme indiqué en annexe, deux des 3 sites identifiés sont localisés au même endroit.

**Personnes exerçant une activité physique**

Le recensement des sites utilisés pour la pratique sportive, ainsi que leur localisation, est déduit de la base de données du Ministère des droits des femmes, de la ville, de la jeunesse et des sports. Cette base de données permet d'identifier 13 sites de pratique de sport dans la zone d'étude. Le détail de ces sites est précisé en Annexe A.

Les sites recensés dans les paragraphes précédents sont localisés dans la zone d'étude sur la figure suivante.

---

<sup>5</sup> [www.data.gouv.fr](http://www.data.gouv.fr)

<sup>6</sup> Fichier National des Etablissements Sanitaires et Sociaux





Figure 2 - Localisation des sites considérés comme sensibles dans la zone d'étude (fond de plan : OSM)

### Usages de l'environnement

Les données issues de l'inventaire Corine Land Cover 2018 ont été utilisées pour caractériser l'usage des sols dans le domaine d'étude retenu. Cet inventaire biophysique de l'occupation des terres, piloté par l'Agence européenne pour l'environnement (service Copernicus), fournit une information géographique de référence pour les états européens, dont la France. Les données proposées sont issues de l'interprétation visuelle d'images satellitaires. D'après les résultats présentés dans le Tableau 2 et en Figure 3, le domaine d'étude est plutôt agricole puisque les surfaces à usage agricole représentent plus de la moitié du domaine d'étude (45%). Environ 30% d'espace dédié à l'industrie ou au commerce (25%). Le reste de la zone d'étude est couvert de zones industrielles ou commerciales - comme la zone d'activité Plaisance (25%).



Type	surface (ha)	part
Tissu urbain continu	4	1.0%
Tissu urbain discontinu	82.1	20.5%
Zones industrielles et commerciales	98.9	24.7%
Routes et voies de circulation	9.5	2.4%
Infrastructures dédiées au sport et de détente	25.1	6.3%
Vignes	84.8	21.2%
Modes de culture complexes	95.2	23.8%
<b>total</b>	<b>399.6</b>	<b>100.0%</b>

Tableau 2 - Typologie des sols dans le domaine d'étude (source : Corine Land Cover 2018)

Concernant l'activité d'élevage, les données Agreste, relatives à la statistique, indique une faible activité d'élevage recensée en 2000 et 2010. En 2010, 84 brebis nourrices sont recensées. Aucun autre élevage ne figure dans la base de données consultée. Sur le site internet de la ville de Narbonne, la seule mention d'agriculture est présente pour décrire les jardins familiaux présents dans l'enceinte de la commune. Parmi ces jardins, les Jardins familiaux de Las Tinos sont situés dans le domaine d'étude et localisés en Figure 3

Concernant les cultures végétales, le registre parcellaire agricole de 2020 permet de se rendre compte des différents types de cultures végétales dans le domaine d'étude. Comme indiqué en Figure 3, le domaine est susceptible de comprendre des vergers, des vignes et des légumes.

En parallèle des éléments d'information collectés dans les différentes bases de données pour l'identification des usages de l'environnement pour la production d'aliments, il ne peut être exclu la présence d'élevages privés de type avicoles, destinés à l'autoconsommation de viande ou d'œufs. C'est notamment le cas au niveau des jardins familiaux lesquels sont connus pour faciliter l'autoconsommation de fruits et légumes.

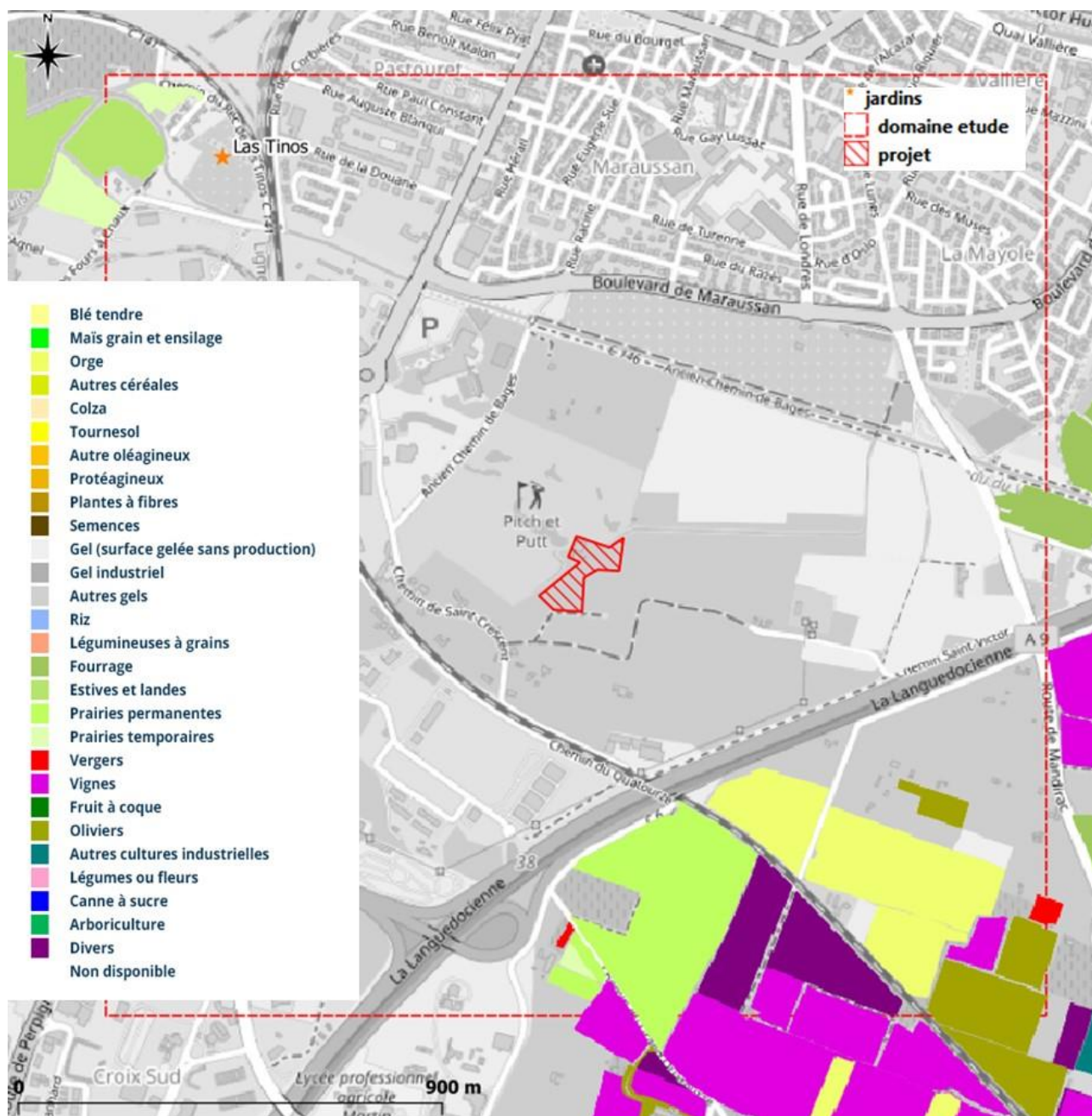


Figure 3 - Occupation des sols (source : Corine Land Cover 2018)

## 2.4 Présence d'activités industrielles

En parallèle des activités agricoles, les activités humaines et plus particulièrement les activités industrielles sont recensées. Elles permettent de se rendre compte de l'environnement du projet de crématorium, et notamment de la présence d'autres sources émettrices en présence. D'après les données de la base Géorisques, le domaine d'étude comprend 4 installations classées pour la protection de l'environnement (Tableau 3).

**nom\_ets**  
**ATELIERS D'OCCITANIE (Z.I. de Plaisance)**

<b>Station service AS 24</b>
<b>QRO Centre de Lavage Poids Lourds</b>
<b>ABATTOIRS DE NARBONNE (S.E.A.N.)</b>
<b>MONTAGNE NOIRE (salaison)</b>

Tableau 3 – Liste des ICPE recensées sur le domaine d'étude (source : Géo risques)

D'après les informations disponibles, aucune de ces installations n'est connue pour émettre des polluants dans l'atmosphère en quantité significative. Aucune de ces installations ne déclare des émissions atmosphériques (base de données GERE).

La base de données Géorisques identifie également :

- 1 1 site pollué ou potentiellement pollué appelant l'action des pouvoirs publics à titre préventif (secteur d'information sur les sols – SIS), il s'agit de la Société des ATELIERS D'OCCITANIE. Celle-ci exploite, sur le territoire de la commune de NARBONNE, un complexe de réparation de wagons destinés au transport de marchandises.  
Une ESR (évaluation simplifiée des risques) a été réalisée en mars 2001 sur ce site. Elle conclut à la présence de Nickel et de COV dans le réseau piézométrique (3 piézomètres).
- 2 Un grand nombre d'anciens sites industriels et d'activités de service dont la qualité des sols, bien que méconnue avec précision, pourrait être dégradée.

Les sites pollués (BASOL) ou susceptibles de l'être (BASIAS), localisés en Figure 4, ne sont pas exploités dans le cadre de l'estimation de l'exposition par voie indirecte, toutefois, ils permettent de se rendre compte que l'estimation des teneurs en substances dans les sols ou les médias d'exposition induites par le seul projet de crématorium est susceptible de ne représenter qu'une part de la réalité. En effet, d'autres sources de pollution actuelles ou passées modulent les niveaux d'exposition estimés dans le cadre de cette étude.

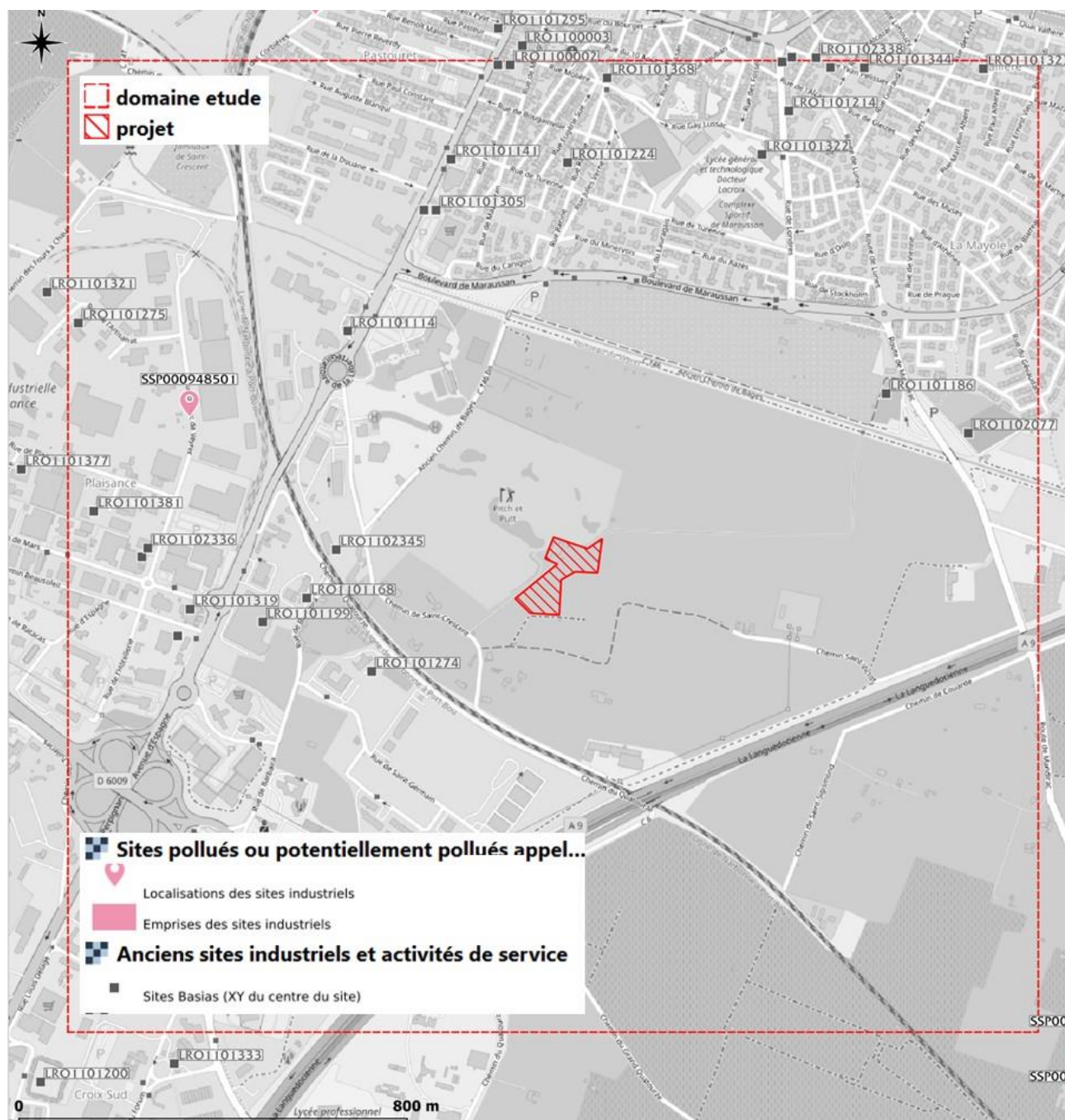


Figure 4 – Localisation des anciens sites industriels ou d'activité de service Basias et du site pollué - BASOL(source : Géorisques)

## 2.5 Inventaire et choix des substances émises

Les substances prises en compte dans le cadre de cette étude sanitaire correspondent aux substances réglementées et précisés dans 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. Cet arrêté liste les substances réglementées, ainsi que les valeurs-limites à l'émission (VLE) auxquelles sont astreints les nouveaux crématoriums. Pour les besoins de l'étude, les VLE garanties par le constructeur ont été préférées aux VLE réglementaires.

Le tableau suivant présente les différentes VLE retenues dans l'étude.



<b>Polluant</b>	<b>Concentrations à l'émission en mg/Nm<sup>3</sup></b>
<b>Gaz</b>	
<b>NO<sub>x</sub></b>	400
<b>SO<sub>x</sub></b>	60
<b>CO</b>	25
<b>COVT</b>	10
<b>HCl</b>	15
<b>Particules</b>	
<b>PM10</b>	5
<b>PM2.5</b>	5
<b>Hg</b>	0.1
<b>PCDD/PCDF</b>	5 x 10 <sup>-8</sup>

Tableau 4 – Substances réglementées et VLE associées, exprimées en sur gaz sec à 11% d'O<sub>2</sub>

Dans la mesure où une évaluation des risques sanitaires s'applique à caractériser les risques pour chaque substance en contact avec les populations, une attention particulière est apportée pour spécifier le contenu des familles de substances. Les paragraphes suivants précisent les hypothèses retenues pour les différentes familles de substances considérées dans l'étude.

Pour la famille des composés organiques, ceux-ci sont susceptibles de comprendre une grande diversité de substances différentes comme les composés organiques volatils (COV), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ou les dioxines-furanes (parmi d'autres). En l'absence d'information précise sur la composition de cette famille de substances, l'hypothèse simplificatrice suggérée dans un guide de l'ADEME<sup>7</sup> paru en 2006 a été retenue. Ainsi, cette famille a été assimilée à du benzène.

Dans le cas de la famille des oxydes d'azotes, le degré d'oxydation de l'azote dépend des conditions météorologiques (température, ensoleillement), ainsi que de l'éventuelle présence de précurseurs chimiques (ozone, composés organiques volatils, niveaux de fond en oxydes d'azote). Dans une approche majorante, l'ensemble des oxydes d'azotes a été considéré comme du dioxyde d'azote. Cette hypothèse tend à majorer l'exposition au dioxyde d'azote au plus proche des sources d'émission.

Pour la famille des poussières, en l'absence d'information sur leur granulométrie, l'hypothèse simplificatrice et majorante (d'un point de vue sanitaire) selon laquelle l'ensemble des poussières est assimilé à des poussières fines (PM<sub>2.5</sub>) est prise en compte. Cette hypothèse est susceptible de majorer légèrement la réalité selon l'inventaire d'émissions OMINEA. En effet, selon cet inventaire, les

<sup>7</sup> LIVOLSI B, LABROUSSE S, ADEME, 2006, Caractérisation des émissions atmosphériques d'un échantillon représentatif du parc français des crématoriums en vue d'une évaluation globale du risque sanitaire (<https://www.ademe.fr>)

poussières émises par des crématoriums seraient composées à 90% de  $PM_{10}$  (poussières dont le diamètre aérodynamique est égal ou inférieur à  $10\mu m$ ) et à 80% de  $PM_{2.5}$  (poussières dont le diamètre aérodynamique est égal ou inférieur à  $2.5\mu m$ ).

La famille des dioxines-furanes a été assimilée au congénère 2378-TCDD couramment utilisé comme congénère de référence. En effet, il s'agit de l'un des congénères les plus toxique et les mieux connus. L'unité (ITEQ) indique qu'aucune conversion n'est nécessaire dans la mesure où cette famille de substances est exprimée en équivalent 2378-TCDD.

Enfin, on notera que le mercure est un élément trace métallique qui a la particularité d'être gazeux et liquide à pression et température ambiante. Après un procédé de combustion, la littérature indique qu'il se trouve sous forme gazeuse et particulaire, et sous forme élémentaire et inorganique (HHRAP, 2005)<sup>8</sup>. Un schéma de principe du devenir du mercure après un procédé de combustion est présenté en Annexe B.

---

<sup>8</sup> Human Health Risk Assessment Protocol, US-EPA, 2005 (<https://archive.epa.gov/epawaste/hazard/tsd/td/web/html/risk.html>)

## 3. IDENTIFICATION DES DANGERS

---

Cette première étape de l'évaluation des risques sanitaires présente les effets sur la santé humaine des substances susceptibles d'être émises par un crématorium.

### 3.1 Méthode

Pour chacune des substances recensées susceptibles d'être émise par l'installation en projet, ce chapitre présente un résumé des connaissances en toxicité aiguë et chronique, qui sont les deux types d'exposition étudiés dans cette ERS. Pour les expositions chroniques, il est distingué les connaissances sur les effets cancérogènes et celles sur les effets non cancérogènes. Les principales bases de données consultées sont les suivantes :

- L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS),
- « L'International Program on Chemical Safety » (IPCS),
- Santé Canada (« Health Canada »),
- L'institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (Ineris),
- L'institut National de Recherche et de Sécurité (INRS).
- L' Hazardous Substances Data Bank (HSDB)

La consultation de ces bases a permis de répertorier les dangers associés aux substances inventoriées. Des fiches toxicologiques complètes sont présentées en Annexe C.

### 3.2 Etude des dangers

Le descriptif des dangers associés à chacune des substances appréhendées dans le cadre de cette étude est présenté dans les fiches toxicologiques associées aux substances.

Le Tableau 5 présente les principaux systèmes cibles et les substances associées à ces systèmes, selon la voie d'exposition. Ce tableau n'a pas pour ambition de lister l'ensemble des effets répertoriés dans la littérature mais de pointer le fait que chaque système est la cible de plusieurs substances étudiées. Ces substances peuvent agir sur une cible avec des mécanismes d'action différents ou similaires. Elles peuvent interagir pour potentialiser, neutraliser ou diminuer les effets néfastes de substances considérées individuellement. Les effets des mélanges de substances sont actuellement appréhendés dans les évaluations de risques sanitaires avec des hypothèses d'additivité des effets portant sur les mêmes cibles, ce qui est loin de représenter la variabilité de comportement des substances en mélange.

