




**EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES (ERS)
PROJET DE CREMATORIUM DE SAINT DESIR (14)**

VERSION 1 – FEVRIER 2023

Ce dossier a été réalisé avec le concours de



REDACTION

Rédacteur	Fonction / Qualité	Date	Signature
Jean-Marie TRINIOL	Consultant Environnement Agence ACT Centre Ouest APAVE	Février 2023	

HISTORIQUE DES MODIFICATIONS

Version	Date	Objet de la modification
V1	Février 2023	Création du document

LISTE DES ACRONYMES ET ABREVIATIONS

AFSSA	Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments
AFSSAPS	Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé
AFSSET	Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail
ARS	Agence Régionale de Santé
ASTE	Association Scientifique et Technique de l'Eau et de l'Environnement (ex AGHTM)
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry - US
AVAP	Aire de mise en Valeur de l'Architecture et du Patrimoine
Ba	Facteur de bio-transfert dans les produits animaux
BCF	Bio-Concentration Factor : facteur décrivant l'accumulation des produits chimiques dans les organismes présents dans les différents compartiments environnementaux
CAA	Concentration Admissible dans l'Air
CAS	Chemical Abstract Services
CASRN	Chemical Abstract Services Registry Number
CERTU	Centre d'Etudes sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les Constructions Publiques
CET	Centre d'Enfouissement Technique
CI	Concentration Inhalée
CIRC	Centre International de Recherche sur le Cancer
CIRE	Cellule Inter Régionale d'Epidémiologie
CJE	Concentration Journalière d'Exposition
CMR	Cancérogène, Mutagène, Reprotoxique
COP	Composés Organiques Persistants
COV	Composés Organiques Volatils
COVNM	Composés Organiques Volatils Non Méthaniques
CSHPF	Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France
CSIC	Conseil Supérieur des Installations Classées
DE	Durée d'Exposition
DGS	Direction Générale de la Santé
DIREN	Direction Régionale de l'Environnement
DJA	Dose Journalière Admissible ou Acceptable
DJE	Dose Journalière d'Exposition
DJT	Dose Journalière Tolérable
DMENO	Dose Minimale pour laquelle un Effet Nocif est Observé (en anglais LOAEL)
DMJ	Dose Moyenne Journalière
DMT	Dose Maximale Tolérée
DMTP	Dose Mensuelle Tolérable Provisoire
DPPR	Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques
DRA	Directive Régionale d'Aménagement (forêts domaniales)
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DRT	Direction des Relations du Travail
DSENO	Dose Sans Effet Nocif Observé (en anglais NOAEL)
DSF	Document Stratégique de Façade
ENSP	Ecole Nationale de Santé Publique
EP	Eaux pluviales
EPA	Environmental Protection Agency - US
ERC	Excès de Risque Collectif : appelé aussi "impact", il représente une estimation du nombre de cancers en excès, lié à l'exposition étudiée, qui devrait survenir au cours de la vie de ce groupe d'individus
ERI	Excès de Risque Individuel : probabilité qu'un individu a de développer l'effet associé à une substance cancérogène pendant sa vie du fait de l'exposition

	considérée
ERS	Evaluation du Risque Sanitaire
ERSEI	Evaluation du Risque Sanitaire dans les Etudes d'Impact
	Excès de Risque Unitaire : correspond à la probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu contracte un cancer s'il est exposé pendant sa vie entière à une unité de dose de la substance
	cancérogène
ERU	Exemple : $ERU_{inh} \text{ benzène} = 6.10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$: ce chiffre signifie qu'une exposition de un million de personnes pendant une vie entière (70 ans) 24 h sur 24 à la concentration de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de benzène est susceptible d'induire un excès de décès par leucémies de 6 cas
ETM	Eléments Traces Métalliques
EU	Eaux Usées
FE	Facteur d'Emission
FET	Facteur d'Équivalence Toxique
HAP	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
HAPC	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques Chlorés (ex : dioxines)
HAPH	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques Halogénés
HAS	Haute Autorité de Santé
HCSPF	Haut Comité de la Santé Publique de France
HESP	Human Exposure to Soil Pollutant
HHRAP	Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion Facilities
IARC	International Center for Research on Cancer
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
INERIS	Institut National de l'Environnement industriel et des RISques
INRA	Institut National de Recherche Agronomique
INRA	Institut National de Recherches Archéologiques Préventives
INRS	Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles
InVS	Institut de Veille Sanitaire
	Indice de Risque : utilisé pour caractériser le risque lié aux toxiques systémiques. Il correspond à la dose (ou concentration) journalière divisée par la dose (ou concentration) de référence
IR	
	Integrated Risk Information System : base de données toxicologiques de l'EPA (http://www.epa.gov/ngispgm3/iris)
IRIS	
I-TEF	International Toxic Equivalent Factor
I-TEQ	International Toxic Equivalent Quantity
	International Toxicity Estimates for Risk (featuring EPA, Health Canada, ATSDR) : base de données toxicologiques TERA (Toxicology Excellence for Risk Assessment : http://www.tera.org/ITER)
ITER	
	Lowest Observed Adverse Effect Level - voir DMENO
LOAEL	
MRL	Minimal Risk Level (voir DJA ou DJT)
NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health – US
NOAEL	No Observed Adversed Effect Level (voir DSENO)
OEHHA	Office of Environmental Health Hazard Assessment - Californie, USA
OMS	Organisation Mondiale de la Santé (en anglais : World Health Organization - WHO)
PAMM	Plan d'Action pour le Milieu Marin
PBDE	Ethers Diphéniliques Polybromés
PCB	PolyChloroBiphényles
PCDD	PolyChloroDibenzoDioxines
PCDF	PolyChloroDibenzoFuranés
PCI	Pouvoir Calorifique Inférieur

PCT	PolyChloroTerphényles
PDIRM	Plan Départemental des Itinéraires de Randonnée Motorisée
PDU	Plan de Déplacement Urbain
PGRI	Plan de Gestion des Risques d'Inondation
PLU	Plan Local d'Urbanisme
PM₁₀	Particules fines avec un diamètre aérodynamique inférieur à 10 µm
PM_{2,5}	Particules fines avec un diamètre aérodynamique inférieur à 2,5 µm
POS	Plan d'Occupation des Sols
PPA	Plan de Protection de l'Atmosphère
PRQA	Plan Régional de la Qualité de l'Air
QD	Quotient de Danger
REFIOM	Résidus des Fumées d'Incinération des Ordures Ménagères
RESE	Réseau d'Echange en Santé Environnement
RfC	Concentration de référence, exprimée en µg/m ³ , telle que définie par l'EPA : NOAEL ou LOAEL divisé par les facteurs de sécurité liés aux diverses transpositions effectuées : fortes doses / basses doses ; animal / homme...
RfD	Dose de référence, exprimée en mg/kg/j, telle que définie par l'EPA : NOAEL ou LOAEL divisé par les facteurs de sécurité (voir DJA ou DJT)
RIVM	National Institute of Public Health and the Environment -Pays-Bas
SAGE	Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SDAGE	Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SDC	Schéma Départemental des Carrières
SMVM	Schéma de Mise en Valeur de la Mer
SRA	Schéma Régional d'Aménagement
SRCE	Schéma Régional de Cohérence Ecologique
SRGS	Schéma Régional de Gestion Sylvicole
TDI	Tolerable Daily Intake (DJT)
TEF	Toxic Equivalent Factor (Facteur d'Equivalence Toxique)
TEQ	Toxic Equivalent Quantity
UIOM	Unité d'Incinération d'Ordures Ménagères
US EPA	United States Environmental Protection Agency – Agence nationale de protection de l'environnement des Etats-Unis
VG	Valeur Guide
VHE	Variable Humaine d'Exposition
VLCT (VLE)	Valeur Limite Court Terme (ou Valeur Limite d'Exposition), exposition 15 min
VLEP	Valeur Limite d'Exposition Professionnelle
VME	Valeur Moyenne d'Exposition, exposition 8 heures
VTR	Valeur Toxicologique de Référence
ZICO	Zone Importante pour la Conservation des Oiseaux
ZNIEFF	Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique
ZPPAUP	Zone de Protection du Patrimoine Architectural, Urbain et Paysager

SOMMAIRE

1	INTRODUCTION & SYNTHÈSE	9
2	EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES (ERS).....	11
2.1	CONTEXTE ET METHODOLOGIE.....	11
2.2	DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT	12
2.2.1	<i>Définition de la zone d'étude</i>	12
2.2.2	<i>Caractérisation des populations et usages</i>	13
2.2.3	<i>Synthèse des cibles de l'impact sanitaire potentiel</i>	13
2.2.4	<i>Captage AEP de St Désir</i>	14
2.3	EVALUATION DES EMISSIONS DE L'INSTALLATION	15
2.3.1	<i>Inventaire et description des sources.....</i>	15
2.3.2	<i>Bilan quantitatif des flux.....</i>	17
2.3.3	<i>Description des dangers présentés par les substances.....</i>	18
2.4	EVALUATION DES ENJEUX ET DES VOIES D'EXPOSITION / SCHEMA CONCEPTUEL	24
2.4.1	<i>Détermination des milieux et vecteurs de transfert</i>	24
2.5	DEFINITION DE LA RELATION DOSE-REPONSE	24
2.5.1	<i>Valeurs Toxicologiques de Référence VTR</i>	24
2.5.2	<i>Utilisation des Valeurs Guides & de Gestion (VG) en cas d'absence de VTR disponible</i> <i>25</i>	25
2.5.3	<i>Recherche des VTR & VG.....</i>	27
2.5.4	<i>Schéma conceptuel</i>	29
2.6	EVALUATION DES NIVEAUX D'EXPOSITION	31
2.6.1	<i>Préambule</i>	31
2.6.2	<i>Logiciel utilisé pour la modélisation de la dispersion atmosphérique des polluants –</i> <i>ISC-AERMOD View.....</i>	31
2.6.3	<i>Données d'entrée</i>	31
2.6.4	<i>Résultats de la dispersion atmosphérique</i>	34
2.6.5	<i>Description des scénarii d'exposition</i>	40
2.6.6	<i>Calcul des niveaux d'exposition</i>	41
2.6.7	<i>Caractérisation des risques pour les rejets atmosphériques</i>	46
2.7	INCERTITUDES	50
2.7.1	<i>Incertitudes liées aux émissions.....</i>	50
2.7.2	<i>Incertitudes liées au scénario d'exposition.....</i>	50
2.7.3	<i>Incertitudes liées à la modélisation.....</i>	51
2.8	CONCLUSION DE L'EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES (ERS).....	52
ANNEXES.....		54

LISTE DE FIGURES

Figure 2-1. Localisation du projet et rayon d'influence (compris entre 500 et 1000m).....	12
Figure 2-2. Populations et usages dans le voisinage du projet	13
Figure 2-3 : Logigramme de choix de la VTR (source : note n° DGS/EA1/DGPR/2014/307)	26
Figure 2-4 : Principe du schéma conceptuel.....	30
Figure 2-5 : Schéma conceptuel.....	30
Figure 2-6 : Rose des vents calculée par AerMod View – Vitesse (m/s) (source : Apave)	32
Figure 2-7 : Cartographie de la dispersion atmosphérique du Benzène – Concentrations moyennes dans l'air sur la période de modélisation (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	34
Figure 2-8 : Cartographie de la dispersion atmosphérique du Dioxyde d'Azote - Concentrations moyennes dans l'air sur la période de modélisation (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	34
Figure 2-9 : Cartographie de la dispersion atmosphérique de l'Acide Chlorhydrique - Concentrations moyennes dans l'air sur la période de modélisation (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	35
Figure 2-10 : Cartographie de la dispersion atmosphérique du Dioxyde de Soufre - Concentrations moyennes dans l'air sur la période de modélisation (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	35
Figure 2-11 : Cartographie de la dispersion atmosphérique du Monoxyde de carbone - Concentrations moyennes dans l'air sur la période de modélisation (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	36
Figure 2-12 : Cartographie de la dispersion atmosphérique des PM2,5 - Concentrations moyennes dans l'air sur la période de modélisation (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	36
Figure 2-13 : Cartographie de la dispersion atmosphérique des Dioxines Furannes – Concentrations moyennes dans l'air sur la période de modélisation (en $10^{-10} \mu\text{g}/\text{m}^3$)	37
Figure 2-14 : Cartographie de la dispersion atmosphérique du Mercure – Concentrations moyennes dans l'air sur la période de modélisation (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	37
Figure 2-15 : Cartographie de la dispersion atmosphérique des Dioxines Furannes – Dépôts au sol sur la période de modélisation (en $10^{-10} \text{g}/\text{m}^2$ sur 3 ans)	38
Figure 2-16 : Cartographie de la dispersion atmosphérique du Mercure – Dépôts au sol sur la période de modélisation (en g/m^2 sur 3 ans).....	38
Figure 2-17. Hypothèses formulées pour la spéciation du mercure par HHRAP	40

LISTE DE TABLEAUX

Tableau 2-1. Voies de transfert et les populations pouvant être exposées à des dangers	14
Tableau 2-2. Comparaison entre les concentrations maximales modélisées dans les sols autour du site d'étude et les valeurs de bruit de fond – Dioxines Furannes et mercure .	15
Tableau 2-3. Sources d'émissions identifiées.....	16
Tableau 2-4. Estimation des flux polluants sur la base des valeurs réglementaires d'émission	17
Tableau 2-5. Effets sur la santé et comportement dans l'environnement des polluants retenus.....	21
Tableau 2-6. Tableau de synthèse de « Evaluation des émissions de l'installation » et « Synthèse des cibles de l'impact sanitaire potentiel »	24
Tableau 2-7. VTR à seuil par des effets chroniques par inhalation	27
Tableau 2-8. VTR sans seuil par des effets chroniques par inhalation.....	28
Tableau 2-9. VG des poussières, SO ₂ , NOx et CO	29
Tableau 2-10. VTR à seuil par des effets chroniques par ingestion	29
Tableau 2-11. VTR sans seuil par des effets chroniques par ingestion.....	29
Tableau 2-12. Caractéristiques des substances émises.....	32
Tableau 2-13. Caractéristiques de la source d'émission.....	33
Tableau 2-14. Flux massiques émis par polluant.....	33
Tableau 2-15. Valeurs de concentrations et de dépôts retenues pour le scénario « habitant »	39
Tableau 2-16. Valeurs de concentrations retenues pour le scénario « travailleur »	39
Tableau 2-17. Description des scénarii pour l'exposition par inhalation	41
Tableau 2-18. Description des scénarii pour l'exposition par ingestion.....	41
Tableau 2-19. Niveaux d'exposition de la population dans l'air par inhalation – Scénario « Habitant ».....	42
Tableau 2-20. Niveaux d'exposition de la population dans l'air par inhalation – Scénario « Travailleur »	43
Tableau 2-21. Concentrations dans les sols superficiels et racinaires en Dioxines/Furannes et mercure après accumulation sur 23 ans – Scénario « habitant ».....	45
Tableau 2-22. DJE en Dioxines/Furannes et mercure pour les effets à seuil – Scénario « habitant »	45
Tableau 2-23. DJE en Dioxines/Furannes pour les effets sans seuil – Scénario « habitant »	46
Tableau 2-24. QD Inhalation – Scénario « Habitant ».....	46
Tableau 2-25. QD Ingestion – Scénario « Habitant ».....	47
Tableau 2-26. QD Inhalation – Scénario « Travailleur »	47
Tableau 2-27. ERI Inhalation – Scénario « Habitant »	48
Tableau 2-28. ERI Ingestion – Scénario « Habitant »	48
Tableau 2-29. ERI Inhalation – Scénario « Travailleur ».....	48
Tableau 2-30. Comparaison des concentrations modélisées dans l'air avec les VG - Scénario « habitant »	49
Tableau 2-31. Comparaison des concentrations modélisées dans l'air avec les VG - Scénario « travailleur ».....	49
Tableau 2-32. Caractère Majorant/Minorant/représentatif/indéterminé des sources	50

1 INTRODUCTION & SYNTHÈSE

La Communauté d'Agglomération Lisieux Normandie a confié au Service Environnement d'APAVE une étude d'évaluation des risques sanitaires (E.R.S.) liés au projet de création d'un crématorium sur la commune de Saint Désir (14).

Cette étude vient en complément de l'« Evaluation des impacts du projet sur l'environnement » - Décembre 2021 réalisée par SOGETI Ingénierie.

L'objectif est d'évaluer les impacts sanitaires potentiels des émissions atmosphériques globales sur la population vivant et travaillant dans le voisinage du site.

L'étude a été réalisée selon la législation en vigueur et les guides des organismes reconnus.

La méthodologie appliquée correspond aux prescriptions mentionnées dans la circulaire du 09/08/2013 relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations classées et à celles préconisées dans les guides ministériels et associés (INERIS...).

Le schéma conceptuel « source-vecteur-cible » défini retient :

- les émissions atmosphériques provenant du four de crémation (source canalisée), considérant une exploitation de 23 ans avec au maximum 1700 crémations par an (borne haute correspondant à l'année 23)(approche majorante) ;
- les expositions de la population vivant et travaillant dans le voisinage du site, par inhalation et ingestion (dont consommation d'aliments auto produits).

Les éléments traceurs retenus sont ceux définis dans l'arrêté ministériel du 28 janvier 2010, considérant que les valeurs d'émission sont égales aux concentrations maximales autorisées réglementairement (approche maximisante) :

- composés organiques volatils identifiés au benzène ;
- oxydes d'azote ;
- monoxyde de carbone ;
- poussières ;
- acide chlorhydrique ;
- dioxyde de soufre ;
- dioxines et furannes ;
- mercure.

Les conclusions de la présente évaluation des risques sanitaires ne sont valables que sous réserve du respect de ces niveaux d'émissions pris comme hypothèses de base.

Les dépôts et concentrations ambiantes en éléments traceurs attribuables à l'exploitation du site ont été estimés par modélisation de la dispersion atmosphérique, à partir des caractéristiques météorologiques locales.

2 scénarii majorants sont retenus dans le cadre de cette étude :

- scénario « habitant » (enfant et adulte) avec ;
 - inhalation;

- ingestion de légumes et fruits autoproduits (potager/verger), ingestion de viande bovine et de lait de vache (prairies pâturées de la zone d'étude), de viande de poulet et d'œufs (poulailler) issus de la production locale ;
- ingestion de sol.
- scénario « travailleur (hors site d'étude) » (inhalation).

En fonction du scénario considéré, il est retenu :

- une exposition par inhalation aux concentrations moyennes maximales en éléments traceurs estimées (composés volatils et particulaires);
- une exposition par ingestion de sols et d'aliments auto produits à partir des dépôts au sol maximaux en éléments traceurs particuliers estimés.

De plus, pour les poussières, le dioxyde de soufre, les oxydes d'azote et le monoxyde de carbone, en l'absence de valeurs toxicologiques de référence disponibles, une comparaison est réalisée entre les concentrations modélisées dans l'air et les valeurs guides et de gestion disponibles.

Résultats

Pour les scénarii protecteurs retenus (expositions aux concentrations et aux dépôts maximaux obtenus par modélisation au droit de chaque type d'usage) :

- **les quotients de danger QD calculés pour les cibles exposées par inhalation et ingestion ainsi que leur somme sont inférieurs à 1, seuil de référence ;**
- **les excès de risque ERI calculés pour les cibles exposées par inhalation et ingestion ainsi que leur somme sont inférieurs à 1.10^{-5} , seuil de référence.**

Les concentrations estimées en poussières, dioxyde de soufre, oxydes d'azote et monoxyde de carbone sont inférieures aux valeurs guides et de gestion disponibles.

Les estimations réalisées dans le cadre de cette étude montrent que les émissions atmosphériques globales provenant du projet de crématorium de Saint Désir (14) ne présentent pas de risque significatif sur la santé des populations résidant et travaillant dans son environnement.

