MISE A JOUR DE L'EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES



www.dekra-industrial.fr

DEKRA Industrial SAS
Pôle HSE

241 rue du Général Paulet
CS 62845
29200 BREST

Interlocuteur : Adrien APPRIOU
adrien.appriou@dekra.com
Tél : 06 20 05 35 79

NobelSport

20, route du Beuzit
29590 PONT-DE-BUIS

Interlocuteur : Arnaud JOISSAINS
a.joissains@nobelsport.fr
Tél : 02 98 86 42 17

Date	Version	Modifications	Rédacteur
06/03/2026	A	-	Adrien APPRIOU

Table des matières

Liste des tableaux 4
Liste des Figures 5
Liste des Acronymes 5
1 Préambule 6
2 Objectifs de l'Evaluation des Risques Sanitaires 7
3 Inventaire des émissions 8
3.1 Présentation du site 8
3.1.1 Description générale des activités 8
3.1.2 Procédé général de fabrication 8
3.1.3 Localisation des ateliers principaux du site 11
3.2 Rejets atmosphériques du site 13
3.2.1 Description des rejets considérés 13
3.2.2 Bilan qualitatif des émissions 15
3.2.3 Bilan quantitatif des flux et vérification de la conformité des émissions 16
3.3 Emissions dans l'eau 25
3.3.1 Eaux usées domestiques 25
3.3.2 Eaux pluviales 25
3.3.3 Effluents industriels 25
4 Evaluation des enjeux et des voies d'exposition 28
4.1 Délimitation de la zone d'étude 28
4.2 Caractérisation des populations et des usages 30
4.2.1 Description de la population 30
4.2.2 Localisation des habitations 30
4.2.3 Localisation des populations sensibles ou vulnérables 30
4.2.4 Localisation des Etablissements Recevant du Public (ERP) avoisinants 31
4.2.5 Les usages 31
5 Evaluation des dangers 33
5.1 Sélection des substances sur la base de leur VTR 33
6 Evaluation des expositions 38
6.1 Choix des polluants traceurs et des concentrations à l'émission 38
6.1.1 Choix des polluants traceurs 38
6.1.2 Choix des quantités émises 38
6.2 Modélisation de la dispersion atmosphérique 39
6.2.1 Outil de modélisation 39
6.2.2 Données d'entrée 40
6.2.3 Résultats 46
6.3 Schéma conceptuel 54
6.3.1 Voies de transfert et milieux d'exposition 54
6.3.2 Sélection des cibles 56
6.3.3 Concentrations aux points d'exposition 58
6.3.4 Dépôts aux points d'exposition 59

6.4 Quantification de l'exposition 60
6.4.1 Formules générales de calcul de l'exposition 60
6.4.2 Evaluation liée à l'inhalation 61
6.4.3 Evaluation liée à l'ingestion de sols 63
6.4.4 Evaluation liée au contact cutané 66
6.4.5 Evaluation liée à l'ingestion d'aliments autoproduits d'origine végétale 67
6.4.6 Evaluation liée à l'ingestion de poissons 72
7 Caractérisation des risques 73
7.1 Principe de l'évaluation 73
7.1.1 Calcul de risque pour les substances non cancérogènes 73
7.1.2 Calcul de risque pour les substances cancérogènes 74
7.2 Résultats de la caractérisation des risques 75
7.2.1 Vue d'ensemble des résultats 75
7.2.2 Résultats de la caractérisation des risques – Cibles Hm Adultes 78
7.2.3 Résultats de la caractérisation des risques – Cibles Hm Enfants 80
7.2.4 Résultats de la caractérisation des risques – Cibles E1 Adultes 82
7.2.5 Résultats de la caractérisation des risques – Cibles P3 Enfants 84
7.2.6 Impact sur l'environnement des composés émis ne disposant pas de VTR 86
7.2.7 Commentaires sur les résultats 87
7.3 Analyse des incertitudes 88
7.3.1 Variabilité des flux et des concentrations à l'émission 88
7.3.2 Toxicité des composés 90
7.3.3 Paramètres d'exposition 90
7.3.4 Paramètres relatifs à la modélisation 91
7.3.5 Conclusions sur les incertitudes 91
8 Conclusion de l'Evaluation des Risques Sanitaires 92

Liste des tableaux

Tableau 1 : Bilan qualitatif des émissions de COV 15
Tableau 2 : Description des rejets canalisés 16
Tableau 3 : VLE applicables aux rejets canalisés 16
Tableau 4 : Synthèse des mesures effectuées sur les rejets canalisés 18
Tableau 5 : Synthèse des émissions issues du PGS 2024 19
Tableau 6 : Détail des flux entrants et sortants (en tonnes) - 2024 19
Tableau 7 : Détail des flux entrants et sortants (en tonnes) - configuration future 20
Tableau 8 : Quantités retenues dans le cadre de l'ERS (en tonnes) 20
Tableau 9 : Répartition des émissions de solvant (en tonnes) 21
Tableau 10 : Flux de polluants émis par le brûlage 23
Tableau 11 : Evolution de la consommation du site en gaz naturel 24
Tableau 12 : Facteurs d'émission retenus, par polluant 24
Tableau 13 : Flux annuel de la chaufferie 24
Tableau 14 : Liste des VTR retenues - Effets à seuil 35
Tableau 15 : Liste des VTR retenues - Effets sans seuil 36
Tableau 16 : Critères de qualité de l'air retenus 37
Tableau 17 : Substances non retenues 37
Tableau 18 : Caractéristiques des rejets considérés 41
Tableau 19 : Description des récepteurs retenus 43
Tableau 20 : Flux à l'émission des sources canalisées 45
Tableau 21 : Flux à l'émission des sources diffuses (hors aire de brûlage) 45
Tableau 22 : Flux à l'émission de l'aire de brûlage 45
Tableau 23 : Concentrations moyennes annuelles modélisées (1/2), en µg/m^3 46
Tableau 24 : Concentrations moyennes annuelles modélisées (2/2), en µg/m^3 47
Tableau 25 : Dépôts au sol (1/2), en µg/m²/s 48
Tableau 26 : Dépôts au sol (2/2), en µg/m²/s 49
Tableau 27 : Identification des points d'impact maximaux 52
Tableau 28 : Concentrations modélisées des cibles retenues 58
Tableau 29 : Dépôts maximaux modélisés 59
Tableau 30 : Paramètres des cibles 61
Tableau 31 : Résultats des concentrations inhalées 62
Tableau 32 : Résultats des concentrations dans les sols 65
Tableau 33 : Paramètres liés aux récepteurs pour l'ingestion de sol 65
Tableau 34 : Résultats de DJE pour l'ingestion des sols 66
Tableau 35 : Paramètres liés à la concentration de polluants dans les végétaux 69
Tableau 36 : Quantités retenues de végétaux autoproduits 69
Tableau 37 : Facteurs de bioconcentration retenus 70
Tableau 38 : Résultats des DJE pour l'ingestion de fruits et légumes 71
Tableau 39 : Résultats des DJE pour l'ingestion de poissons 72
Tableau 40 : Résultats de la caractérisation des risques - Cibles Hm Adultes 78
Tableau 41 : Résultats de la caractérisation des risques - Cibles Hm Enfants 80
Tableau 42 : Résultats de la caractérisation des risques - Cibles E1 Adultes 82
Tableau 43 : Résultats de la caractérisation des risques - Cibles P3 Enfants 84
Tableau 44 : Comparaison des concentrations maximales modélisées aux seuils de référence 86
Tableau 45 : Synthèse des données majorées 88
Tableau 46 : Quantités retenues dans le cadre de l'ERS (en tonnes) 89

Liste des Figures

Figure 1 : Process de fabrication de poudres extrudées simples bases poreuses 9
Figure 2 : Description de l'unité de distillation 11
Figure 3 : Localisation des ateliers principaux 12
Figure 4 : Illustration de la hotte et du matériel de mesure utilisés 22
Figure 5 : Localisation du point de rejet des effluents industriels aqueux 26
Figure 6 : Représentation d'une zone de 3km autour du site 28
Figure 7 : Profils altimétriques du site 29
Figure 8 : Localisation des habitations et des usages 32
Figure 9 : Logigramme d'aide au choix des VTR 34
Figure 10 : Rose des vents utilisée pour la modélisation 40
Figure 11 : Localisation et nature des points de rejets atmosphériques 42
Figure 12 : Localisation des points récepteurs 44
Figure 13 : Localisation des points d'impact maximaux 53
Figure 14 : Schéma conceptuel 55
Figure 15 : Localisation des cibles H6, H8, E1 et P3 57
Figure 16 : Potentiel d'exposition par ingestion 63
Figure 17: Somme des QD et comparaison avec le seuil d'acceptabilité 75
Figure 18 : QD par cible et par voie d'exposition 76
Figure 19 : Somme des ERI, et comparaison avec le seuil d'acceptabilité 77
Figure 20 : ERI par cible et par voie d'exposition 77
Figure 21 : QD par voie d'exposition et par substance – Hm Adultes 79
Figure 22 : ERI par voie d'exposition et par substance – Hm Adultes 79
Figure 23 : QD par voie d'exposition et par substance – Hm Enfants 81
Figure 24 : ERI par voie d'exposition et par substance – Hm Enfants 81
Figure 25 : QD par voie d'exposition et par substance – E1 Adultes 83
Figure 26 : ERI par voie d'exposition et par substance – E1 Adultes 83
Figure 27 : QD par voie d'exposition et par substance – P3 Enfants 85
Figure 28 : ERI par voie d'exposition et par substance – P3 Enfants 85

Liste des Acronymes

BTEX : Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes
COV : Composé Organique Volatil
DJE : Dose Journalière d'Exposition
ERI : Excès de Risque Individuel
ERS : Evaluation des Risques Sanitaires
FDS : Fiche de Données de Sécurité
HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
INRS : Institut National de Recherche et de Sécurité
InVS : Institut de Veille Sanitaire
QD : Quotient de Danger
US EPA : Agence Américaine de Protection de l'Environnement
VLE : Valeur Limite d'Emission
VTR : Valeur Toxicologique de Référence

1 PREAMBULE

La société NobelSport, implantée sur la commune de Pont-de-Buis lès Quimerc'h (29) est spécialisée dans la production de poudre de chasse et de tir sportif. Le site est classé SEVESO seuil haut au titre des ICPE, en particulier pour la fabrication et le stockage de produits explosifs (rubriques 4210 et 4220 de la nomenclature des ICPE).