Substances	Systèmes cibles										
	Respiratoire	Oculaire	Hématologique et immunitaire	Métabolique, endocrinien et nutritionnel	Cardiovasculaire	Nerveux	Digestif	Musculo-squelettique	Urinaire	Cutané	Reproductif et développemental
<b>Benzène</b>	-	-	CR, CO	-	-	AR, CR, CO	-	-	-	-	-
<b>Chlorure d'hydrogène</b>	AR, CR	AR					AR			AR, CR	
<b>Dioxyde d'azote</b>	AR, CR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Dioxyde de soufre</b>	AR, CR	CR	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Dioxines-furanes</b>	AR	-	-	-	-	CO	-	-	-	AR, CO	-
<b>Mercure</b>	AR, AO, CR	-	-	-	AO, CO	AR, CR, CO	AR, AO, CR, CO	CR, CO	AR, AO, CR, CO	-	CR, CO
<b>Monoxyde de carbone</b>					CR	AR, CR					
<b>Poussières</b>	AR, CR	-	-	-	AR	-	-	-	-	-	-

AR : aiguë respiratoire, AO : aiguë orale, CR : chronique respiratoire, CO : chronique orale

Nd : non disponible

Tableau 5 - Substances inventoriées, voie et durée d'exposition et systèmes cibles associés



## 4. INVENTAIRE ET CHOIX DES VALEURS TOXICOLOGIQUES DE REFERENCE

---

Les valeurs toxicologiques de référence (VTR) pour une substance donnée sont des valeurs établissant une relation entre les doses ou les niveaux d'exposition auxquels les personnes peuvent être exposées et l'incidence ou la gravité des effets associés à l'exposition.

Cette étape a pour objectif de recueillir l'ensemble des VTR disponibles dans la littérature et éventuellement de réaliser un choix parmi elles.

### 4.1 Définition

Les valeurs toxicologiques de référence sont distinguées en fonction de leur mécanisme d'action :

- Les toxiques à seuil de dose : Les VTR sont les valeurs en dessous desquelles l'exposition est réputée sans risque.
- Les toxiques sans seuil de dose : Les VTR correspondent à la probabilité, pour un individu, de développer l'effet indésirable (ex : cancer) lié à une exposition égale, en moyenne sur sa durée de vie, à une unité de dose de la substance toxique. Ces probabilités sont exprimées par la plupart des organismes par un excès de risque unitaire (ERU). Un ERU de  $10^{-5}$  signifie qu'une personne exposée, en moyenne durant sa vie à une unité de dose, aurait une probabilité supplémentaire de 1/100 000, par rapport au risque de base, de contracter un cancer lié à cette exposition.

### 4.2 Sources de données

D'après la note d'information N°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués, il est recommandé de sélectionner la VTR proposée par l'un des organismes suivants : Anses, US-EPA, ATSDR, OMS/IPCS, Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA.

La Figure 5 présente le logigramme permettant de choisir les VTR selon les recommandations de la note ministérielle.

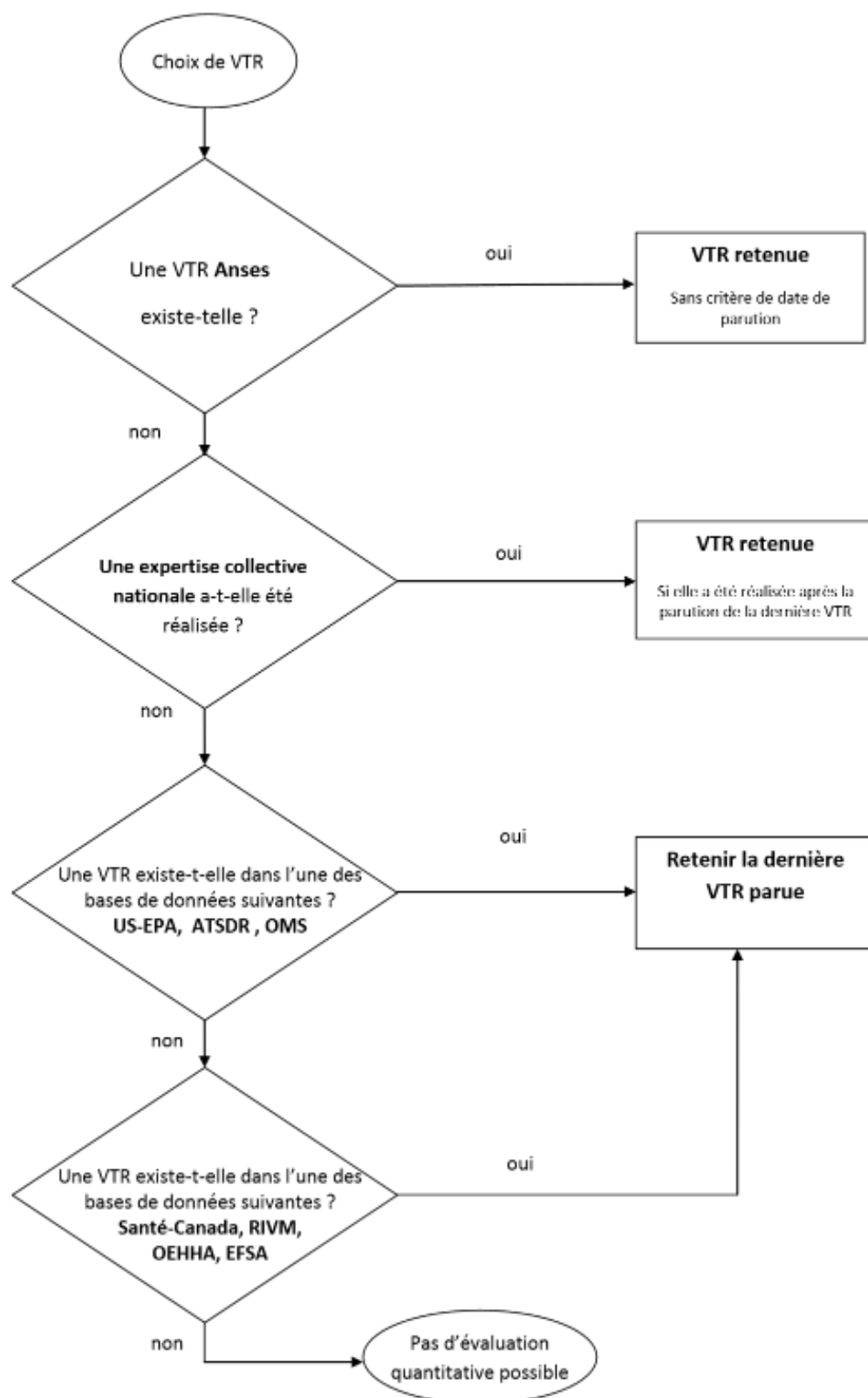


Figure 5 - Logigramme pour le choix des VTR (note n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014)

Le Tableau 6 indique, pour l'ensemble des substances susceptibles d'être émises par le crématorium, si des VTR sont disponibles dans la littérature consultée pour les voies d'exposition respiratoire et digestive, et donc si une caractérisation des risques sanitaires peut être effectuée.

Substances	N°CAS	Exposition aiguë	Exposition chronique	
		Voie respiratoire	Voie respiratoire	Voie digestive
<b>CO</b>	630-08-0	X	-	-
<b>NO<sub>2</sub></b>	10102-44-0	X	X	-
<b>PM<sub>10</sub></b>	-	X	X	-
<b>PM<sub>2.5</sub></b>	-	X	X	-
<b>SO<sub>2</sub></b>	7446-09-5	X	-	-
<b>Chlorure d'hydrogène</b>	7647-01-0			
<b>Dioxines-Furanes</b>	1746-01-6	-	X	X
<b>Benzène</b>	71-43-2	X	X	X
<b>Mercure élémentaire</b>	7439-97-6	X	X	-
<b>Mercure inorganique</b>	7439-97-6	-	X	X
<b>Mercure organique</b>	7439-97-6	-	-	X

\*mélange d'isomères

Tableau 6 - Présence ou absence de VTR pour les substances recensées à l'émission du projet de crématorium

### Cas particulier du benzène

Contrairement aux dioxines-furanes, il est considéré dans le cadre de cette ERS que l'ingestion de benzène ne représente pas une source d'exposition pertinente pour les populations, car il se présente sous forme vapeur à la pression et à la température ambiantes.

### Cas particulier du mercure

Le mercure existe sous trois formes principales : le mercure élémentaire (Hg<sup>0</sup>), le mercure divalent (Hg II) et le mercure organique (principalement le méthyl mercure). Les VTR sont relatives au mercure élémentaire, au mercure organique et au mercure inorganique (qui rassemble le mercure élémentaire et le mercure divalent).

Pour la voie respiratoire, les formes de mercure élémentaire et inorganique peuvent être retenues ; en effet, aucune forme de mercure organique n'est attendue en sortie de cheminée, après combustion. D'après le chapitre 2 du modèle HHRAP (« Facility characterization »), 20% du mercure émis à l'atmosphère est sous forme élémentaire (Hg<sup>0</sup>), et 80% sous forme divalente (Hg II) (cf. Annexe B).

Pour la voie digestive, les formes organiques et inorganiques sont retenues dans la mesure où, en présence de la matière organique du sol, une partie du mercure atmosphérique (élémentaire et divalent) se transforme en mercure organique.

Sur l'ensemble des substances considérées individuellement pour lesquelles il a pu être établi des données d'émission, il a pu être recueilli des VTR ou des valeurs-guides<sup>9</sup> pour 5 d'entre-elles pour au

<sup>9</sup> Valeur de référence pour une grandeur (concentration en un élément donné), destinée à servir d'aide à la réflexion ou à la décision. Cette valeur, recommandée par une autorité, sans obligation légale, constitue un objectif à atteindre.

moins une voie et une durée d'exposition (valeurs marquées d'un astérisque dans les tableaux suivants). **Les substances n'ayant pas de VTR disponibles ne pourront donc pas faire l'objet d'une caractérisation des risques sanitaires.** En l'absence de VTR, une comparaison avec des valeurs-guide peut toutefois être effectuée pour les poussières et les oxydes d'azote.

### 4.3 Choix des valeurs toxicologiques de référence

Les Tableau 7 à Tableau 10 synthétisent les VTR retenues selon les recommandations de la note N°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014.

Substances	N°CAS	VTR aiguë ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	Durée	Système cible	Référence
SO <sub>2</sub>	7446-09-5	30	1-14j	Respiratoire	Expertise Ineris, 2011 (ATSDR, 1998)
NO <sub>2</sub>	10102-44-0	200*	1h	Respiratoire	Expertise Anses, 2013 (OMS, 2005)
NO <sub>2</sub>	10102-44-0	25*	24h	Respiratoire	OMS, 2021
PM <sub>10</sub>	-	45*	24h	Respiratoire	OMS, 2021
PM <sub>2,5</sub>	-	15*	24h	Respiratoire	OMS, 2021
CO	630-08-0	23000	1h	Cardiovasculaire	OEHHA, 1999
CO	630-08-0	35000	1h	Cardiovasculaire	OMS, 2005
CO	630-08-0	10 000	8h		OMS, 2005
CO	630-08-	4 000	24h		OMS, 2021
Chlorure d'hydrogène	7647-01-0	2100	1h	Respiratoire	OEHHA, 1999
Benzène	71-43-2	27	1h	Hématologique	OEHHA, 2014

\*valeurs-guides

Tableau 7 - VTR aiguë pour la voie respiratoire

Substances	N°CAS	VTR ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	Système cible	Référence
NO <sub>2</sub>	10102-44-0	10*	Respiratoire	OMS, 2021
PM <sub>10</sub>	-	15*	Respiratoire	OMS, 2021
PM <sub>2,5</sub>	-	5*	Respiratoire	OMS, 2021
Benzène	71-43-2	10	Hématologique et immunitaire	ANSES, 2008
Chlorure d'hydrogène	7647-01-0	20	Respiratoire	US-EPA, 1995
Dioxines-Furanes	-	4 10 <sup>-5</sup>	Hématologique et immunitaire, Urinaire, Digestif, Respiratoire, Cardiovasculaire, Métabolique, endocrinien et nutritionnel	Expertise Ineris, 2015 (OEHHA, 2000)
Mercure inorganique	7439-97-6	1	Urinaire	OMS, 2000
Mercure élémentaire	7439-97-6	0,03	Nerveux	Expertise Ineris 2010 (OEHHA, 2008)

\*valeur-guide

Tableau 8 - VTR chronique non cancérogène pour la voie respiratoire

### Cas particulier du monoxyde de carbone

Pour cette substance, la VTR de l'OEHHHA est retenue pour caractériser un risque pour une exposition aiguë par voie respiratoire. Il est possible également de noter la disponibilité des différentes valeurs guide de l'OMS qui oscillent entre de 30 000 et 4 000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en fonction de la durée d'exposition associée (1heure, 8 heures et 24 heures). Le fait de retenir la VTR de l'OEHHHA correspond à une hypothèse majorante pour deux raisons :

1. La prise en compte de cette valeur permet la caractérisation d'un risque, ce qui n'est pas le cas de la valeur guide de l'OMS,
2. La VTR aiguë de l'OEHHHA est plus faible que la valeur guide de l'OMS.

Substances	N°CAS	VTR ( $\mu\text{g}.\text{kg}^{-1}.\text{j}^{-1}$ )	Système cible	Référence
<b>Dioxines-Furanes</b>	-	$2.9 \cdot 10^{-7}$	Reproductif et développemental	Expertise Ineris, 2019 (EFSA, 2018)
<b>Mercure inorganique</b>	7439-97-6	0,6	Urinaire	Expertise Anses, 2016 (EFSA, 2012)
<b>Mercure organique</b>	7439-97-6	0,2	Nerveux	Expertise Anses, 2016 (EFSA, 2012)

Tableau 9 - VTR chronique non cancérogène pour la voie digestive

Substances	N°CAS	VTR	Unité	Système cible	Référence
<b>Benzène</b>	71-43-2	$2,6 \cdot 10^{-5}$	( $\mu\text{g}.\text{m}^{-3}$ ) <sup>-1</sup>	Hématologique et immunitaire	Anses, 2014

*\*substance considérée comme un cancérogène à seuil de dose*

Tableau 10 - VTR chronique cancérogène pour la voie respiratoire

Les dioxines-furanes ne sont pas considérés comme des polluants ayant un effet mutagène, aucun risque sans seuil de dose n'est donc estimé pour cette famille de substances.

## 5. ÉVALUATION DES EXPOSITIONS

---

Dans le cadre de cette ERS, plusieurs voies d'exposition sont prises en compte pour la caractérisation des risques sanitaires engendrés par les émissions atmosphériques du projet étudié. L'objet de ce chapitre est d'identifier les voies d'exposition pertinentes à considérer ainsi que les doses auxquelles les populations humaines sont susceptibles d'être exposées.

D'après les informations collectées lors de la caractérisation de l'environnement (dans le domaine d'étude), la population présente est susceptible d'être exposée aux substances par voies respiratoire, orale et cutanée.

### 5.1 Exposition par inhalation

Les rejets de substances pris en compte pour l'ERS sont exclusivement les émissions atmosphériques canalisées, aussi, la voie d'exposition à considérer en premier lieu est l'inhalation des substances émises à l'atmosphère. Conformément aux recommandations du guide de l'Ineris, la caractérisation des risques n'a porté que sur les émissions du projet d'installation, et n'a donc pas pris en compte le niveau de fond en substance auquel est également exposée la population riveraine du projet.

Il paraît pertinent de considérer à la fois les expositions respiratoires aiguë et chroniques. Ces modalités d'exposition correspondent respectivement à une exposition élevée sur de courtes périodes induites par des conditions météorologiques défavorables à la dispersion, et à une exposition moyenne annuelle, intégrant les différentes conditions météorologiques observables dans l'année localement.

L'inhalation de particules de sol remises en suspension dans l'air est considérée comme une voie d'exposition minoritaire et n'est pas retenue dans cette étude.

### 5.2 Exposition par ingestion

La zone entourant le projet comprend un tissu urbain discontinu, ainsi que des activités agricoles avec notamment la présence de jardins partagés pouvant constituer une source d'alimentation. Aussi, il convient de considérer dans l'ERS, l'impact sanitaire des retombées sur le sol des substances émises et donc de prendre en compte l'exposition indirecte (par ingestion) des individus. Par ailleurs, compte tenu du fonctionnement de l'installation (fonctionnement « normal » et non accidentel), il ne semble pas pertinent de considérer les expositions orales aiguës, c'est-à-dire les expositions orales - uniques ou répétées se produisant sur de très courtes périodes (moins de 14 jours) à des aliments fortement contaminés. Aussi, seules les expositions orales chroniques sont étudiées. Les médias d'exposition pouvant être pris en compte sont les suivants :

- **l'ingestion directe de sol contaminé** par les dépôts de polluants atmosphériques. Ces dépôts peuvent souiller les mains, des objets ou des aliments portés à la bouche. Cette voie d'exposition est plus importante chez les enfants qui, de par leurs jeux et comportements, ingèrent de plus grandes quantités de terre que les adultes.

- **l'ingestion *via* la chaîne alimentaire**, de produits d'origines végétale et animale contaminés directement ou indirectement par les retombées de polluants sur les sols et les végétaux.

Dans une hypothèse majorante sont retenus les médias d'exposition suivants :

- Parmi les produits végétaux, l'ingestion de légumes et fruits susceptibles d'être cultivés autour du crématorium et impactés par les retombées atmosphériques de cette installation,
- Parmi les produits animaux, la viande de volailles et d'œufs, susceptibles d'être produits localement et impactés par les retombées atmosphériques de l'installation. En effet, comme indiqué dans la partie « Caractérisation du site », des jardins partagés et des zones résidentielles sont présents dans la zone d'étude.

De ce fait, les médias d'exposition par voie orale pouvant être pris en compte dans l'ERS sont :

- le sol,
- les légumes,
- les fruits,
- la viande de volailles,
- les œufs
- le lait

#### **Médias d'exposition orale exclus :**

- Ingestion d'eau potable

Compte tenu des modalités d'émission en substances (émission atmosphérique), la contamination de l'eau destinée à la consommation humaine n'a pas été jugée pertinente à retenir dans le cadre du schéma conceptuel d'exposition. En effet, la contamination de l'eau (superficielle ou souterraine) est considérée comme pertinente dans le cas où l'installation émet des rejets aqueux ou en cas de présence de sites et sols pollués. Ces deux paramètres n'étant pas validés, aucune investigation concernant les points de captage ou de zones de baignade n'est jugé utile.

### **5.3 Exposition par voie cutanée**

L'absorption percutanée de substances contenues dans l'eau du robinet et l'absorption cutanée des gaz et particules en suspension dans l'air ne seront pas prises en compte par manque de valeur toxicologique de référence spécifique à cette voie. L'exclusion de cette voie d'exposition amène à une sous-estimation des risques, modérée par les éléments suivants :

- La surface cutanée totale représente environ 1,7 m<sup>2</sup> en moyenne. Cette surface corporelle est plus de cinquante fois plus petite que la superficie interne des poumons (90 m<sup>2</sup>). Il est donc probable que l'exposition par voie cutanée reste marginale par rapport à l'inhalation.