***De plus, les dépôts atmosphériques issus du projet ne modifient pas le bruit de fond sur sols de façon significative.
L'incidence de ceux-ci sur le captage AEP de Saint Désir est donc considérée comme non significative.***

2 EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES (ERS)

2.1 CONTEXTE ET METHODOLOGIE

L'Evaluation des Risques Sanitaires (ERS) présentée dans ce document est réalisée pour le projet d'implantation d'un crématorium sur la commune de Saint Désir (14).

Le projet respecte les prescriptions de l'Arrêté Ministériel du 28 janvier 2010 modifié, qui vise notamment l'application de nouvelles normes de rejet à l'atmosphère à compter du 28 janvier 2018. Le contenu de l'ERS répond à l'article R.122-5 du Code de l'Environnement, qui précise le contenu de l'Etude d'impact.

Le guide de l'INERIS, intitulé « évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires », publié en septembre 2021, précise que l'ERS « est une méthode visant à décrire et quantifier les risques sanitaires consécutifs à l'exposition de personnes à des substances toxiques ». C'est « une évaluation prospective qui apporte des éléments de prédiction des risques sur la base d'hypothèses d'émissions et d'exposition ».

Seuls les niveaux d'exposition en fonctionnement normal ou transitoire (démarrage, arrêt programmé...) du site sont envisagés (le fonctionnement accidentel n'est pas envisagé dans l'ERS).

L'ERS, relative aux impacts sur la santé, doit viser spécifiquement les effets potentiels des éventuels polluants sur la santé publique.

Elle concerne donc exclusivement les tiers situés dans l'environnement du site et non le personnel associé aux activités du crématorium, pour lesquels la protection de la santé est encadrée par le Code du Travail.

Cette évaluation est effectuée en prenant en compte notamment :

- 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,
- Le guide de l'INERIS de septembre 2021 : « évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées »,
- La circulaire du 9 août 2013 relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations classées soumises à autorisation,
- Le guide de l'INERIS de juillet 2003 : « évaluation des risques sanitaires dans les études d'impact des ICPE – substances chimiques »,
- Le guide l'INVS de février 2000 : « analyse du volet sanitaire des études d'impact ».

L'ERS est menée sur la base des connaissances techniques et scientifiques au moment de la rédaction du présent document.

Elle a pour but de conclure sur un éventuel effet sur la santé imputable à l'activité du crématorium, vis à vis de l'homme (population sensible), dans le cadre d'une exposition chronique (exposition allant de quelques années à une vie entière).

Le modèle d'évaluation des risques pour la santé repose sur le concept « sources – vecteurs – cibles » :

- Source de substances avec un impact potentiel,
- Transfert des substances par un « vecteur » vers un point d'exposition,

- Exposition à ces substances des populations (ou « cibles ») situées au point d'exposition.

Les étapes constituant la démarche de la présente étude d'ERS quantitative, évaluant les risques sanitaires pour la santé sont les suivantes :

- Contexte et méthodologie de l'ERS,
- Description de l'environnement,
- Evaluation des émissions de l'installation,
- Evaluation des enjeux et des voies d'exposition,
- Définition de la dose réponse,
- Evaluation des niveaux d'exposition,
- Incertitudes,
- Conclusion.

2.2 DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT

2.2.1 Définition de la zone d'étude

La zone d'étude pertinente est définie selon le rayon d'influence des émissions atmosphériques caractéristiques de l'activité considérée : rejet de la cheminée du four du crématorium.

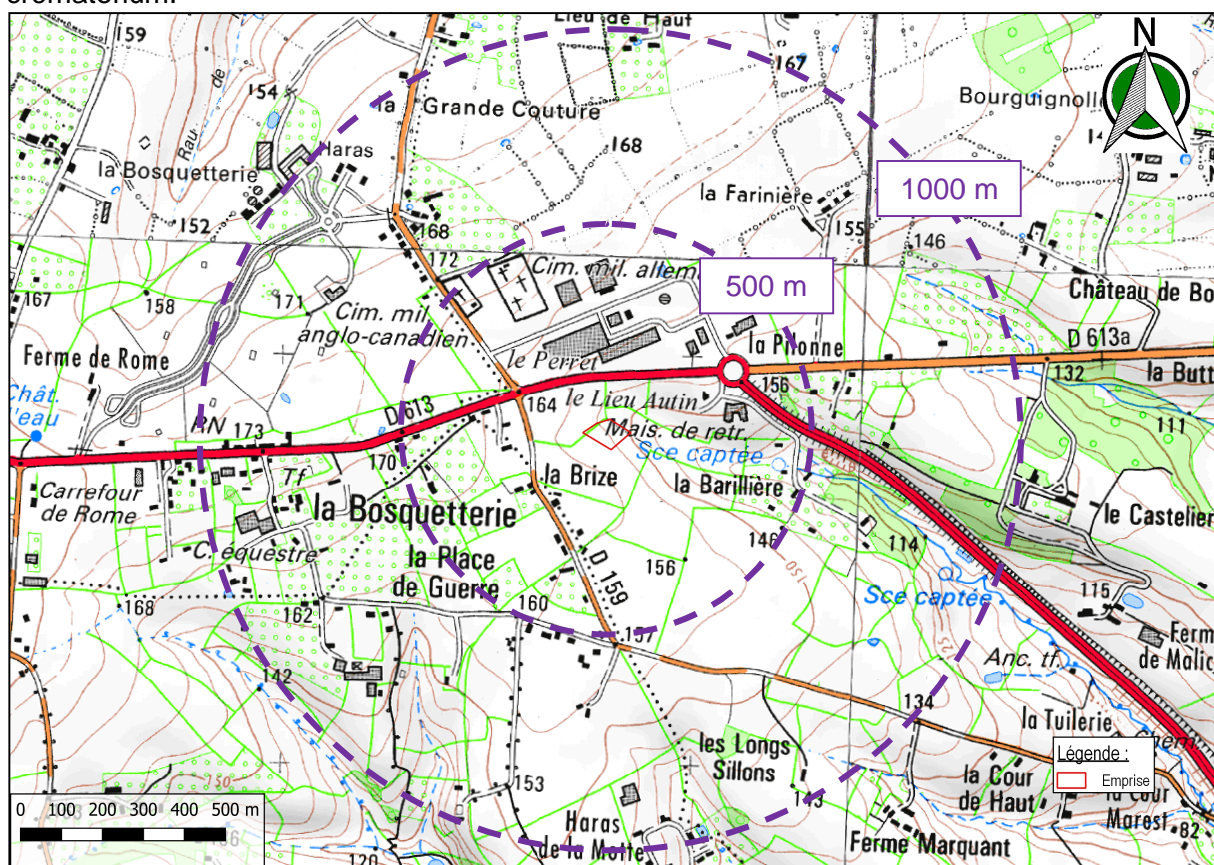


Figure 2-1. Localisation du projet et rayon d'influence (compris entre 500 et 1000m)

La zone impactée retenue est celle pour laquelle les concentrations dans l'air ambiant calculées sont au moins égales au dixième de la concentration maximale modélisée pour chacun des polluants.

Les modélisations de la dispersion atmosphérique mettent en évidence une zone d'étude comprise entre 500 et 1000 m autour du point de rejet.

Elle s'inscrit sur le territoire des communes de Saint Désir, le Pré d'Auge et Saint Pierre des Ifs.

2.2.2 Caractérisation des populations et usages

La carte suivante permet de visualiser les populations concernées ainsi que les usages identifiés, dans la zone d'étude autour du site (sources : visite APAVE du 19/12/2022 & « Evaluation des impacts du projet sur l'environnement » - Décembre 2021 – SOGETI Ingénierie).

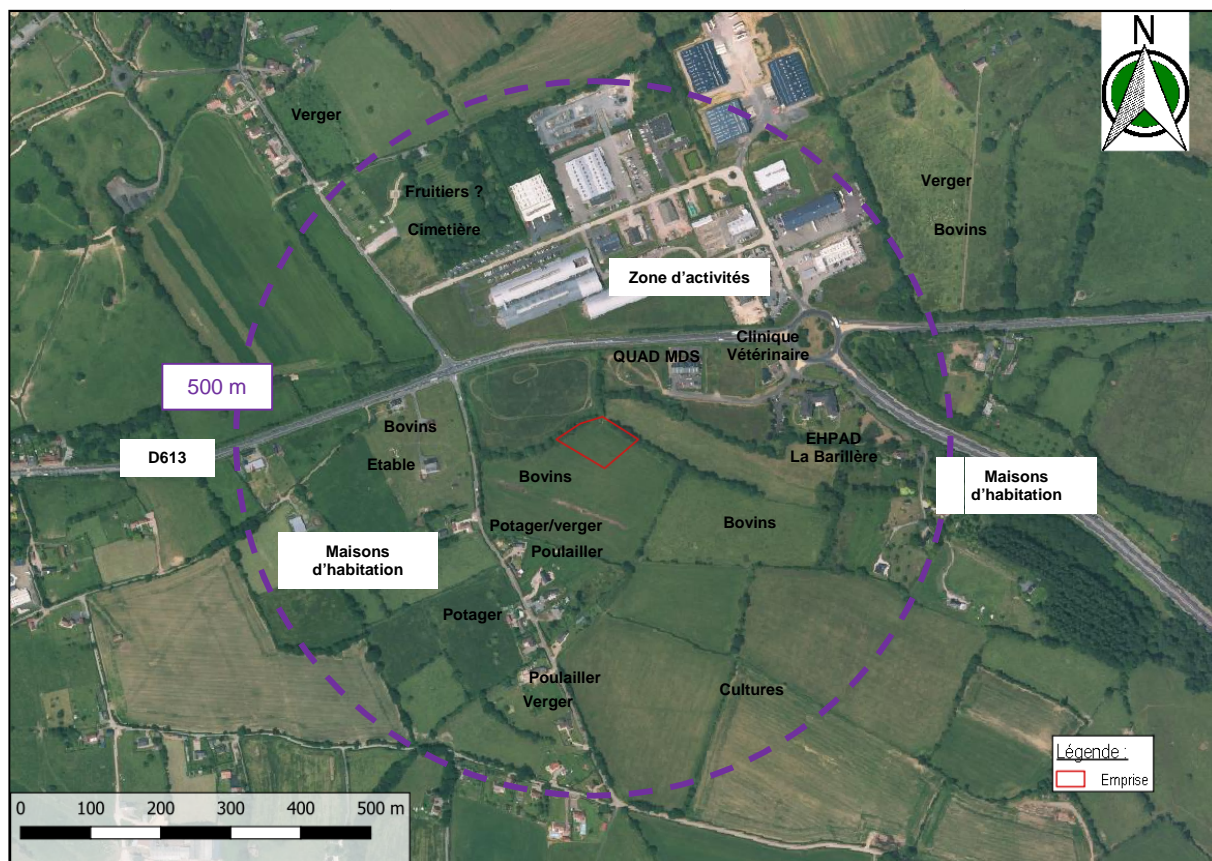


Figure 2-2. Populations et usages dans le voisinage du projet

2.2.3 Synthèse des cibles de l'impact sanitaire potentiel

Le tableau ci-après récapitule les voies de transfert et les populations pouvant être exposées à des dangers par le biais de ces voies.

Voie de transfert		Usages & Population exposée dans le voisinage du site
Air / inhalation directe		Présence d'une zone d'activités (activités de service, activités de soin, activités artisanales et industrielles...) Présence d'habitations individuelles et fermes Présence d'un accueil de personnes âgées dépendantes (EHPAD)
Eau / ingestion directe		Le site d'étude est compris dans le périmètre de protection éloigné du captage de Saint Désir (cf. ci-dessous)
Ingestion	Sol	Présence d'habitations individuelles et fermes avec jardins, potagers & vergers, cultures, élevage de bovins et poulaillers
	Cultures	
	Elevages	

Tableau 2-1. Voies de transfert et les populations pouvant être exposées à des dangers

2.2.4 Captage AEP de St Désir

Le site d'étude est compris dans le périmètre de protection éloigné du captage de Saint Désir.

Des extraits de l'« Evaluation des impacts du projet sur l'environnement » - Décembre 2021 – SOGETI Ingénierie sont présentés ci-dessous.

Le site du projet se trouve dans le **périmètre de protection éloignée du captage de Saint-Désir** (Figure 17 page suivante). Ce forage situé en bordure du Cirieux capte la nappe aquifère de l'**Oxfordien** entre 22 m et 44 m de profondeur.

Distances du projet par rapports aux captages d'eau destinés à l'alimentation en eau potable :

- Forage de Saint-Désir - 01473X0117 : 1,8 km
- Forage Malicorne – 01473X0102 : 2 km

Article 17-3 : Périmètre de protection éloignée

Le périmètre de protection éloignée est conçu comme une zone dans laquelle les projets devront être examinés sous l'angle de l'incidence qu'ils peuvent avoir par les rejets potentiels dans le sous-sol, directs ou indirects, qu'ils sont susceptibles d'introduire. Cette zone est l'amont hydraulique qui ne se confond pas systématiquement avec l'amont topographique.

Sont concernés, entre autres, les projets de :

- installations classées,
- épandages d'effluents d'élevage,
- de boues de station d'épuration,
- d'engrais minéraux,
- voiries nouvelles,
- ensembles de constructions nouvelles,
- lotissements,
- stockages d'hydrocarbures ou de produits chimiques,
- canalisations de fluides à risques.
- creusement d'étangs ou de plans d'eau,
- création ou extension de bâtiments d'élevage de toute nature et de toute taille,
- projet de forages, etc...

Les installations existantes sont soumises aux dispositions de la réglementation générale.

Les modélisations de dispersion atmosphérique et de transfert dans les sols réalisées dans la présente étude permettent d'estimer la concentration en substances particulières

(Dioxines/Furannes et mercure) dans les sols, les substances gazeuses n'étant pas susceptibles d'avoir une incidence sur les eaux souterraines.

Le tableau suivant rassemble :

- les concentrations maximales en Dioxines/Furannes et mercure obtenues dans les sols (épaisseur : 20 cm) du secteur d'étude (dépôts maximaux présents à moins de 200 m du site) après accumulation pendant la durée d'exploitation du crématorium ;
- les valeurs de bruit de fond de ces substances dans les sols, à partir de données nationales.

	Dioxines/Furannes (I TEQ mg/kg MS)	Mercure (mg/kg MS)
Concentrations maximales modélisées dans les sols	2.03 10 ⁻⁸	4.05 10 ⁻²
Concentrations modélisées dans les sols à la limite du rayon d'influence	2.03 10 ⁻⁹	4.05 10 ⁻³
Bruit de fond	<p>< 2 10⁻⁶ pour les sols ruraux et quelques sols urbains</p> <p>2 10⁻⁶ à 8 10⁻⁶ pour les sols urbains et quelques sols sous influence industrielle</p> <p><i>Source : BRGM 2013 – Dioxines/furannes dans les sols français : troisième état des lieux – analyses 1998-2012</i></p>	<p>< 0.1</p> <p><i>Source : ASPITET – Sols ordinaires</i></p>

Tableau 2-2. Comparaison entre les concentrations maximales modélisées dans les sols autour du site d'étude et les valeurs de bruit de fond – Dioxines Furannes et mercure

La comparaison de ces valeurs montre que :

- l'apport maximal (zone d'étendue limitée) par dépôts atmosphériques en Dioxines/Furannes et mercure est inférieur au bruit de fond ;
- l'apport par dépôts atmosphériques en Dioxines/Furannes et mercure en limite de rayon d'influence (compris entre 500 et 1000 m de la cheminée) représente respectivement 0.1 et 4 % du bruit de fond.

**Les dépôts atmosphériques issus du projet ne modifient pas le bruit de fond sur sols de façon significative.
 L'incidence de ceux-ci sur le captage AEP de Saint Désir est donc considérée comme non significative.**

2.3 EVALUATION DES EMISSIONS DE L'INSTALLATION

2.3.1 Inventaire et description des sources

Les émissions du site correspondent aux sources de polluants présentes sur site, pour les émissions atmosphériques (canalisées et diffuses) et aqueuses.

Les seules sources d'émissions aqueuses au niveau du projet concernent les eaux usées domestiques et les eaux pluviales. Les premières sont collectées et rejetées au réseau public et les secondes sont, après collecte, dirigées vers le milieu naturel (fossés).

Aucune eau industrielle usagée ne sera produite au niveau du site. Le cas échéant, le volume d'eaux industrielles usagées serait très faible et traité en tant que déchet : stockage sur site en contenant approprié puis évacuation par récupérateur agréé.

Les sources d'émissions atmosphériques seront :

- Des émissions diffuses : la circulation des véhicules,
- Des émissions canalisées : les rejets de la cheminée des effluents atmosphériques du four.

Les sources d'émissions identifiées sont les suivantes.

N°	Origine	Milieu récepteur	Type	Caractéristiques	Phase de rejet	Substances émises
1	Eaux pluviales	Milieu naturel (fossés) Eaux souterraines	Canalisé Diffus	Eaux de voiries et de toitures	Intermittente	Rejets semblables à des rejets urbains (DCO, MES, hydrocarbures)
2	Eaux usées domestiques	Réseau public	Canalisé	Eaux usées domestiques	Intermittente	Rejets semblables à des rejets urbains (MO, MES...)
3	Circulation de véhicules	Air	Diffus	Trafic de 100 VL/j max Vitesse limitée	Intermittente	Rejets semblables à des rejets urbains : gaz d'échappement
4	Installations de crémation	Air	Canalisé	Emissions liées au fonctionnement du four de crémation	Intermittente	CO, NO _x , COVt, HCl, SO ₂ , PCDD/PCDF, poussières, Hg

Tableau 2-3. Sources d'émissions identifiées

Au vu des données présentées dans le tableau ci-avant, les sources suivantes sont considérées comme négligeables et ne sont pas retenues pour la suite de l'étude :

- **La source n°1** : aucun risque sanitaire particulier n'est retenu, puisque les eaux pluviales seront semblables à des rejets urbains classiques,
- **La source n°2** : aucun risque sanitaire particulier n'est retenu, puisque les eaux usées domestiques seront semblables à des rejets urbains classiques. De plus, elles sont collectées par le réseau public, avec un traitement approprié avant rejet au milieu naturel,
- **La source n°3** : aucun risque sanitaire particulier n'est retenu, la circulation automobile attendue étant connue et limitée par rapport au trafic des voiries alentours, et notamment de la D163 voisine.

La source retenue n°4 est uniquement une source atmosphérique : Monoxyde de Carbone (CO), Oxydes d'Azote (NO_x), Composés Organiques Volatils totaux (COVt), Acide Chlorhydrique (HCl), Dioxyde de Soufre (SO₂), Dioxines/Furannes (PCDD/PCDF), poussières, Mercure (Hg).

A noter que les sources décrites dans le tableau sont présentées pour un fonctionnement normal du site.

Un fonctionnement dégradé pourrait être observé (périodes d'entretien, arrêt et démarrage d'équipements...), cependant les installations respectives seraient mises à l'arrêt, donc les rejets à l'atmosphère et aux milieux aqueux seraient inexistantes (exceptés pour les rejets d'eaux pluviales). De plus, les périodes d'arrêt et de démarrage d'équipements sont par définition ponctuelles, ainsi elles ne sont pas représentatives d'un fonctionnement normal du site.

Seuls les rejets en mode de fonctionnement normal seront donc étudiés dans la présente étude.

2.3.2 Bilan quantitatif des flux

Le bilan quantitatif des flux est établi à partir des données disponibles :

- Valeurs limites d'émissions (arrêté ministériel) ;

ce qui est une approche protectrice, les valeurs d'émissions garanties par les constructeurs étant inférieures à celles-ci.

2.3.2.1 Rejets atmosphériques canalisés

Il est considéré que 1700 crémations seront réalisées par an au maximum, soit au maximum 12h d'émissions par jour sur 300 jours par an : l'installation fonctionnera au total **3 600 h/an maximum** (un seul rejet).

Les valeurs de concentration préconisées par l'Arrêté Ministériel 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) sont présentées ci-après.