NobelSport a récemment fait évoluer sa production suite à un Arrêté Préfectoral émis en 2022 (production maximale autorisée de 3100T) et d'un Porter à connaissance en 2024 (production élevée à 3400T). Le site a pour projet d'augmenter sa production à 4300 tonnes.

Dans ce cadre, le dépôt d'un nouveau dossier d'autorisation sera réalisé, intégrant une étude d'impact.

La présente Evaluation des Risques Sanitaires vise à étudier l'impact des rejets du site, dans sa configuration future, sur la santé des populations avoisinantes.

Une ERS ayant par ailleurs été menée en 2021, certaines données d'entrée pourront être réutilisées dans le cadre de la présente étude.

2 OBJECTIFS DE L'EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES

Une Evaluation des Risques Sanitaires doit permettre de déterminer les conséquences du fonctionnement normal d'installations sur la santé des populations riveraines. Les expositions considérées sont donc des expositions de longue durée, dites chroniques.

Cette étude a pour but de présenter de manière explicite aux différentes parties les éléments d'analyse. Elle doit respecter les principes suivants :

Principe de spécificité	**Principe de prudence scientifique**
Il assure la pertinence de l'étude par rapport à l'usage et aux caractéristiques du site et de son environnement. Il doit prendre en compte le mieux possible les caractéristiques propres du site, de la source de pollution et des populations potentiellement exposées.	Il consiste à adopter, en cas d'absence de données reconnues, des hypothèses raisonnablement majorantes définies pour chaque cas à prendre en compte.
Principe de proportionnalité	**Principe de transparence**
Il veille à ce qu'il y ait cohérence entre le degré d'approfondissement de l'étude et l'importance des incidences prévisibles de la pollution. Ce principe peut conduire à définir une démarche par approches successives dans l'évaluation des risques pour la santé.	Etant donné qu'il n'existe pas une connaissance absolue, le choix des hypothèses, des outils à utiliser, du degré d'approfondissement nécessaire relève du jugement et du savoir-faire de l'évaluateur face à chaque cas d'étude particulier. La règle de l'évaluation des risques est que ces choix soient cohérents et expliqués par l'évaluateur, afin que la logique du raisonnement puisse être suivie et discutée par les différentes parties intéressées. L'objectif de transparence des termes de la conclusion de l'étude sera ainsi respecté.

Le travail a été mené conformément aux dispositions de la *circulaire du 9 août 2013 « relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations classées soumises à autorisation dans le cadre des volets santé des dossiers d'autorisation d'exploiter »*.

Ce dossier a été réalisé suivant la méthodologie préconisée dans les guides des ministères de la santé et de l'environnement :

- *Guide méthodologique sur l'Evaluation des Risques Sanitaires liés aux substances chimiques dans l'étude d'impact des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement. INERIS - Version 2003 ;*
- *Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées. INERIS, première et deuxième éditions, août 2013 et septembre 2021* ;
- *La note d'information n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 pour l'aide à la sélection des VTR.*

Les grandes étapes d'une ERS, sur lesquelles se base la présente étude, sont les suivantes :

- Caractérisation du site et de son environnement ;
- Inventaire des substances par catégorie de rejet, détermination des flux à l'émission et choix de « traceurs du risque » ;
- Identification du danger : étude de la dangerosité des substances pour l'homme et de la relation dose-réponse ;
- Evaluation des expositions ;
- Caractérisation du risque ;
- Analyse des incertitudes.

3 INVENTAIRE DES EMISSIONS

3.1 PRESENTATION DU SITE

3.1.1 DESCRIPTION GÉNÉRALE DES ACTIVITÉS

Les activités principales du site de NobelSport, situé à Pont-de-Buis lès Quimerc'h (29), sont les suivantes :
- La fabrication de poudres pour chasse et tir sportif (extrudées et/ou granulées) ;
- La fabrication et des tirs d'essais de grenades lacrymogènes ;
- La fabrication de matériaux composites.

Dans le cadre de ces activités, le site accueille :

- Des bâtiments de stockage de matières premières ;
- Des bâtiments de stockage de produits finis ;
- Des ateliers de production ;
- Une aire de brûlage des déchets pyrotechniques issus des lignes de production ;
- Une chaufferie gaz pour la production de vapeur ;
- Un laboratoire de caractérisations et d'analyses.

3.1.2 PROCÉDÉ GÉNÉRAL DE FABRICATION

3.1.2.1 *Produits chimiques utilisés*

Le procédé de fabrication des poudres sur le site de NobelSport est un procédé continu. Les poudres fabriquées sur le site sont essentiellement composées de nitrocellulose (agent propulsif) et des additifs suivants :
- Diphénylamine (ou DPA) : stabilisant ;
- Sulfate de sodium : utilisé pour créer des microporosités dans les poudres, de manière à augmenter la surface spécifique de combustion. Cette substance ne se retrouve pas dans le produit final ;
- Cryolite de sodium : sel anti-lueur ;
- Colorants : utilisés uniquement à des fins commerciales ;
- Graphite : élimine les charges électrostatiques, et facilite l'écoulement de la poudre produite.

Des solvants sont également utilisés sur site, afin de déshydrater et de gélatiniser la nitrocellulose. La déshydratation est réalisée avec de l'éthanol. La gélatinisation des poudres extrudées est réalisée à l'aide d'acétone et d'éthanol (non dénaturé), et celle des poudres granulées est effectuée avec de l'acétate d'éthyle.

3.1.2.2 *Etapes de fabrication*

La production de poudres se divise en deux types de chaînes de fabrication :
- La chaîne des poudres extrudées (procédé BIVIS, comprenant trois unités de production) sous forme de paillettes, disques, cylindres et poudres tubulaires ;
- La chaîne des poudres granulées.

Ces deux chaînes ont en commun des unités de séchage, de mélange et d'encaissage.

La nitrocellulose gélatinisée et additivée (DPA, sulfate de sodium, cryolite de sodium, colorants) est mise en forme par extrusion et découpage ou par granulation, en fonction de la chaîne de fabrication. La phase de finition comprend éventuellement un trempage, un ébarbage, un graphitage, un séchage, un mélange et un encaissage final.

Le schéma de principe suivant synthétise les différentes étapes de fabrication des poudres extrudées, et rappelle pour chaque étape les intrants et sortants.

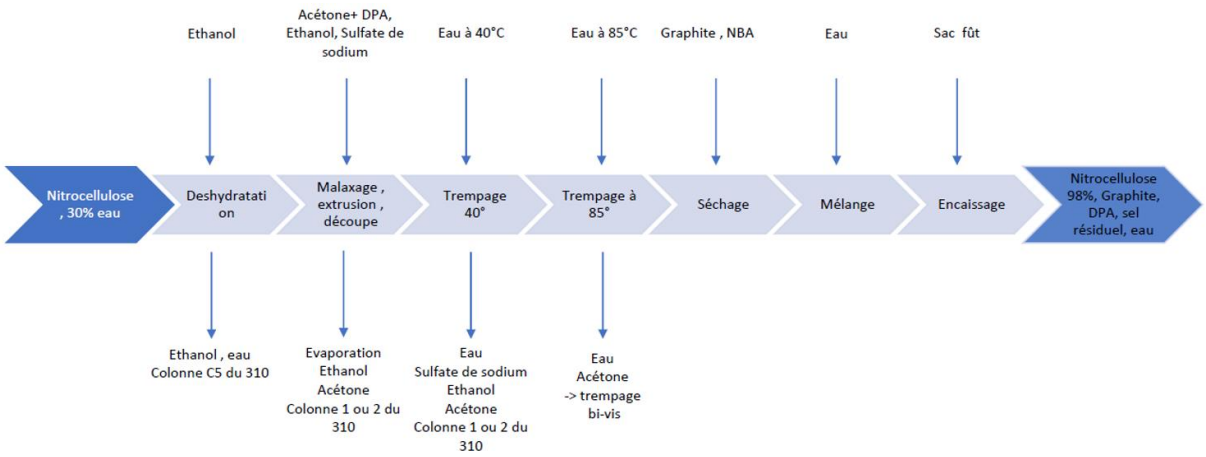


Figure 1 : Process de fabrication de poudres extrudées simples bases poreuses

3.1.2.3 ***Les différents ateliers***

Les activités principales nécessaires à la fabrication des poudres sur le site de Pont-de-Buis, et susceptibles d'être considérées dans la présente étude, sont décrites dans les paragraphes suivants.

3.1.2.3.1 Les presses à déshydrater (PAD)

La nitrocellulose est transportée avec un fort taux d'humidité (supérieur à 26%). La déshydratation consiste à remplacer l'eau contenue dans la nitrocellulose par de l'éthanol. Cette opération est actuellement effectuée à l'aide de deux presses au sein du bâtiment 138 (au sud du site), et d'une presse plus récente au bâtiment 091 (au nord-est). Dans la configuration future du site, les deux PAD du bâtiment 138 seront déplacées dans les bâtiments 092 et 093, en cours de construction à proximité du bâtiment 091.

3.1.2.3.2 Les BIVIS

Préalablement à la production au niveau des BIVIS, la DPA est dissoute dans le solvant utilisé pour la gélatinisation, afin de garantir l'introduction du stabilisant dans toute préparation. Ce mélange préalable est effectué au sein des bâtiments 074 et 082 pour les poudres extrudées (mélange DPA/Acétone), et au sein du bâtiment 071 pour les poudres granulées (mélange DPA/acétate d'éthyle).