- Le lavage des mains et du visage limite la durée de contact.
- La peau agit comme une barrière de protection vis-à-vis de l'extérieur alors que les poumons ont pour rôle de favoriser les échanges gazeux intérieurs / extérieurs.

La figure suivante présente schématiquement les différentes médias et voies d'exposition pris en compte dans cette étude.

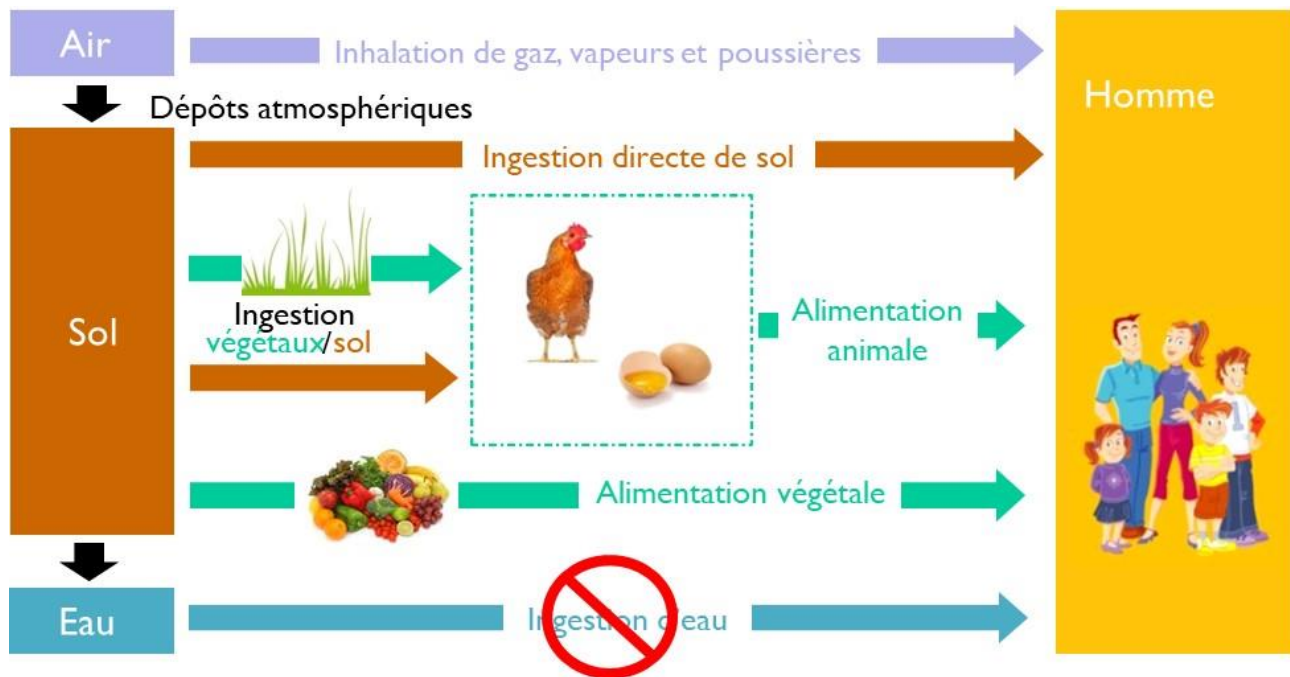


Figure 6 - Schéma conceptuel d'exposition considéré dans le cadre de cette étude

#### 5.4 Calcul des doses d'exposition par inhalation

De manière générale, l'exposition d'une population est déterminée à partir du calcul de la concentration moyenne inhalée (CMI) en chaque substance, selon l'équation générale suivante :

Équation 1 :

$$CMI = \sum_i (C_i \cdot T_i) \cdot F \cdot \left( \frac{DE}{T_m} \right)$$

Avec :

*CMI* : Concentration moyenne inhalée ( $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ )

*C<sub>i</sub>* : Concentration de polluant dans l'air inhalé pendant la fraction de temps *T<sub>i</sub>* ( $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ )

*T<sub>i</sub>* : Taux d'exposition à la concentration *C<sub>i</sub>* pendant une journée (-)

*F* : Fréquence ou taux d'exposition annuel (nombre annuel d'heures ou de jours d'exposition ramené au nombre total annuel d'heures ou de jours) (-)

*DE* : Durée d'exposition, intervient uniquement dans le calcul des risques des polluants sans effet de seuil (années)

*T<sub>m</sub>* : Période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (années), intervient uniquement pour les effets sans seuil où cette variable est assimilée à la durée de la vie entière (*T<sub>m</sub>* est pris égal à 70 ans)



### 5.4.1 PARAMETRES D'EXPOSITION RETENUS

Ne disposant d'aucune donnée locale sur le budget espace-(activités)-temps des populations présentes sur la zone d'étude, nous considérons par défaut que la fraction de temps  $T_i$  (Équation 1) est égale à 1 (et ce dans le cas d'expositions aiguës et chroniques) ; ce qui signifie que les individus sont exposés 100 % du temps aux seules concentrations  $C_i$  des polluants émis par le projet étudié ( $T_i = 1$ )

Les effets toxiques aigus correspondent à des expositions de courte durée (durée d'exposition comprise entre 1 heure et 1 jour). Aussi, pour ce type d'exposition, nous considérerons que la fréquence d'exposition annuelle  $F$  est égale à 1 ( $F = 1$  pour les expositions aiguës).

Pour l'exposition chronique, il est considéré, dans une hypothèse majorante, que l'ensemble des individus exposés aux émissions du crématorium reste à proximité de leur domicile tout au long de l'année ( $F = 1$  pour les expositions chroniques).

Pour les substances à effet sans seuil, la durée d'exposition (DE) est à intégrer au calcul de CMI (Équation 1). Une étude sur le temps de résidence des Français (basée sur la durée des abonnements privés à Electricité de France) (Nedellec et al., 1998)<sup>10</sup> montre, que pour les données de 1993, 90 % de la population investiguée reste au plus 30 ans dans la même résidence (30 ans correspond au percentile 90 des durées d'exposition obtenues). Par ailleurs, la valeur de 30 ans est celle souvent utilisée par l'US-EPA dans les scénarios dits résidentiels (95<sup>ème</sup> percentile des durées de résidence aux Etats-Unis) (EPA, 1997)<sup>11</sup>. Dans notre étude, seul le scénario d'exposition résidentiel étant considéré, nous attribuons la valeur 30 ans au paramètre d'exposition DE ( $DE = 30$  ans)

En l'absence de données sur le taux de pénétration des polluants émis par les installations étudiées, nous supposons que leur concentration dans l'air à l'intérieur est la même que celle obtenue à l'extérieur ( $C_i$  intérieur =  $C_i$  extérieur)

Finalement, le Tableau 11 synthétise les paramètres relatifs au scénario d'exposition retenu.

Nom du scénario	Voies d'exposition	Durée d'exposition	Durée d'exposition
<b>Résidentiel</b>	Respiratoire	Aigu et chronique	24 heures/24 365 jours/an 30 ans/vie entière

Tableau 11 - Paramètres du scénario d'exposition

### 5.4.2 ESTIMATION DES CONCENTRATIONS EN SUBSTANCES DANS L'AIR ( $C_i$ )

La modélisation et la dispersion permet de visualiser et de quantifier la redistribution dans l'environnement des substances émises par le crématorium, dont les risques peuvent être caractérisés.

<sup>10</sup> Nedellec V., Courgeau D., Empereur-Bissonnet P., Energies santé, 1998 (vol. 9, n°4, pp. 503-515), La durée de résidence des Français et l'évaluation des risques liés aux sols pollués.

<sup>11</sup> Environmental Protection Agency (EPA), 1997, Exposure Factors Handbook, volume 1 : General Factors.

Dans les calculs de dispersion dont les hypothèses figurent en Annexe C, les concentrations dans l'air (Ci) de ces polluants ont été estimées à l'aide du modèle gaussien ADMS version 5.2.

Les concentrations à l'émission modélisées sont présentées dans le Tableau 4.

### 5.4.3 RESULTATS DE L'ETUDE DE DISPERSION

L'étude de dispersion a pour objectif de se rendre compte de la variabilité spatiale des niveaux d'exposition induits par les émissions du projet étudié. Les figures suivantes présentent cette variabilité et localisent le site fréquenté par la population le plus impacté dans le domaine d'étude. Ce site est important puisqu'il permet de se rendre compte si le point d'impact maximal est susceptible d'être fréquenté ou habité par la population.

Dans le cas présent, les figures montrent que les zones d'impact maximal peuvent être fréquentées par la population.

Pour estimer l'exposition de la population riveraine du projet, le site le plus impacté a été retenu **dans une hypothèse majorante**.

Dans la mesure où 3 durées d'exposition sont considérées, une analyse est effectuée pour identifier le site le plus impacté pour chacune de ces 3 durées d'exposition. Les figures suivantes présentent la variabilité spatiale d'exposition associée à :

- une exposition moyenne annuelle,
- une exposition maximale journalière
- une exposition maximale horaire.

Les figures présentent la variabilité spatiale obtenue pour le dioxyde d'azote uniquement et pour les différentes durées d'exposition. Compte tenu des modalités d'émission (toutes les substances sont émises de la même façon, d'une même cheminée), la variabilité spatiale obtenue pour le dioxyde d'azote est similaire aux autres substances. Ainsi les zones d'impact maximum obtenues pour cette substance sont les mêmes que celles attendues que pour les dioxines et le benzène par exemple.

Dans le cas de l'exposition aiguë (horaire et journalière), l'adjectif *maximal* est ajouté car la valeur retenue correspond à la plus élevée estimée par modélisation sur les 365 jours de l'année (maximal journalier) ou les 9760 heures dans l'année (maximal horaire). Pour ce type d'exposition, les cartes ci-dessous présentent les zones d'impact maximal pour une heure ou un jour le plus défavorable dans l'année à la dispersion atmosphérique des substances.

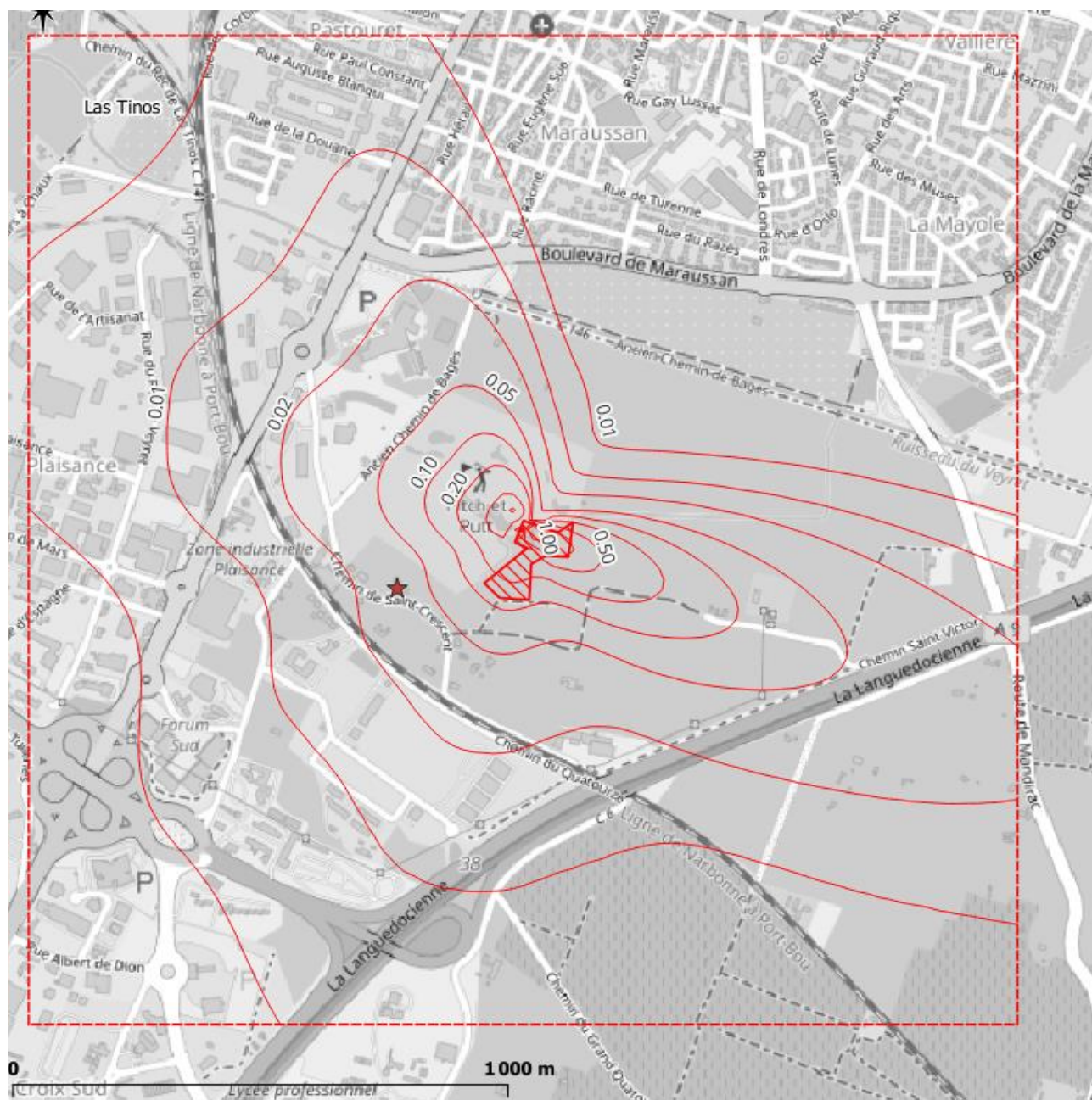


Figure 7 – Variabilité spatiale de l'exposition moyenne annuelle (cas des oxydes d'azote) et localisation du site fréquenté le plus impacté (étoile rouge) – unité :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



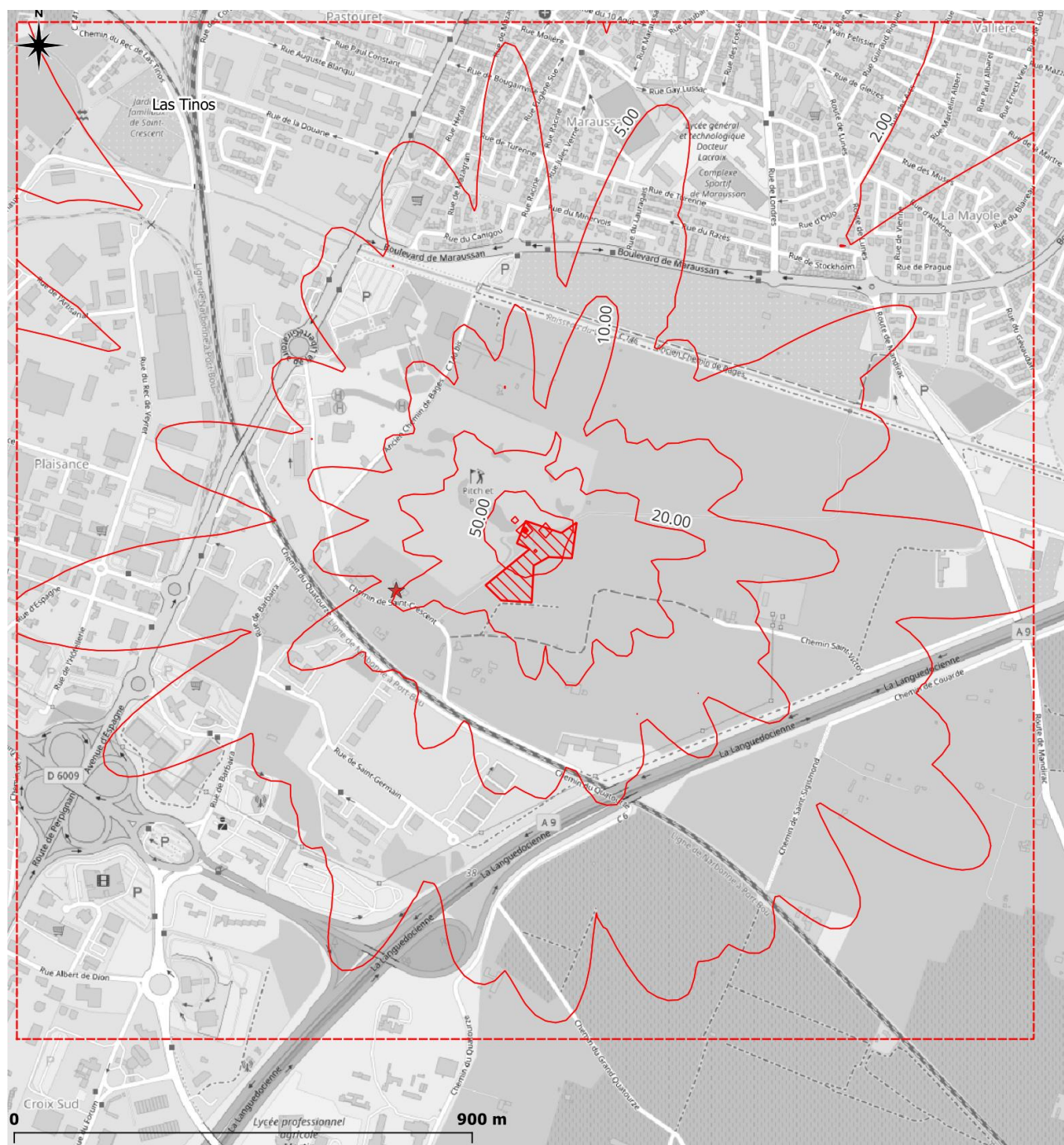


Figure 8 – Variabilité spatiale de l'exposition maximale horaire (cas des oxydes d'azote) et localisation du site fréquenté le plus impacté (étoile rouge) – unité :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