Polluant	Concentrations maximales en mg/Nm ³ sec à 11% d'O ₂ (AM 28/01/2010)	Débit à 11% d'O ₂ (Nm ³ /h)	Estimation des flux max attendus en kg/an (3 600 h de fonctionnement /an)
Composés organiques volatils en C total	20	1 750	126
Oxyde d'azote en NO ₂	500		3150
Monoxyde de carbone (CO)	50		315
Poussières	10		63
Acide chlorhydrique (HCl)	30		189
Dioxyde de soufre en SO ₂	120		756
Dioxines & furanes (PCDD/PCDF)	1.10 ⁻⁷ I-TEQ		6.3 10 ⁻⁷ I-TEQ
Mercure (Hg)	0,2		1.26

Tableau 2-4. Estimation des flux polluants sur la base des valeurs réglementaires d'émission

2.3.2.2 Fiabilité du bilan quantitatif des flux et vérification de la conformité des émissions

Le site étant en projet, aucune mesure de la situation actuelle n'est possible.

Les émissions de substances présentées ci-avant ne présentent pas de fonctionnement dégradé.

2.3.3 Description des dangers présentés par les substances

Les dangers présentés par les substances sont dans un premier temps exposés par famille puis, dans un deuxième temps, individuellement par polluant retenu comme représentatif de chaque famille.

A noter que tous ces produits subissent, en outre, une dilution importante entre le point de rejet de la cheminée et les populations susceptibles d'être exposées.

2.3.3.1 Approche par famille de polluants

a. L'acide chlorhydrique

L'acide chlorhydrique est issu de l'incinération (ordures ménagères...), de la combustion du charbon et de certaines activités industrielles. L'acide chlorhydrique résultant de la dissolution du chlorure d'hydrogène dans l'eau est un acide fort totalement dissocié en protons et ions chlorures, très réactif.

Les oxydes d'azote

Les NOx sont rapidement oxydés en nitrates dans l'atmosphère. En se solubilisant dans les gouttes d'eau des nuages, ces composés peuvent être à l'origine de la formation des pluies acides. Les oxydes d'azote peuvent réagir avec des composés hydrocarbonés dans la troposphère et conduire à la formation d'ozone par voie photochimique. Le dioxyde d'azote se transforme dans l'atmosphère en acide nitrique (HNO₃).

Le monoxyde de carbone

Le monoxyde de carbone est le plus simple des oxydes du carbone. Le monoxyde de carbone est un gaz incolore, inodore et très toxique pour les mammifères. Son émanation qui provient d'une combustion incomplète de composés carbonés et est accentuée par une mauvaise alimentation en air frais et/ou une mauvaise évacuation des produits de combustion (ventilation).

Le dioxyde de soufre

Dans l'atmosphère, le dioxyde de soufre se transforme principalement en acide sulfurique (H₂SO₄). Cet acide contribue, en association avec d'autres polluants, à l'acidification et à l'appauvrissement des milieux naturels. Il participe aussi à la détérioration des matériaux utilisés dans la construction des bâtiments (pierre, métaux).

Cas des particules en suspension

Les particules en suspension, communément appelées « poussières », proviennent de la combustion des cercueils et de leur contenu. La mesure s'effectue sur les particules de diamètre inférieur à 10 µm (PM₁₀) et à 2,5 µm (PM_{2,5}).

Les particules en suspension peuvent réduire la visibilité et influencer le climat en absorbant et en diffusant la lumière. De plus, en se déposant, elles contribuent à la dégradation physique et chimique des matériaux. Les PM_{2,5} et les PM₁₀ peuvent rester en suspension dans l'air pendant des jours, voire des semaines.

Selon leur granulométrie, les particules pénètrent plus ou moins profondément dans l'arbre pulmonaire. Les particules les plus fines (PM_{2,5}) peuvent, à des concentrations relativement basses, irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. Les particules sont d'autant plus dangereuses pour la santé qu'elles ont la particularité de fixer d'autres molécules plus ou moins toxiques, présentes dans leur environnement (sulfates, nitrates, hydrocarbures, métaux lourds...).

Cas des Composés Organiques Volatils (COV) : Focus sur le Benzène

Le benzène est un COV. Très réactifs dans l'atmosphère, les COV contribuent à la pollution photochimique. Celle-ci est caractérisée par la présence de composés issus de réactions chimiques entre les oxydes d'azotes, les composés organiques volatils et le monoxyde de carbone sous l'effet du rayonnement solaire.

La part de COV dégradée dans l'atmosphère n'est pas considérée au cours de cette étude. Ainsi, les COV sont supposés comme persistants dans l'atmosphère.

Cas des dioxines et furannes

Les dioxines (polychlorodibenzodioxines ou PCDD) et les furannes (polychlorodibenzofuranes ou PCDF), regroupés sous le terme de dioxines, sont des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques Chlorés (ou HAPC).

Il existe de nombreux composés identifiés (75 PCDD et 135 PCDF, appelés « congénères ») en fonction du nombre et de la position des atomes de chlore qu'ils possèdent. Dix sept congénères (7 PCDD et 10 PCDF) sont habituellement mesurés et étudiés, en raison de leur toxicité avérée. Il s'agit des congénères dont les positions 2, 3, 7 et 8 de la molécule sont substituées par des atomes de chlore.

Les dioxines et furannes sont produites involontairement au cours de la plupart des processus de combustions naturelles et industrielles et en particulier de procédés faisant intervenir de fortes températures (incinération, métallurgie...). Elles sont également formées lors de la synthèse chimique de dérivés aromatiques chlorés ainsi qu'au cours de processus biologiques et de réactions photochimiques naturels.

Les dioxines sont des molécules lipophiles d'où leur stabilité lorsqu'elles sont dans un organisme vivant. Elles sont résistantes aux mécanismes de détoxification et restent emmagasinées dans les tissus adipeux des animaux.

Ce sont des molécules chimiquement très stables et sont par conséquent bio-accumulées. Leur accumulation dans la chaîne alimentaire a tendance à augmenter au fur et à mesure qu'on monte dans cette chaîne.

Le 2,3,7,8-TCDD (tétrachlorodibenzo-para-dioxine) est considéré comme le composé apparenté le plus toxique des dioxines.

Cas des métaux lourds : Focus sur le Mercure

Le mercure existe sous différentes formes : élémentaire (métal liquide à température ambiante), organique (méthylmercure...) ou inorganique (chlorure mercurique...). Il peut provenir des exploitations de minerais (plomb et zinc), des rejets de certaines installations de combustion (incinérateurs), des procédés industriels (peintures, batteries...). Le mercure est notamment retrouvé dans les amalgames dentaires. Le mercure est aussi naturellement présent dans l'environnement, principalement suite au dégazage de l'écorce terrestre.

Ses propriétés et son comportement chimique dépendent fortement de son état d'oxydation, il peut alors se lier avec des composés inorganiques ou organiques. Le mercure élémentaire ne se dépose pas sur les sols, il est transformé en sels de mercure inorganiques avant d'atteindre le sol.

La principale voie d'exposition est l'ingestion. Le mercure inorganique peut être méthylié dans les sols, l'eau et les milieux biologiques par des bactéries aérobies ou anaérobies. Cette transformation entraîne la formation de méthylmercure. Cette forme organique du mercure est davantage bioaccumulable. La voie d'exposition majeure est la voie orale.

La spéciation de ces différentes espèces a été étudiée par l'USEPA. On considère que le mercure dans l'atmosphère est exclusivement sous forme métallique. Le dépôt s'effectue sous forme de mercure inorganique sur les plantes et le sol. Dans le sol, 2% du mercure inorganique est transformé en méthylmercure, ces deux formes sont alors absorbées indépendamment par les végétaux. Dans les végétaux aériens, 22% du mercure inorganique est méthylié.

2.3.3.2 Approche par polluant

a. Effets des substances chimiques sur la santé humaine

L'identification du potentiel dangereux ou des dangers consiste à identifier des effets indésirables que les polluants sont intrinsèquement capables de provoquer chez l'homme.

Les substances chimiques sont susceptibles de provoquer des effets aigus liés à une exposition courte à des doses en général assez élevées et des effets subchroniques ou chroniques susceptibles d'apparaître suite à une exposition prolongée à des doses plus faibles. **Dans le cadre de l'évaluation du risque sanitaire autour du crématorium, c'est la toxicité chronique qui est considérée.**

Les substances chimiques (polluants dans le cas présent) peuvent avoir :

- Soit un effet local directement sur les tissus avec lesquels elles entrent en contact (exemple : irritation, sensibilisation cutanée, cancer cutané...),
- Soit un effet dit « systémique » si elles pénètrent dans l'organisme et agissent sur un ou plusieurs organes distants du point de contact.

L'évaluation du danger se fait par l'analyse des données validées chez l'homme ou, à défaut, des données expérimentales chez l'animal.

Comportement des substances dans l'environnement

Les voies de transfert des polluants aux populations avoisinantes peuvent être :

- **Directes** : par inhalation et par contact cutané,
- **Indirectes** : par ingestion d'eau, de végétaux ou d'animaux (chaîne alimentaire) ou même de sol (jeunes enfants et adultes par travail des sols) ayant été contaminés par les polluants.

Cependant, pour que les voies de transfert indirectes interviennent de manière significative dans l'exposition des populations, il est nécessaire que les polluants persistent suffisamment longtemps dans les sols, les végétaux, l'eau et les organismes.

L'analyse bibliographique révèle les propriétés suivantes (effets sur la santé et comportement dans l'environnement) pour les polluants retenus, présentées dans le tableau ci-après.

Tableau 2-5. Effets sur la santé et comportement dans l'environnement des polluants retenus

Polluant	Voie d'exposition	Effets des substances sur la santé humaine				Comportement dans l'environnement			
		Effets systémiques pour une exposition chronique	Effets cancérogènes	Effets génotoxiques et mutagènes	Effets sur la reproduction et le développement	Source	Bio-dégradation	Bio-accumulation	Source
CO	Inhalation	Céphalée, vertiges et asthénie parfois associés à des troubles digestifs	Non classé cancérogène	Non classé génotoxique	Fœtotoxique, augmentation de la mortalité néo-natale	Fiche de données toxicologiques du monoxyde de carbone - INRS n°47 - Edition 2009	Pas de donnée disponible	Pas de donnée disponible	/
COV 100% assimilés à du benzène	Inhalation	De nombreuses études ont mis en évidence des effets hématotoxiques et immunotoxiques. Effets sur le système immunitaire décrits dans le cadre d'expositions professionnelles	Cancérogène de catégorie 1 : La leucémie aiguë myéloïde est l'affection la plus souvent rapportée dans les études de cas mais l'épidémiologie retrouve une association significative avec les leucémies de tout type voire d'autres affections du tissu hématopoïétique comme les lymphomes non hodgkiniens	Substance classée mutagène catégorie 2 par l'Union Européenne	Le benzène passe la barrière placentaire et est retrouvé dans la moelle osseuse du fœtus à des niveaux supérieurs ou égaux à ceux mesurés chez la mère exposée par inhalation.	Fiche de données toxicologiques du benzène – INERIS – Mars 2006	La substance peut être considérée comme facilement dégradable Substance non persistante dans l'eau (demi-vie de 15 jours)	Non bio-accumulable chez le poisson (BCF < 100) Absence de données concernant la bio-accumulation chez les végétaux	Fiche de données toxicologiques du benzène – INERIS – Mars 2006
NOx	Inhalation	NO : action toxique au niveau des plaquettes et effets respiratoires NO ₂ : réduction de la fonction pulmonaire, infections pulmonaires	Non classé cancérogène	NO ₂ : non génotoxique Pas d'étude concernant le NO	NO ₂ : non classé Pas d'étude concernant le NO	Fiche de données toxicologiques des NOx - INERIS – Septembre 2011	Air : DV estimé à 35 h	Pas de bio-accumulation dans les tissus végétaux	Fiche de données toxicologiques des NOx - INERIS – Septembre 2011
Poussières	Inhalation	Irritation des voies respiratoires	Selon la nature des poussières			/	Pas de donnée disponible	Pas de donnée disponible	/
HCl	Inhalation	Effets d'une exposition	Non classé	Non classé	Pas de donnée	Fiche de	Pas de donnée	Pas de donnée	/

Polluant	Voie d'exposition	Effets des substances sur la santé humaine				Comportement dans l'environnement			
		Effets systémiques pour une exposition chronique	Effets cancérogènes	Effets génotoxiques et mutagènes	Effets sur la reproduction et le développement	Source	Bio-dégradation	Bio-accumulation	Source
		chronique de type irritatif (dermatites d'irritation et conjonctivite, ulcération de la muqueuse nasale et orale, bronchite chronique...)	cancérogène	génotoxique		données toxicologiques du chlorure d'hydrogène et solutions aqueuses - INRS n°13 - Edition 2010	disponible	disponible	
SO ₂	Inhalation	Irritation des voies respiratoires associée à une diminution potentielle de la fonction respiratoire	Non classé cancérogène	Non classé	Non classé	Fiche de données toxicologiques du SO ₂ - INERIS – Septembre 2011	Dans l'air, demi-vie (DV) de 3 à 5 h Non persistant dans l'environnement	Marginale dans les organismes aquatiques Chaîne alimentaire : présence dans le vin et naturellement dans les aliments (ail, oignons)	Fiche de données toxicologiques du SO ₂ - INERIS – Septembre 2011
Dioxines & Furannes PCDD/F	Inhalation	La toxicité de la 2,3,7,8-TCDD chez l'homme n'est actuellement avérée que pour les effets dermatologiques et l'augmentation transitoire des enzymes hépatiques mais on a de plus en plus d'indications en faveur d'une association entre l'exposition aux dioxines et les maladies cardiovasculaires	Faible excès de risque (de l'ordre de 40%) pour tous cancers confondus à très fortes doses en milieu industriel (risques les plus élevés chez les travailleurs les plus exposés) ; pas de type de cancer prédominant	La 2,3,7,8-TCDD n'est pas mutagène et n'induit pas de lésions sur l'ADN, contrairement à la capacité commune des agents génotoxiques	Les différentes études épidémiologiques dont on dispose tendent à conclure à une diminution de la fertilité. Chez l'homme, les dioxines et autres dérivés ont des effets inducteurs de malformations au stade tardif de l'embryogenèse	Fiche de données toxicologiques des dioxines - INERIS - Avril 2006	Demi-vie de la 2,3,7,8-TCDD dans le sol : de 10 min (photodégradation à la surface d'un sol) à 10 à 12 ans (sol contaminé autour d'une base aérienne militaire en Californie, essentiellement par photolyse)	Les résultats de plusieurs études suggèrent que la biodisponibilité des dioxines pour les plantes est une fonction de la nature et de la quantité de matière organique dans le sol. Celle-ci aurait tendance à fixer les dioxines dans le sol. Retenus comme bio accumulables dans la chaîne alimentaire	Fiche de données toxicologiques des dioxines - INERIS - Avril 2006
	Ingestion								

Polluant	Voie d'exposition	Effets des substances sur la santé humaine					Comportement dans l'environnement		
		Effets systémiques pour une exposition chronique	Effets cancérogènes	Effets génotoxiques et mutagènes	Effets sur la reproduction et le développement	Source	Bio-dégradation	Bio-accumulation	Source
Mercure (Hg)	Inhalation	Les deux principaux organes cibles du mercure élémentaire et du mercure inorganique sont le système nerveux central et le rein. Il est également observé des troubles cardiovasculaires, respiratoires, hépatiques et immunologiques. Le mercure organique atteint essentiellement le cerveau et provoque également des atteintes rénales	Non classé cancérogène	Classé génotoxique catégorie 3 par l'Union Européenne	Mercure élémentaire classé reprotoxique catégorie 2	Fiche de données toxicologiques du mercure - INERIS – Septembre 2010	Dans l'atmosphère : la plus grande partie du mercure est sous forme élémentaire (forme persistante) Dans les sols, les sédiments et les poissons : diverses formes de mercure peuvent être présentes selon les réactions de méthylation / déméthylation	Substance bioaccumulable chez les mollusques et le poisson, bioaccumulable (BCF > 100). Retenus comme bio accumulables dans la chaîne alimentaire	Fiche de données toxicologiques du mercure - INERIS – Septembre 2010
	Ingestion	Mercure inorganique : effets neurotoxiques Mercure organique : effets sur le cerveau							

Concernant les substances émises par le projet de crématorium :
 * toutes les substances sont retenues pour l'analyse de risque par inhalation ;
 * seuls les dioxines / furanes et le mercure sont retenus pour l'analyse du risque par ingestion (substances particulières hors poussières correspondant à une famille générique).

2.4 EVALUATION DES ENJEUX ET DES VOIES D'EXPOSITION / SCHEMA CONCEPTUEL

2.4.1 Détermination des milieux et vecteurs de transfert

Le tableau suivant est la synthèse des paragraphes « Synthèse des cibles de l'impact sanitaire potentiel » et « Evaluation des émissions de l'installation ».

Polluant	Inhalation directe	Eau / ingestion directe	Ingestion			Synthèse des voies de transfert possibles
			Sol	Culture	Elevages	
CO	Oui	(*)	/	/	/	Inhalation directe
COV 100% assimilés à du benzène	Oui		/	/	/	Inhalation directe
NOx	Oui		/	/	/	Inhalation directe
Poussières	Oui		/	/	/	Inhalation directe
HCl	Oui		/	/	/	Inhalation directe
SO ₂	Oui		/	/	/	Inhalation directe
Dioxines & Furannes	Oui		Oui	Oui	Oui	Inhalation directe et ingestion de sols, de végétaux et de produits animaux
Mercure	Oui		Oui	Oui	Oui	Inhalation directe et ingestion de sols, de végétaux et de produits animaux

(*) : le site d'étude est compris dans le périmètre de protection éloigné du captage de Saint Désir (cf. partie spécifique du présent rapport)

Tableau 2-6. Tableau de synthèse de « Evaluation des émissions de l'installation » et « Synthèse des cibles de l'impact sanitaire potentiel »

2.5 DEFINITION DE LA RELATION DOSE-REPONSE

2.5.1 Valeurs Toxicologiques de Référence VTR

2.5.1.1 Notion de VTR

Les professionnels de la santé publique utilisent des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) afin de caractériser certains risques sanitaires encourus par les populations. Ces VTR sont des indices qui établissent la relation entre une dose externe d'exposition à une substance toxique et la survenue d'un effet nocif. Avant de choisir et d'utiliser une VTR, il est nécessaire de s'assurer de sa pertinence pour le contexte étudié.

Les VTR sont spécifiques d'un effet, d'une voie et d'une durée d'exposition.

On distingue deux sortes de VTR, les VTR des effets à seuil et les VTR des effets sans seuil :

- **Un effet à seuil** est un effet qui survient au-delà d'une certaine dose administrée de produit. En deçà de cette dose, le risque est considéré comme nul. Ce sont principalement les effets non cancérogènes qui sont classés dans cette famille. Au-delà du seuil, l'intensité de l'effet croît avec l'augmentation de la dose administrée,

- **Un effet sans seuil** se définit comme un effet qui apparaît potentiellement quelle que soit la dose reçue. La probabilité de survenue croît avec la dose, mais l'intensité de l'effet n'en dépend pas. L'hypothèse classiquement retenue est qu'une seule molécule de la substance toxique peut provoquer des changements dans une cellule et être à l'origine de l'effet observé. A l'origine, la notion d'absence de seuil était associée aux effets cancérogènes uniquement.

2.5.1.2 Critères de choix retenus pour les VTR

Le choix des VTR a été réalisé conformément aux préconisations de la note d'information 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.