Les BIVIS sont les unités de production qui effectuent, en continu :

- Le mélange et le malaxage des matières premières (gélatinisation) :
  - Nitrocellulose déshydratée ;
  - Poudres recyclées ;
  - Solvants additionnés de DPA ;
  - Additifs.
- L'extrusion de la pâte obtenue, au travers d'une filière ;
- Le découpage de la pâte extrudée, à l'aide d'un plateau tournant à couteaux.

Les poudres extrudées obtenues sont transportées vers un extracteur de sulfate de sodium en continu, puis transférées sous eau vers les ateliers de finition.

Le bâtiment 084 (BV3) est pourvu d'une colonne élévatrice vibrante et chauffante dédiée à l'essorage des poudres. Ce système permet d'avoir un meilleur contrôle de l'évaporation des solvants.

3.1.2.3.3 La granulation – bâtiment 071

La fabrication des poudres granulées est effectuée au sein du bâtiment 071, et consiste en une granulation de nitrocellulose humide (avec ou sans ajout de poudre recyclée) dans une cuve agitée en milieu eau / acétate d'éthyle / DPA.

En cours de granulation, le pourcentage de sulfate de sodium est introduit pour régler la balistique de la poudre. Le solvant est ensuite récupéré, et l'acétate d'éthyle obtenu par distillation est stocké dans des cuves, avant d'être réintroduit dans le process.

La chaîne des poudres granulées implantée au bâtiment 071 se compose de 3 granulateurs, équipements qui effectuent en discontinu (procédé batch) la phase de gélatinisation, et de deux lits fluidisés pour le séchage.

3.1.2.3.4 Ateliers de trempage et de séchage

Les poudres obtenues en sortie des unités BIVIS sont acheminées par transport hydraulique vers les ateliers de finition, dans les bâtiments « 700 », et sont stockées en cuves sous eau. Elles subissent un second trempage à contre-courant dans un extracteur de sulfate de sodium avec de l'eau chauffée à 85°C.
Cette phase de trempage vise à extraire le sulfate de sodium et les solvants, et utilise de l'eau. Cette eau est ensuite traitée par l'unité de distillation (bâtiment 310), jouant un rôle important sur la dépollution de l'eau et la récupération des solvants.

Les poudres sont ensuite ébarbées en humide dans un mélangeur à socs, pré-graphitées, pré-séchées dans un lit fluidisé vibré, graphitées puis séchées dans un lit fluidisé statique. Après séchage, elles sont conditionnées en fûts de transfert sur palettes et stockées, en attente de mélange et d'encaissage.

3.1.2.3.5 Mélange et encaissage

Après séchage, toutes les poudres sont échantillonnées afin d'évaluer leurs caractéristiques balistiques. La phase de mélange est destinée à homogénéiser ces caractéristiques, et est effectuée dans des bâtiments du « secteur 4 » au moyen d'unités robotisées.

A la suite d'un stockage temporaire en fûts de transfert, les poudres sont conditionnées dans les emballages agréés au transport après avoir subi un tamisage de sécurité.

3.1.2.3.6 L'unité de distillation – bâtiment 310

Le site possède une unité de régénération des solvants contenant cinq colonnes de distillation. Les eaux solvantées en entrée de cette unité sont des mélanges composés d'acétone, d'éthanol et d'eau dans des proportions variables.

Elles sont stockées avant distillation dans cinq cuves de capacité unitaire de 100m^3 :

- Quatre cuves pour des mélanges contenant généralement moins de 5% en masse de solvants ;
- Une cuve d'éthanol à 50%.

Cette unité de distillation date des années 1990, et une nouvelle unité sera présente dans la configuration future du site en 2027, à côté de l'existante. Les deux unités ne fonctionneront pas simultanément, et l'unité de distillation actuelle servira principalement de secours.

Un schéma descriptif de l'unité de distillation actuelle est présenté ci-dessous :

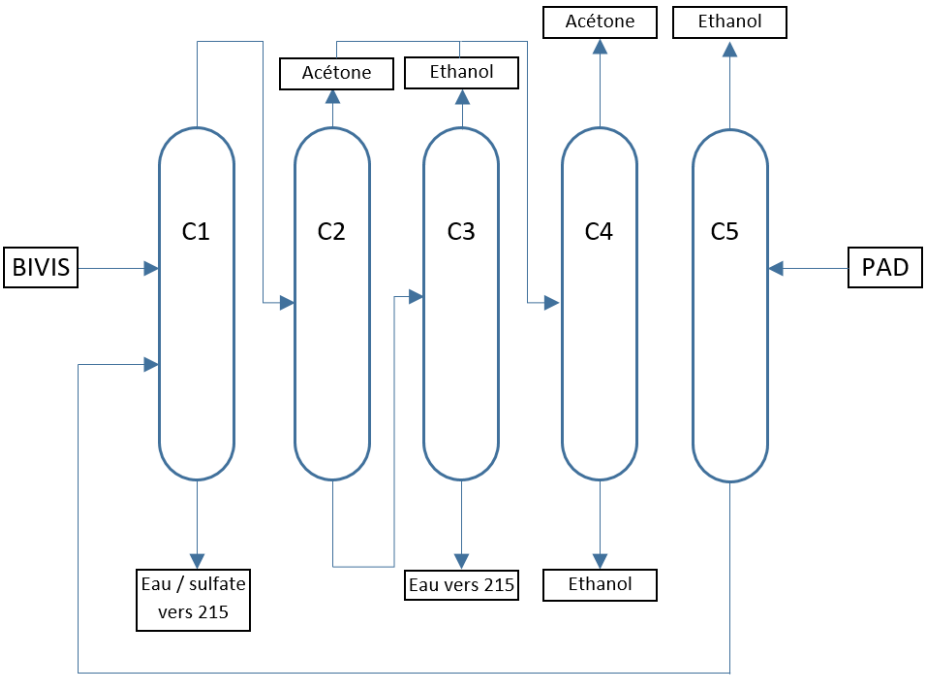


Figure 2 : Description de l'unité de distillation

3.1.2.3.7 L'aire de brûlage des déchets pyrotechniques

Les déchets pyrotechniques générés par le site de Pont-de-Buis sont encadrés par l'arrêté préfectoral n° 2022-41-A du 25 Novembre 2022, et la quantité maximale générée est limitée à 100T par an en équivalent sec.
Le mode d'élimination en vigueur à ce jour est le brûlage à l'air libre, méthode usuellement utilisée dans la profession et autorisée par l'arrêté du 02 février 1998.

Les déchets pyrotechniques brûlés sur l'aire dédiée proviennent :

- Du pompage des fosses de décantation des bâtiments de production, à travers lesquelles transitent les eaux de nettoyage ;
- Des boudins issus des BIVIS avant la phase d'extrusion ;
- Du décanteur lamellaire ;
- Du décanteur final 215.

3.1.2.3.8 La chaufferie

La chaufferie (bâtiment 318) est située à proximité de la Douffine et de la limite sud-est du site. Elle était équipée, jusqu'en 2025, de deux chaudières fonctionnant au gaz naturel et de puissance 4224 kW.

Une des deux chaudières a été remplacée en 2025 par un modèle nouvelle génération. La puissance thermique nominale de la nouvelle chaudière s'élève à 10 000 kW au lieu de 4224kW pour l'ancienne. Elle produit 8t/h de vapeur à 11 bar de pression.

Le site possède également une chaudière fuel de 232kW (bâtiment 504), ainsi qu'un groupe électrogène fonctionnant au FOD (puissance 1700kVA)

3.1.3 LOCALISATION DES ATELIERS PRINCIPAUX DU SITE

La localisation des activités principales nécessaires à la fabrication des poudres sur le site de Pont-de-Buis, et susceptibles d'être considérées dans la présente étude, est présentée dans la figure de la page suivante.



Figure 3 : Localisation des ateliers principaux

3.2 REJETS ATMOSPHERIQUES DU SITE

3.2.1 DESCRIPTION DES REJETS CONSIDERES

3.2.1.1 *Emissions des presses à déshydrater*

Les presses à déshydrater verticales présentes sur site ont pour fonction de remplacer l'eau contenue dans la nitrocellulose par de l'éthanol. Compte-tenu de la sensibilité du procédé, ces installations ne possèdent pas de cheminée d'extraction. Seul de l'éthanol est susceptible d'être émis par cette activité, et les émissions associées sont considérées comme entièrement diffuses.

Dans la configuration actuelle, les PAD sont situées au niveau des bâtiments 91 et 138. Dans la configuration future du site, les PAD seront en fonctionnement au sein des bâtiments 91, 92 et 93.
Afin d'englober les émissions actuelles et futures du site et de majorer volontairement les émissions, il sera considéré dans la présente étude que cinq PAD peuvent fonctionner simultanément sur site, au niveau des bâtiments 91, 92, 93 et 138 (2 PAD dans ce dernier bâtiment). Cette hypothèse est purement fictive et volontairement majorante, dans la mesure où seules quatre presses à déshydrater sont existantes sur le site, et qu'il n'est pas prévu d'en faire fonctionner plus de trois.

Cette hypothèse réalisée en première approche est donc hautement majorante.

3.2.1.2 *Emissions associées à la dissolution de DPA*

La dissolution de la DPA dans les solvants (acétone aux bâtiments 074 et 082, et acétate d'éthyle dans le bâtiment 071) est réalisée en système clos, dans des cuves dédiées fermées. Les émissions de COV lors de ces opérations apparaissent donc comme négligeables, et ne seront pas retenues dans la suite de l'étude.

3.2.1.3 *Emissions associées à la granulation*

La granulation est effectuée au sein du bâtiment 071, par le mélange de nitrocellulose humide, d'eau, d'acétate d'éthyle et de stabilisant dans une cuve. Seul de l'acétate d'éthyle est susceptible d'être émis par cette activité, et les émissions associées sont considérées comme entièrement diffuses.