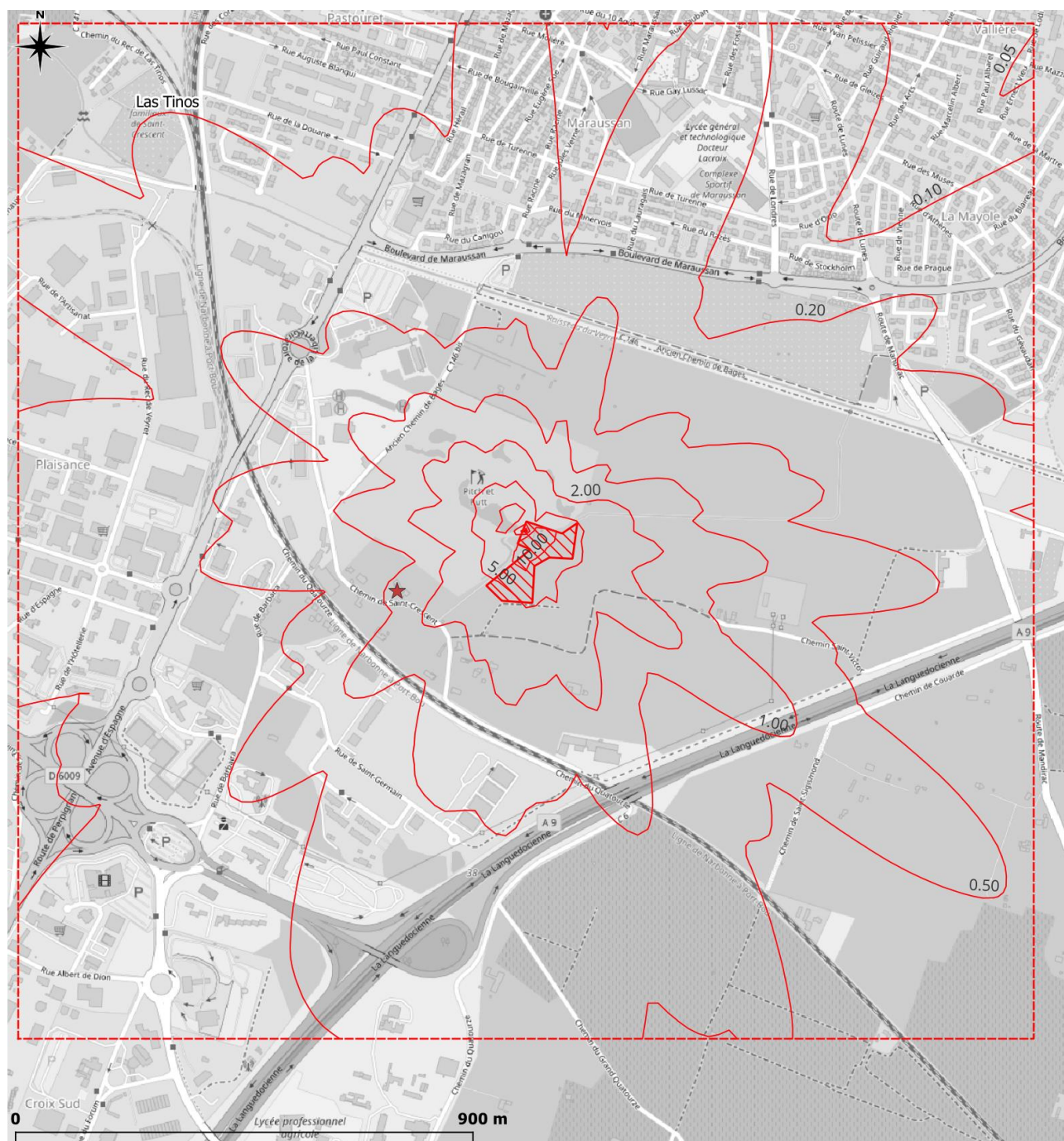


Figure 9 – Variabilité spatiale de l'exposition maximale journalière (cas des oxydes d'azote) et localisation du site fréquenté le plus impacté (étoile rouge) – unité :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Il est possible de remarquer que les sites fréquentés les plus impactés par les émissions atmosphériques du projet pour les différentes durées d'exposition (moyenne annuelle, maximales horaire ou journalier) sont situés à des endroits proches les uns des autres, à environ 150 mètres au sud-ouest des limites du projet.



Le tableau suivant présente les concentrations maximales aiguës et les concentrations moyennes annuelles maximales obtenues sur le domaine d'étude. La fin de l'Annexe C présente également deux cartographies de dispersion obtenues pour deux polluants traceurs, afin d'illustrer la décroissance des concentrations et flux de dépôt au sol sur le domaine d'étude. Ces cartographies sont représentatives de la dispersion de l'ensemble des substances émises par le site.

Substances	Concentration aiguë maximale <sup>12</sup> (durée d'exposition)	Concentration moyenne annuelle
<b>SO<sub>2</sub></b>	0.2 (24h)	4.6E-3
<b>NO<sub>x</sub></b>	19.1 (1h)/1.1 (24h)	3.1E-2
<b>PM<sub>10</sub></b>	9.5E-3 (24h)	2.9E-04
<b>PM<sub>2.5</sub></b>	7.5E-3 (24h)	3.8E-4
<b>CO</b>	1.2 (1h)	_**
<b>Benzène</b>	0.5 (24h)	7.6E-4
<b>Chlorure d'hydrogène</b>	0.7 (1h)	1.3E-3
<b>Mercure</b>	-	7.0E-6
<b>Dioxines-Furanes</b>	-	2.2E-12

\*\*absence de VTR associée à cette durée d'exposition

Tableau 12 - Concentrations atmosphériques maximales (Ci, µg/m<sup>3</sup>) obtenues sur le domaine d'étude pour les substances retenues dans l'ERS

Dans le cas particulier des oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), de valeurs guides ont été retenue pour le dioxyde d'azote en particulier, or, les oxydes d'azotes comprennent le dioxyde d'azote et le monoxyde d'azote. Dans une hypothèse simplificatrice et majorante, le degré d'oxydation de l'azote n'a pas été considéré précisément et l'ensemble des oxydes d'azote a été considéré comme du dioxyde d'azote.

#### 5.4.4 CONCENTRATION DE FOND DANS L'AIR

Les données relatives au niveau de fond dans l'air ont été obtenues *via* une recherche d'informations sur le site internet d'Atmo Occitanie. Peu d'informations sont disponibles sur la zone sur le site internet de l'AASQA. Les données disponibles correspondent au rapport annuel paru en 2020 relatif à la qualité de l'air<sup>13</sup> et à un rapport d'études paru en 2021 relatif aux émissions atmosphériques locales<sup>14</sup>. Les données accessibles indiquent l'absence de dépassements des valeurs réglementaires dans l'agglomération de Narbonne. Des graphiques permettent de se rendre compte des concentrations mesurées pour le NO<sub>2</sub> et le benzène. Elles sont de l'ordre de 10µg/m<sup>3</sup> et 0.8µg/m<sup>3</sup> respectivement, en fond urbain et à proximité d'une voie de circulation (bd Gambetta).

<sup>12</sup> le temps d'intégration de la concentration aiguë est cohérent avec la VTR associée à la substance (Tableau 7)

<sup>13</sup> Atmo Occitanie, Grand Narbonne : Evaluation de la qualité de l'air, 2020 (Synthèse)

<sup>14</sup> Atmo Occitanie, Grand Narbonne : Suivi du PCAET - synthèse des indicateurs émissions polluantes, 2021

Le Tableau 13 présente une comparaison entre les niveaux de fond disponibles et les résultats de la modélisation de la dispersion associés aux seules émissions du projet de crématorium.

Comme indiqué dans ce tableau, les émissions en oxydes d'azote et en benzène induites par le crématorium en projet sont susceptibles d'induire des niveaux d'exposition sensiblement inférieurs au niveau de fond existant dans le domaine d'étude. Le crématorium ne fera donc pas évoluer le niveau d'exposition en NO<sub>2</sub> et benzène des populations riveraines du site en projet.

Substance	Modélisation min-max (µg/m <sup>3</sup> )	Mesures ATMO 2020 (µg/m <sup>3</sup> )
<b>NO<sub>2</sub></b>	<0.1 - 1,5 (en NO <sub>x</sub> )	20
<b>Benzène</b>	<0.01– 9.8E-2	0.8

Tableau 13 – Comparaison entre les niveaux de fonds et l'impact attendu du projet dans le domaine d'étude (µg/m<sup>3</sup>)

## 5.5 Calcul des doses d'exposition par ingestion

Pour la voie d'exposition orale, la quantité de composé chimique administrée *via* un milieu donné, correspond à la dose journalière d'exposition (DJE) qui s'exprime selon l'équation suivante :

Équation 2 :

$$DJE_i = \left( \frac{C_i \cdot Q_i \cdot F}{P} \right) \cdot \frac{DE}{T_m}$$

Avec :

DJE<sub>i</sub> : Dose journalière d'exposition liée à une exposition au milieu i (mg.kg<sup>-1</sup>.jour<sup>-1</sup>)

C<sub>i</sub> : Concentration d'exposition liée au milieu i (alimentation, sol) (mg.kg<sup>-1</sup>)

F : Fréquence d'exposition : fraction du nombre annuel d'unités de temps d'exposition (heures ou jours) sur le nombre d'unités de temps de l'année (-)

Q<sub>i</sub> : Quantité de milieu i administrée par voie orale par unité de temps d'exposition (mg/jour)

P : Masse corporelle de la cible (kg)

DE : Nombre d'années d'exposition ; facteur intervenant uniquement pour les polluants à effets sans seuil de dose (années)

T<sub>m</sub> : Période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (assimilée à la durée de la vie entière) ; facteur intervenant uniquement pour les polluants à effets sans seuil de dose (années) (T<sub>m</sub> est généralement pris égal à 70 ans)

Si, pour la voie d'exposition orale plusieurs médias (i) sont concernés, une DJE totale pour la voie orale peut être calculée en sommant l'ensemble des DJE correspondantes à chaque média d'exposition :

Équation 3 :

$$DJE_j = \sum_i DJE_i$$

Avec :

$DJE_j$  : Dose journalière d'exposition par ingestion ( $\text{mg.kg}^{-1}.\text{jour}^{-1}$ )

$DJE_i$  : Dose journalière d'exposition liée à une exposition au milieu  $i$  ( $\text{mg.kg}^{-1}.\text{jour}^{-1}$ )

Pour estimer les doses journalières d'exposition associées à chacun des médias retenus, il faut renseigner dans l'Équation 2, l'ensemble des paramètres d'exposition (F, P, DE, etc.) pour tenir compte des conditions d'exposition des populations considérées dans l'EQRS. Cette équation permet la prise en compte de différentes classes d'âges afin de considérer les paramètres physiologiques et les quantités d'aliments ingérées qui varient selon l'âge.

De manière générale, pour chaque média d'exposition  $i$  retenu, la concentration en polluant  $C_i$  est estimée grâce à des équations de transfert multimédias. De telles équations, spécifiquement adaptées aux transferts de polluants atmosphériques, sont disponibles via le modèle MODUL'ERS de l'Ineris. MODUL'ERS constitue une méthodologie de référence pour estimer les transferts de polluants atmosphériques vers différents compartiments de l'environnement (sol, légumes, fruits, viande de volailles, œufs, etc.).

Les données d'entrée principales de l'outil MODUL'ERS sont les dépôts au sol estimés pour les polluants atmosphériques. La figure suivante présente le schéma conceptuel d'exposition retenu dans l'étude schématisé par MODUL'ERS. Ce schéma montre sur la diagonale les différents médias d'exposition considérés. En bas à droite figure le module « Niveau d'exposition-Risque » qui synthétise l'ensemble des doses d'exposition induites par les différents médias considérés.



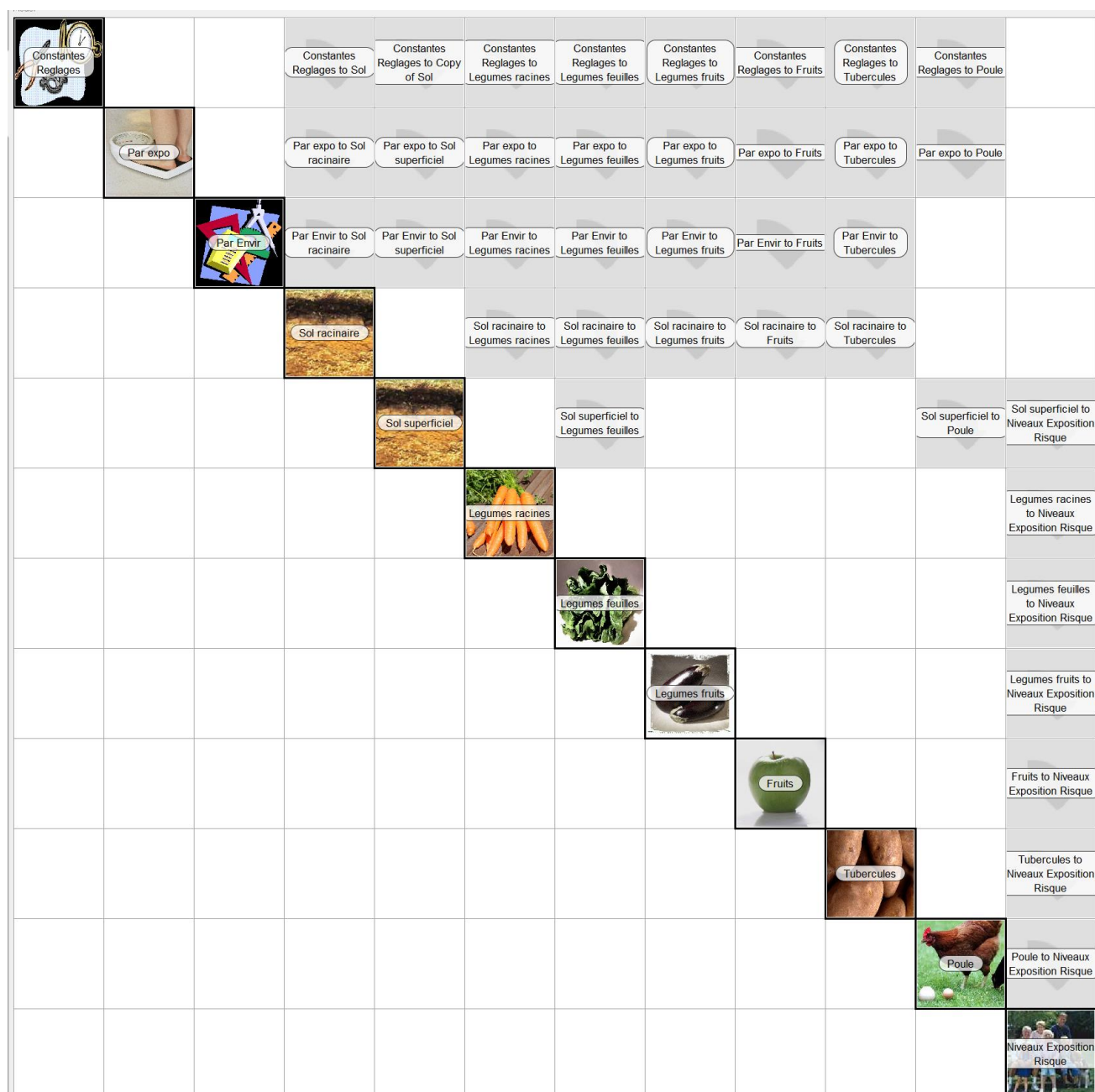


Figure 10 – Modèle d'exposition selon l'outil MODULERS

### 5.5.1 DEFINITION DU SCENARIO D'EXPOSITION

Dans une approche majorante, il a été posé comme hypothèse qu'une partie des aliments consommés par les populations riveraines du projet de crématorium provenait pour partie du site le plus impacté par les dépôts de substances. Le choix d'étudier un scénario ingestion à partir de l'exposition à des produits animaux et végétaux issus du site le plus impacté est majorant et fictif puisque l'ensemble des denrées alimentaires consommé localement ne peut pas être produit en un point.





Figure 11 – Variabilité spatiale des dépôts atmosphériques en dioxines-furannes et localisation du site potentiellement exploité pour la culture d'aliments le plus impacté (étoile rouge) – unité :  $\cdot 10^{-10} \mu\text{g} / \text{m}^2/\text{s}$

Comme indiqué en Figure 11, la quantité de dépôts atmosphériques induits par le crématorium varie en fonction de la zone géographique, toutefois, il est possible d'identifier des espaces où ces dépôts sont les plus élevés et où la culture d'aliments destinés à la consommation humaine est présente (ou non exclue). A l'aide des résultats de dispersion relatifs aux dépôts atmosphériques et l'usage des sols, une zone cultivée à proximité d'une habitation au sud du site d'implantation du projet est retenu pour l'estimation de l'exposition liée à l'autoconsommation (action de produire et de consommer des aliments). Ce site, appelé aussi « site ingestion », est marqué d'une étoile rouge en Figure 11 Ce site

apparaît plus impacté que les jardins partagés localisés au nord-ouest du projet étudié (Las Tinos). Ce choix correspond donc à une hypothèse majorante par rapport à la sélection des jardins partagés.

Bien que la Figure 11 présente les dépôts atmosphériques associés aux dioxines-furanes, ces résultats peuvent être extrapolés aux dépôts atmosphériques du mercure, en effet, même si les niveaux de dépôts sont différents car les émissions diffèrent, la variabilité spatiale des niveaux de dépôts associés au mercure sont sensiblement les mêmes que ceux estimés pour les dioxines.

Les valeurs de dépôts atmosphériques obtenus au niveau du site ingestion sont présentées dans le tableau suivant :

substance	Dépôt total	unité
<b>Mercure</b>	7.8E-11	mg/m <sup>2</sup> /s
<b>Dioxines</b>	3.5 E-17	mg/m <sup>2</sup> /s

Tableau 14 - Dépôts atmosphériques obtenus au niveau du site ingestion

### 5.5.2 PARAMETRES DU SCENARIO D'EXPOSITION

Sont présentées ici les valeurs paramétriques choisies pour l'application de l'Équation 2.

Comme dans le cas de la voie d'exposition respiratoire, on considère une fréquence d'exposition de 100% (F = 1 pour les expositions chroniques).

Pour la voie d'exposition orale, la durée d'exposition retenue (DE) est identique que celle retenue pour l'inhalation, soit 30 ans (pour un temps de pondération,  $T_m$ , pris égal à 70 ans) (DE = 30 ans).

#### Quantités de sol et d'aliments ingérées (Qi)

Les quantités d'aliments ingérés sont issus de la base de données disponibles dans l'outil MODUL'ERS utilisé dans l'étude. Ces données se basent sur une analyse de la littérature disponible par l'Ineris. L'ensemble de ces informations est disponible en Annexe E relative à la modélisation dans la chaîne alimentaire.

Il est important de préciser que l'hypothèse majorante selon laquelle les substances s'accumulent dans les sols dans le temps a été considérée. Les phénomènes de perte biotique ou abiotique ont été considérés comme nuls (dégradation des dioxines ou perte par ruissellement). Cette hypothèse majorante est souvent considérée dans le cadre d'ERS par les évaluateurs de risque en première approche.

Dans le cas particulier du mercure, dans la mesure où cette substance est susceptible de se propager sous les formes organique et inorganique et que ces deux formes n'ont pas le même comportement

dans l'environnement, cette substance a été considérée successivement comme totalement sous forme inorganique ou organique.

### **5.5.3 ESTIMATION DES DOSES JOURNALIERES D'EXPOSITION**

La Figure 12 présente, pour le cas des dioxines-furanes, l'évolution temporelle des DJE au cours des 30 ans de fonctionnement considérés. Une évolution similaire est observée pour les deux formes de mercure prises en compte. Dans la suite de l'étude, la DJE retenue pour la caractérisation des risques correspond à celle obtenue après 30 ans de fonctionnement (extremums des courbes présentées en Figure 12).

Le Tableau 15 présente les doses journalières d'exposition (DJE) cumulées (pour l'ensemble des médias d'exposition considérés).