Selon cette note, la VTR utilisée doit être publiée dans l'une des 8 bases de données suivantes :

- ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail : <http://www.anses.fr/>,
- US-EPA : United States –Environmental Protection Agency – <http://www.epa.gov/iris/>
- ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry (États-Unis) – <http://www.atsdr.cdc.gov/>,
- OMS : Organisation Mondiale de la Santé / IPCS : International Program on Chemical Safety – <http://www.inchem.org>,
- Santé Canada: <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contaminants/psl1-lsp1/index-fra.php>,
- RIVM : Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Institut national de la santé publique et de l'environnement (Pays-bas) <http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/711701025.pdf>
http://www.rivm.nl/en/Documents_and_publications/Scientific/Reports/2009/juli/Re_evaluation_of_some_human_toxicological_Maximum_Permissible_Risk_levels_earlier_evaluated_in_the_period_1991_2001,
- OEHHA : Office of Environmental Health Hazard Assessment (antenne californienne de l'US-EPA) <http://www.oehha.ca.gov/risk/ChemicalDB/index.asp>,
- EFSA : European Food Safety Authority - <http://www.efsa.europa.eu/fr/>.

2.5.2 Utilisation des Valeurs Guides & de Gestion (VG) en cas d'absence de VTR disponible

En cas d'absence de VTR disponible (substance, type d'effet et voie d'exposition donnés), les données d'exposition seront comparées aux valeurs guides construites selon des critères sanitaires et déterminées par des organismes internationaux ou nationaux ou aux valeurs de gestion réglementaires ou indicatives.

Source : *guide de l'INERIS de septembre 2021 : « évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées »*

A noter que les VG (Valeurs Guides & de Gestion) ne constituent pas à proprement parler des VTR. Elles sont présentées à titre comparatif, dans le cas où aucune VTR n'est disponible.

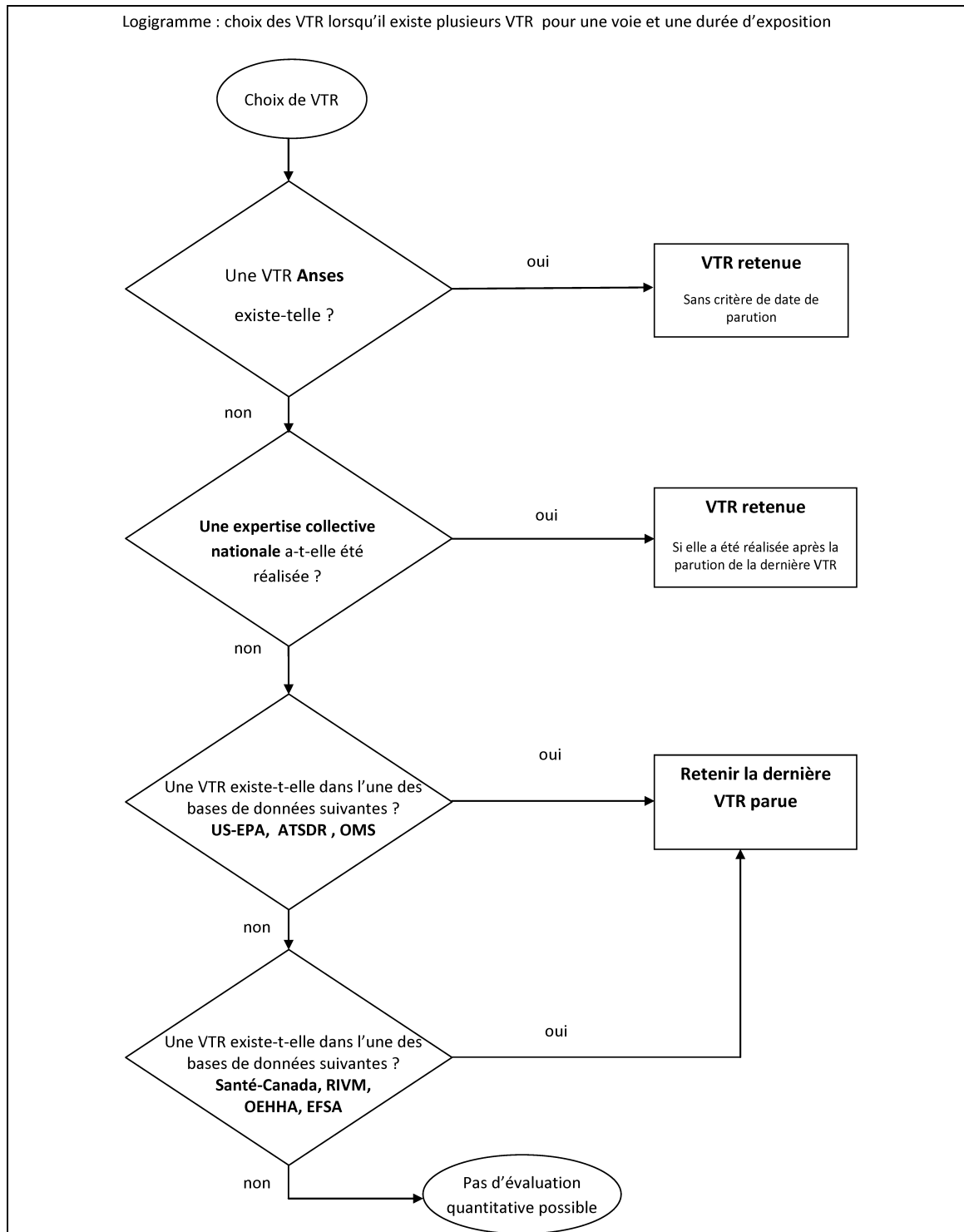


Figure 2-3 : Logigramme de choix de la VTR (source : note n° DGS/EA1/DGPR/2014/307)

2.5.3 Recherche des VTR & VG

La recherche des VTR et des VG a été réalisée en février 2023.

a. Assimilation des COV totaux

En l'absence d'une spéciation des COVt spécifiquement émis par les installations, non existantes à ce jour, les COVt sont assimilés en totalité à du Benzène, COV présentant des VTR pénalisantes.

Assimilation des Dioxine/Furannes

En l'absence d'une spéciation des Dioxines et Furannes spécifiquement émis par les installations, non existantes à ce jour, ces paramètres sont assimilés en totalité à du 2,3,7,8-Tétrachlorodibenzopara-Dioxine (2,3,7,8-TCDD), molécule connue comme référente des Dioxines et Furannes.

Assimilation des Poussières

En l'absence d'une spéciation des Poussières spécifiquement émises par les installations, non existantes à ce jour, elles sont assimilées en totalité à des PM_{2,5} (diamètre 2,5 µm), qui présentent un risque majorant du fait de leur taille plus réduite.

2.5.3.1 Voie d'exposition inhalation

a. VTR pour les effets chroniques avec seuil

Les VTR à seuil, par des effets chroniques par **inhalation**, sont recensés pour chaque polluant dans le tableau suivant.

Polluant	VTR avec seuil - INHALATION			
	Valeur en µg/m ³	Organisme de construction	Date de révision	Compléments choix
CO N°CAS : 630-08-0	/	/	/	/
COV 100% assimilés à du benzène N°CAS : 71-43-2	9.75	ATSDR	2007	Expertise ANSES 2008 Expertise R1 2020
NOx N°CAS : /	/	/	/	/
Poussières assimilées à 100% à des PM _{2,5} N°CAS : /	/	/	/	/
HCl N°CAS : 7647-01-0	20	US EPA	1995	/
SO ₂ N°CAS : 7446-09-5	/	/	/	/
Dioxines assimilées à 100% à 2,3,7,8-TCDD N°CAS : 1746-01-6	4.10 ⁻⁵	OEHHA	2000	Expertise INERIS 2019
Mercure (Hg) N°CAS : 7439-97-6	3.10 ⁻² Mercure élémentaire	OEHHA	2008	Expertise R1 2021 Expertise INERIS 2014

Tableau 2-7. VTR à seuil par des effets chroniques par inhalation

VTR pour les effets chroniques sans seuil

Les VTR sans seuil, par des effets chroniques par inhalation, sont recensés pour chaque polluant dans le tableau suivant :

Polluant	VTR sans seuil - INHALATION			
	Valeur en ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	Organisme de construction	Date de révision	Compléments choix
CO N°CAS : 630-08-0	/	/	/	/
COV 100% assimilés à du benzène N°CAS : 71-43-2	2.6.10 ⁻⁵	ANSES	2014	/
NOx N°CAS : /	/	/	/	/
Poussières assimilées à 100% à des PM _{2,5} N°CAS : /	/	/	/	/
HCl N°CAS : 7647-01-0	/	/	/	/
SO ₂ N°CAS : 7446-09-5	/	/	/	/
Dioxines assimilées à 100% à 2,3,7,8-TCDD N°CAS : 1746-01-6	38	OEHHA	1986	/
Mercure (Hg) N°CAS : 7439-97-6	/	/	/	/

Tableau 2-8. VTR sans seuil par des effets chroniques par inhalation

b. **VG**

Pour les poussières, le dioxyde de soufre, les oxydes d'azote et le monoxyde de carbone, il n'existe pas de VTR : une quantification du risque n'est pas possible. Toutefois, nous comparerons à titre informatif aux VG données dans le tableau ci-après.

Polluant	VG		
	Valeur en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Nature	Source
Poussières assimilées à 100% à des PM _{2,5}	5	Long terme (moyenne annuelle)	OMS
	15	Court terme (moyenne sur 24h)	OMS
SO ₂	50	Long terme (moyenne annuelle)	Réglementation française et européenne
	40	Court terme (moyenne sur 24h)	OMS
NOx 100% assimilés à NO ₂	10	Long terme (moyenne annuelle)	OMS
	25	Court terme (moyenne sur 24h)	OMS
	400	Court terme (moyenne sur 1h)	OMS
CO	4 000	Court terme (moyenne sur 24h)	OMS
	10 000	Court terme (moyenne sur 8h)	OMS

Polluant	VG		
	Valeur en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Nature	Source
	35 000	Court terme (moyenne sur 1h)	OMS

Tableau 2-9. VG des poussières, SO₂, NOx et CO

2.5.3.2 Voie d'exposition ingestion

a. VTR pour les effets chroniques avec seuil

Les VTR à seuil, par des effets chroniques par ingestion, sont recensés pour chaque polluant dans le tableau suivant.

Polluant	VTR avec seuil - INGESTION			
	Valeur en $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j}$	Organisme de construction	Date de révision	Compléments choix
Dioxines assimilées à 100% à 2,3,7,8-TCDD N°CAS : 1746-01-6	$2.86 \cdot 10^{-7}$	EFSA	2018	Expertise INERIS 2019 Choix Etablissements sensibles 2020
Mercure (Hg) N°CAS : 7439-97-6 & Mercure inorganique	0.3	US EPA	1995	Choix Etablissements sensibles 2020
Méthyl Mercure N°CAS : 22967-92-6	0.1	US EPA	2001	Expertise INERIS 2014 Choix Etablissements sensibles 2020

Tableau 2-10. VTR à seuil par des effets chroniques par ingestion

VTR pour les effets chroniques sans seuil

Les VTR sans seuil, par des effets chroniques par ingestion, sont recensés pour chaque polluant dans le tableau suivant.

Polluant	VTR sans seuil - INGESTION			
	Valeur en $(\mu\text{g}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$	Organisme de construction	Date de révision	Compléments choix
Dioxines assimilées à 100% à 2,3,7,8-TCDD N°CAS : 1746-01-6	130	OEHHA	1986	/
Mercure (Hg) N°CAS : 7439-97-6	/	/	/	/

Tableau 2-11. VTR sans seuil par des effets chroniques par ingestion

2.5.4 Schéma conceptuel

Le schéma conceptuel a pour objectif de préciser les relations entre :

- les sources de pollutions et les substances émises,
- les différents milieux (eaux, sols, air...) et surtout les vecteurs de transfert présents (cours d'eau, vents dominants, nappe phréatique...),
- les milieux d'exposition, leurs usages et les points d'exposition, soit les cibles présentes (population riveraine, activités proches...).

En effet, les émissions d'un site ne vont présenter **un risque sanitaire que si et seulement si ces trois éléments sont représentés de manière simultanée.**



Figure 2-4 : Principe du schéma conceptuel

Dans le cadre de la présente étude, le schéma conceptuel est défini à partir des données des paragraphes précédents et représenté sur la **figure 2.5** :

- la **source** est la **cheminée du four de crémation (source canalisée) émettant des composés volatils et particulaires** ;
- le **vecteur** est l'**air**, correspondant aux vents qui assurent une dispersion atmosphérique des éléments traceurs dans l'air ambiant ;
- les **cibles potentielles** sont les **personnes travaillant et résidant dans l'environnement du site** qui respirent l'air ambiant et qui peuvent consommer des produits locaux (autoproduction et production locale) (risques ingestion et inhalation).

2 scénarii majorants sont retenus dans le cadre de cette étude :

- **scénario « habitant » (enfant et adulte) (*)** avec ;
 - inhalation;
 - ingestion de légumes et fruits autoproduits (potager/verger), ingestion de viande bovine et de lait de vache (prairies pâturées de la zone d'étude), de viande de poulet et d'œufs (poulailler) issus de la production locale ;
 - ingestion de sol.
- **scénario « travailleur (hors site d'étude) »** (inhalation).

(*) intégrant les personnes vivant à l'EHPAD.

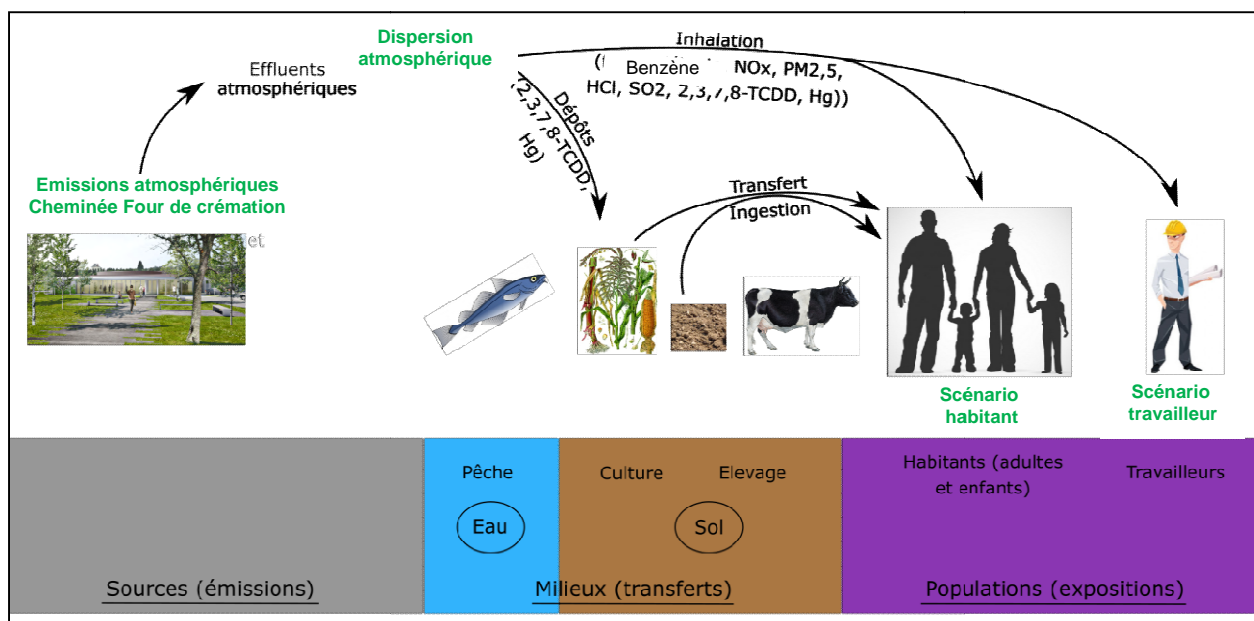


Figure 2-5 : Schéma conceptuel

2.6 EVALUATION DES NIVEAUX D'EXPOSITION

2.6.1 Préambule

Ce chapitre a pour objectif d'évaluer les niveaux d'exposition des populations voisines du projet (crématorium).

Pour chaque voie d'exposition (inhalation et ingestion), le scénario correspondant à la contribution du site a été réalisé.

2.6.2 Logiciel utilisé pour la modélisation de la dispersion atmosphérique des polluants – ISC-AERMOD View

Le logiciel employé pour réaliser la présente étude, ISC-AERMOD View, développé par la société canadienne LAKES ENVIRONMENTAL, utilise plusieurs modèles de dispersion atmosphérique développés par l'US-EPA (agence environnementale américaine).

Ce logiciel permet de calculer la concentration, ainsi que les dépôts de particules, au niveau du sol, à partir des données d'entrées suivantes :

- Conditions météorologiques locales,
- Flux de polluants (calculés dans la présente étude).

2.6.3 Données d'entrée

a. Données topographiques

Le secteur du site présente une topographie peu marquée. Il n'a pas été utilisé de modèle topographique.

Bâtiments

L'environnement du projet est et restera peu construit. Il n'a pas été entré d'obstacle de type bâti dans le modèle.

Données météorologiques

Elles ont été fournies METEO FRANCE. Elles comprennent les données trihoraires relatives à la direction et à la vitesse du vent, à la température, aux précipitations, à la nébulosité (ou couverture nuageuse) ainsi qu'à la hauteur des couches nuageuses. Toutes ces données ont été acquises sur une durée de 3 ans (années 2019 à 2021), qui correspond à la durée minimale nécessaire à l'obtention d'une représentativité statistique (source : Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France). Elles ont été fournies par METEO FRANCE sous la forme d'un fichier informatique.

La station météo METEOFRANCE est celle de Caen Carpiquet, localisée à environ 50 km du site d'étude.

L'intégration de la totalité de ces données réelles dans le logiciel AERMOD VIEW a permis de calculer, pour chacun des cas, la classe de stabilité permettant de rendre compte du caractère neutre, stable ou instable de l'atmosphère. La classification de l'atmosphère (de la classe A : très instable à la classe F : très stable) est réalisée dans le logiciel à partir des

caractéristiques du vent et des conditions d'ensoleillement tirées de la nébulosité, de la position géographique du site et de l'heure de la journée.

La stabilité de l'atmosphère est une variable qui rend compte de l'état de stratification thermique de l'atmosphère, c'est-à-dire de la façon dont la température évolue en fonction de l'altitude. C'est une variable très importante pour les phénomènes de dispersion car elle influe fortement sur la hauteur du panache (liée à la vitesse de sortie du gaz de la cheminée et à la différence de température entre les fumées et l'air ambiant) et sur l'étalement latéral et vertical du panache.

La représentation de **la rose des vents générale**, fournie ci-après, permet de constater que les vents les plus fréquents (vents dominants) sont ceux provenant des secteurs Sud Ouest et Nord Est.