La diphénylamine (stabilisant) possédant une pression de vapeur de 0,03 Pa à 20°C, cette substance n'est pas considérée comme volatile, et ne sera pas considérée comme pouvant être émise à l'atmosphère.

3.2.1.4 *Emissions des BIVIS*

Les substances susceptibles d'être émises au niveau des BIVIS sont les solvants utilisés lors de la production, à savoir l'éthanol et l'acétone. Une colonne d'abattage, refroidie à l'eau, équipe chaque BIVIS pour récupérer des solvants diffus et canalisés.
Les flux de solvants canalisés et traités dans les colonnes sont émis au niveau des cheminées associées.
Des émissions diffuses de solvants sont également attendues au niveau de ces zones de production, et seront considérées dans la suite de l'étude.

3.2.1.5 *Emissions de l'unité de distillation*

L'unité de distillation actuelle (bâtiment 310) possède des colonnes et des cuves de stockage au sein desquelles des émissions de solvants sont possibles au niveau des évents. Des émissions diffuses d'éthanol et d'acétone seront ainsi considérées au niveau de cette installation.

Dans le cadre du projet, une nouvelle unité de distillation (bâtiment 311) sera construite sur le site, près du bâtiment 310 existant. Cette nouvelle installation, plus capacitaire, sera dimensionnée aux besoins du site dans sa configuration future. L'unité 310 sera conservée et servira uniquement d'installation de secours, les deux unités n'étant pas destinées à être utilisées simultanément.

Le fournisseur de la future unité de distillation (311) donne les valeurs indicatives suivantes en ce qui concerne les émissions d'éthanol et d'acétone au niveau des évents de process, en sortie de la colonne d'abattage :

- Débit d'éthanol : ~1,6 g/h
- Débit d'acétone : ~0,2g/h.

Ces valeurs sont négligeables par rapport aux estimations d'émissions diffuses issues de la 310 (facteur supérieur à 1000).

Dans le cadre de la présente étude, les émissions associées à l'unité de distillation seront calculées sur la base des émissions actuelles de la 310, et pondérées avec l'augmentation de production. Cette hypothèse est ainsi volontairement majorante, dans la mesure où les émissions de solvants du bâtiment 311 seront bien plus faibles.

3.2.1.6 *Emissions dues au brûlage*

Le site produit des déchets pyrotechniques issus :

- Des fosses de décantation des bâtiments de production, à travers lesquelles transitent les eaux de nettoyage ;
- Des boudins issus des BIVIS avant la phase d'extrusion ;
- Du décanteur lamellaire ;
- Du décanteur final 215.

Compte tenu de leur spécificité, ceux-ci ne peuvent être transportés et ne disposent pas de filière de traitement. La voie de traitement utilisé par le site est le brûlage sur une aire dédiée. L'arrêté préfectoral n° 2022-41-A du 25 Novembre 2022 (article 2.4.1) autorise l'élimination sur site de 100T de déchets pyrotechniques par an. L'ERS menée en 2021 a modélisé la dispersion atmosphérique des polluants émis par le brûlage de 150T de déchets pyrotechniques par an, et en a évalué l'impact sur les populations avoisinantes. La nature et la quantité des polluants émis par cette activité avait été déterminée à l'aide d'une campagne de mesure sur un tonnage type de déchet, et d'un screening des polluants émis.

Dans le cadre du projet en cours, le site souhaite demander la possibilité d'augmenter la quantité de déchets brûlés à l'année, et de la porter à 150T. La nature des déchets étant inchangée, l'étude menée en 2021 reste d'actualité, et servira à déterminer les flux à l'émission dans le cadre de la présente étude. Dans le cadre de la présente ERS, les hypothèses d'entrées seront volontairement majorées, et le brûlage fictif de 200T de déchets pyrotechniques sera étudié.

3.2.1.7 *Emissions des installations de combustion*

Le site possède les installations de combustion suivantes :

- Chaufferie (Bât 318) avec deux chaudières au gaz naturel ≤ (1 x 4 224 kW + 1 x 10 000 kW) ;
- Chaudière fuel (Bât 504) : 232 kW ;
- Groupe électrogène au FOD ≤ 1x 1 700 kW.

Au vu de la puissance des installations et de leur fonctionnement en situation normale, les deux chaudières principales du bâtiment 318 pourront être considérées dans la présente étude.

Du monoxyde de carbone et des oxydes d'azote sont notamment susceptibles d'être émis par ces installations.

3.2.2 BILAN QUALITATIF DES EMISSIONS

Une synthèse qualitative des rejets de COV considérés dans le cadre de la présente étude est présentée dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Bilan qualitatif des émissions de COV

Origine de la source	Activité	Emplacement du rejet	Nature des émissions	Géométrie du rejet
PAD 1	Déshydratation	138 & 092	Ethanol	Diffus
PAD 2	Déshydratation	138 & 093	Ethanol	Diffus
PAD 3	Déshydratation	091	Ethanol	Diffus
Bâtiment 071	Granulation	071	Acétate d'éthyle	Diffus
BIVIS 1	Production	081	Ethanol / Acétone	Canalisé et diffus
BIVIS 2	Production	081	Ethanol / Acétone	Canalisé et diffus
BIVIS 3	Production	084	Ethanol / Acétone	Canalisé et diffus
Unité 310/311	Distillation	310/311	Ethanol / Acétone	Diffus
Aire de brûlage	Brûlage de déchets pyro.	Aire de brûlage	Diverses substances mesurées	Diffus
Chaufferie	Combustion	318	CO, NO_x, PM_{10}, SO_x	Canalisé

3.2.3 BILAN QUANTITATIF DES FLUX ET VÉRIFICATION DE LA CONFORMITÉ DES ÉMISSIONS

3.2.3.1 *Règlementation applicable*

3.2.3.1.1 Rejets canalisés de solvants

L'arrêté préfectoral daté du 25 Novembre 2022 donne une description des rejets canalisés du site :

Tableau 2 : Description des rejets canalisés

N° de conduit	Installations raccordées	Caractéristiques	Hauteur colonne en m	Hauteur cheminée en m	Diamètre colonne en mm	Diamètre cheminée en mm
Conduit Bivis 1	Atelier Bivis 1	Canalise les effluents gazeux chargés en solvants	11	1	500	100
Conduit Bivis 2	Atelier Bivis 2	Canalise les effluents gazeux chargés en solvants	12	2	500	200
Conduit Bivis 3	Atelier Bivis 3	Canalise les effluents gazeux chargés en solvants	18,5	4	900	400

Le point 2.2 de l'arrêté préfectoral du 25 Novembre 2022 mentionne par ailleurs les VLE suivantes pour les rejets canalisés considérés :

Tableau 3 : VLE applicables aux rejets canalisés

Conduit	Paramètre	Concentration ($mg.C/Nm^3$)	Flux (kg.C/h)
Conduit Bivis 1	Composés organiques volatils totaux - COV	110	1
Conduit Bivis 2	Composés organiques volatils totaux - COV	110	1
Conduit Bivis 3	Composés organiques volatils totaux - COV	110	1,5
TOTAL	**Composés organiques volatils totaux - COV**		**3,5**

Les VLE mentionnées dans le tableau précédent sont considérées respectées si :

- Sur la période de 0 à 2 ans à compter de la date de signature de l'arrêté, 60% des mesures mensuelles réalisées sur une année calendaire glissante sont inférieures aux VLE en flux mentionnées et 100% des mesures mensuelles réalisées sont inférieures à 2 kg.C/h ;
- Sur la période de 2 à 5 ans à compter de la date de signature de l'arrêté, 80% des mesures mensuelles réalisées sur une année calendaire glissante sont inférieures aux VLE en flux mentionnées et 100% des mesures mensuelles réalisées sont inférieures à 1,5 kg.C/h ;
- A partir de 5 ans à compter de la date de signature de l'arrêté, 100% des mesures mensuelles sont inférieures aux VLE en flux mentionnées.

Le flux annuel d'émissions diffuses de COVnm ne doit par ailleurs pas dépasser 239,4 tonnes en équivalent solvant par an, pour une production annuelle de 3100 tonnes de poudre.

3.2.3.1.2 Rejets des installations de combustion

Le site est par ailleurs classé au titre de la rubrique 2910-A-2 de la nomenclature ICPE, du fait notamment de la présence de deux chaudières fonctionnant au gaz naturel dans la chaufferie (bâtiment 318). De ce fait, le site est soumis à l'arrêté du 03/08/2018 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration au titre de la rubrique 2910.

Cet arrêté impose les VLE suivantes aux installations nouvelles fonctionnant au gaz naturel (point 6.2.4 de l'Annexe I de l'arrêté du 03/08/2018) :

- NOx : 100 mg/m^3
- CO : 100 mg/m^3

Ces VLE sont applicables à la chaudière de 10MW récemment mise en service.

L'arrêté impose par ailleurs une VLE de 225mg/m^3 de NOx aux installations répondant à l'ensemble des critères suivants :

- Existantes ;
- De puissance thermique nominale totale supérieure à 2 MW et inférieure à 5 MW ;
- Fonctionnant plus de 500 heures par an ;
- Déclarées avant le 1er Janvier 1998.

La seconde chaudière de la chaufferie principale, d'une puissance de 4,224MW, répond à ces critères.