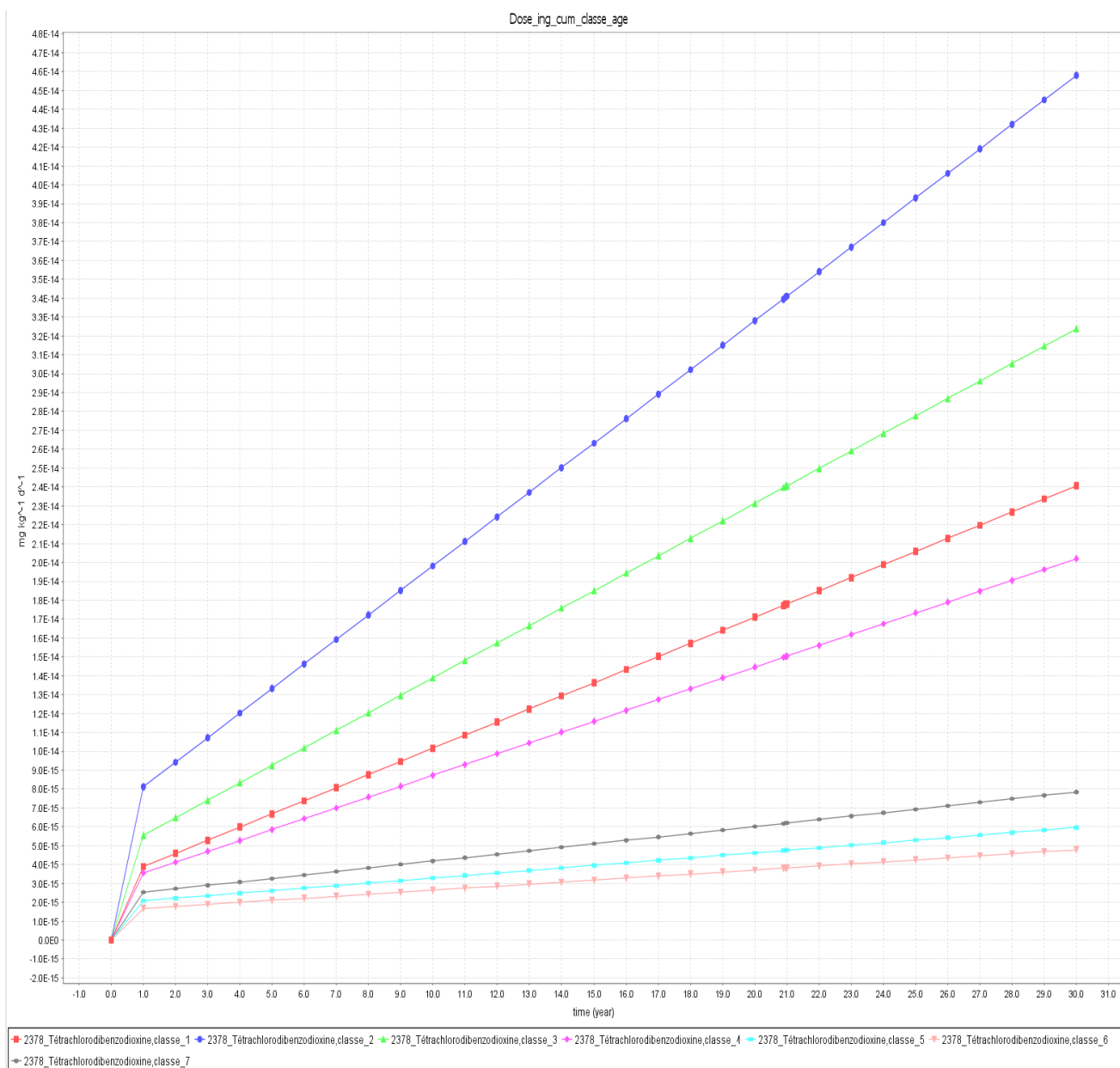


Figure 12 – variabilité temporelle des DJE estimées pour les dioxines-furannes induites pas le projet

Classe d'âge (année)	Dioxines	Mercure inorganique	Mercure organique
<b>0 - 1</b>	2.4E-14	4.7E-08	5.1E-08
<b>1 - 3</b>	4.6E-14	8.8E-08	9.4E-08
<b>3 - 6</b>	3.2E-14	6.0E-08	6.3E-08
<b>6 - 11</b>	2.0E-14	3.8E-08	3.9E-08
<b>11 - 15</b>	6.0E-15	9.9E-09	1.1E-08
<b>15 - 18</b>	4.8E-15	7.9E-09	9.0E-09
<b>18 et +</b>	7.8E-15	1.3E-08	1.4E-08

Tableau 15 – DJE cumulées maximales obtenues après 30 ans de fonctionnement (mg/kgPC/j)

Le détail des résultats obtenus est disponible en Annexe E.

## **Contribution des différents médias d'exposition**

Les trois figures suivantes présentent les DJE associées à chaque média d'exposition au cours des 30 ans de fonctionnement du crématorium étudié.

Il est possible de remarquer qu'entre les 3 substances prises en compte, les médias qui contribuent le plus à l'exposition sont les mêmes :

- L'ingestion accidentel de sol superficiel,
- L'ingestion de légumes-feuilles,
- L'ingestion de légumes-fruits,
- L'ingestion de fruits.

La tendance à l'augmentation des DJE est liée aux dépôts atmosphériques qui continuent de s'accumuler avec le temps. Les fluctuations observées sont liées à l'évolution des habitudes alimentaires associées aux différentes classes d'âge ainsi qu'à leur poids.

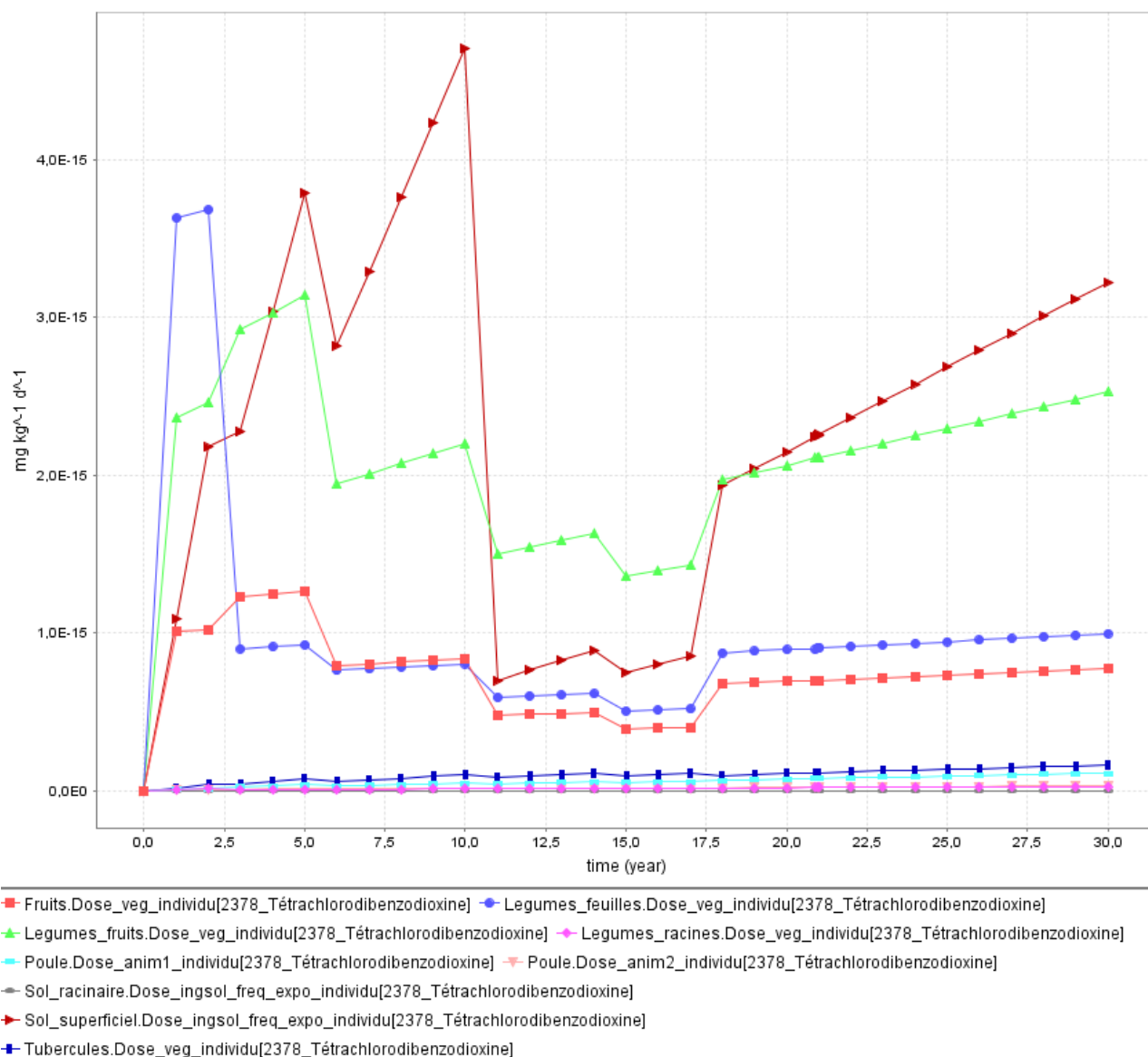


Figure 13 : Contribution des différents médias d'exposition au cours du temps pour les dioxines

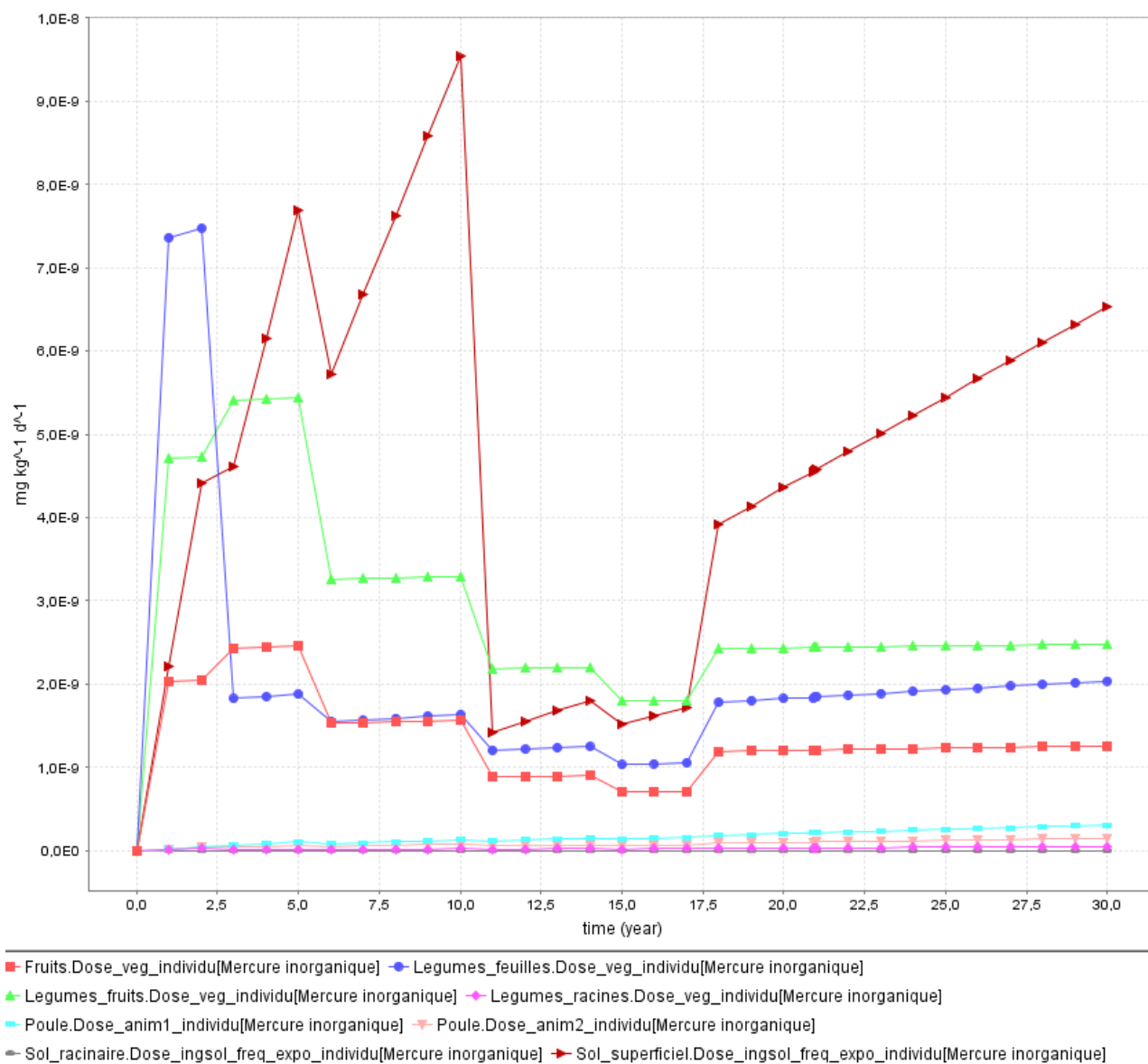


Figure 14 : Contribution des différents médias d'exposition au cours du temps pour le mercure inorganique



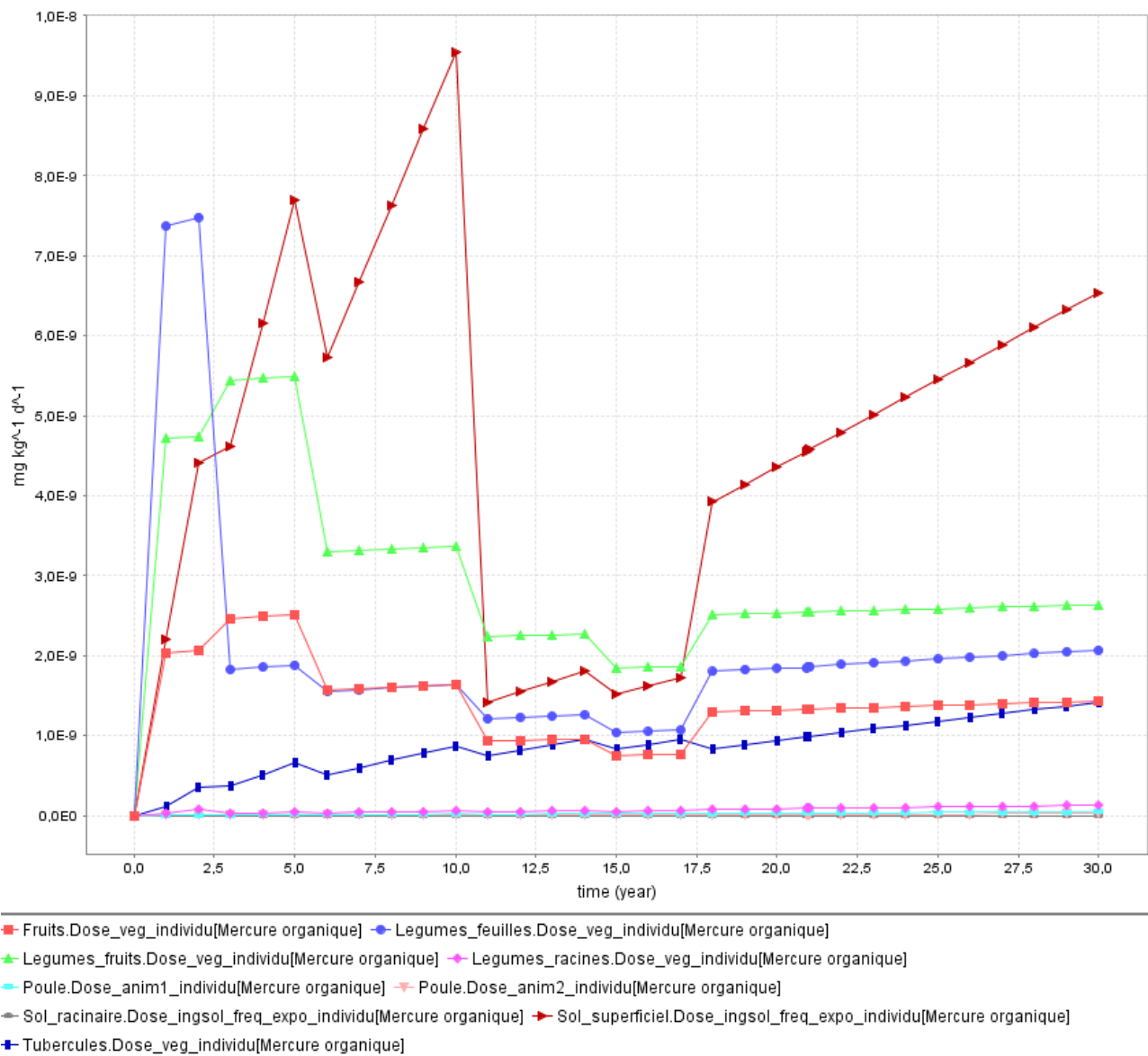


Figure 15 : Contribution des différents médias d'exposition au cours du temps pour le mercure organique

## DJE de fond dans l'alimentation

La DJE moyenne dans l'alimentation française est renseignée par l'intermédiaire de l'étude de consommation EAT2 publiée par l'Anses en 2010 pour les données relatives aux teneurs en substances dans les aliments et pour lesquelles la caractérisation du risque est conduite. D'après les informations fournies par cette enquête, les DJE dans l'alimentation française ont été estimées (Tableau 16).

Substance	Unité	Enfants (3-17 ans)	Adultes (+ 17 ans)
<b>Hg inorganique (chlorure mercurique)</b>	mg/kg/j	1,4E-5 – 2,6E-4	6E-6 – 1,8E-4
<b>Hg organique (méthylmercure)</b>	mg/kg/j	2E-5	1,7E-5
<b>Dioxines-furanes + PCB-DL<sup>\$</sup></b>	mg/kg/j	7,6E-10	4,7E-10

<sup>\$</sup> exprimé en TEQ OMS1998

Tableau 16 - DJE moyennes dans l'alimentation française pour les substances étudiées dans l'ERS (source : EAT2)

A partir des DJE induites par le crématorium d'une part (Tableau 15) et des niveaux de fond dans l'alimentation d'autre part (Tableau 16), il est possible de se rendre compte de l'importance de l'apport des émissions du projet d'installation dans l'alimentation.

Ainsi, d'après les résultats obtenus, les seules émissions du crématorium en projet sont susceptibles d'induire une DJE inférieure à la DJE de fond recensée dans l'alimentation pour les différentes formes de mercure et les dioxines.

## 5.6 Exposition cumulée

Les expositions cumulées correspondent aux expositions faisant intervenir plusieurs substances simultanément. Actuellement, la démarche des ERS ne permet pas de prendre en compte la synergie ou l'antagonisme des effets. En effet, comme indiqué dans les différents guides (InVS, Ineris) publiés en France, les risques cumulés sont appréhendés par une simple addition des risques déterminés pour différentes substances.

On distingue usuellement le calcul de risque cumulé pour les effets à seuil d'une part et les effets sans seuil d'autre part, toutefois, dans le cadre de cette étude, les effets sans seuil de dose sont estimés uniquement par une seule substance, le benzène. La prise en compte de ce type d'effet pour plusieurs substances simultanément n'est donc pas pertinente dans le cas présent. Seule l'exposition cumulée à plusieurs substances induisant des effets à seuil de dose est donc considérée ici.

Dans son guide, l'InVS recommande d'appréhender une exposition cumulée de plusieurs substances lorsque le mécanisme de toxicité et l'organe-cible des composés présents sont similaires. Dans une approche majorante et simplificatrice, la somme de l'ensemble des QD a été estimée sans tenir compte des systèmes cibles auxquels ils se reportaient, ni le mode d'action.