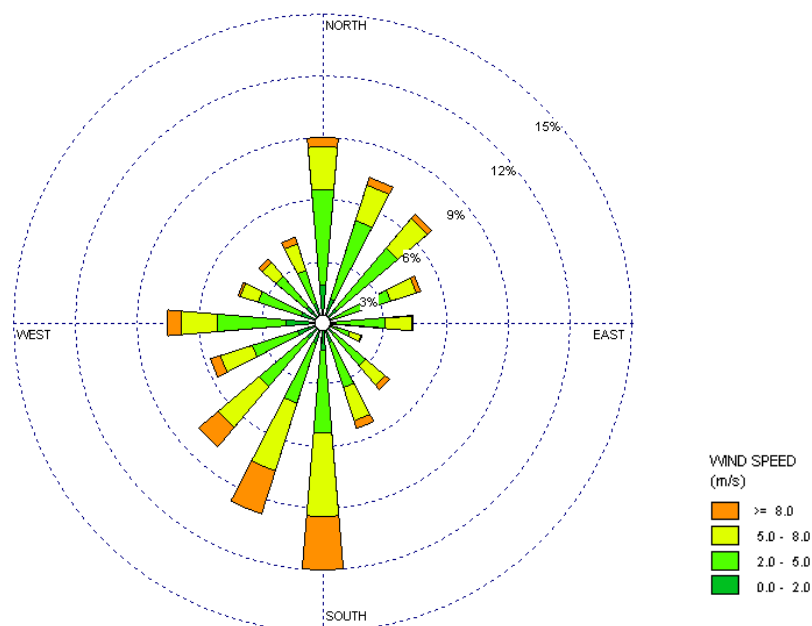


Figure 2-6 : Rose des vents calculée par AerMod View – Vitesse (m/s) (source : Apave)

Caractéristiques des substances émises

Substance	Phase
CO	Gaz
COV (Benzène)	Gaz
NOx	Gaz
PM2,5	Particulaire
HCl	Gaz
SO ₂	Gaz
2,3,7,8-TCDD	Particulaire
Hg	Gaz & Particulaire

Tableau 2-12. Caractéristiques des substances émises

Caractéristiques de la source d'émission

Source		Cheminée Four de crémation
Coordonnées Lambert 93	X (m)	493 387
	Y (m)	6 896 615
Altitude Sol (m NGF)		154
Hauteur Cheminée (m/sol)		7,5
Diamètre du conduit d'éjection de la cheminée (m)		0.25
Débit d'émission (Nm ³ /h) à 11% d'O ₂ sur sec		1 750
Vitesse d'éjection en sortie de cheminée (m/s)		11
Température des émissions atmosphériques (°C)		110

Tableau 2-13. Caractéristiques de la source d'émission

Fréquence de fonctionnement des installations

Il est considéré que 1700 crémations seront réalisées par an au maximum, soit au maximum 12h d'émissions par jour sur 300 jours par an : l'installation fonctionnera au total **3 600 h/an maximum** (un seul rejet).

Flux massiques émis

Polluant	Concentrations maximales en mg/Nm ³ sec à 11% d'O ₂ (AM 28/01/2010)	Débit à 11% d'O ₂ (Nm ³ /h)	Estimation des flux max attendus en kg/an (3 600 h de fonctionnement /an)
Composés organiques volatils en C total	20	1 750	126
Oxyde d'azote en NO ₂	500		3150
Monoxyde de carbone (CO)	50		315
Poussières	10		63
Acide chlorhydrique (HCl)	30		189
Dioxyde de soufre en SO ₂	120		756
Dioxines & furanes (PCDD/PCDF)	1.10 ⁻⁷ I-TEQ		6.3 10⁻⁷ I-TEQ
Mercure (Hg)	0,2		1.26

Tableau 2-14. Flux massiques émis par polluant

Hypothèses liées au logiciel

Pour la modélisation, les calculs sont effectués en considérant l'environnement à la fois de type rural (champs) et de type urbanisé (zone d'activités).

Pour les poussières et les composés particulaires (TCDD, mercure), il a été considéré une taille des particules inférieure à 10 µm pour 90 % de la masse émise et une densité de 5 g/cm³.

2.6.4 Résultats de la dispersion atmosphérique

2.6.4.1 Cartographies issues de la dispersion atmosphérique

Les cartographies des résultats de la dispersion atmosphérique sont présentées ci-après.

Les données issues du logiciel correspondent, pour chacun des polluants considérés, à des valeurs de concentrations moyennes calculées dans l'air et à des dépôts au sol.

Les valeurs sont respectivement exprimées en microgrammes de substance par m³ d'air ambiant (µg/m³) et en grammes de substance par m² de surface de sol (g/m²).



Figure 2-7 : Cartographie de la dispersion atmosphérique du Benzène – Concentrations moyennes dans l'air sur la période de modélisation (en µg/m³)

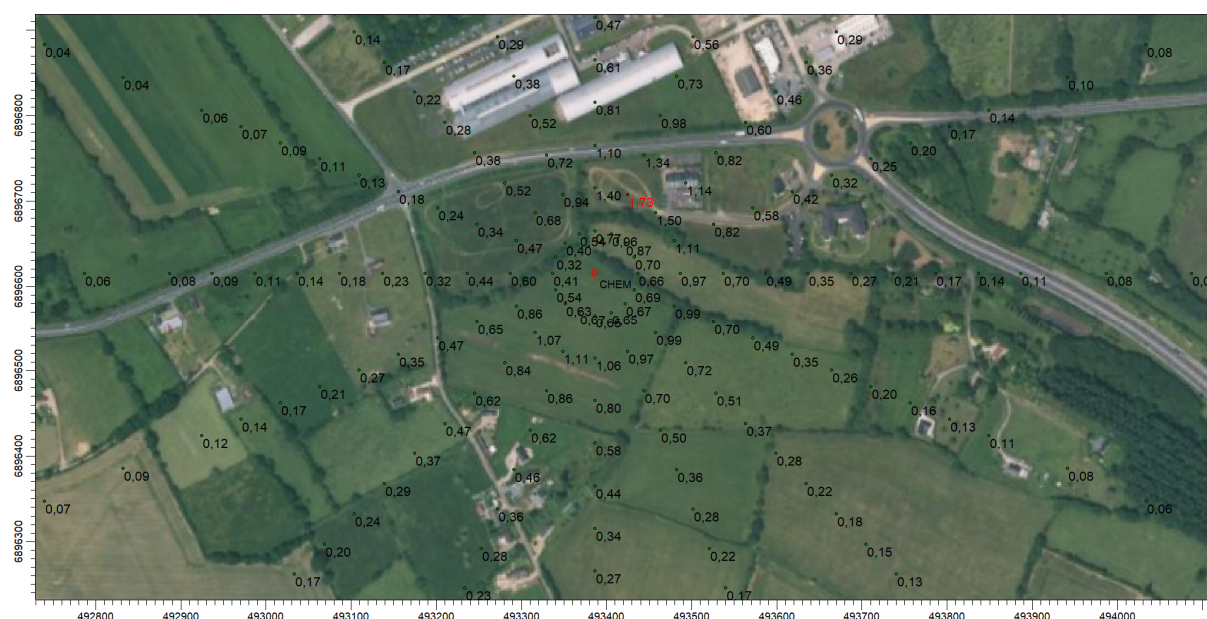


Figure 2-8 : Cartographie de la dispersion atmosphérique du Dioxyde d'Azote - Concentrations moyennes dans l'air sur la période de modélisation (en µg/m³)

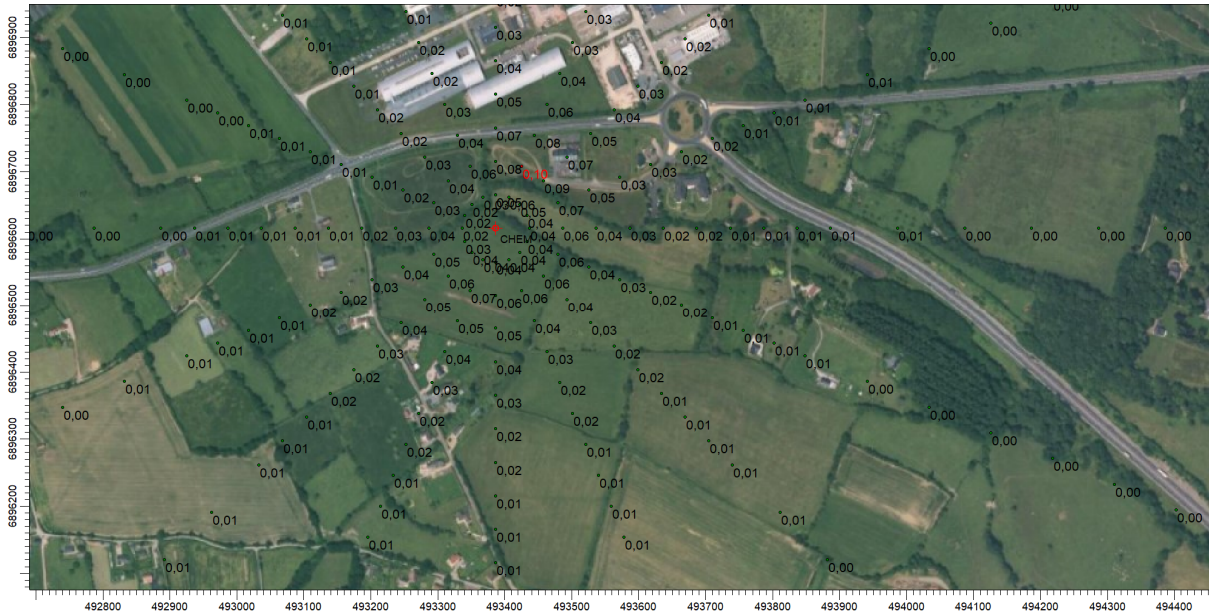


Figure 2-9 : Cartographie de la dispersion atmosphérique de l'Acide Chlorhydrique - Concentrations moyennes dans l'air sur la période de modélisation (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Figure 2-10 : Cartographie de la dispersion atmosphérique du Dioxyde de Soufre - Concentrations moyennes dans l'air sur la période de modélisation (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

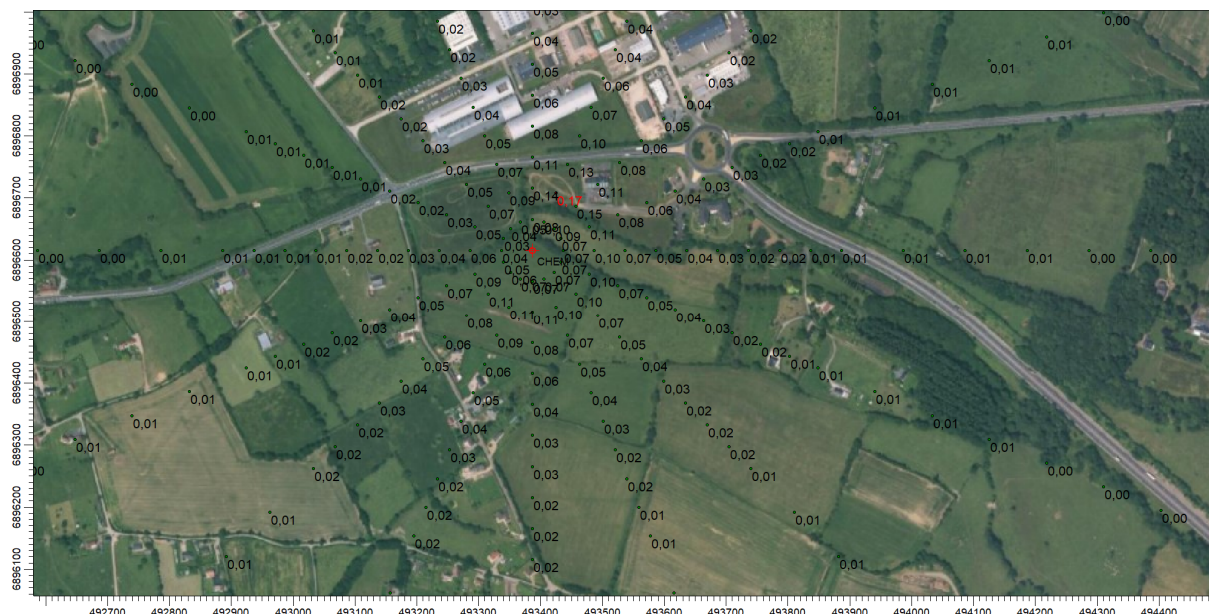


Figure 2-11 : Cartographie de la dispersion atmosphérique du Monoxyde de carbone - Concentrations moyennes dans l'air sur la période de modélisation (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Figure 2-12 : Cartographie de la dispersion atmosphérique des PM2,5 - Concentrations moyennes dans l'air sur la période de modélisation (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

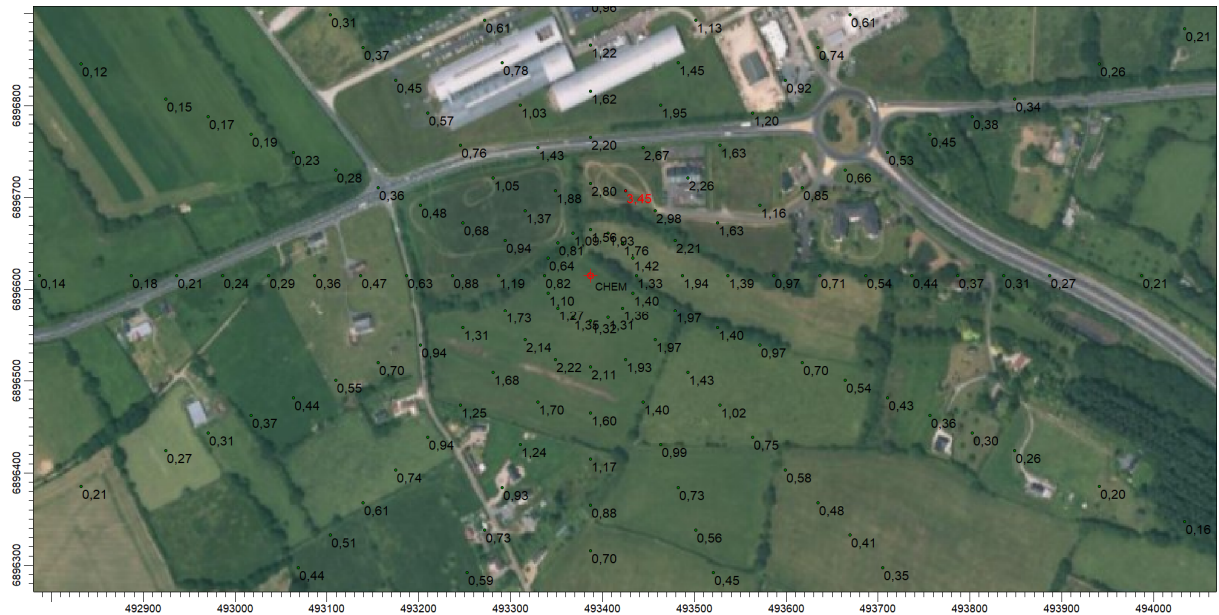


Figure 2-13 : Cartographie de la dispersion atmosphérique des Dioxines Furannes – Concentrations moyennes dans l'air sur la période de modélisation (en $10^{-10} \mu\text{g}/\text{m}^3$)



Figure 2-14 : Cartographie de la dispersion atmosphérique du Mercure – Concentrations moyennes dans l'air sur la période de modélisation (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Figure 2-15 : Cartographie de la dispersion atmosphérique des Dioxines Furannes – Dépôts au sol sur la période de modélisation (en 10^{-10} g/m^2 sur 3 ans)



Figure 2-16 : Cartographie de la dispersion atmosphérique du Mercure – Dépôts au sol sur la période de modélisation (en g/m^2 sur 3 ans)

2.6.4.2 Valeurs modélisées retenues pour chaque scénario d'exposition majeur

Les tableaux ci-dessous rassemblent les valeurs modélisées retenues pour :

- le scénario « habitant » majorant (*) (concentrations dans l'air ambiant et dépôts au sol) ;
- le scénario « travailleur » majorant (concentrations dans l'air ambiant).

(*) intégrant les personnes vivant à l'EHPAD.

Elles correspondent aux valeurs maximales obtenues au droit d'un type d'usage (approche majorante)

Nb : pour le scénario « travailleur », les valeurs correspondent aux valeurs maximales obtenues sur le secteur d'étude.

Polluant	Valeurs retenues pour le scénario « habitant » (valeurs maximales obtenues au droit d'un type d'usage)	
	Concentration moyenne dans l'air ambiant ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Dépôts totaux au sol (g/m^2 sur 3 ans)
COV (Benzène)	0.16	/
NO _x / NO ₂	0.62 (moyenne annuelle) 15.9 (moyenne sur 24h) 60.0 (moyenne sur 1h)	/
HCl	0.04	/
SO ₂	0.15 (moyenne annuelle) 3.75 (moyenne sur 24h)	/
CO	0.06 (moyenne annuelle) 1.59 (moyenne sur 24h) 3.31 (moyenne sur 8h) 5.98 (moyenne sur 1h)	/
PM _{2,5}	0.01 (moyenne annuelle) 0.32 (moyenne sur 24h)	/
Dioxines/Furannes 2,3,7,8-TCDD	$1.25 \cdot 10^{-10}$ I-TEQ	$2.69 \cdot 10^{-10}$ I-TEQ (max habitation) $4.00 \cdot 10^{-10}$ I-TEQ (moy max pâturage)
Hg	$2.5 \cdot 10^{-4}$	$5.40 \cdot 10^{-4}$ (max habitation) $8.00 \cdot 10^{-4}$ (moy max pâturage)

Tableau 2-15. Valeurs de concentrations et de dépôts retenues pour le scénario « habitant »

Polluant	Valeurs retenues pour le scénario « travailleur » (valeurs maximales obtenues au droit de cet usage)
	Concentration moyenne dans l'air ambiant ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
COV (Benzène)	0.44
NO _x / NO ₂	1.73 (moyenne annuelle) 18.0 (moyenne sur 24h) 66.0 (moyenne sur 1h)
HCl	0.11
SO ₂	0.41 (moyenne annuelle) 4.26 (moyenne sur 24h)
CO	0.18 (moyenne annuelle) 1.80 (moyenne sur 24h) 3.67 (moyenne sur 8h) 6.54 (moyenne sur 1h)
PM _{2,5}	0.03 (moyenne annuelle) 0.36 (moyenne sur 24h)
Dioxines/Furannes 2,3,7,8-TCDD	$3.45 \cdot 10^{-10}$ I-TEQ
Hg	$6.9 \cdot 10^{-4}$

Tableau 2-16. Valeurs de concentrations retenues pour le scénario « travailleur »

2.6.4.3 Cas du mercure

La spéciation des métaux correspond aux différentes formes chimiques sous lesquelles on peut rencontrer ces métaux.

Concernant la spéciation du mercure, les hypothèses formulées par le Human Health Risk Assesment HHRAP sont résumées ci-après.

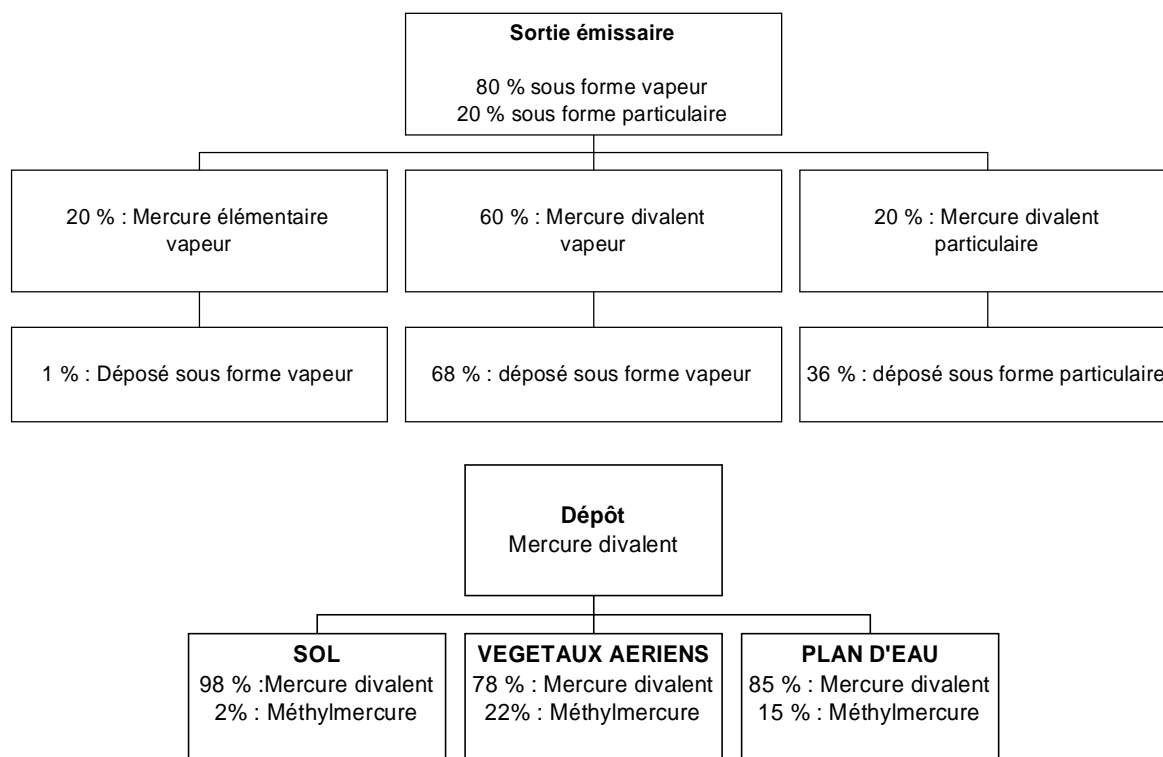


Figure 2-17. Hypothèses formulées pour la spéciation du mercure par HHRAP

L'approche globale retenue à ce stade dans la présente étude est la suivante :

- pour l'air, il est considéré la concentration en mercure total et la VTR Inhalation du mercure élémentaire sera utilisée dans les calculs ;
- pour les sols et la chaîne alimentaire, il est considéré la concentration en mercure total et la VTR Ingestion la plus pénalisante sera utilisée dans les calculs, soit celle du Méthylmercure.