3.2.3.2 *Vérification de la conformité des émissions actuelles*

3.2.3.2.1 Rejets canalisés de solvants

Une surveillance des émissions atmosphériques canalisées est réalisée mensuellement par le site, conformément aux exigences de l'arrêté préfectoral du 25/11/2022. Une synthèse des mesures effectuées lors de l'année écoulée est présentée dans le tableau suivant :

Tableau 4 : Synthèse des mesures effectuées sur les rejets canalisés

Date de la mesure	Flux Bivis 1 (kg.C/h)	Conformité BV1 (VLE : 1 kg.C/h)	Flux Bivis 2 (kg.C/h)	Conformité BV2 (VLE : 1 kg.C/h)	Flux Bivis 3 (kg.C/h)	Conformité BV3 (VLE : 1 ,5kg.C/h)
11/12/2024	0,011	Conforme	0,0053	Conforme	-	-
15/01/2025	*Installation en panne*		0,0021	Conforme	*Installation en panne*	
12/02/2025	0,04	Conforme	0,0033	Conforme	0,087	Conforme
26/03/2025	0,065	Conforme	0,02	Conforme	0,87	Conforme
17/04/2025	0,14	Conforme	0,022	Conforme	0,18	Conforme
15/05/2025	0,44	Conforme	0,37	Conforme	1,22	Conforme
19/06/2025	0,72	Conforme	1,08	Non conforme mais < 1,5 kg.C/h	1,28	Conforme
16/07/2025	0,49	Conforme	0,4	Conforme	1,12	Conforme
28/08/2025	0,79	Conforme	0,59	Conforme	1,49	Conforme
25/09/2025	0,049	Conforme	0,042	Conforme	0,76	Conforme
09/10/2025	0,22	Conforme	0,015	Conforme	1,03	Conforme
13/11/2025	0,067	Conforme	0,0087	Conforme	1	Conforme

Ces mesures étant comprises dans la période allant de 2 à 5 ans à compter de la date de signature de l'arrêté préfectoral, 80% des mesures doivent être inférieures aux VLE en flux mentionnées et 100% des mesures doivent être inférieures à 1,5 kg.C/h : Les émissions de l'année écoulée dans leur globalité sont donc **conformes**.

3.2.3.2.2 Rejets des installations de combustion

Des mesures de rejets de la nouvelle chaudière du site (10MW) ont été réalisées en septembre 2025, lors de sa mise en service.

Les valeurs maximales mesurées pour les deux polluants visés par l'arrêté du 03/08/2018 sont les suivantes :

- NO_x : 72 mg/m^3
- CO : 6 mg/ m^3

Ces valeurs sont donc **conformes** aux VLE de 100 mg/m^3 mentionnées dans l'arrêté du 03/08/2018.

La seconde chaudière de la chaufferie principale a également fait l'objet de mesures en 2025. Les valeurs maximales mesurées pour le CO et les NO_x sont les suivantes :

- NOx : 133 mg/ m^3
- CO : 1 mg/ m^3

Ces émissions sont également **conformes** à la VLE issue de l'arrêté du 03/08/2018 (225mg/m^3 de NO_x)

Les émissions des chaudières sont donc **conformes**.

3.2.3.3 *Quantification des émissions de solvants*

3.2.3.3.1 Données issues du PGS 2024

Un bilan des émissions est réalisé annuellement par le site, et retranscrit dans un plan de gestion de solvant. Le PGS élaboré sur la base de l'exercice 2024 nous donne une quantification des émissions, synthétisée dans le tableau ci-dessous :

Tableau 5 : Synthèse des émissions issues du PGS 2024

Type de rejet	Zones	Substances	Flux annuel (kg)
Production de poudres extrudées			
Canalisé	BV1	Acétone & Ethanol	4 225
	BV2	Acétone & Ethanol	12 618
	BV3	Acétone & Ethanol	6 580
Diffus	BV, PAD, 310	Acétone & Ethanol	267 180
Production de poudres granulées			
Diffus	Bat 071	Acétate d'éthyle	3 770

Ces émissions sont associées à une production réelle de 3020 tonnes de poudre, sur l'année 2024.

Le détail des flux entrants et sortants du site, par substance, est présenté dans le tableau ci-dessous :

Tableau 6 : Détail des flux entrants et sortants (en tonnes) - 2024

	Acétone	Ethanol	Acétate d'éthyle	TOTAL
I1 - Achetés et utilisés	141,5	170,7	3,77	**315,97**
I2 - Réutilisés	757,3	3185,7	144,6	**4087,6**
O1 - Canalisés	21,78	1,64	0	**23,42**
O2 - Rejets aqueux	3,95	11,85	0	**15,8**
O3 - Produits finis	0,293	0	0,007	**0,3**
O4 - Non captés	0	0	0	**0**
O5 - Détruits	4,95	4,95	0	**9,9**
O6 - Déchets	0	0	0	**0**
O7 - Vendus	0	0	0	**0**
O8 - Régénération ext.	0	11,7	0	**11,7**
O9 - Autres	0	0	0	**0**

C - Consommation	141,5	159	3,77	**304,27**
E - Emissions totales	136,55	154,05	3,77	**294,37**
I - Solvants utilisés	898,8	3356,4	148,37	**4403,57**
F - Emissions diffuses	114,77	152,41	3,77	**270,95**

3.2.3.3.2 Projection à 4300 T

Une estimation des flux de solvants entrant et sortant du site en configuration future, avec un passage à une production de 4300T de poudre par an, a pu être réalisée par le site. Les émissions canalisées du site (au niveau des trois unités de production BIVIS) ont été estimées sur la base des mesures maximales réalisées en sortie de chaque cheminée en 2025, et d'une période d'émission future estimée à 6283h sur chaque BIVIS.

Le détail des flux de solvants estimés pour un passage à une production de 4300T de poudre par an est donné dans le tableau suivant :

Tableau 7 : Détail des flux entrants et sortants (en tonnes) - configuration future

	Acétone	Ethanol	Acétate d'éthyle	TOTAL
I1 - Achetés et utilisés	186,16	196,63	15,19	**397,98**
I2 - Réutilisés	1200	4000	648	**5848**
O1 - Canalisés	46,48	3,50	0	**49,98**
O2 - Rejets aqueux	3,95	11,85	0	**15,8**
O3 - Produits finis	20	0	0	**20**
O4 - Non captés	0	0	0	**0**
O5 - Détruits	6,5	6,5	0	**13**
O6 - Déchets	0	0	0	**0**
O7 - Vendus	0	0	0	**0**
O8 - Régénération ext.	0	0	0	**0**
O9 - Autres	0	0	0	**0**

C - Consommation	186,16	196,63	15,19	**397,98**
E - Emissions totales	179,66	190,13	15,19	**384,98**
I - Solvants utilisés	1386,16	4196,63	663,19	**6245,98**
F - Emissions diffuses	133,18	186,63	15,19	**335,00**

3.2.3.3.3 Quantités retenues dans le cadre de l'ERS

Dans le cadre de la présente étude, et en première approche, il est choisi de majorer volontairement les émissions estimées du site dans sa configuration future, conformément au principe de prudence scientifique.

Les quantités retenues dans le cadre de la présente étude, et leur comparaison avec les données réelles estimées par le site, sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 8 : Quantités retenues dans le cadre de l'ERS (en tonnes)

	Estimations pour 4300T	Données retenues pour l'ERS
Canalisé		
Acétone	46,50	55,80
Ethanol	3,50	4,20
TOTAL	**50**	**60**
Diffus		
Acétone	133,18	159,02
Ethanol	186,63	222,84
Acétate d'éthyle	15,19	18,13
TOTAL	**335**	**400**

Les majorations ainsi réalisées sont d'environ 20%, à la fois pour les émissions canalisées et diffuses.

La répartition de ces émissions par point de rejet, telle qu'elle a été estimée par le site avec les hypothèses majorantes de la présente ERS, est présentée dans le tableau ci-dessous :

Tableau 9 : Répartition des émissions de solvant (en tonnes)

	Acétone	Ethanol	Acétate d'éthyle
Canalisé			
BIVIS 1	15,94	1,2	0
BIVIS 2	15,94	1,2	0
BIVIS 3	23,91	1,8	0
TOTAL	55,80	4,20	0
Diffus			
PAD 1	0	42,78	0
PAD 2	0	42,78	0
PAD 3	0	42,78	0
Bâtiment 071	0	0	18,13
BIVIS 1	39,87	25,82	0
BIVIS 2	39,87	25,82	0
BIVIS 3	39,87	25,82	0
Unité 310	39,41	17,02	0
TOTAL	159,02	222,84	18,13

TOTAL	214,82	227,04	18,13

3.2.3.4 *Quantification des émissions dues au brûlage*

Comme évoqué au point 3.2.1.6, les résultats de la campagne de mesure réalisée en 2021 seront repris pour déterminer le flux de polluants émis par le brûlage des déchets pyrotechniques. Lors de cette campagne de mesure, une hotte avait été installée sur l'aire de brûlage, et les essais ont été réalisés sur un échantillon représentatif des déchets usuellement brûlés sur site. Cet échantillon comprenait :

- 3kg provenant du décanteur lamellaire ;
- 3 kg provenant des fosses de décantation BIVIS/séchage ;
- 3kg provenant du décanteur 215 ;
- 600g de Boudins de nitrocellulose.

Une illustration du procédé mis en place lors de cette campagne de mesure est présentée ci-dessous :



Figure 4 : Illustration de la hotte et du matériel de mesure utilisés

Une synthèse des résultats retenus est présentée dans le tableau suivant. Les flux émis lors du test correspondent aux flux de polluants résultant du brûlage de l'échantillon représentatif de 9,6kg. Comme évoqué précédemment, la quantité de déchets pyrotechniques pouvant être brûlés sur le site sera volontairement majorée dans le cadre de la présente étude, et un brûlage fictif de 200T de déchets par an sera étudié.

Les flux annuels présentés dans le tableau de la page suivante correspondent à l'extrapolation des flux émis lors du test, rapportés à un brûlage annuel de 200T (facteur 20834).