## 6. CARACTERISATION DES RISQUES SANITAIRES

La caractérisation des risques consiste à confronter les doses auxquelles les populations sont exposées avec les valeurs toxicologiques de référence retenues. Les risques sanitaires associés à une substance sont estimés de façon différente selon la voie d'exposition (inhalation ou ingestion), la durée d'exposition (aiguë ou chronique) et selon le type d'effet qu'engendre le composé considéré (effets cancérogènes ou non cancérogènes le plus souvent).

### 6.1 Méthode

Comme recommandé dans la mise à jour du guide Ineris, la caractérisation des risques ne porte que sur les émissions de l'installation étudiée, par conséquent, les niveaux de fond ne sont pas exploités à ce stade de l'étude.

#### 6.1.1 QUOTIENTS DE DANGER POUR LES SUBSTANCES A EFFETS A SEUIL DE DOSE

Pour les polluants à effets à seuil de dose (principalement des effets non cancérogènes), le dépassement de la VTR sélectionnée suite à l'exposition considérée peut entraîner l'apparition de l'effet critique associé à la VTR. Ceci peut être quantifié en faisant le rapport entre la dose d'exposition (CMI ou DJE) et la VTR associée. Ce rapport est appelé quotient de danger (QD) et s'exprime selon la relation suivante :

Équation 4 :

$$QD = \frac{CMI}{VTR} \quad \text{voie respiratoire} \qquad QD = \frac{DJE}{VTR} \quad \text{voie orale}$$

Avec :

QD : Quotient de danger associé à la voie d'exposition considérée (-)

CMI : Concentration moyenne inhalée par la voie respiratoire ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )

DJE : Dose journalière d'exposition pour la voie ingestion ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ )

VTR : Valeur toxicologique de référence retenue (unité :  $\mu\text{g.m}^{-3}$  pour la voie inhalation et  $\text{mg.kg}^{-1}.\text{jour}^{-1}$ )

Si le QD est inférieur à 1, alors l'exposition considérée ne devrait pas entraîner l'effet toxique associé à la VTR. Un QD supérieur ou égal à 1 signifie que les personnes exposées peuvent développer l'effet sanitaire indésirable associé à la VTR.

#### 6.1.2 EXCES DE RISQUE INDIVIDUEL POUR LES SUBSTANCES A EFFETS SANS SEUIL DE DOSE

Pour les effets sans seuil de dose, on calcule un « excès de risque individuel » (ERI) de développer l'effet associé à la VTR (appelée aussi souvent ERU : excès de risque unitaire). L'ERI représente, pour les individus exposés, la probabilité supplémentaire de survenue de l'effet néfaste (comme un cancer) induit par l'exposition à la substance considérée durant la vie entière.

Pour la voie d'exposition respiratoire, l'ERI est calculé en multipliant l'excès de risque unitaire par inhalation (ERUi) par la concentration moyenne inhalée vie entière (ou pondérée sur une autre unité de temps). Pour la voie d'exposition orale, l'ERI est calculé en multipliant l'excès de risque unitaire par ingestion (ERUo) par la dose journalière d'exposition (DJE) durant la vie entière (ou pondérée sur une autre unité de temps).

Dans le cadre de cette étude, un ERI est estimé uniquement pour le benzène pour la voie respiratoire, les autres substances n'étant pas considérées comme induisant des effets sans seuil de dose.

*Équation 5 :*  $ERI_i = CMI \cdot ERU_i$

Avec :

ERI : Excès de risque individuel pour la voie d'exposition inhalation (-)

ERUi : Excès de risque unitaire pour la voie d'exposition inhalation (mg.m<sup>-3</sup>)<sup>-1</sup> ou (µg.m<sup>-3</sup>)<sup>-1</sup>

CMI : Concentration moyenne inhalée (mg.m<sup>-3</sup>) ou (µg.m<sup>-3</sup>)

Il n'existe pas un niveau d'excès de risque individuel qui permette d'écarter les risques pour les populations exposées. Pour sa part, l'OMS utilise un seuil de 10<sup>-5</sup> (un cas de cancer supplémentaire pour 100 000 personnes exposées durant leur vie entière) pour définir les Valeurs Guides de concentration dans l'eau destinée à la consommation humaine (Guidelines for drinking water quality) (OMS, 2004)<sup>15</sup>.

La circulaire du 8 février 2007 relative aux sites et sols pollués et aux modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués, du Ministère chargé de l'environnement<sup>16</sup>, et l'Ineris recommandent le niveau de risque, « usuellement retenu au niveau international par les organismes en charge de la protection de la santé », de 10<sup>-5</sup>. A partir de ce niveau repère, les niveaux de risques peuvent être jugés « préoccupants » selon l'Ineris.

A noter que dans le cadre des études de zones, le Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP) et l'Ineris proposent des seuils d'interprétation des QD et des ERI sous forme de fourchette<sup>17, 18</sup>. Les seuils d'interprétation, valables aussi bien pour le respiratoire que l'ingestion sont les suivants :

- ✓ **Domaine d'action rapide : ERI > 10<sup>-4</sup> et QD > 10**  
Les risques sont jugés suffisamment préoccupants pour faire l'objet de mesures de protection « rapides » tant environnementales que sanitaires.
- ✓ **Domaine de vigilance active : 10<sup>-5</sup> < ERI < 10<sup>-4</sup> et 1 < QD < 10**  
Les niveaux de risque sont sérieux mais jugés moins préoccupants et demandent un approfondissement de l'analyse de la situation avant toute prise de décision en matière de gestion

<sup>15</sup> Organisation mondiale de la santé (OMS), 2004, Guidelines for Drinking-water Quality, third edition, Volume 1, 540 p.

<sup>16</sup> Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire, 2007, Circulaire du 08/02/07 relative aux sites et sols pollués - Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués.

<sup>17</sup> Haut Conseil de la Santé Publique. 2011, Evaluation des risques sanitaires dans les analyses de zone.

<sup>18</sup> Ineris, 2011. Guide pour la conduite d'une étude de zone. DRC-11-115717-01555B

✓ **Domaine de conformité :  $ERI < 10^{-5}$  et  $QD < 1$**

Les niveaux de risques sont considérés comme non préoccupants et il n'est pas nécessaire de mettre en place des mesures de gestion particulières, en sus de celles qui existent déjà et relevant du principe général de maîtrise des émissions.

## 6.2 Exposition par voie respiratoire

### 6.2.1 EXPOSITION AIGUË

Pour les substances retenues pour une exposition aiguë, un calcul de quotient de danger (QD) est réalisé par application de l'Équation 4 sur l'ensemble du domaine d'étude (Tableau 17).

Substances	Niveau d'exposition ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (durée)	VTR ou VG ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	QD (-)
<b>SO<sub>2</sub></b>	0.2 (24h)	30	6.6E-3
<b>NO<sub>2</sub></b>	19.1/1.1 (24h)	200*/25*	Cc°<VG
<b>PM<sub>10</sub></b>	9.5E-3 (24h)	45*	Cc°<VG
<b>PM<sub>2.5</sub></b>	7.5E-3 (24h)	15*	Cc°<VG
<b>CO</b>	1.2 (1h)	23000	5.2E-5
<b>Benzène</b>	0.5 (24h)	27	1.9E-2
<b>Chlorure d'hydrogène</b>	0.7 (1h)	2100	3.8E-4

\*Valeur-guide

Tableau 17 - Quotients de danger et comparaison aux VTR ou valeurs guide pour une exposition aiguë

D'après les résultats obtenus, les émissions du crématorium ne sont pas susceptibles d'induire de risque sanitaire associé à une exposition aiguë, quelle que soit la substance ( $QD < 1$ ).

Concernant les substances disposant d'une valeur guide mais pas de VTR, l'exposition induite par les rejets du projet restent inférieures aux valeur-guides retenues ( $cc^\circ < VG$ ).

Cette conclusion ne change pas y compris si une autre valeur guide est retenue pour le monoxyde de carbone, la plus faible valeur guide étant la valeur guide journalière de 4 000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## 6.2.2 EXPOSITIONS CHRONIQUES

### 6.2.2.1 Effets à seuil de dose

Pour chaque traceur à effet à seuil de dose retenu dans le cas d'exposition chronique respiratoire, un calcul de quotient de danger (QD) est réalisé par application de l'Équation 4 sur l'ensemble du domaine d'étude (Tableau 18).

Substances	Niveau d'exposition ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	VTR ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	QD (-)
<b>NO<sub>x</sub></b>	3.1E-2	10*	Cc°<VG
<b>PM<sub>10</sub></b>	2.9E-04	15*	Cc°<VG
<b>PM<sub>2.5</sub></b>	3.8E-4	5*	Cc°<VG
<b>Benzène</b>	7.6E-4	10	7.6E-5
<b>Chlorure d'hydrogène</b>	1.3E-3	20	6.5E-5
<b>Mercure</b>	7.0E-6	1 - 0.3**	2.3E-5-7.0E-6
<b>Dioxines-Furanes</b>	2.2E-12	4.0E-5	5.5E-8

\*Valeur-guide

\*\*en fonction du type de mercure considéré

Tableau 18 - Quotients de danger obtenus pour une exposition chronique dans le domaine d'étude

D'après les résultats obtenus, les émissions du projet de crématorium ne sont pas susceptibles d'induire des risques préoccupants pour la population riveraine ( $\text{QD} < 1$ ), et ce, quelle que soit la substance appréhendée. Dans le cas du mercure, cette remarque reste vraie quelle que soit la forme de mercure investiguée.

Concernant les substances disposant d'une valeur guide mais pas de VTR, l'exposition induite par les rejets du projet restent inférieure aux valeur-guides retenues ( $\text{cc}^\circ < \text{VG}$ ).

### 6.2.2.2 Effets sans seuil de dose (cancérigènes)

Un calcul d'ERI est effectué pour le benzène à partir de l'Équation 5 au niveau du site fréquenté/habité le plus impacté par les émissions atmosphériques du projet. D'après les résultats obtenus (Tableau 19), les émissions du crématorium en projet ne sont pas susceptibles d'induire des dépassements de la valeur seuil sanitaire ( $\text{ERI} < 10^{-5}$ ) pour le benzène. Selon la terminologie de l'Ineris, le niveau de risque peut être qualifié de « non préoccupant ».

Substances	Exposition moyenne annuelle	VTR ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	ERI
<b>Benzène</b>	7.6E-4	2.6 E-5	8.5.10 <sup>-9</sup>

Tableau 19 - Détermination des ERI associés au benzène

### 6.3 Résultats pour la voie digestive

Dans les paragraphes ci-dessous, sont présentés les risques sanitaires liés à l'exposition par ingestion d'aliments et de sol contaminés par les seules émissions du crématorium. Pour cette voie d'exposition, et comme indiqué dans les différents tableaux récapitulatifs des VTR présentés dans le chapitre 4 intitulé Inventaire et choix des valeurs toxicologiques de référence, les effets à seuil de dose sont les seuls à être caractérisés. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

Age	DJE Hg organique (mg/kg/j)	DJE Hg inorganique (mg/kg/j)	DJE dioxines (mg/kg/j)	QD Hg organique (-)	QD Hg inorganique (-)	QD Dioxines (-)
0 - 1	5.1E-08	4.7E-08	2.4E-14	2.6E-04	7.8E-05	8.3E-05
1 - 3	9.4E-08	8.8E-08	4.6E-14	4.7E-04	1.5E-04	1.6E-04
3 - 6	6.3E-08	6.0E-08	3.2E-14	3.2E-04	1.0E-04	1.1E-04
6 - 11	3.9E-08	3.8E-08	2.0E-14	2.0E-04	6.3E-05	6.9E-05
11 - 15	1.1E-08	9.9E-09	6.0E-15	5.5E-05	1.7E-05	2.1E-05
15 - 18	9.0E-09	7.9E-09	4.8E-15	4.5E-05	1.3E-05	1.7E-05
18 et +	1.4E-08	1.3E-08	7.8E-15	7.0E-05	2.2E-05	2.7E-05

Tableau 20 - Quotients de danger (QD) obtenus pour la voie digestive

D'après les résultats obtenus (Tableau 20), les émissions du projet de crématorium ne sont pas susceptibles d'induire des risques préoccupants pour les populations ( $QD < 1$ ) lors d'ingestion de denrées alimentaires d'origine végétale ou animale produites partiellement au niveau du site ingestion (ou de sol local), quelles que soit la substance considérée et la classe d'âge

### 6.4 Risques cumulés

La méthodologie suivie pour l'estimation des risques cumulés a été décrite dans le paragraphe 5.6 intitulé Exposition cumulée. Les risques cumulés sont appréhendés par une simple addition des risques déterminés pour différentes substances quel que soit le système-cible.

Cette démarche est appliquée uniquement pour les risques chroniques, les risques aigus n'étant pas susceptibles de se dérouler au même moment dans l'année compte tenu des pas des durées d'application différents associées aux VTR utilisées (1 heure, 24 heures).

Les calculs effectués montrent une somme de QD maximale de  $1.6 \times 10^{-4}$  pour la voie respiratoire et  $1.6 \times 10^{-4}$  pour la voie orale comme indiqué dans le tableau suivant :

système cible	Somme des QD (valeur maximale atteinte)
<b>Voie respiratoire</b>	1.6E-04
<b>Voie digestive (DJE max 1-3 ans)</b>	7.8E-04
<b>Ensemble des 2 voies d'éposition</b>	9.4E-04

Tableau 21 - Sommes de QD chroniques selon la voie d'exposition

D'après ces résultats, les risques chroniques cumulés à seuil de dose induits par les seules émissions du crématorium, et pour les 2 voies d'exposition confondues (respiratoire et orale), ne sont pas susceptibles d'entraîner des risques préoccupants pour la population ( $QD < 1$ ).



## 7. INCERTITUDE

---

L'incertitude affectant les résultats de l'évaluation des risques provient des différents termes et hypothèses de calcul, des défauts d'information ou de connaissance, et de la variabilité intrinsèque des paramètres utilisés dans l'étude (ceci se réfère à la plus ou moins grande amplitude de valeurs numériques que peuvent prendre ces paramètres). L'analyse des incertitudes a pour objectif de comprendre dans quel sens ces divers facteurs peuvent influencer l'évaluation des risques.

Certains éléments d'incertitude étant difficilement quantifiables, seul un jugement qualitatif peut être rendu. Néanmoins, nous avons essayé de classer ces incertitudes suivant qu'elles ont pour effet de sous-estimer ou de surestimer les risques calculés, et les incertitudes dont l'effet est variable ou difficilement classable parmi les 2 autres catégories d'incertitude ont été présentées à part.

### 7.1 Incertitudes ayant pour effet de sous-estimer les risques

#### Sélection des substances retenues dans l'étude

Le rapport a retenu une liste de substances réglementées. L'ensemble des substances susceptibles d'être émises par le projet n'a donc pas été considéré. Ce choix induit une sous-estimation potentielle des risques. Il est toutefois possible d'indiquer que cette sélection se base notamment sur un guide méthodologique (ADEME, 2006). La sous-estimation des risques n'est donc pas susceptible de modifier les conclusions de l'étude en l'état actuel des connaissances.

### 7.2 Incertitudes ayant pour effet de surestimer les risques

#### Mélanges de substances

Les effets des mélanges sont encore mal appréhendés et la méthode d'évaluation des risques sanitaires actuellement disponible ne permet pas de les prendre en compte si ce n'est dans l'hypothèse d'une somme des effets des substances ayant les mêmes cibles et les mêmes mécanismes d'action (Ineris, 2003). Les effets synergiques ou antagonistes ne sont donc pas appréhendés. Comme cela est rappelé dans le rapport de l'Ineris sur l'évaluation des risques sanitaires liés aux mélanges de natures chimiques (Ineris, 2006)<sup>19</sup>, la démarche d'ERS telle qu'elle est appliquée actuellement en France fournit des résultats pour chaque substance prise individuellement. D'après l'Ineris, le cadre des pratiques méthodologiques proposées par l'US-EPA et l'ATSDR pour évaluer les risques sanitaires liés à des mélanges de polluants chimiques ne remet pas en cause à court terme les pratiques françaises actuelles menées dans les études d'impact des installations classées.

---

<sup>19</sup> Ineris, 2006, Evaluation des risques sanitaires liés aux mélanges de nature chimique, Perspectives dans le cadre des études d'impact sanitaire des dossiers de demande d'autorisation d'exploiter des installations classées, 30 p.

### 7.3 Incertitudes dont l'effet sur les risques est inconnu (ou variable)

Sont listées ici les incertitudes dont on ne peut pas dire de façon quantitative ou qualitative qu'elles ont pour effet de sous-estimer ou de surestimer les risques.

#### Taux d'exposition journalier

Dans la présente étude, en l'absence de données de budget espace-(activités)-temps disponibles localement correspondant aux temps journaliers passés dans des environnements autres que le domicile, nous avons fait l'hypothèse que les personnes passaient toute la journée sur un lieu unique du domaine d'étude (soit T égal à 1). Dans la réalité, en fonction du temps journalier passé dans d'autres environnements et des niveaux de concentrations qui y seraient observés, l'estimation des niveaux d'expositions journaliers peut être minorée ou majorée par rapport au niveau d'exposition journalier correspondant à 100 % du temps passé au domicile. A titre d'exemple, une étude française a montré que les résultats de l'ERS peuvent être minorés de 30 % par rapport à une hypothèse « 100 % du temps passé au domicile » (Boudet, 1999)<sup>20</sup>.

#### Fréquence d'exposition annuelle pour des expositions chroniques

Il a été fait l'hypothèse, pour ce type d'exposition, que la fréquence d'exposition (paramètre F de l'Equation 1) était égale à 1, c'est-à-dire que les personnes restent 100 % de leur temps sur le domaine d'étude. Dans la réalité, les riverains sont souvent amenés à se déplacer pour des raisons professionnelles ou personnelles (congrés, week-end...). Dans le cas où ils fréquenteraient des lieux hors du domaine d'étude, où les niveaux d'exposition sont plus faibles que sur le domaine d'étude, leur niveau d'exposition annuel moyen devrait être inférieur au niveau d'exposition annuel moyen correspondant à 100 % du temps de séjour sur le domaine d'étude. Dans ce cas, la prise en compte d'une fréquence d'exposition de 1 tendrait à surestimer les expositions réelles des individus. A contrario, s'ils fréquentent des lieux hors domaine d'étude, où les niveaux d'exposition seraient plus élevés qu'au niveau du domaine d'étude, le niveau d'exposition annuel moyen devrait être supérieur au niveau d'exposition annuel moyen correspondant à 100 % du temps de séjour dans le domaine d'étude. Dans ce deuxième cas, la prise en compte d'une fréquence d'exposition de 1 tendrait à sous-estimer les expositions réelles des individus.

#### Estimation des concentrations intérieures et extérieures (Ci)

Nous faisons l'hypothèse que les concentrations induites par le projet de crématorium sont égales, à l'intérieur des espaces clos, aux concentrations à l'extérieur des espaces clos. En réalité, le taux de pénétration des polluants dans les intérieurs n'est pas de 100 % et il est variable d'un polluant à l'autre. Pour certaines substances (poussières), les concentrations en intérieur sont susceptibles d'être inférieures aux concentrations en extérieur du fait des capacités de filtration des bâtiments (Mosqueron et Nedellec, 2001)<sup>21</sup>. Pour d'autres, les concentrations intérieures sont susceptibles d'être supérieures aux concentrations extérieures (cas des COV) (Mosqueron et Nedellec, 2001)<sup>21</sup>.