2.6.5 Description des scénarii d'exposition

2.6.5.1 Cas de l'exposition par inhalation

Pour l'inhalation, les hypothèses d'exposition sont présentées ci-dessous, par scénario considéré.

Il est considéré une exposition aux concentrations dans l'air issues uniquement des émissions du projet, en faisant abstraction des émissions dues aux autres sources polluantes (activités industrielles, chauffage domestique, circulation automobile...) qui contribuent au bruit de fond de la pollution atmosphérique.

Les scénarii ne prennent en compte que le risque attribuable au site, sans intégration du bruit de fond.

Scénario	Description du scénario	Commentaire
Habitant	100 % du temps passé au point d'exposition (24h/24, 365 jours par an) pendant l'exploitation du site (23 ans)	Approche maximisante
Travailleur	Temps de travail passé au point d'exposition (8h/jour, 220 jours par an) pendant l'exploitation du site (23 ans)	Approche proportionnée

Tableau 2-17. Description des scénarii pour l'exposition par inhalation

2.6.5.2 Cas de l'exposition par ingestion

Pour l'ingestion, les hypothèses d'exposition sont présentées ci-dessous, par scénario considéré.

Il est considéré une exposition aux dépôts de particules issus uniquement des émissions du projet et via la chaîne alimentaire, en faisant abstraction des émissions dues aux autres sources polluantes (activités industrielles, chauffage domestique, circulation automobile...) qui contribuent au bruit de fond.

Les scénarii ne prennent en compte que le risque attribuable au site, sans intégration du bruit de fond.

Scénario	Description du scénario	Commentaire
Habitant	Ingestion de sols Ingestion de légumes et fruits autoproduits (potager/verger), ingestion de viande bovine et de lait de vache (prairies pâturées de la zone d'étude), de viande de poulet et d'œufs (poulailler) issus de la production locale	Approche maximisante
Travailleur	Ingestion non prise en compte	Approche proportionnée

Tableau 2-18. Description des scénarii pour l'exposition par ingestion

2.6.6 Calcul des niveaux d'exposition

2.6.6.1 Niveaux d'exposition par inhalation

a. Principe et hypothèses

Pour la voie respiratoire, l'exposition est exprimée en concentration moyenne inhalée, calculée ainsi.

$$CI = (\sum_i (C_i \times t_i)) \times F \times (T / T_m)$$

Avec :

- CI : concentration moyenne inhalée (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ;
- C_i : concentration de polluant dans l'air inhalée pendant une fraction de temps i (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ; elle correspond à la concentration moyenne annuelle déterminée grâce à la modélisation des rejets atmosphériques ;
- t_i : durée d'exposition à la concentration C_i sur la période d'exposition (une journée) ;
- T : durée de la période d'exposition (an) ;
- F : fréquence ou taux d'exposition (nombre d'heures ou de jours par an d'exposition ramené au nombre total annuel d'heures ou de jours) ;

- T_m : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée.

Pour les substances à effet sans seuil, $T_m = 70$ ans, ce qui correspond à une exposition moyennée sur une vie entière. Pour les substances à effet à seuil, $T_m = T$.

Les hypothèses suivantes sont prises :

- Durée d'exploitation du crématorium : 23 ans,
- Pour l'inhalation, l'exposition est prise effective uniquement pendant le fonctionnement de l'installation, soit pendant une durée totale de 23 ans, durée d'exploitation du crématorium,
- Pour les effets sans seuil : exposition moyennée sur 70 ans, durée vie entière (vie entière dans les méthodologies nationale et internationale),
 - $T_m = 70$ ans,
- Pour les effets à seuil : exposition moyennée sur la durée d'exposition,
 - $T_m = T$
- Pour le scénario « Habitant », $F = (24h/24h) \cdot (365j/365j) = 1$,
- Pour le scénario « Travailleur », $F = (8h/24h) \cdot (220j/365j) = 0.2$.

b. Résultats

Selon les résultats de la modélisation, les niveaux d'exposition de la population dans l'air par inhalation sont donc les suivants.

NB : pour les substances ne disposant pas de VTR, les concentrations obtenues par modélisation seront directement comparées, sans pondération, aux VG. Elles ne sont donc pas reprises dans les tableaux suivants.

Polluant	Résultats		
	Valeurs retenues pour le scénario « habitant » (valeurs maximales obtenues au droit d'un type d'usage)		
	Ci ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Résultat de la modélisation	CI ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) <u>Effet à seuil</u>	CI ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) <u>Effet sans seuil</u>
COV (Benzène)	0.16	0.16	0.053
HCl	0.04	0.04	0.013
Dioxines/Furannes 2,3,7,8-TCDD	$1.25 \cdot 10^{-10}$ I-TEQ	$1.25 \cdot 10^{-10}$ I-TEQ	$4.11 \cdot 10^{-11}$ I-TEQ
Hg	$2.5 \cdot 10^{-4}$	$2.5 \cdot 10^{-4}$	$8.3 \cdot 10^{-5}$

Tableau 2-19. Niveaux d'exposition de la population dans l'air par inhalation – Scénario « Habitant »

Polluant	Résultats		
	Valeurs retenues pour le scénario « travailleur » (valeurs maximales obtenues au droit de cet usage)		
	Ci ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Résultat de la modélisation	CI ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) <u>Effet à seuil</u>	CI ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) <u>Effet sans seuil</u>
COV (Benzène)	0.44	0.088	0.029
HCl	0.11	0.022	$7.3 \cdot 10^{-3}$

Polluant	Résultats		
	Valeurs retenues pour le scénario « travailleur » (valeurs maximales obtenues au droit de cet usage)		
	Ci (µg/m³) Résultat de la modélisation	Cl (µg/m³)	Cl (µg/m³)
		Effet à seuil	Effet sans seuil
Dioxines/Furannes 2,3,7,8-TCDD	3.45 10 ⁻¹⁰ I-TEQ	6.90 10 ⁻¹¹ I-TEQ	2.27 10 ⁻¹¹ I-TEQ
Hg	6.9 10 ⁻⁴	1.4 10 ⁻⁴	4.6 10 ⁻⁵

Tableau 2-20. Niveaux d'exposition de la population dans l'air par inhalation – Scénario « Travailleur »

2.6.6.2 Niveaux d'exposition par ingestion

a. Principe et hypothèses

La **dose journalière d'exposition** (DJE), exprimée en mg/kg/j, représente la quantité de polluant administrée. Elle s'exprime par la relation suivante :

$$DJE = (\sum_i C_i \times Q_i) \times (F / P) \times (T / T_m)$$

Avec :

- DJE : dose journalière d'exposition liée à l'ingestion de la substance (en mg/kg.j)
- C_i : concentration de la substance ingérée dans la matrice i (mg/kg ou mg/l)
- Q_i : quantité de matrice i ingérée par jour (kg/j ou l/j) en moyenne annuelle
- F : fréquence ou taux d'exposition (nombre annuel d'heures ou de jours d'exposition ramené au nombre total annuel d'heures ou de jours)
- P : poids corporel de la cible (kg)
- T : durée d'exposition (années)
- T_m : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (années)

Les hypothèses suivantes sont prises :

- Durée d'exploitation du crématorium : 23 ans,
- Pour l'ingestion, l'exposition est prise effective au-delà du fonctionnement de l'installation de part l'accumulation de substance par dépôt, sur une durée totale de 30 ans, durée de résidence retenue dans la méthodologie nationale,
- Des classes d'âge sont utilisées, les quantités d'aliments consommés et le poids des cibles variant avec l'âge.

Les classes d'âge sont celles retenues dans le logiciel MODULERS :

- Classe 1 : de 0 à 1 an ;
- Classe 2 : de 1 à 3 ans ;
- Classe 3 : de 3 à 6 ans ;
- Classe 4 : de 6 à 11 ans ;
- Classe 5 : de 11 à 15 ans ;
- Classe 6 : de 15 à 18 ans ;
- Classe 7 : plus de 18 ans.
- Pour les effets sans seuil : exposition moyennée sur 70 ans, durée vie entière (vie entière dans les méthodologies nationale et internationale),
 - T_m = 70 ans,
- Pour les effets à seuil : exposition moyennée sur la durée d'exposition,
 - T_m = T,
- Pour le scénario « Habitant », F = (365j/365j)= 1,

Les DJE calculées varient donc avec les classes d'âge et avec le type d'effets considérés (avec seuil ou sans seuil).

b. **Logiciel MODULERS**

Les calculs ont été réalisés à partir du logiciel MODULERS de l'INERIS Version 2.0.1. (cf. **annexe 1** pour la présentation).

MODULERS a été produit par l'INERIS dans le cadre des programmes d'appui de l'institut pour le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE).

MODULERS est un outil logiciel pour la réalisation des évaluations prospectives des risques sanitaires effectuées dans le cadre de l'analyse des effets sur la santé des Installations Classées Pour l'Environnement (ICPE) et pour la réalisation des Analyses de Risques Résiduels (ARR) des sites et sols pollués.

Il permet d'estimer les concentrations dans les milieux, les niveaux d'exposition et les niveaux de risque en fonction du temps. Il consiste en une plateforme de modélisation et de simulation et en une bibliothèque de modules, basée sur le manuel référencé DR-08—94882-16675B et intitulé « Jeux d'équations pour la modélisation des expositions liées à la contamination d'un sol ou aux émissions d'une installation industrielle ».

MODULERS permet de :

- construire des modèles multimédia adaptés, en agençant les modules prédéfinis de la bibliothèque, selon le schéma conceptuel du site étudié ;
- mener des simulations déterministes, probabilistes et des analyses de sensibilité sur les résultats.

Les modules de modélisation existants comportent notamment :

- Niveaux_Exposition_Risque : ce module permet de calculer, d'une part les niveaux d'exposition chroniques (en moyenne annuelle) pour les différentes classes d'âge définies par l'utilisateur et pour le profil d'individu (défini par l'âge en début d'exposition et la date au début de l'exposition), et d'autre part les niveaux de risques chroniques pour des effets cancérigènes et non cancérigènes ;
- Sol : ce module permet de calculer la concentration dans une couche de sol en surface au cours du temps en tenant compte ou non des apports atmosphériques, des apports par irrigation et des mécanismes de perte (dégradation, lixiviation, érosion, ruissellement) ;
- Legumes_feuilles : ce module permet de calculer les concentrations dans les végétaux consommés liées aux dépôts atmosphériques directs, à l'absorption gazeuse (polluants organiques), aux dépôts de particules du sol remises en suspension, à l'irrigation par aspersion et/ou au prélèvement direct à partir du sol. Ce module est paramétré pour des végétaux de type "légumes-feuilles" ;
- Legumes_fruits : idem pour des végétaux de type "légumes-fruits" ;
- Legumes_racines : idem pour des végétaux de type "légumes-racines" ;
- Tubercules : idem pour des végétaux de type "tubercule" ;
- Fruits : idem pour des végétaux de type "fruits" ;
- Poule : ce module permet de calculer les concentrations dans l'animal (tissu 1 : viande, matières grasses) et dans les produits excrétés par l'animal (tissu 2 : oeuf ou matières grasses de ce produit). Ce module est paramétré pour une poule ;

- Vache : ce module permet de calculer les concentrations dans l'animal (tissu 1 : viande, matières grasses) et dans les produits excrétés par l'animal (tissu 2 : lait ou matières grasses de ce produit). Ce module est paramétré pour une vache.

Les paramètres d'exposition des cibles pris en compte dans les modélisations sont présentés en **annexe 2** (source : Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel MODULERS – Rapport INERIS-DRC-14-141968-11173C du 23/06/2017).

c. Résultats

Les tableaux suivants indiquent (uniquement pour le scénario « habitant ») :

- les concentrations en Dioxines / Furannes et en mercure dans les sols obtenues par accumulation par dépôts atmosphériques, en considérant :
 - ✓ les sols superficiels (épaisseur : 1 cm) (concentrations rentrant dans les calculs pour l'ingestion de sols par les cibles humaines mais aussi par les poules et les bovins) ;
 - ✓ les sols racinaires (épaisseur : 20 cm) (concentrations rentrant dans les calculs pour le transfert des substances des sols vers les végétaux) ;
- les Doses Journalières d'Exposition DJE par produits consommés en considérant :
 - ✓ les DJE maximales obtenues pour les différentes classes d'âge pour les effets avec seuil ;
 - ✓ la DJE globale obtenue pour la période d'exposition totale de 30 ans pour les effets sans seuil.

Sols	Dioxines/Furannes (I TEQ mg/kg MS)	Mercure (mg/kg MS)
Sols superficiels (1 cm – 23 ans)	Max habitation : $1.09 \cdot 10^{-7}$ Moy Max Pâturage : $1.62 \cdot 10^{-7}$	Max habitation : $2.18 \cdot 10^{-1}$ Moy Max Pâturage : $3.23 \cdot 10^{-1}$
Sols racinaires (20 cm – 23 ans)	Max habitation : $5.45 \cdot 10^{-9}$ Moy Max Pâturage : $8.10 \cdot 10^{-9}$	Max habitation : $1.09 \cdot 10^{-2}$ Moy Max Pâturage : $1.61 \cdot 10^{-2}$

Tableau 2-21. Concentrations dans les sols superficiels et racinaires en Dioxines/Furannes et mercure après accumulation sur 23 ans – Scénario « habitant »

DJE – Effet à seuil		
Milieu / Produit	DJE	
	Dioxines/Furannes (I TEQ mg/kg/j)	Mercure (mg/kg/j)
Sol	$4.40 \cdot 10^{-13}$ (classe 2)	$8.79 \cdot 10^{-7}$ (classe 2)
Végétaux Légumes/Fruits	$9.74 \cdot 10^{-13}$ (classe 2)	$2.24 \cdot 10^{-6}$ (classe 2)
Viande de poulet	$1.35 \cdot 10^{-11}$ (classe 3)	$7.79 \cdot 10^{-9}$ (classe 3)
Œufs	$3.19 \cdot 10^{-11}$ (classe 2)	$1.84 \cdot 10^{-8}$ (classe 2)
Viande bovine	$4.77 \cdot 10^{-12}$ (classe 2)	$1.91 \cdot 10^{-8}$ (classe 2)
Lait de vache	$8.77 \cdot 10^{-11}$ (classe 2)	$3.27 \cdot 10^{-7}$ (classe 2)

Tableau 2-22. DJE en Dioxines/Furannes et mercure pour les effets à seuil – Scénario « habitant »

DJE – Effet sans seuil	
Milieu / Produit	DJE
	Dioxines/Furannes (I TEQ mg/kg/j)
Sol	5.40 10 ⁻¹⁴
Végétaux Légumes/Fruits	1.98 10 ⁻¹³
Viande de poulet	3.36 10 ⁻¹²
Œufs	5.02 10 ⁻¹²
Viande bovine	7.93 10 ⁻¹³
Lait de vache	1.08 10 ⁻¹¹

Tableau 2-23. DJE en Dioxines/Furannes pour les effets sans seuil – Scénario « habitant »

2.6.7 Caractérisation des risques pour les rejets atmosphériques

2.6.7.1 Evaluation du risque non cancérigène – A seuil

a. Principe de calculs

Pour les polluants à seuil, il s'agit de comparer l'exposition attribuable à l'installation à la VTR publiée dans la littérature. Il est ainsi calculé un Quotient de Danger qui est le rapport entre les estimations d'apports journaliers en polluant et la VTR.

Dans le cas d'un scénario par inhalation, l'exposition attribuable à l'installation correspond à la Concentration Inhalée (CI) dans l'environnement de la substance étudiée. Dans le cas d'un scénario par ingestion, l'exposition attribuable à l'installation correspond à la Dose Journalière d'Exposition (DJE) dans l'environnement de la substance étudiée. Le Quotient de Danger (QD) se calcule ainsi.

$$\text{QD} = (\text{CI ou DJE}) / \text{VTR}$$

b. Calcul des QD – Scénario « habitant »

INHALATION	QD
COV (Benzène)	0.017
HCl	2.0 10 ⁻³
Dioxines/Furannes 2,3,7,8-TCDD	3.2 10 ⁻⁶
Hg	8.4 10 ⁻³
Somme	2.8 10⁻²

Tableau 2-24. QD Inhalation – Scénario « Habitant »

INGESTION		
Milieu / Produit	QD	
	Dioxines/Furannes	Mercure
Sol	$1.54 \cdot 10^{-3}$	$8.79 \cdot 10^{-3}$
Végétaux Légumes/Fruits	$3.41 \cdot 10^{-3}$	$2.24 \cdot 10^{-2}$
Viande de poulet	$4.73 \cdot 10^{-2}$	$7.79 \cdot 10^{-5}$
Œufs	0.11	$1.84 \cdot 10^{-4}$
Viande bovine	$1.67 \cdot 10^{-2}$	$1.91 \cdot 10^{-4}$
Lait de vache	0.31	$3.27 \cdot 10^{-3}$
Somme	0.49	$3.49 \cdot 10^{-2}$

Tableau 2-25. QD Ingestion – Scénario « Habitant »

Pour le scénario « habitant », la somme des QD, toutes voies d'exposition et toutes substances (approche maximisante), est égale à 0.56, soit inférieure au niveau de référence des effets à seuils égal à 1.

c. Calcul des QD – Scénario « travailleur »

INHALATION	QD
COV (Benzène)	$9.1 \cdot 10^{-3}$
HCl	$1.1 \cdot 10^{-3}$
Dioxines/Furannes 2,3,7,8-TCDD	$1.8 \cdot 10^{-6}$
Hg	$4.7 \cdot 10^{-3}$
Somme	$1.5 \cdot 10^{-2}$

Tableau 2-26. QD Inhalation – Scénario « Travailleur »

Pour le scénario « travailleur », la somme des QD, toutes substances (approche maximisante), est égale à 0.015, soit inférieure au niveau de référence des effets à seuils égal à 1.

2.6.7.2 Evaluation du risque cancérogène – Sans seuil

a. Principe de calculs

Dans le cas d'effets cancérogènes (substances sans seuil), il s'agit de calculer un Excès de Risque Individuel (ERI) en multipliant l'Excès de Risque Unitaire (ERU), correspondant à la VTR, par l'exposition attribuable à l'installation.