Tableau 10 : Flux de polluants émis par le brûlage

Substance	Flux émis lors du test (g)	Flux annuel correspondant (kg)
Monoxyde de carbone - CO	2,45E+02	5,10E+03
Oxydes d'azote - NO_x	2,40E+02	5,01E+03
COVT	2,91E+01	6,06E+02
Méthane - CH_4	9,09E+00	1,89E+02
Chlorure d'hydrogène - HCl	5,39E-02	1,12E+00
Acide nitrique - HNO_3	6,01E+00	1,25E+02
Ammoniac - NH_3	2,46E+00	5,13E+01
Dioxyde de soufre - SO_2	4,00E+00	8,34E+01
Benzène	2,00E-01	4,17E+00
Ethylbenzène	1,02E-02	2,12E-01
Toluène	8,62E-02	1,80E+00
Xylènes	2,93E-02	6,10E-01
Poussières	1,39E+01	2,89E+02
PCDD/PCDF	2,31E-09	4,81E-08
Acétone	7,70E-01	1,60E+01
Triéthyl borate	3,08E-01	6,42E+00
Naphtalène	1,00E-01	2,09E+00
Acénaphtylène	2,17E-02	4,52E-01
Acénaphtène	2,31E-03	4,81E-02
Fluorène	5,08E-03	1,06E-01
Phénanhrène	1,76E-02	3,66E-01
Anthracène	2,31E-03	4,81E-02
Fluoranthène	5,54E-03	1,16E-01
Pyrène	4,77E-03	9,95E-02
Benzo(a)anthracène	1,54E-03	3,21E-02
Chrysène	1,39E-03	2,89E-02
Benzo(b)fluoranthène	9,24E-04	1,93E-02
Benzo(k)fluoranthène	4,62E-04	9,63E-03
Benzo(a)pyrène	7,70E-04	1,60E-02
Dibenzo(a,h)anthracène	6,16E-05	1,28E-03
Benzo(g,h,i)pérylène	6,16E-04	1,28E-02
Indénopyrène	6,16E-04	1,28E-02

Les composés identifiés sont caractéristiques d'une combustion.

3.2.3.5 *Quantification des émissions des chaudières*

Pour rappel, les émissions des deux chaudières de la chaufferie principale (bâtiment 318) seront considérées dans la présente étude. Des mesures ponctuelles de rejets ont été réalisées en 2025 au niveau des deux chaudières concernées, et ont conclu à la conformité des installations.

Il a été choisi en première approche de quantifier les émissions des installations de combustion sur la base de leur consommation annuelle (en GJ), et de facteurs d'émissions propres à chaque polluant considéré.
Ce modèle de calcul permet d'estimer les émissions annuelles sur la base de la consommation effective déclarée par le site, plutôt que d'extrapoler des mesures effectuées sur un temps réduit. L'utilisation d'un tel modèle reste toutefois théorique et se base sur des données de la littérature, et la spécificité de chaque installation de combustion ne peut être prise en compte.
Comme évoqué au point 3.2.2, les émissions de NO_x ,CO, PM_{10} et SO_x seront considérées pour ces rejets.

Les données d'entrée nécessaires à cette quantification sont donc les suivantes :

- La puissance des installations de combustion ;
- La quantité de combustible consommée par point de rejet considéré, ou la période de fonctionnement annuelle ;
- Les facteurs d'émissions issus de la littérature.

L'évolution des consommations de gaz naturel sur les dernières années est indiquée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 11 : Evolution de la consommation du site en gaz naturel

Année	Consommation de gaz naturel
2023	22 360 000 kW/an
2024	24 041 000 kW/an
2025	22 691 000 kW/an

Dans le cadre de son projet, NobelSport envisage une augmentation de 8 000 000 kW/an en gaz naturel. Dans le cadre de la présente étude, une valeur annuelle maximale de 32 041 000 kW/an peut ainsi être retenue. Cette consommation équivaut à 115 347,6 GJ.

Les facteurs d'émission associés à chacun des polluants considérés dans le cadre de cette étude ont été choisis à l'aide de la base de données OMINEA, établie par le Citepa (Edition 22.2 - Mars 2025). Cette base de données présente un ensemble de facteurs d'émission relatifs aux gaz à effets de serre et aux polluants atmosphériques liés aux inventaires d'émission de la France.

En filtrant les données de cette base sur les chaudières industrielles de puissance inférieure à 50MW, fonctionnant au gaz naturel, les facteurs d'émission suivants sont obtenus :

Tableau 12 : Facteurs d'émission retenus, par polluant

Polluant	Facteur d'émission (g/GJ)
CO	30
PM_{10}	0,9
NO_x	60
SO_x	0,5

Les flux à l'émission annuels de la chaufferie peuvent ainsi être calculés, pour les quatre polluants considérés. La synthèse des flux retenus est présentée dans le tableau suivant :

Tableau 13 : Flux annuel de la chaufferie

Conso (MW)	Conso (GJ)	Flux à l'émission (kg/an)			
		CO	PM10	NOx	SOx
32041	115348	3460	104	6921	58

3.2.3.6 *Quantification des émissions liées à la circulation de véhicules*

Les rejets de gaz d'échappement inhérents au site sont liés aux transports des produits (approvisionnement, expédition et déchets) ainsi qu'aux véhicules des salariés présents sur site.

En conditions actuelles de fonctionnement du site et en conditions d'exploitation futures, l'influence du trafic induit par le site est négligeable par rapport à celui de l'axe qui dessert le secteur (de l'ordre de 0,6%, tel que calculé dans l'étude d'impact).

L'impact des émissions atmosphériques liées à ce trafic sont donc négligeables, et ne seront pas considérées dans le cadre de la présente étude.

3.3 EMISSIONS DANS L'EAU

Le site présente :
- Des rejets d'eaux pluviales dans le milieu naturel ;
- Des rejets d'eaux sanitaires dans le réseau en fosse ;
- Des rejets industriels traités.

3.3.1 EAUX USÉES DOMESTIQUES

Les eaux usées domestiques (sanitaires) sont traitées en fosse septique.
Aucune émission polluante n'est susceptible d'être générée par les eaux usées domestiques.

3.3.2 EAUX PLUVIALES

Les eaux pluviales ne contiennent pas de polluants spécifiques. Elles sont collectées dans des caniveaux ou des fossés susceptibles de s'écouler par gravité dans la Douffine.
Aucune émission polluante n'est susceptible d'être générée par les eaux pluviales.

3.3.3 EFFLUENTS INDUSTRIELS

Les rejets industriels du site proviennent des installations suivantes :
- Eaux solvantées traitées ;
- Eaux issues du séchage ;
- Transport hydraulique des poudres ;
- Granulation ;
- Lavage.

Le rejet moyen, dans la configuration future du site, sera de 1155 m^3/j.

Le traitement des eaux du site avant rejet s'effectue à 2 niveaux :

Eaux solvantées :
Les eaux solvantées issues des process PAD et BIVIS sont traitées par l'unité de distillation 310. Les colonnes de distillation de cette unité visent à extraire et à réutiliser l'acétone et l'éthanol présents dans les eaux de traitement des poudres.

Eaux exemptes de solvants :
Les eaux de lavage passent par des bassins de décantation où sont éliminées les matières en suspension. Elles sont ensuite rejetées dans la Douffine.

Différents décanteurs permettent de traiter l'eau rejetée :
- Décanteur lamellaire (bâtiment 738) : ce décanteur, mis en service en 2020, a pour but de capter la diphénylamine et les MES avant rejet. Il permet également de réduire la DCO.
- Bâtiment 215 : Bassin de décantation permettant de traiter les résidus de poudre et graphite ainsi que les eaux issues du bâtiment 310, des eaux de transport hydraulique ainsi que des différents lavages réalisés sur site.

La localisation du point de rejet des effluents industriels dans la Douffine est présentée dans la figure suivante :