#### Incertitude associée au choix des VTR

<sup>20</sup> Boudet, Zmirou et al., 1999, Health risk assessment of a modern municipal waste incinerator, Risk Analysis, Volume 19, No. 6, 9 p.

<sup>21</sup> Mosqueron L. et V. Nedellec, 2001, Observatoire de la qualité de l'air intérieur, Inventaire des données françaises sur la qualité de l'air intérieur des bâtiments, 173 p.

Lorsque plusieurs VTR étaient disponibles pour un même composé, une même voie, une même durée d'exposition, une sélection systématique des VTR a été effectuée selon les recommandations de la note de la DGS du 31 octobre 2014. Cette démarche de sélection d'une VTR ne repose pas toujours sur les critères de choix strictement scientifiques, mais parfois aussi sur la notoriété de l'organisme producteur de VTR. Une analyse approfondie des VTR disponibles ainsi que de la sélection de la plus pertinente n'a pas été effectuée dans le cadre de ce travail, la note DGS de novembre 2014 fixant précisément les modalités de choix.

### **Variables humaines d'exposition**

Pour l'ensemble des paramètres d'exposition à renseigner pour l'estimation des concentrations moyennes inhalées et des doses journalières d'exposition, aucune donnée locale spécifique à la population du secteur n'a été identifiée. Les paramètres d'exposition concernés sont la fréquence d'exposition, la durée d'exposition, la masse corporelle par classe d'âge, les données de consommation de sol par classe d'âge. A défaut, ce sont les données générales établies pour la population française qui ont été considérées. L'effet sur les risques de la prise en compte de ces données est difficile à évaluer. Il est toutefois possible que la majorité de ces paramètres ait fait l'objet d'une analyse par l'Ineris dans le cadre de la base de données afférente à l'outil MODULERS.

### **Modélisation de la dispersion atmosphérique**

Les incertitudes relatives aux calculs de modélisation sont de deux types : celles intrinsèques au modèle numérique, compte tenu notamment de la complexité du site et de la problématique à modéliser, et celles relatives à la qualité des données d'entrée du modèle.

### **Incertitudes intrinsèques au modèle**

Plusieurs campagnes de mesures très documentées, effectuées sur des sites industriels durant les 50 dernières années, ont été référencées et leurs données intégrées à des bases de données destinées à évaluer a posteriori les modèles de dispersion atmosphérique. Parmi ces bases de données, on citera l'outil européen d'évaluation MVK (Model Validation Kit). Plusieurs articles internationaux<sup>22,23</sup> rapportent les résultats de campagnes de comparaisons entre le modèle ADMS et les mesures sur site.

Ces résultats montrent que si les données d'entrée sont bien maîtrisées et en présence d'une topographie peu marquée, l'incertitude sur les résultats du modèle pour des sources élevées de type cheminée, reste inférieure à 20% en moyenne annuelle. Sur les valeurs maximales (percentiles 100), l'incertitude reste de l'ordre de 30%. Notons enfin que statistiquement, les incertitudes diminuent pour les percentiles de rang inférieur (99.8, 99.7, 98...). La présence de bâtiments en champ proche augmente ces valeurs, de même que la présence d'un relief plus marqué.

### **Incertitudes relatives aux données d'entrée**

---

<sup>22</sup> Hanna S.R., Egan B.A., Purdum J. and Wagler J. (1999), Evaluation of ISC3, AERMOD, and ADMS Dispersion Models with Observations from Five Field Sites. HC Report P020, API, 1220 LSt. NW, Washington, DC 20005-4070, 1999.

<sup>23</sup> ADMS3 validation Summary, CERC, 2001.

Un bon modèle peut donner de mauvais résultats, si les données d'entrée sont de mauvaise qualité. Le tableau suivant regroupe les principaux paramètres d'entrée du modèle de dispersion ADMS, et les qualifie selon les critères suivants : mauvaise, moyenne, bonne.

Les données d'entrée du modèle sont globalement de bonne qualité. Les propriétés physiques des particules ont toutefois fait l'objet d'hypothèses, par défaut de connaissance. La taille et la densité des particules impactent principalement la valeur de dépôt au niveau du sol. L'influence sur la dispersion des panaches et donc sur les concentrations dans l'air reste limitée. Les valeurs des paramètres retenus sont issues de la littérature et constitue des hypothèses réalistes.

## **Conclusion sur l'incertitude relative à la dispersion atmosphérique**

Il est difficile de quantifier avec précision l'incertitude sur les résultats. On retiendra pour cette étude que globalement les données du modèle sont de bonne qualité, et que peu d'hypothèses arbitraires ont dues être faites.

## **Modélisation des transferts dans la chaîne alimentaire**

La modélisation des transferts de polluants depuis les émissions atmosphériques vers les différents milieux considérés (légumes, viande de volailles, etc.) simplifie les phénomènes de transferts naturels qui se produisent dans la chaîne alimentaire, ce qui génère des incertitudes. Ces incertitudes sont liées, d'une part au modèle et à sa conception, et d'autre part aux données d'entrée (concentrations atmosphériques et dépôts au sol estimés à partir des résultats de la modélisation de la dispersion, valeurs paramétriques données par MODUL'ERS, données de consommation alimentaire, etc.).

Dans le contexte des transferts multimédias, MODULERS est un outil de référence : il s'agit d'une méthodologie totalement transparente (au niveau des équations, des paramètres et des valeurs paramétriques recommandées), utilisant des équations reconnues ayant fait l'objet d'un consensus d'experts.

## **Incertitude intrinsèque aux VTR**

L'établissement de valeurs toxicologiques de référence (VTR), pour la population générale et pour une durée d'exposition aiguë ou chronique, à partir d'études épidémiologiques (principalement en milieu professionnel) ou animales, et présentant des conditions particulières d'exposition (doses administrées, durée et voie d'exposition, etc.) induit la prise en compte de facteurs d'incertitude variables, le plus couramment compris entre 3 et 1000. Ces facteurs d'incertitude s'apparentent soit à une variabilité, soit à un manque de connaissance (vraie incertitude). A titre d'exemple, les facteurs d'incertitude relatifs à la variabilité concernent la gravité ou l'occurrence des effets sanitaires pouvant être observés entre 2 espèces différentes (variabilité inter-espèce) ou au sein d'une même espèce (variabilité intra-espèce). Les facteurs d'incertitude relatifs à un manque de connaissance concernent le plus souvent un manque de données disponibles (facteur permettant l'estimation d'un NOAEL<sup>24</sup> à partir d'un LOAEL<sup>25</sup>, facteur permettant de considérer un effet sanitaire qui a fait l'objet de peu

---

<sup>24</sup> Plus forte dose d'exposition sans effet observé (No Observed Adverse Effect Level)

<sup>25</sup> Plus faible dose d'exposition avec effet observé (Lowest Observed Adverse Effect Level)

d'études, etc.). Ces différents facteurs d'incertitude sont considérés (et précisés) pour les différentes VTR utilisées dans la présente étude en Annexe D.

## 8. CONCLUSION

---

La présente étude a permis de caractériser les risques sanitaires liés à l'inhalation et à l'ingestion des substances émises lors du fonctionnement d'un crématorium en projet situé à Narbonne dans l'Aude. La démarche suivie a été celle préconisée par l'Ineris dans son guide de 2021. Conformément aux recommandations de l'Ineris, la caractérisation des risques sanitaires a porté sur les seules émissions du projet d'installation.

Les principales conclusions de l'étude sont les suivantes.

### 8.1 Exposition respiratoire

#### Exposition aiguë

Concernant les expositions respiratoires aiguës aux substances émises par le futur crématorium, et retenues dans l'ERS, aucun dépassement des seuils sanitaire n'a été estimé ( $QD < 1$ ,  $ERI < 10^{-5}$ ), et ce, pour l'ensemble des substances considérées.

Pour les poussières ( $PM_{10}$  et  $PM_{2,5}$ ) et les oxydes d'azote, pour lesquelles une valeur guide horaire ou journalière a été préférée aux VTR, aucun dépassement de valeur guide n'a été déterminé sur le domaine d'étude.

#### Exposition chronique et effets à seuil de dose

Concernant les expositions respiratoires chroniques, les quotients de danger (QD) estimés n'induisent pas de risque préoccupant pour les populations ( $QD < 1$ ) pour l'ensemble des substances étudiées.

Concernant les substances pour lesquelles aucune VTR n'est disponible mais pour lesquelles il existe des valeurs-guides annuelles ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  et  $NO_2$ ), aucun dépassement des valeurs-guides annuelle n'est observé.

#### Exposition chronique et effets sans seuil de dose (cancérigènes)

Concernant le benzène, la seule substance à induire ce type d'effet, les seules émissions du projet d'installation n'induisent pas un niveau de risque préoccupant pour la population riveraine, bien que les émissions en cette substance aient été assimilées comme égales à l'ensemble des composés organiques émis par l'installation.

### 8.2 Exposition orale

A l'image de la voie respiratoire, la caractérisation des risques sanitaires pour la voie digestive a porté sur les seules émissions du projet d'installation. A noter toutefois que des informations ont été recherchées pour estimer les niveaux de fond dans l'alimentation auxquels est exposée la population française en générale. D'après les résultats obtenus, les niveaux de fond dans les sols et les aliments induits par les dépôts atmosphériques du crématorium devraient contribuer marginalement aux

niveaux en substance auxquels sont déjà exposées les populations de par leur alimentation quotidienne.

Les substances considérées n'étant susceptibles d'induire que des effets à seuil de dose, ce type d'effet est le seul à avoir été caractérisé. Les calculs des quotients de danger estimés pour cette voie d'exposition conduisent à risques non préoccupants pour la population ( $QD < 1$ ) pour l'ensemble des substances considérées.

### **8.3 Risques cumulés**

Les sommes de risques effectuées pour les effets chroniques non cancérogènes et les deux voies d'exposition (respiratoire et orale) liés à l'exposition aux émissions du projet d'installation n'induisent pas des niveaux de risque préoccupants pour la population.

## TABLE DES ANNEXES

<b>ANNEXE A : INVENTAIRE DES SITES SENSIBLES</b>	<b>65</b>
<b>ANNEXE B : DYNAMIQUE DU MERCURE APRES COMBUSTION (HHRAP)</b>	<b>66</b>
<b>ANNEXE C : LA MODELISATION DE LA DISPERSION ATMOSPHERIQUE</b>	<b>67</b>
<b>ANNEXE D : FICHES TOXICOLOGIQUES DES SUBSTANCES ETUDIEES DANS L'ERS</b>	<b>78</b>
<b>ANNEXE E : RECAPITULATIF DES DONNEES ET DES RESULTATS OBTENUS AVEC MODULERS</b>	<b>79</b>



## Annexe A : Inventaire des sites sensibles

Appellatio	Commune	Latitude	Longitude
<b>Ecole maternelle Jules Ferry</b>	NARBONNE	43.1793088	3.00144049
<b>Collège Jules Ferry</b>	NARBONNE	43.1789455	3.00081979
<b>Section d'enseignement général et professionnel adapté du Collège Jules Ferry</b>	NARBONNE	43.1787638	3.00080996

Tableau 22 - Etablissements scolaires localisés dans le domaine d'étude (coordonnées géographiques indiquées en WGS84)

Dénomination	type	Coordonnées X	Coordonnées Y
<b>EHPAD VILLA DOMITIA</b>	Etablissement d'hébergement pour personnes âgées dépendantes	699662.9	6231131.4
<b>FOYER PHV NARBONNE</b>	Foyer Hébergement Adultes Handicapés	699169.2	6229749
<b>FOYER HEBERGEMENT ROGER CHAMINADE</b>	Foyer Hébergement Adultes Handicapés	699169.2	6229749

Tableau 23 - structures sanitaires et sociales localisées dans le domaine d'étude (coordonnées géographiques indiquées en Lambert 93)

Nom installation	type	EquGpsX	EquGpsY
<b>Complexe Maraussan</b>	Salle multisports	3.00186	43.17669
<b>Stade Cassayet</b>	Terrain de rugby	3.00001	43.17786
<b>Espace Liberté</b>	Aire de sports de glace sportive	2.99431	43.17424
<b>Espace Liberté</b>	Skate park	2.99512	43.17488
<b>Espace Liberté</b>	Bassin sportif de natation	2.99464	43.17358
<b>Complexe Maraussan</b>	Structure Artificielle d'Escalade	3.00175	43.17677
<b>Le Vignolet</b>	Salle de gymnastique sportive	3.00218	43.17644
<b>Complexe Maraussan</b>	Salle d'escrime	3.00216	43.17649
<b>Complexe Maraussan</b>	Salle de tennis de table	3.00217	43.17647
<b>Complexe Maraussan</b>	Terrain de balle au tambourin	3.00247	43.17643
<b>Complexe Maraussan</b>	Stade d'athlétisme	3.00267	43.17702
<b>Complexe Maraussan</b>	Plateau EPS/Multisports/city-stades	3.0027	43.17673
<b>Halle Des Sports Francis Vals</b>	Salle multisports	3.00109	43.17807

Tableau 24 - Structures de pratique de sport localisées dans le domaine d'étude (coordonnées géographiques indiquées en WGS84)

## Annexe B : Dynamique du mercure après combustion (HHRAP)

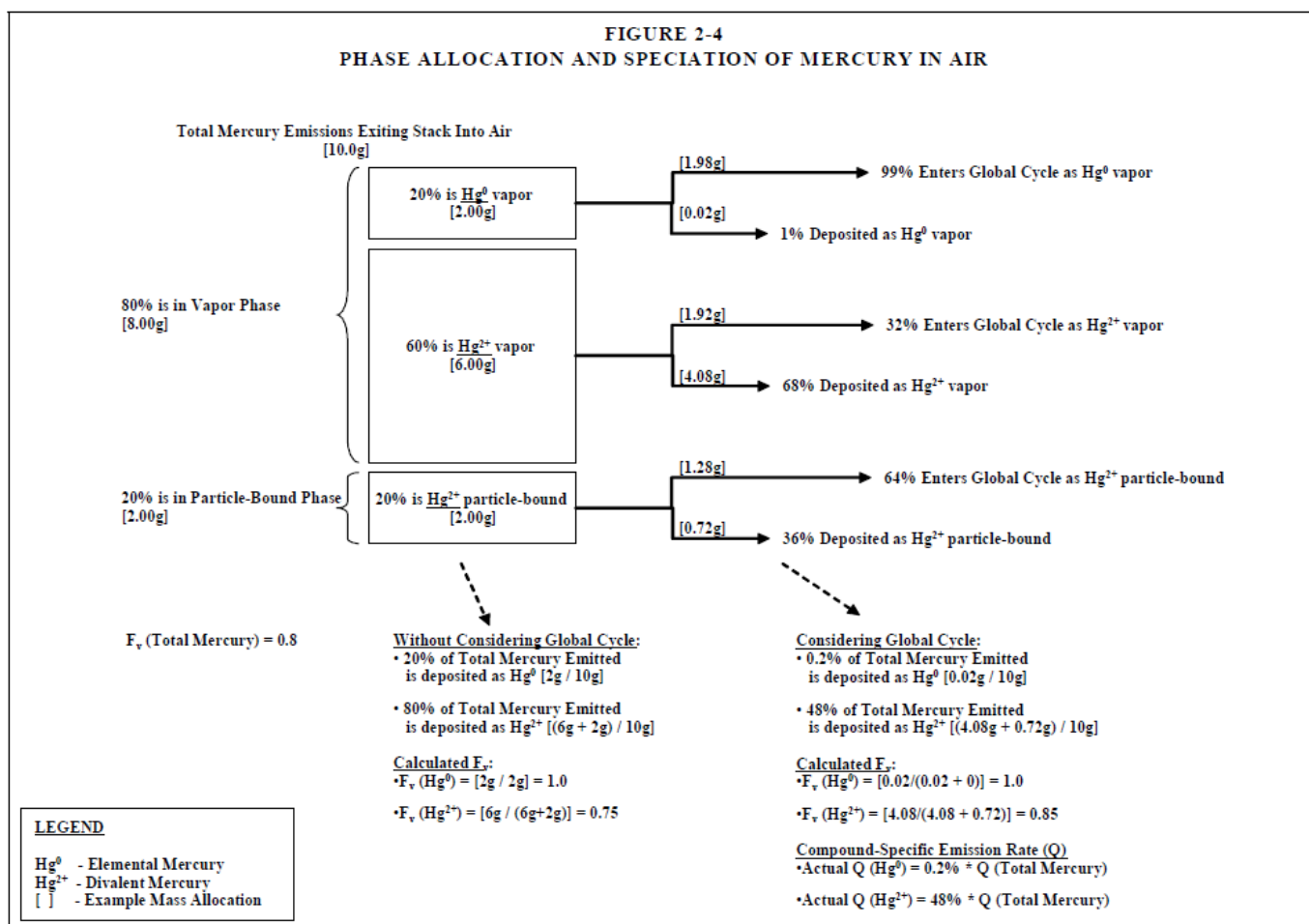


Figure 16 - Comportement du mercure dans l'air et dans la chaîne alimentaire après un procédé de combustion (HHRAP)

## Annexe C : La modélisation de la dispersion atmosphérique

### MODELE DE DISPERSION RETENU POUR L'ETUDE ET CARACTERISTIQUES

Modèle de dispersion mis en œuvre pour l'étude : modèle gaussien de seconde génération **ADMS version 5.2** :

- modèle développé spécifiquement pour la réalisation d'études d'impact, qui allie à la fois capacité à réaliser des calculs sur une période météorologique permettant de prendre en compte une large gamme de situations météorologiques (jusqu'à 5 années de données horaires), tout en prenant en compte des phénomènes complexes (effets de relief et de bâti, phénomènes de dépôt, surélévation, météorologie complexe,...) ;
- modèle internationalement reconnu et validé par comparaison à des mesures dans l'environnement (validé suite à l'utilisation du « Model Validation Kit », voir Hanna et al. 1999<sup>2</sup>) ;
- type de modèle adapté à la réalisation de l'étude compte tenu des caractéristiques de l'installation et de son projet, du domaine d'étude et des objectifs ;
- description de la stabilité atmosphérique par la méthode d'analyse d'échelle de Monin-Obukhov ;
- cycle diurne du développement de la couche de mélange atmosphérique pris en compte grâce au calcul de la hauteur de couche limite qui tient compte des heures précédentes dans la journée ;
- surélévation des panaches à l'émission pris en compte via un modèle intégral de trajectoire 3D en sortie de cheminée ;
- phénomènes d'accumulation et de recirculation non pris en compte (ADMS est un modèle qui calcule la contribution directe des panaches de la seule installation étudiée).