Dans le cas d'un scénario par inhalation, l'exposition attribuable à l'installation correspond à la Concentration dite CI dans l'environnement de la substance étudiée. Dans le cas d'un scénario par ingestion, l'exposition attribuable à l'installation correspond à la DJE dans l'environnement de la substance étudiée. L'ERI se calcule ainsi :

$$\text{ERI} = \text{ERU}_i \times (\text{CI ou DJE})$$

Les valeurs d'ERI sont présentées séparément pour chaque substance dans les tableaux suivants. Pour chacune d'elle, l'impact sanitaire de l'installation peut être considéré comme non significatif en termes d'effets cancérogènes si la valeur d'ERI est inférieure à 10^{-5} (un risque de cancer pour 100 000 individus selon l'OMS).

b. **Calcul des ERI – Scénario « habitant »**

INHALATION	ERI
COV (Benzène)	$1.4 \cdot 10^{-6}$
Dioxines/Furannes 2,3,7,8-TCDD	$1.6 \cdot 10^{-9}$
Somme	$1.5 \cdot 10^{-6}$

Tableau 2-27. ERI Inhalation – Scénario « Habitant »

INGESTION	
Milieu / Produit	ERI
	Dioxines/Furannes
Sol	$7.02 \cdot 10^{-9}$
Végétaux Légumes/Fruits	$2.58 \cdot 10^{-8}$
Viande de poulet	$4.37 \cdot 10^{-7}$
Œufs	$6.53 \cdot 10^{-7}$
Viande bovine	$1.04 \cdot 10^{-7}$
Lait de vache	$1.41 \cdot 10^{-6}$
Somme	$2.7 \cdot 10^{-6}$

Tableau 2-28. ERI Ingestion – Scénario « Habitant »

Pour le scénario « habitant », la somme des ERI, toutes voies d'exposition et toutes substances (approche maximisante), est égale à $4.2 \cdot 10^{-6}$, soit inférieure au niveau de référence des effets sans seuils égal à $1 \cdot 10^{-5}$.

c. **Calcul des ERI – Scénario « travailleur »**

INHALATION	ERI
COV (Benzène)	$7.6 \cdot 10^{-7}$
Dioxines/Furannes 2,3,7,8-TCDD	$8.7 \cdot 10^{-10}$
Somme	$7.6 \cdot 10^{-7}$

Tableau 2-29. ERI Inhalation – Scénario « Travailleur »

Pour le scénario « travailleur », la somme des ERI, toutes substances (approche maximisante), est égale à $7.6 \cdot 10^{-7}$, soit inférieure au niveau de référence des effets sans seuils égal à $1 \cdot 10^{-5}$.

2.6.7.3 Comparaison des concentrations modélisées dans l'air avec les VG (cas des substances ne disposant pas de VTR)

Polluant	Comparaison avec les VG	
	Scénario « habitant » Concentration moyenne dans l'air ambiant ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	VG ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
NOx / NO ₂	0.62 (moyenne annuelle) 15.9 (moyenne sur 24h) 60.0 (moyenne sur 1h)	10 (OMS - long terme - moyenne annuelle) 25 (OMS - court terme - moyenne sur 24h) 400 (OMS - court terme - moyenne sur 1h)
SO ₂	0.15 (moyenne annuelle) 3.75 (moyenne sur 24h)	50 (Réglementation française et européenne – long terme - moyenne annuelle) 40 (OMS - court terme - moyenne sur 24h)
CO	1.59 (moyenne sur 24h) 3.31 (moyenne sur 8h) 5.98 (moyenne sur 1h)	4 000 (OMS - court terme - moyenne sur 24h) 10 000 (OMS - court terme - moyenne sur 8h) 35 000 (OMS - court terme - moyenne sur 1h)
PM _{2,5}	0.01 (moyenne annuelle) 0.32 (moyenne sur 24h)	5 (OMS - long terme - moyenne annuelle) 15 (OMS - court terme - moyenne sur 24h)

Tableau 2-30. Comparaison des concentrations modélisées dans l'air avec les VG - Scénario « habitant »

Polluant	Comparaison avec les VG	
	Scénario « travailleur » Concentration moyenne dans l'air ambiant ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	VG ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
NOx / NO ₂	1.73 (moyenne annuelle) 18.0 (moyenne sur 24h) 66.0 (moyenne sur 1h)	10 (OMS - long terme - moyenne annuelle) 25 (OMS - court terme - moyenne sur 24h) 400 (OMS - court terme - moyenne sur 1h)
SO ₂	0.41 (moyenne annuelle) 4.26 (moyenne sur 24h)	50 (Réglementation française et européenne – long terme - moyenne annuelle) 40 (OMS - court terme - moyenne sur 24h)
CO	1.80 (moyenne sur 24h) 3.67 (moyenne sur 8h) 6.54 (moyenne sur 1h)	4 000 (OMS - court terme - moyenne sur 24h) 10 000 (OMS - court terme - moyenne sur 8h) 35 000 (OMS - court terme - moyenne sur 1h)
PM _{2,5}	0.03 (moyenne annuelle) 0.36 (moyenne sur 24h)	5 (OMS - long terme - moyenne annuelle) 15 (OMS - court terme - moyenne sur 24h)

Tableau 2-31. Comparaison des concentrations modélisées dans l'air avec les VG - Scénario « travailleur »

Pour les poussières, le dioxyde de soufre, les oxydes d'azote et le monoxyde de carbone, une comparaison est réalisée entre les concentrations modélisées dans l'air et les VG disponibles, celle-ci concluant à un respect de ces dernières (cf. tableau ci-dessus).

2.7 INCERTITUDES

2.7.1 Incertitudes liées aux émissions

2.7.1.1 Estimation des flux

En ce qui concerne le terme source, plusieurs hypothèses ont été prises en compte. Le tableau ci-dessous les recense, tout en précisant leur caractère majorant, minorant, représentatif ou indéterminé.

Source	Données utilisées	Caractère Majorant/Minorant/ représentatif/indéterminé
Cheminées	Caractéristiques physiques de la source (hauteur, diamètre)	Représentatif (AMO client)
	Temps de fonctionnement	Majorant (AMO client)
	Caractéristiques du rejet (vitesse d'émission, T°, concentrations en sortie...)	Représentatif pour la vitesse d'émission, la température Majorant pour les valeurs d'émission (AMO client)

Tableau 2-32. Caractère Majorant/Minorant/représentatif/indéterminé des sources

Il apparaît que les choix des paramètres pris en compte sont pour la plupart majorants, voire représentatifs d'un mode de fonctionnement observé.

2.7.1.2 Choix des VTR

Selon les organismes, les méthodes de calcul des VTR considèrent des facteurs d'incertitudes très variables. Les VTR sont élaborées en tenant compte de facteurs d'extrapolation et en fonction de l'état des connaissances actuelles.

2.7.2 Incertitudes liées au scénario d'exposition

2.7.2.1 Temps d'exposition

Dans le scénario « habitant », il a été pris en compte pour l'élaboration des Quotients de Dangers et des Excès de Risque Individuel, l'hypothèse que la population du domaine d'étude est présente 100 % du temps.

Cette hypothèse est majorante au vu des données de l'étude « Description du budget espace-temps et estimation de l'exposition de la population française dans son logement » (septembre 2009 - Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur et de l'Institut de Veille Sanitaire). La moyenne nationale du temps en heures passées à l'intérieur du logement est de 16,16.

En effet, les maisons ne sont pas occupées à 100% par leurs occupants (écoles, lieux de travail, loisirs, vacances...).

2.7.2.2 Concentrations moyennes d'exposition

Les concentrations moyennes d'exposition dans l'air sont équivalentes aux valeurs de concentrations calculées à partir de la modélisation atmosphérique. On considère donc que

le taux de pénétration des polluants dans les habitations est égal à 100 % et que les polluants ne sont pas dégradés (sous l'effet du rayonnement solaire par exemple), mais sont supposés persistants dans l'atmosphère. Cette approche est majorante.

2.7.2.3 Exposition par voie cutanée

La voie d'exposition cutanée n'est pas retenue parmi les scénarios d'exposition. Cette voie d'exposition est négligeable par rapport aux autres voies d'exposition. La peau constitue une barrière de protection, alors que des organes tels que les poumons ont un rôle d'échange entre le corps et l'extérieur. De plus, la surface de contact du polluant avec la peau est, par exemple, 200 fois plus faible que celle des poumons.

2.7.3 Incertitudes liées à la modélisation

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

2.8 CONCLUSION DE L'ÉVALUATION DES RISQUES SANITAIRES (ERS)

La Communauté d'Agglomération Lisieux Normandie a confié au Service Environnement d'APAVE une étude d'évaluation des risques sanitaires (E.R.S.) liés au projet de création d'un crématorium sur la commune de Saint Désir (14).

Cette étude vient en complément de l'« Evaluation des impacts du projet sur l'environnement » - Décembre 2021 réalisée par SOGETI Ingénierie.

L'objectif est d'évaluer les impacts sanitaires potentiels des émissions atmosphériques globales sur la population vivant et travaillant dans le voisinage du site.

L'étude a été réalisée selon la législation en vigueur et les guides des organismes reconnus.

La méthodologie appliquée correspond aux prescriptions mentionnées dans la circulaire du 09/08/2013 relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations classées et à celles préconisées dans les guides ministériels et associés (INERIS...).

Le schéma conceptuel « source-vecteur-cible » défini retient :

- les émissions atmosphériques provenant du four de crémation (source canalisée), considérant une exploitation de 23 ans avec au maximum 1700 crémations par an (borne haute correspondant à l'année 23)(approche majorante) ;
- les expositions de la population vivant et travaillant dans le voisinage du site, par inhalation et ingestion (dont consommation d'aliments auto produits).

Les éléments traceurs retenus sont ceux définis dans l'arrêté ministériel du 28 janvier 2010, considérant que les valeurs d'émission sont égales aux concentrations maximales autorisées réglementairement (approche maximisante) :

- composés organiques volatils identifiés au benzène ;
- oxydes d'azote ;
- monoxyde de carbone ;
- poussières ;
- acide chlorhydrique ;
- dioxyde de soufre ;
- dioxines et furannes ;
- mercure.

Les conclusions de la présente évaluation des risques sanitaires ne sont valables que sous réserve du respect de ces niveaux d'émissions pris comme hypothèses de base.

Les dépôts et concentrations ambiantes en éléments traceurs attribuables à l'exploitation du site ont été estimés par modélisation de la dispersion atmosphérique, à partir des caractéristiques météorologiques locales.

2 scénarii majorants sont retenus dans le cadre de cette étude :

- scénario « habitant » (enfant et adulte) avec ;
 - inhalation;

- ingestion de légumes et fruits autoproduits (potager/verger), ingestion de viande bovine et de lait de vache (prairies pâturées de la zone d'étude), de viande de poulet et d'œufs (poulailler) issus de la production locale ;
- ingestion de sol.
- scénario « travailleur (hors site d'étude) » (inhalation).

En fonction du scénario considéré, il est retenu :

- une exposition par inhalation aux concentrations moyennes maximales en éléments traceurs estimées (composés volatils et particulaires);
- une exposition par ingestion de sols et d'aliments auto produits à partir des dépôts au sol maximaux en éléments traceurs particulaires estimés.

De plus, pour les poussières, le dioxyde de soufre, les oxydes d'azote et le monoxyde de carbone, en l'absence de valeurs toxicologiques de référence disponibles, une comparaison est réalisée entre les concentrations modélisées dans l'air et les valeurs guides et de gestion disponibles.

Résultats

Pour les scénarii protecteurs retenus (expositions aux concentrations et aux dépôts maximaux obtenus par modélisation au droit de chaque type d'usage) :

- **les quotients de danger QD calculés pour les cibles exposées par inhalation et ingestion ainsi que leur somme sont inférieurs à 1, seuil de référence ;**
- **les excès de risque ERI calculés pour les cibles exposées par inhalation et ingestion ainsi que leur somme sont inférieurs à 1.10^{-5} , seuil de référence.**

Les concentrations estimées en poussières, dioxyde de soufre, oxydes d'azote et monoxyde de carbone sont inférieures aux valeurs guides et de gestion disponibles.

Les estimations réalisées dans le cadre de cette étude montrent que les émissions atmosphériques globales provenant du projet de crématorium de Saint Désir (14) ne présentent pas de risque significatif sur la santé des populations résidant et travaillant dans son environnement.

***De plus, les dépôts atmosphériques issus du projet ne modifient pas le bruit de fond sur sols de façon significative.
L'incidence de ceux-ci sur le captage AEP de Saint Désir est donc considérée comme non significative.***

ANNEXES

- 1. Présentation MODULERS**
- 2. Paramètres d'exposition retenus / MODULERS**

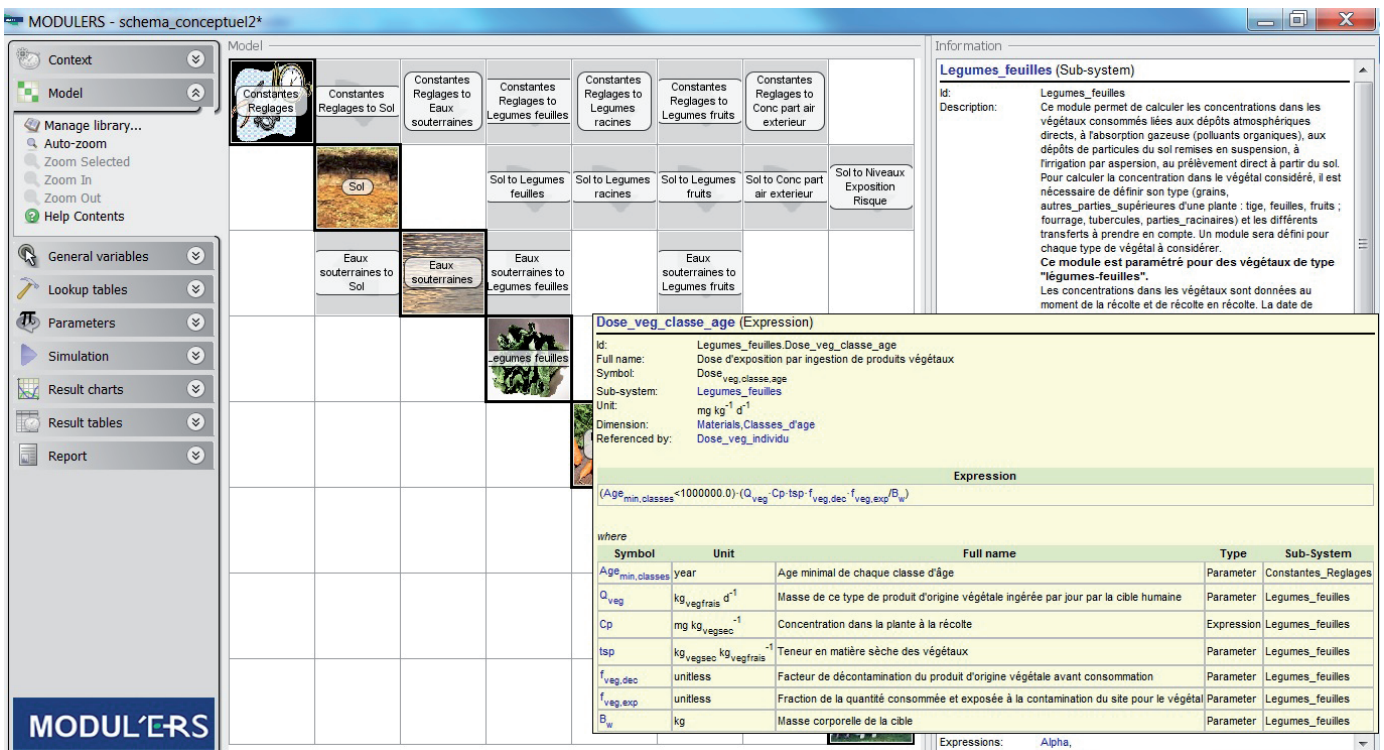
► Qu'est-ce que MODUL'ERS ?

MODUL'ERS est un outil logiciel pour la réalisation des évaluations de risque sanitaire prospectives effectuées dans le cadre de **l'analyse des effets sur la santé des Installations Classées Pour l'Environnement (ICPE)** et pour la réalisation des **Analyses de Risques Résiduels (ARR) des sites et sols pollués**. Il permet d'estimer les niveaux d'exposition et les niveaux de risque en fonction du temps.

MODUL'ERS est composé d'une plateforme de modélisation et simulation et d'une bibliothèque de modules, basée sur le manuel « Jeux d'équations pour la modélisation des expositions liées à la contamination d'un sol ou aux émissions d'une installation industrielle » (disponible sur le site internet de l'INERIS, sous la référence DRC-08—94882-16675B).

MODUL'ERS permet de :

- construire, selon le schéma conceptuel du site étudié, des modèles multimédia adaptés, en agencant les modules prédéfinis de la bibliothèque ;
- mener des simulations déterministes, probabilistes et des analyses de sensibilité sur les résultats.



The screenshot displays the MODUL'ERS software interface. The main window shows a conceptual model matrix with various components like 'Constantes Reglages to Eau souterraines', 'Sol', 'Eaux souterraines to Sol', and 'Legumes feuilles'. A detailed view of the 'Dose_veg_classe_age' expression is shown, including its full name, symbol, unit, dimension, and a table of parameters.

Symbol	Unit	Full name	Type	Sub-System
Age_min_classes	year	Age minimal de chaque classe d'âge	Parameter	Constantes_Reglages
Q_veg	kg_vegfrais d ⁻¹	Masse de ce type de produit d'origine végétale ingérée par jour par la cible humaine	Parameter	Legumes_feuilles
Cp	mg kg ⁻¹ vegsec ⁻¹	Concentration dans la plante à la récolte	Expression	Legumes_feuilles
Isp	kg_vegsec kg ⁻¹ veg ⁻¹	Teneur en matière sèche des végétaux	Parameter	Legumes_feuilles
f_veg_dec	unitless	Facteur de décontamination du produit d'origine végétale avant consommation	Parameter	Legumes_feuilles
f_veg_exp	unitless	Fraction de la quantité consommée et exposée à la contamination du site pour le végétal	Parameter	Legumes_feuilles
B_w	kg	Masse corporelle de la cible	Parameter	Legumes_feuilles

Fenêtre de présentation du modèle sous forme matricielle

Quelles sont les spécificités de MODUL'ERS ?

MODUL'ERS est un outil permettant de faire concrètement le lien entre le schéma conceptuel spécifique au site d'étude et l'évaluation prospective des expositions et des risques sanitaires. Sa flexibilité permet son utilisation dans les situations des plus simples aux plus complexes.

Flexibilité

Construction de modèles adaptés :

- en terme de mécanismes de transfert à prendre en compte (**principe de spécificité**) ;
- en terme de précision requise et d'informations disponibles (**principe de proportionnalité**).

Pour chaque substance étudiée, l'utilisateur choisit :

- les mécanismes de transfert à prendre en compte pour modéliser la concentration attendue dans les milieux ;
- entre différentes approches de modélisation, pour représenter certains mécanismes de transfert (exemples : modèle Volasoil ou Johnson et Ettinger pour le transfert de polluant du sol vers l'air intérieur, approche dynamique ou stationnaire pour le calcul des concentrations dans les matrices animales...)
- entre l'utilisation de données mesurées et le recours à la modélisation.

Transparence

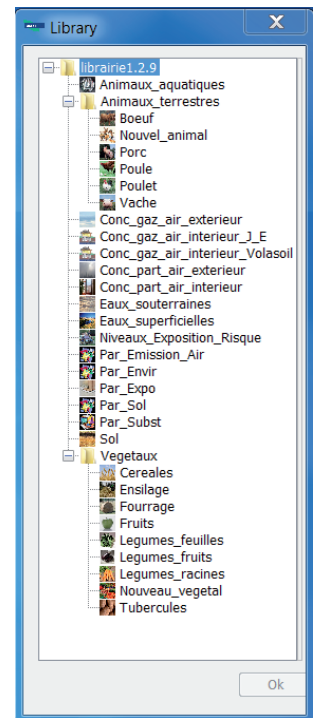
- Visualisation de l'ensemble des équations de calcul et navigation entre les variables par lien hypertexte ;
- Accès à l'ensemble des grandeurs calculées (résultats intermédiaires et finaux) ;
- Mise en évidence, à l'écran et dans le rapport éditable, des données d'entrée dont les valeurs, fournies par défaut, ont été modifiées par l'utilisateur ;
- Fourniture sur le site www.ineris.fr du manuel présentant l'origine, les hypothèses et les limites des équations utilisées, ainsi que du document regroupant les remarques des relecteurs et les réponses apportées par l'INERIS ;
- Proposition de valeurs, intervalles de valeurs ou/et distributions statistiques pour les données d'entrée. Fourniture au sein du logiciel des références utilisées et information sur le degré d'approfondissement de la recherche effectuée pour définir ces valeurs. Par la suite, des rapports annexés présenteront l'ensemble des données collectées et les choix effectués.