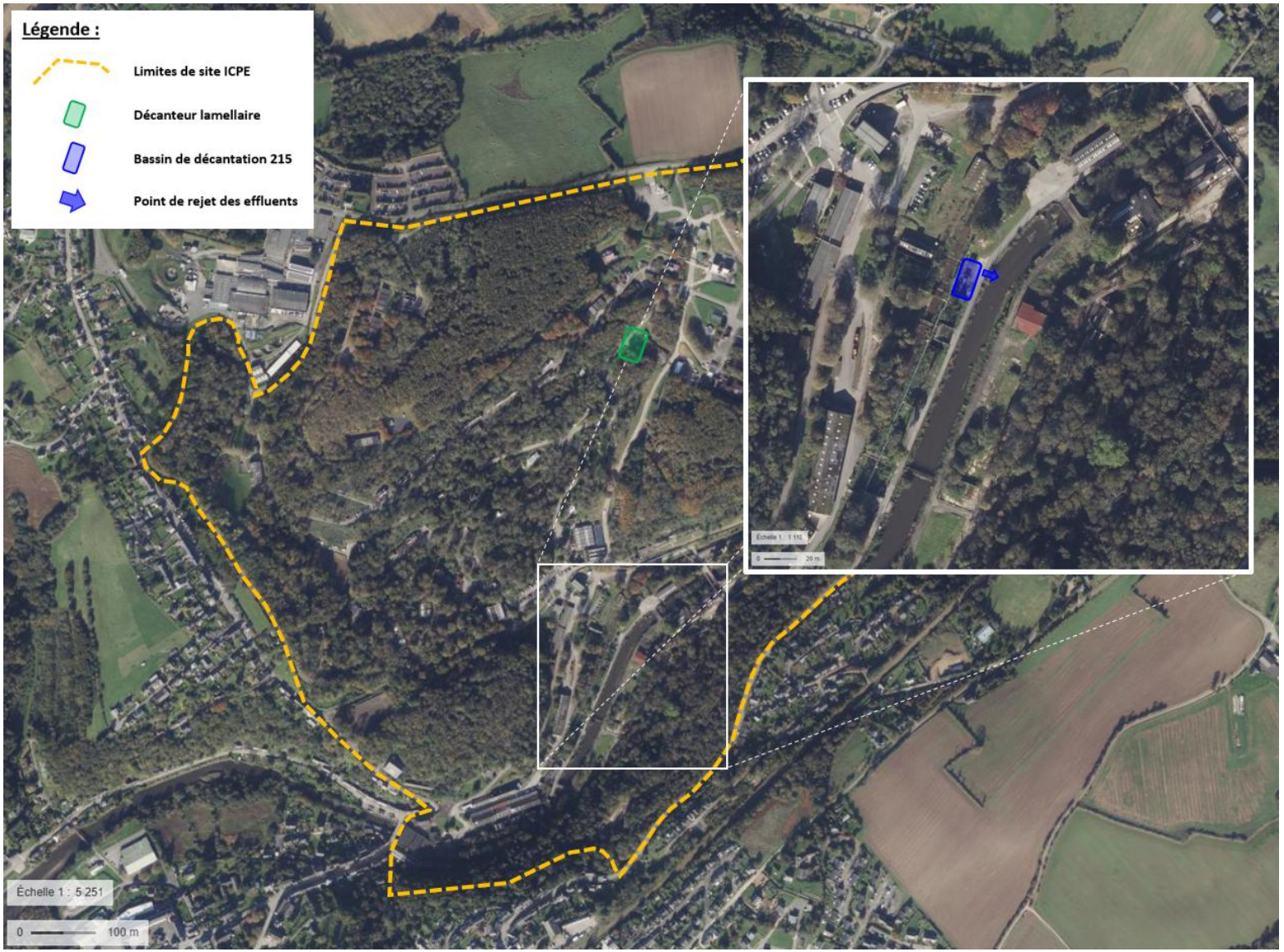


Figure 5 : Localisation du point de rejet des effluents industriels aqueux

Les rejets comprennent :

- De la DCO (partiellement issue des résidus de solvants rejetés),
- Des Matières en Suspension (MES),
- De l'azote, du phosphore, des nitrates et nitrites,
- De la diphénylamine (DPA).

L'ensemble de ces rejets est cadré par l'arrêté préfectoral du 25 Novembre 2022, et des contrôles mensuels sont réalisés.

Lors de l'Evaluation des Risques Sanitaires réalisée en 2021, des campagnes de mesures de concentration de DPA dans l'eau et dans les sédiments avaient été menées, ainsi que des mesures de la concentration de DPA dans les poissons de la rivière. La présence de DPA dans les poissons était imputable à une pollution historique, et les rejets de 2021 du site ne pouvaient expliquer à eux seuls les concentrations observées.

Il avait ainsi été considéré que la concentration en polluant dans les poissons correspondait à la concentration maximale mesurée sur les deux échantillons de poissons prélevés soit 1,3 mg/kg MF. De manière majorante, la même concentration peut être conservée dans le cadre de la présente étude, bien qu'elle ne soit pas associée aux rejets actuels du site.

4 EVALUATION DES ENJEUX ET DES VOIES D'EXPOSITION

4.1 DELIMITATION DE LA ZONE D'ETUDE

Le site d'exploitation de NobelSport s'étend sur une surface d'environ 100ha au sein de la commune de Pont-de-Buis lès Quimerc'h, dans le département du Finistère (29), en région Bretagne. Cette commune est située au centre du département, à 30km au nord de Quimper, et 35km au sud-est de Brest.

Les coordonnées géographiques de l'entrée principale du site (en Lambert 93) sont les suivantes :

X (Est) : 175074 m
Y (Nord) : 6 819 694 m

Le rayon d'affichage lié aux activités ICPE du site est de 3 km. Ce rayon sera donc retenu comme zone d'étude dans le cadre de l'ERS. Les communes dont le centre-ville est compris dans le rayon de 3 km, à savoir Pont-de-Buis, Saint-Ségal et Lopérec seront ainsi considérées dans la suite de l'étude.

L'emprise approximative d'une zone de 3km autour du site est représentée dans la figure ci-dessous :

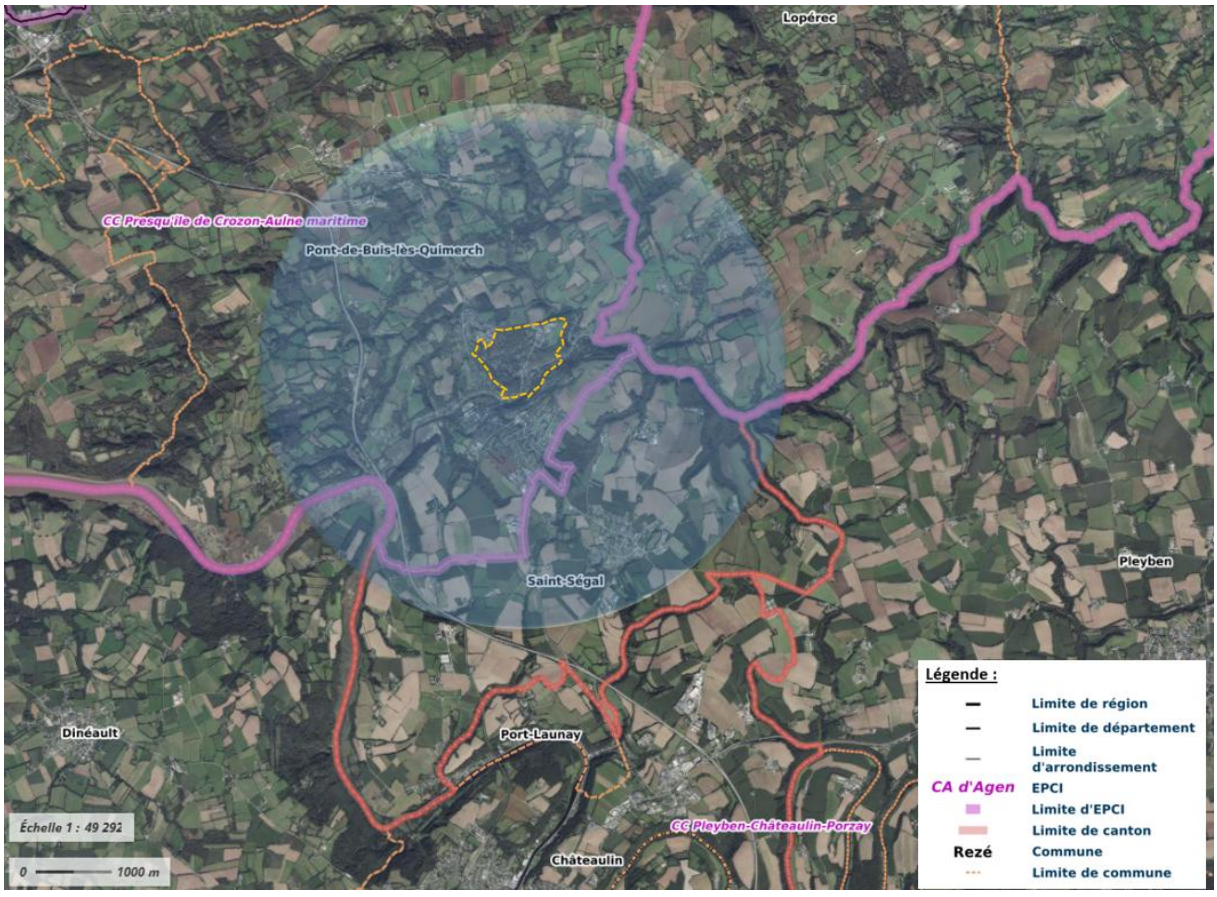


Figure 6 : Représentation d'une zone de 3km autour du site

Le terrain de la zone ICPE concernée possède un relief marqué, avec une altitude comprise entre 5m (niveau de la Douffine) et 80m NGF (nord du site).

Ce dénivelé est visible sur les profils altimétriques du site présentés dans la figure suivante :



Figure 7 : Profils altimétriques du site

Les caractéristiques du relief du site et de son environnement proche seront intégrées aux données d'entrée, lors de la modélisation de la dispersion atmosphérique des polluants.

4.2 CARACTERISATION DES POPULATIONS ET DES USAGES

4.2.1 DESCRIPTION DE LA POPULATION

La population susceptible d'être impactée par les rejets du site de NobelSport est celle résidant ou travaillant dans les communes environnantes, à savoir celles de Pont-de-Buis, Saint-Ségal et Lopérec. Bien que des parcelles des communes de Pleyben et Dinéault entrent dans la zone d'étude définie précédemment, celles-ci sont essentiellement agricoles, et ces communes ne seront pas retenues dans la suite de l'étude du fait de la distance de leur centre-ville par rapport au site.

La mairie de Pont-de-Buis lès Quimerc'h est située à moins de 200m des limites sud du site. Les habitations les plus proches du site dépendent de la commune de Pont-de-Buis, et sont essentiellement localisées à l'ouest et au sud, à proximité immédiate des limites du site. Des habitations sont également présentes à l'est du site, notamment le long de la rue de Brest.

Du fait de la localisation du site à proximité du centre-ville, de nombreuses habitations, entreprises, et des établissements recevant du public de la commune sont présents dans la zone d'étude. D'après le dernier recensement de 2022, la population légale de la commune de Pont-de-Buis lès Quimerc'h est de 3571 habitants (population totale).
Les maisons représentent 89,3% des logements de la ville, et 80,1% des logements sont des résidences principales.

La mairie de Saint-Ségal est située à plus de 2km du site. D'après le dernier recensement de 2022, la population légale de la commune est de 1183 habitants (population totale).

La mairie de Lopérec est située à plus de 2,5km du site. D'après le dernier recensement de 2022, la population légale de la commune est de 832 habitants (population totale).

4.2.2 LOCALISATION DES HABITATIONS

Les habitations les plus proches du site sont situées :

- A l'ouest, à environ 200 m des limites du site. Il s'agit d'habitations individuelles, le long de la route du Squiriou ;
- Au sud du site : dans le centre-ville de Pont-de-Buis et le long de la rue de Brest ;
- A l'est du site, notamment le long de la rue de Brest et au niveau de la rue du Pont Neuf.