### DONNEES D'ENTREE FOURNIES PAR LE CLIENT

Plan de masse	<i>Annexe 4 - Plan de masse.pdf</i>
Caractéristiques des sources	<i>Caractéristiques fonctionnement.xlsx</i>

## Annexe C : Modélisation de la dispersion

### HYPOTHESES DE MODELISATION

- Domaine d'étude / grille de calcul :
  - Etendue : 2000 x 2000 m<sup>2</sup>
  - Résolution : 20 m
  - Position : centré sur le site
  
- Points récepteurs : ☐ Oui ☒ Non



■ Polluant(s) modélisé(s) :

☒ gazeux :

5 polluants gazeux : NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, COVT, HCl

Polluants gazeux assimilés à des traceurs chimiquement passifs (évolution chimique des rejets gazeux dans l'environnement non considérée)

☒ particulaire(s) :

4 polluants particulaires :

PM<sub>10</sub>, Ø 10µm et densité 1000 kg/m<sup>3</sup>

PM<sub>2.5</sub>, Ø 2.5µm et densité 1000 kg/m<sup>3</sup>

Hg particulaire, Ø 2.5µm et densité 1000 kg/m<sup>3</sup>

PCDD / PCDF, Ø 2.5µm et densité 1000 kg/m<sup>3</sup>

■ Phénomènes de dépôt sec et humide : ☒ Activé ☐ Non activé

Pour les espèces particulaires

■ Sources modélisées : ☒ canalisée(s)

Nombre : 1      Identification : Cheminée du crématorium

☐ diffuse(s)

Nombre : 0

Caractéristiques d'émission des sources modélisées pour la configuration modélisée

(Source des données : ESKA Conseil)

**Diamètre de la cheminée :** 0.25 m  
**Hauteur de cheminée :** 11.6 m  
**Débit des fumées humides :** 1 270 Nm<sup>3</sup>/h  
**Température des fumées :** 125 °C  
**Position de la cheminée (Lambert 93) :** X = 699797.98 ; Y = 6230150.51

Polluant	Concentrations à l'émission en mg/Nm <sup>3</sup>
Gaz	
NO <sub>x</sub>	400
SO <sub>x</sub>	60
CO	25
COVT	10
HCl	15
Particules	
PM10	5
PM2.5	5
Hg	0.1
PCDD/PCDF	5 x 10 <sup>-8</sup>

Localisation de la source modélisée :Variabilité temporelle des émissions :☒ Prise en compte

Fonctionnement du lundi au vendredi

- de 9h à 12h
- de 14h à 17h

☐ non pris en compte (fonctionnement constant)



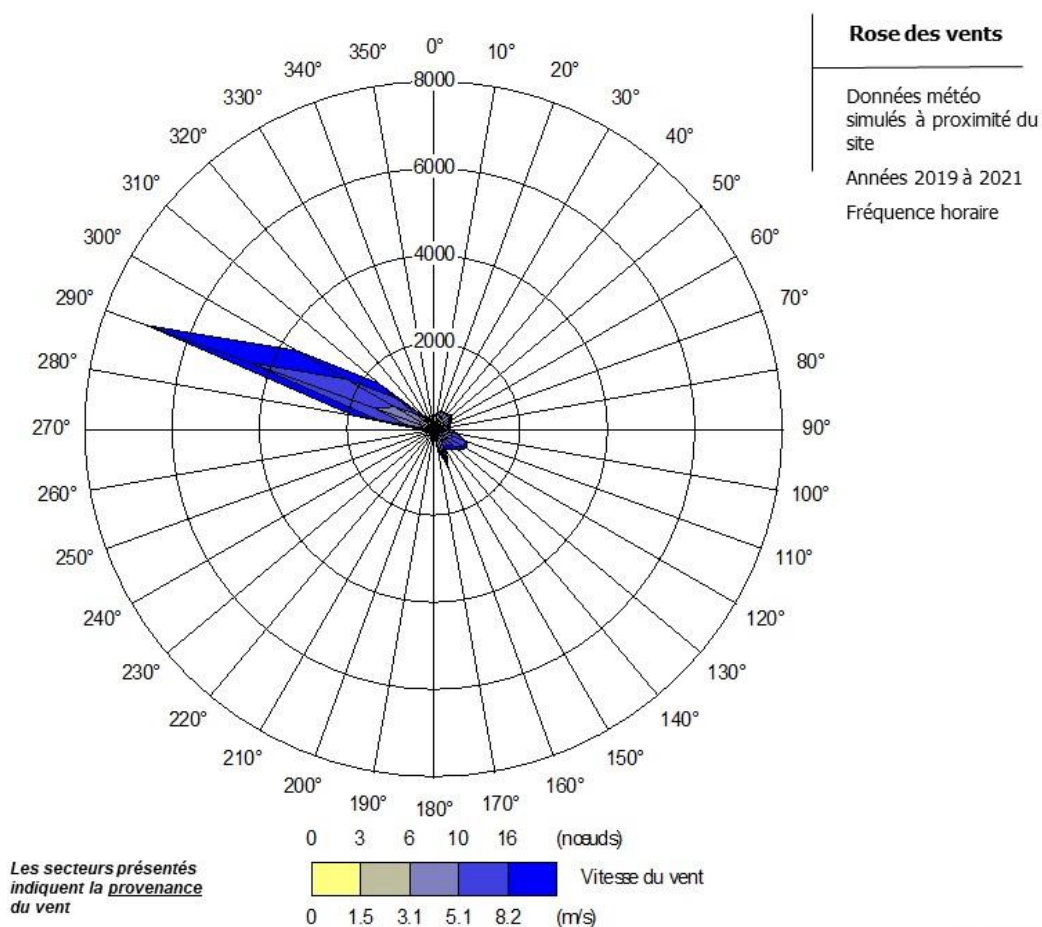
Météorologie locale : ☐ Observations☒ Simulations

Données produites à haute résolution (3 km) grâce au modèle météorologique pronostique WRF déployé sur la France et l'Europe par NUMTECH – extraction au point de grille le plus proche du site météo complétées par des données de nébulosité et de rayonnement solaire.

Période du 1<sup>er</sup> janvier 2019 au 31 décembre 2021

Fréquence des données : horaires

Paramètres utilisés : vitesse et direction du vent, température, nébulosité, rayonnement solaire, précipitations

Roses des vents sur la période retenue :

- Conditions de vent calme :

- ☐ Prises en compte

- ☒ Non prises en compte

- Très peu de vents de faibles vitesses pour la période considérée (environ 3%)

- Nature des sols rencontrée :

- ☒ variable (Origine des données : Base Corinne Land Cover (SeOS))

- ☐ homogène

- Effet du bâti et des obstacles :

- ☒ Pris en compte.

- Les dimensions des bâtiments/obstacles présents sur le site sont non négligeables par rapport à la hauteur de rejet des émissaires modélisés. Les principaux bâtiments présents à proximité des sources canalisées ont été considérés, et sont présentés sur la figure des sources.

- ☐ Non pris en compte (dimensions des bâtiments/obstacles négligeables / aux hauteurs des sources canalisées)

- Effet du relief : ☒ Pris en compte.

- Origine des données :

- ☒ Base de données SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) de la NASA, la NGA (National Geospatial-intelligence Agency) et des agences spatiales allemandes et italiennes (résolution initiale de 90 m)

- ☐ Données issues de l'IGN

- ☐ Raffinement du fichier pour prise en compte de relief local

- ☒ Prise en compte des effets locaux du relief sur les champs de vent et de turbulence par couplage ADMS / modèle d'écoulement diagnostique 3D FLOWSTAR

- ☐ Non pris en compte (Environnement du site plat).

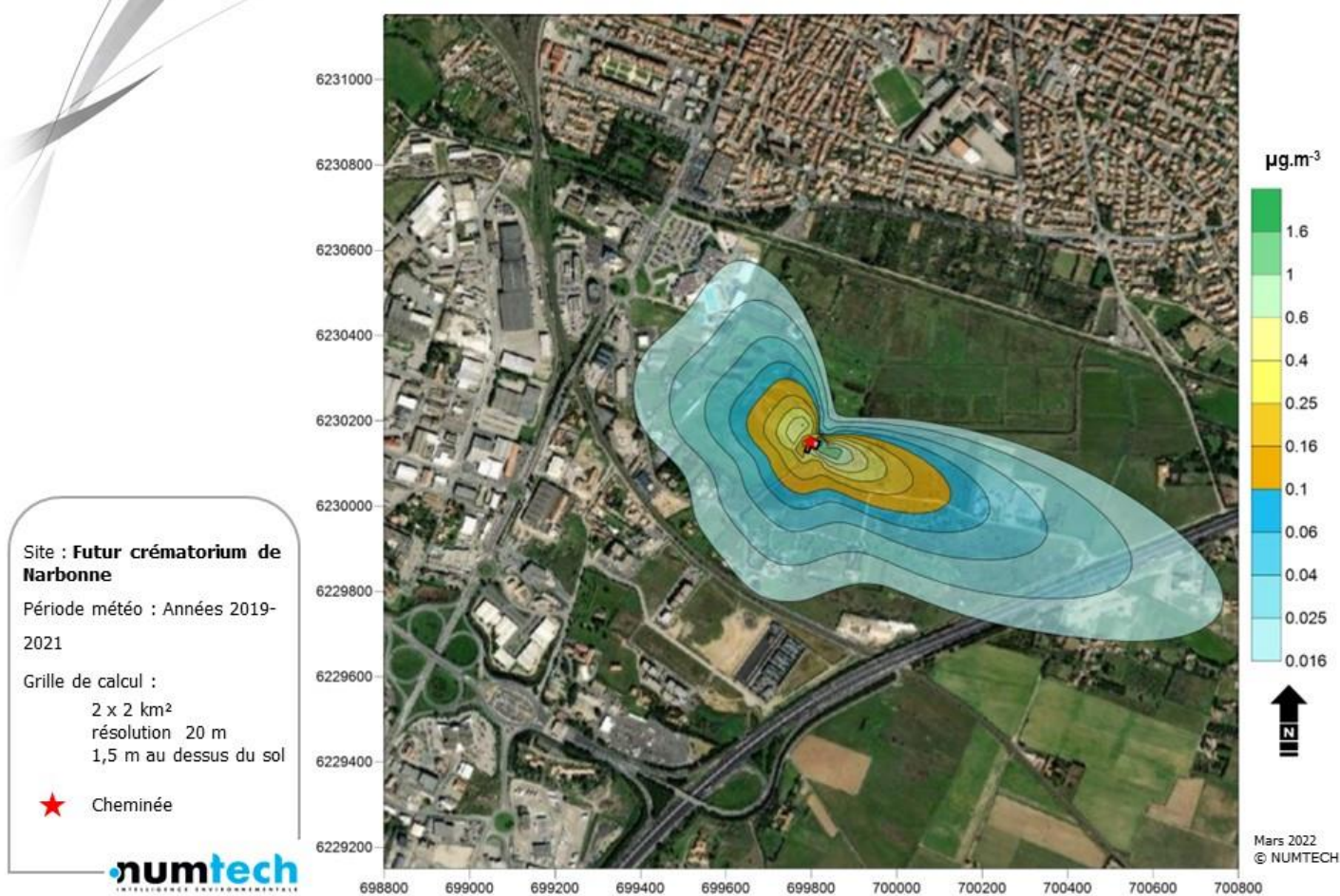
## **SORTIES ET LIVRABLES**

- Temps d'intégration : horaire
- Paramètres calculés en sortie :
  - ☒ Concentration moyenne annuelle
  - ☒ Percentiles 100 horaires ou journaliers selon les durées d'exposition associées aux VTR de chaque substance
  - ☒ Dépôt moyen annuel au sol pour les espèces particulières
- Hauteur de calcul : 1.5 m au-dessus du sol

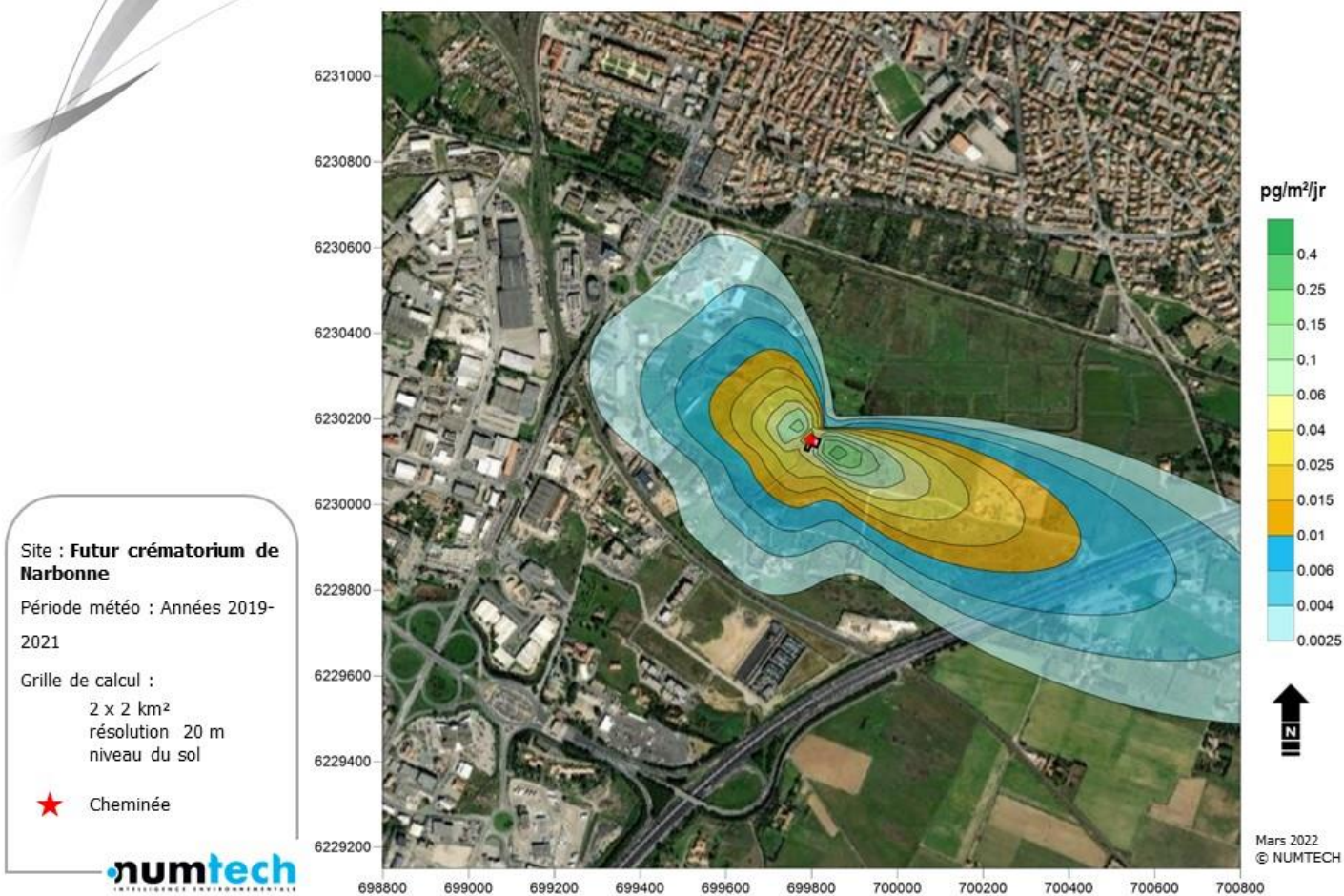
## **CARTOGRAPHIES RESULTATS**

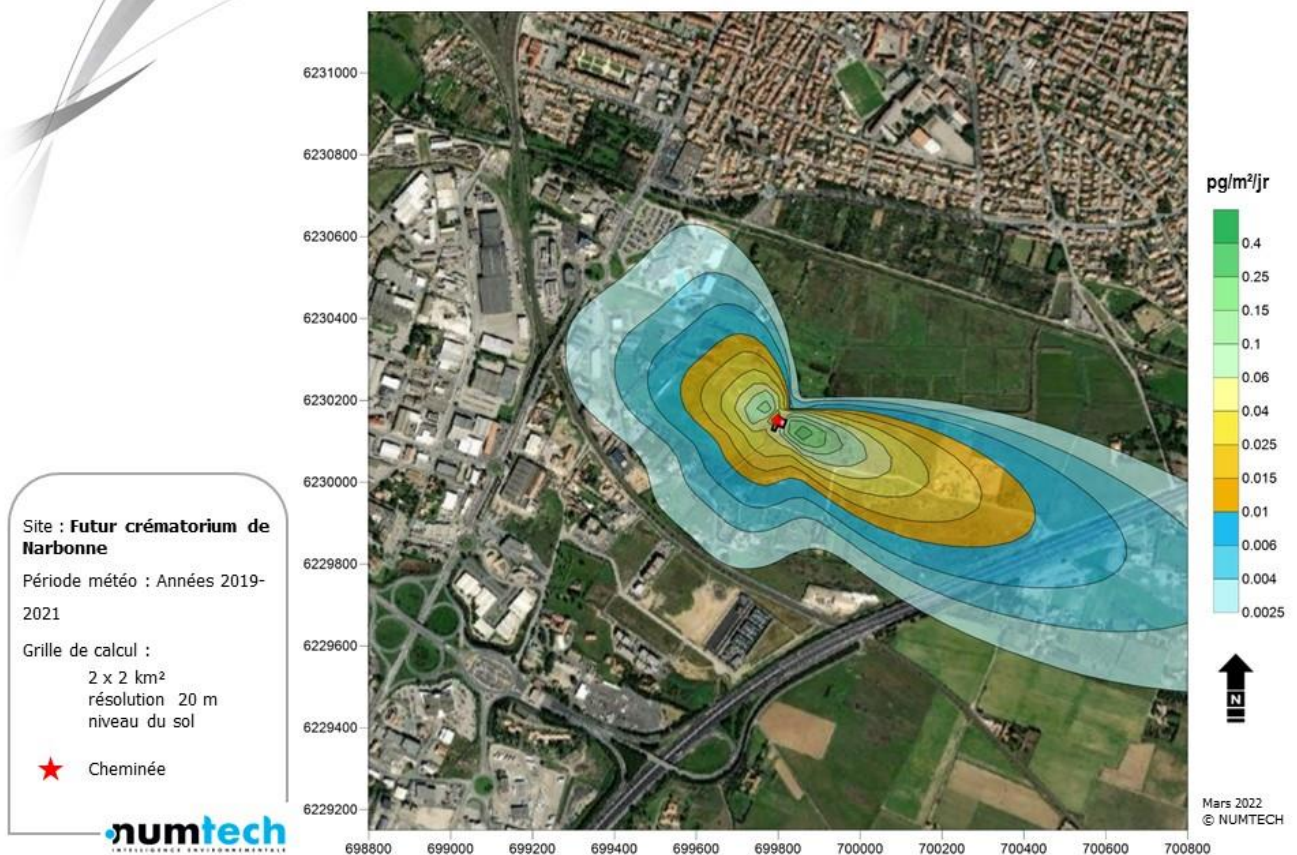
Les figures ci-dessous présentent deux cartographies de dispersion obtenues :

- Pour les concentrations moyennes annuelles en NO<sub>x</sub>,
- Pour les flux de dépôts moyens annuels en dioxines-furanes.

**NO<sub>x</sub> – Concentration annuelle moyenne**



**PCDD/F – Flux de dépôts moyens annuels au sol**

**PCDD/F – Flux de dépôts moyens annuels au sol**

## Annexe D : Fiches toxicologiques des substances étudiées dans l'ERS

Annexe fournie à part



## Annexe E : Récapitulatif des données et des résultats obtenus avec MODULERS

Annexe fournie à part