► Contenu de la bibliothèque

Modules pour le calcul des concentrations dans les milieux suivants :

- ♦ Sol en surface
- ♦ Eaux superficielles
- ♦ Eaux souterraines
- ♦ Air extérieur (polluants sous forme gazeuse et particulaire)
- ♦ Air intérieur (polluants sous forme gazeuse et particulaire, modèle Johnson et Ettinger, modèle Volasoil)
- ♦ Végétaux (+ 8 déclinaisons correspondant à différents types de végétaux)
- ♦ Viandes animales et produits excrétés par des animaux terrestres (+5 déclinaisons correspondant à différents types d'animaux)
- ♦ Animaux aquatiques

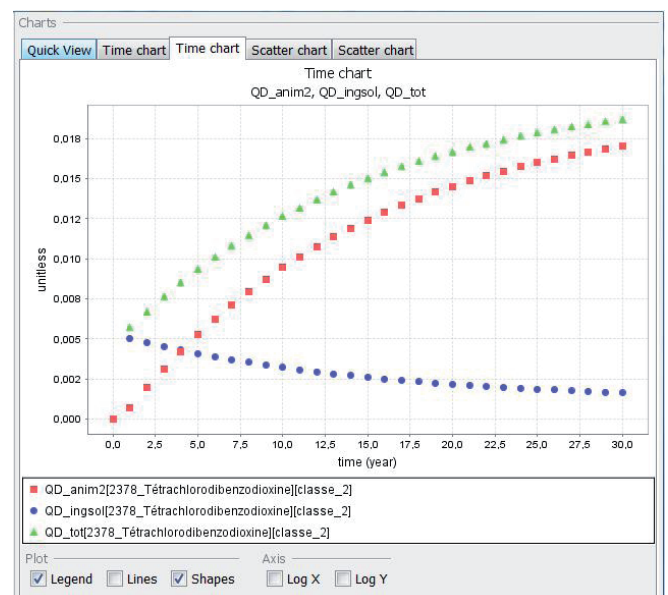
Calcul des doses d'exposition par ingestion et des concentrations inhalées



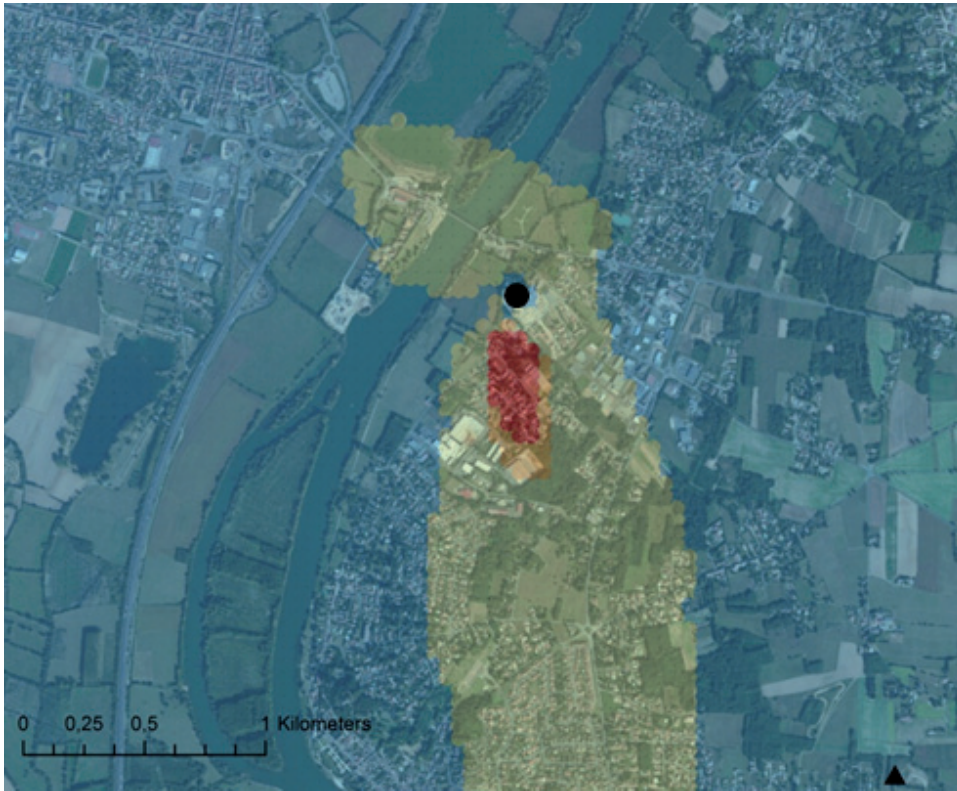
Modules contenus dans la bibliothèque

► Fonctionnalités du logiciel

- ♦ Possibilité de tenir compte au sein d'un scénario d'expositions liées à des lieux différents (exemple : ingestion de sol dans une zone résidentielle et de produits issus d'animaux, consommant différents végétaux cultivés en différents lieux)
- ♦ Calcul des risques avec différents niveaux d'agrégation (par substance, par vecteur d'exposition, par voie d'exposition, par organe cible...)
- ♦ Calcul des risques sans effet de seuil, en prenant en compte l'évolution des concentrations dans les milieux et celle des paramètres d'exposition de la cible humaine au cours du temps
- ♦ Calcul des risques à effet de seuil pour différentes classes d'âge (de 1 à 10 classes définissables)
- ♦ Ajout possible de substances à la liste prédéfinie
- ♦ Données d'entrée pouvant être importées à partir d'Excel pour reconstruire rapidement un cas sur la base d'un modèle-type ou déclinier un schéma d'exposition en de multiples points géographiques (calcul en batch)
- ♦ Résultats fournis sous forme de graphes et de tableaux
- ♦ Résultats exportables sous Excel pour des traitements statistiques complémentaires ou l'utilisation des résultats dans un SIG : voir carte de niveaux de risques au verso
- ♦ Rapport d'étude au contenu paramétrable, disponible sous format .pdf



Représentation graphique des niveaux de risques



Légende

- QD : 0.015 et - 0.02
- QD : 0.02 - 0.04
- QD : 0.04 - 0.05
- QD : 0.05 - 0.1
- Incinérateur
- ▲ Élevage de poules

Carte de quotients de dangers

► Autres usages

Au-delà de son intérêt pour les évaluations de risque sanitaire à caractère réglementaire, MODUL'ERS peut être utilisé pour des études plus larges. En particulier, il est intégré à l'outil PLAINE (Plateforme intégrée pour l'Analyse des Inégalités d'exposition Environnementales), conçu par l'INERIS pour ses travaux sur les inégalités environnementales.

► Mode de diffusion du logiciel

Le logiciel et sa documentation sont distribués sous la forme d'une clé remise dans le cadre d'une formation de deux jours. Cette formation permet aux participants de découvrir l'outil et d'apprendre à s'en servir. Le logiciel étant gratuit, toute personne ayant participé à la formation pourra le déployer sur autant de postes qu'elle le souhaite au sein de sa société et accompagner ses collègues dans son utilisation.

Le logiciel MODUL'ERS a été développé dans le cadre des programmes d'appui de l'INERIS au Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (MEDDE).

Vos contacts

- Roseline Bonnard (roseline.bonnard@ineris.fr ou modulers@ineris.fr) pour vos questions relatives à l'outil
- Stéphanie Jameaux (stephanie.jameaux@ineris.fr) ou www.ineris.fr/ineris_formation/detail/1954 pour l'inscription aux formations

Paramètres d'exposition des cibles pris en compte dans les modélisations

Budget espace temps

Scénario résidentiel majorant

Durée d'exposition Ingestion : 30 ans (source : *Guide Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – INERIS-200357-2563482-v1.0 - Septembre 2021*).

Nombre de jours d'exposition annuelle Ingestion : 365 jours / an (majorant)

Classes d'âges

7 classes d'âge retenues :

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

Source : *Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel MODULERS – Rapport INERIS-DRC-14-141968-11173C du 23/06/2017*

Masse corporelle par classe d'âge

Tableau 27 : Masse corporelle de la cible (kg) - Bw		
Classe d'âge	Valeur retenue	Intervalle de valeurs
Classe d'âge 1	7,6	4,9 – 8,2
Classe d'âge 2	12,4	9,1 – 14,4
Classe d'âge 3	17,8	12,7 – 20,5
Classe d'âge 4	28,7	19,4 – 34,2
Classe d'âge 5	47,2	31,7 – 57,4
Classe d'âge 6	60,0	43,1 -71,0
Classe d'âge 7	70,4	51,2 – 97,0

Source : *Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel MODULERS – Rapport INERIS-DRC-14-141968-11173C du 23/06/2017*

Valeurs retenues pour les modélisations :

Quantité journalière de fruits consommés par classe d'âge et part de la consommation exposée à la contamination du site

Tableau 11 : Masse de fruits consommés par jour – Qveg (kgfrais/j)

Classe d'âge	Qveg	Perc. 97,5 sur moyenne
Classe d'âge 1	1,6.10 ⁻²	-
Classe d'âge 2	5,3.10 ⁻²	
Classe d'âge 3	9,0.10 ⁻²	≈ 3 (≈ 4 pour les [18 ans ; 65 ans])
Classe d'âge 4	9,0.10 ⁻²	
Classe d'âge 5	8,3.10 ⁻²	
Classe d'âge 6	8,2.10 ⁻²	
Classe d'âge 7	1,6.10 ⁻¹	

Tableau 12 : Part de la consommation de fruits, exposée à la contamination – f_veg_exp

Intervalle de valeurs	0,1 – 0,3
Valeur ponctuelle	0,2

Source : Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel MODULERS – Rapport INERIS-DRC-14-141968-11173C du 23/06/2017

Valeurs retenues pour les modélisations :

Quantité journalière de tubercules consommés par classe d'âge et part de la consommation exposée à la contamination du site

Tableau 13 : Masse de tubercules consommés par jour – Qveg (kgfrais/j)

Classe d'âge	Qveg	Perc. 97,5 sur moyenne
Classe d'âge 1	1,8.10 ⁻²	-
Classe d'âge 2	5,2.10 ⁻²	
Classe d'âge 3	4,6.10 ⁻²	≈ 3 (≈ 2 pour les [3 ans ; 10 ans[et les 75 ans et plus)
Classe d'âge 4	4,6.10 ⁻²	
Classe d'âge 5	5,8.10 ⁻²	
Classe d'âge 6	6,0.10 ⁻²	
Classe d'âge 7	5,8.10 ⁻²	

Tableau 14 : Part de la consommation de tubercules, exposée à la contamination – f_veg_exp

Intervalle de valeurs	0,25 – 0,75
Valeur ponctuelle	0,45

Source : Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel MODULERS – Rapport INERIS-DRC-14-141968-11173C du 23/06/2017

Valeurs retenues pour les modélisations :

Quantité journalière de légumes feuilles consommés par classe d'âge et part de la consommation exposée à la contamination du site

Tableau 15 : Masse de légumes-feuilles consommés par jour – Qveg (kgfrais/j)

Classe d'âge	Qveg	Perc. 97,5 sur moyenne
Classe d'âge 1	6,6.10 ⁻³	-
Classe d'âge 2	2,2.10 ⁻²	
Classe d'âge 3	7,6.10 ⁻³	≈ 3 (≈ 2 pour les 65 ans et plus)
Classe d'âge 4	1,0.10 ⁻²	
Classe d'âge 5	1,2.10 ⁻²	
Classe d'âge 6	1,2.10 ⁻²	
Classe d'âge 7	2,4.10 ⁻²	

Tableau 16 : Part de la consommation de légumes-feuilles, exposée à la contamination – f_veg_exp

Intervalle de valeurs	0,25 – 0,65
Valeur ponctuelle	0,5

Source : Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel MODULERS – Rapport INERIS-DRC-14-141968-11173C du 23/06/2017

Valeurs retenues pour les modélisations :

Quantité journalière de légumes fruits consommés par classe d'âge et part de la consommation exposée à la contamination du site

Tableau 17 : Masse de légumes-fruits consommés par jour – Qveg (kgfrais/j)

Classe d'âge	Qveg	Perc. 97,5 sur moyenne
Classe d'âge 1	1,1.10 ⁻²	-
Classe d'âge 2	4,0.10 ⁻²	
Classe d'âge 3	6,6.10 ⁻²	≈ 3 (≈ 2 pour les 65 ans et plus)
Classe d'âge 4	6,4.10 ⁻²	
Classe d'âge 5	7,0.10 ⁻²	
Classe d'âge 6	7,2.10 ⁻²	
Classe d'âge 7	1,1.10 ⁻¹	

Tableau 18 : Part de la consommation de légumes-fruits, exposée à la contamination – f_veg_exp

Intervalle de valeurs	0,25 – 0,65
Valeur ponctuelle	0,55

Source : Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel MODULERS – Rapport INERIS-DRC-14-141968-11173C du 23/06/2017

Valeurs retenues pour les modélisations :

Quantité journalière de légumes racines consommés par classe d'âge et part de la consommation exposée à la contamination du site

Tableau 19 : Masse de légumes-racines consommés par jour – Qveg (kgfrais/j)

Classe d'âge	Qveg	Perc. 97,5 sur moyenne
Classe d'âge 1	1,5.10 ⁻²	-
Classe d'âge 2	2,6.10 ⁻²	
Classe d'âge 3	7,1.10 ⁻³	≈ 3 (≈ 2 pour les 65 ans et plus)
Classe d'âge 4	7,0.10 ⁻³	
Classe d'âge 5	8,6.10 ⁻³	
Classe d'âge 6	8,9.10 ⁻³	
Classe d'âge 7	1,2.10 ⁻²	

Tableau 20 : Part de la consommation de légumes-racines, exposée à la contamination – f_veg_exp

Intervalle de valeurs	0,25 – 0,65
Valeur ponctuelle	0,45

Source : Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel MODULERS – Rapport INERIS-DRC-14-141968-11173C du 23/06/2017

Valeurs retenues pour les modélisations :

Quantité de sol ingéré par jour

Tableau 26 : Quantité de sol ingéré par jour – Qsol (mg/j)

Classe d'âge	Valeur centrale	Valeur conservatoire
Classe d'âge 1	30	200
Classe d'âge 2	50	
Classe d'âge 3		
Classe d'âge 4		
Classe d'âge 5	20	400
Classe d'âge 6		
Classe d'âge 7		

Source : Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel MODULERS – Rapport INERIS-DRC-14-141968-11173C du 23/06/2017

Valeurs retenues pour les modélisations :

Quantité journalière de viande de volaille consommée par classe d'âge et part de la consommation exposée à la contamination du site

Tableau 1 : Masse de viande de volaille consommée par jour

Classe d'âge	Qanim1 (kg _{frais} /j)	Qanim1_mg (kg _{mg} /j)	Perc. 97,5 sur moyenne
Classe d'âge 1	2,4.10 ⁻³	1,5.10 ⁻⁴	-
Classe d'âge 2	1,1.10 ⁻²	6,8.10 ⁻⁴	
Classe d'âge 3	1,7.10 ⁻²	1,1.10 ⁻³	≈ 2
Classe d'âge 4	1,7.10 ⁻²	1,1.10 ⁻³	
Classe d'âge 5	2,3.10 ⁻²	1,4.10 ⁻³	
Classe d'âge 6	2,5.10 ⁻²	1,6.10 ⁻³	
Classe d'âge 7	3,2.10 ⁻²	2,0.10 ⁻³	

Tableau 2 : Part de la consommation de viande de volaille, exposée à la contamination – f_anim1_exp

0,20 – 0,75

Source : Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel MODULERS – Rapport INERIS-DRC-14-141968-11173C du 23/06/2017

Valeurs retenues pour les modélisations :

Quantité journalière de viande bovine consommée par classe d'âge et part de la consommation exposée à la contamination du site

Tableau 5 : Masse de viande bovine et autres viandes consommées par jour

Classe d'âge	Qanim1 (kg _{frais} /j)	Qanim1_mg (kg _{mg} /j)	Perc. 97,5 sur moyenne
Classe d'âge 1	8,9.10 ⁻³	9,4.10 ⁻⁴	-
Classe d'âge 2	3,1.10 ⁻²	3,3.10 ⁻³	
Classe d'âge 3	3,2.10 ⁻²	3,4.10 ⁻³	≈ 2
Classe d'âge 4	3,2.10 ⁻²	3,4.10 ⁻³	
Classe d'âge 5	3,9.10 ⁻²	4,1.10 ⁻³	
Classe d'âge 6	3,9.10 ⁻²	4,1.10 ⁻³	
Classe d'âge 7	4,7.10 ⁻²	4,9.10 ⁻³	

<i>Tableau 6 : Part de la consommation de viande bovine et autres viandes, exposée à la contamination – f_anim1_exp</i>	
par rapport à la matière fraîche	par rapport à la matière grasse
0,03 – 0,35	0,04 – 0,35

Source : Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel MODULERS – Rapport INERIS-DRC-14-141968-11173C du 23/06/2017

Valeurs retenues pour les modélisations :

Quantité journalière de produits laitiers consommés par classe d'âge et part de la consommation exposée à la contamination du site

<i>Tableau 7 : Masse de produits laitiers consommés par jour</i>			
Classe d'âge	Qanim2 (kg _{frais} /j)	Qanim2_mg (kg _{mg} /j)	Perc. 97,5 sur moyenne
Classe d'âge 1	1,2.10 ⁻¹	7,4.10 ⁻³	-
Classe d'âge 2	4,0.10 ⁻¹	2,4.10 ⁻²	
Classe d'âge 3	3,1.10 ⁻¹	1,9.10 ⁻²	≈ 3
Classe d'âge 4	3,1.10 ⁻¹	1,9.10 ⁻²	
Classe d'âge 5	2,6.10 ⁻¹	1,8.10 ⁻²	
Classe d'âge 6	2,3.10 ⁻¹	1,6.10 ⁻²	
Classe d'âge 7	2,1.10 ⁻¹	2,2.10 ⁻²	

<i>Tableau 8 : Part de la consommation de produits laitiers, exposée à la contamination – f_anim2_exp</i>	
par rapport à la matière fraîche	par rapport à la matière grasse
0,04 – 0,30	0,02 – 0,10

Source : Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel MODULERS – Rapport INERIS-DRC-14-141968-11173C du 23/06/2017

Valeurs retenues pour les modélisations :

Quantité journalière d'œufs consommés par classe d'âge et part de la consommation exposée à la contamination du site

Tableau 9 : Masse d'œufs consommés par jour

Classe d'âge	Qanim2 (kg _{frais} /j)	Qanim2_mg (kg _{mg} /j)	Perc. 97,5 sur moyenne
Classe d'âge 1	1,8.10 ⁻³	2,2.10 ⁻⁴	-
Classe d'âge 2	1,1.10 ⁻²	1,3.10 ⁻³	
Classe d'âge 3	1,0.10 ⁻²	1,3.10 ⁻³	≈ 4 (≈ 3 pour les 65 ans et plus)
Classe d'âge 4	1,0.10 ⁻²	1,3.10 ⁻³	
Classe d'âge 5	1,0.10 ⁻²	1,3.10 ⁻³	
Classe d'âge 6	1,1.10 ⁻²	1,3.10 ⁻³	
Classe d'âge 7	1,5.10 ⁻²	1,9.10 ⁻³	

Tableau 10 : Part de la consommation d'œufs, exposée à la contamination – f_{anim2_exp}

0,15 – 0,60

Source : Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel MODULERS – Rapport INERIS-DRC-14-141968-11173C du 23/06/2017

Valeurs retenues pour les modélisations :