Les habitations présentes dans les environs du site sont de type pavillonnaire et sont donc susceptibles d'abriter des jardins potagers.

4.2.3 LOCALISATION DES POPULATIONS SENSIBLES OU VULNÉRABLES

Une recherche des établissements sensibles (établissements recevant des personnes dites « sensibles » : crèches, établissements scolaires, maisons de retraite, centres de soins…) éventuellement présents à proximité du site a été effectuée.

- Collège Collobert / Ecole Lucie Aubrac / Ecole Park Gwenn à Pont de Buis ;
- Ecole Publique à Loperec ;
- Ecole à Saint Segal.

Notons qu'aucun hôpital ou clinique n'est recensé sur le secteur d'étude.

4.2.4 LOCALISATION DES ETABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC (ERP) AVOISINANTS

Le site de NobelSport est situé à proximité immédiate du centre-ville de Pont-de-Buis, au sein duquel sont présents des commerces et des établissements recevant du public. Une installation industrielle est également recensée au nord-ouest du site : la société Livbag.

4.2.5 LES USAGES

La majeure partie des habitations présentes dans les environs du site sont de type pavillonnaire et sont donc susceptibles d'abriter des jardins potagers.

L'environnement du site est varié, étant à la fois :
- Industriel, du fait de la proximité avec Livbag ;
- Urbain, de par la proximité du centre-ville de Pont-de-Buis ;
- Agricole, avec la présence de nombreuses parcelles exploitées dans la zone d'étude.

La synthèse des habitations, des points sensibles, des entreprises et des ERP est reportée dans le schéma en page suivante.

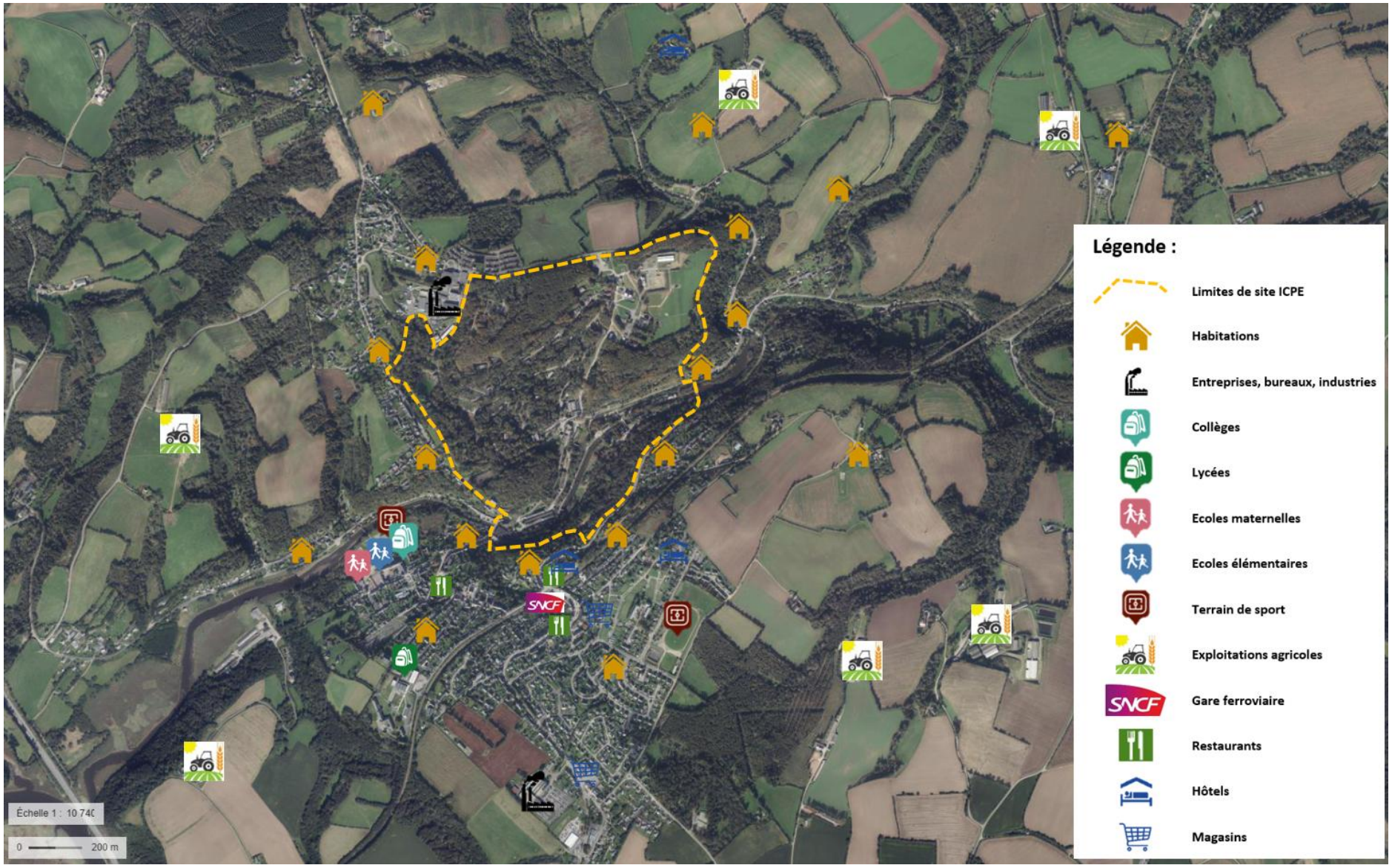


Figure 8 : Localisation des habitations et des usages

5 EVALUATION DES DANGERS

5.1 SÉLECTION DES SUBSTANCES SUR LA BASE DE LEUR VTR

L'évaluation du potentiel dangereux des substances consiste à identifier les effets indésirables qu'une substance est intrinsèquement capable de provoquer chez l'homme. Pour évaluer les dangers d'une substance, il est nécessaire de connaître :

- Son comportement dans l'environnement, qui est déterminé par ses caractéristiques physico-chimiques (solubilité, volatilité…),
- Ses effets sur la santé, ce qui consiste à identifier les effets indésirables qu'une substance est intrinsèquement capable de provoquer chez l'homme, et de définir les valeurs de référence qui représentent la limite entre le risque acceptable et le risque inacceptable.

Dans le cadre d'une ERS, les éléments suivants sont recherchés :

- L'identification du **potentiel dangereux** des substances : effets toxiques aigus, chroniques, effets cancérogènes, organes cibles,
- L'évaluation de la **relation dose-effet** qui a pour but de définir une relation quantitative entre la dose ou la concentration absorbée ou administrée et l'incidence de l'effet délétère. Les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) sont alors recherchées.

Pour les substances non cancérogènes (substances avec effets à seuil) :
Les effets néfastes apparaissent à partir d'une certaine concentration d'exposition. Les valeurs des doses de référence (RfD pour la voie orale) et concentration de référence (RfC pour la voie inhalation) sont recherchées. Ces valeurs correspondent à des niveaux d'exposition sans risque appréciable d'effets néfastes sur l'homme.

Pour les substances cancérogènes (substances avec effets sans seuil) :
Il n'y a pas de niveau d'exposition sans risque, il y a un risque dès la première exposition. Les valeurs toxicologiques de références sont exprimées sous forme d'Excès de Risque Unitaire (ERUo pour la voie orale et ERUi pour la voie inhalation) qui expriment la relation entre le niveau d'exposition et la probabilité supplémentaire de développer l'effet cancérogène. Les VTR sont établies expérimentalement par des organismes de santé de notoriété internationale ou nationale. Les valeurs proposées peuvent donc diverger en fonction de l'organisme qui les établit ou encore en fonction des conditions expérimentales.

La note d'information n° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 aide à la sélection des VTR proposées en recommandant de respecter la hiérarchisation suivante :

- En premier lieu, sélectionner les VTR construites par l'ANSES[1] si elles existent ;
- En second lieu, si une expertise nationale a été menée, retenir les VTR issues de la sélection approfondie réalisée dans le cadre de l'expertise (sous réserve que l'expertise soit postérieure à la date de parution de la VTR la plus récente) ;
- Sinon, sélectionner la VTR la plus récente parmi les trois bases de données suivantes : l'US-EPA[2], l'ASTDR[3], ou l'OMS[4], sauf s'il est fait mention par l'organisme de référence que la VTR n'est pas basée sur l'effet survenant à la plus faible dose et jugé pertinent pour la population visée ;
- Enfin, si aucune VTR n'est retrouvée dans les quatre bases de données précédentes, choisir la plus récente proposée par Santé Canada[5], RIVM[6], l'OEHHA[7] ou l'EFSA[8].

Le document suivant a également retenus, en ce qui concerne les VTR des HAP :

- Rapport n° DRC-20-180728-00256A : Choix de valeur toxicologique de référence, Janvier 2020, INERIS.

[1] ANSES : Agence Nationale de SEcurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail : http://www.anses.fr
[2] US-EPA : United States – Environmental Protection Agency – http://epa.gov.iris/
[3] ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry (Etats-Unis) – http://atsdr.cdc.gov/
[4] OMS : Organisation Mondiale de la Santé
[5] Santé Canada : http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contaminants/psl1-lsp1/index-fra.php
[6] RIVM : Rijksinstituut voor Volksgesondheit en Milieu. Institut national de la santé publique et de l'environnement (Pays-Bas)
[7] OEHHA : Office of Environnmental Health Hazard Assessment (antenne californienne de l'US-EPA)
[8] EFSA : European Food Safety Authority – http://www/efsa.europa.eu/fr/

Remarque : les valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) sont destinées à protéger les travailleurs mais ne sont pas des valeurs toxicologiques de référence. Elles ne sont donc pas considérées dans cette étude.

Le logigramme présenté ci-dessous synthétise les recommandations de la note d'information n° DGS/EA1/DGPR/2014/307 :

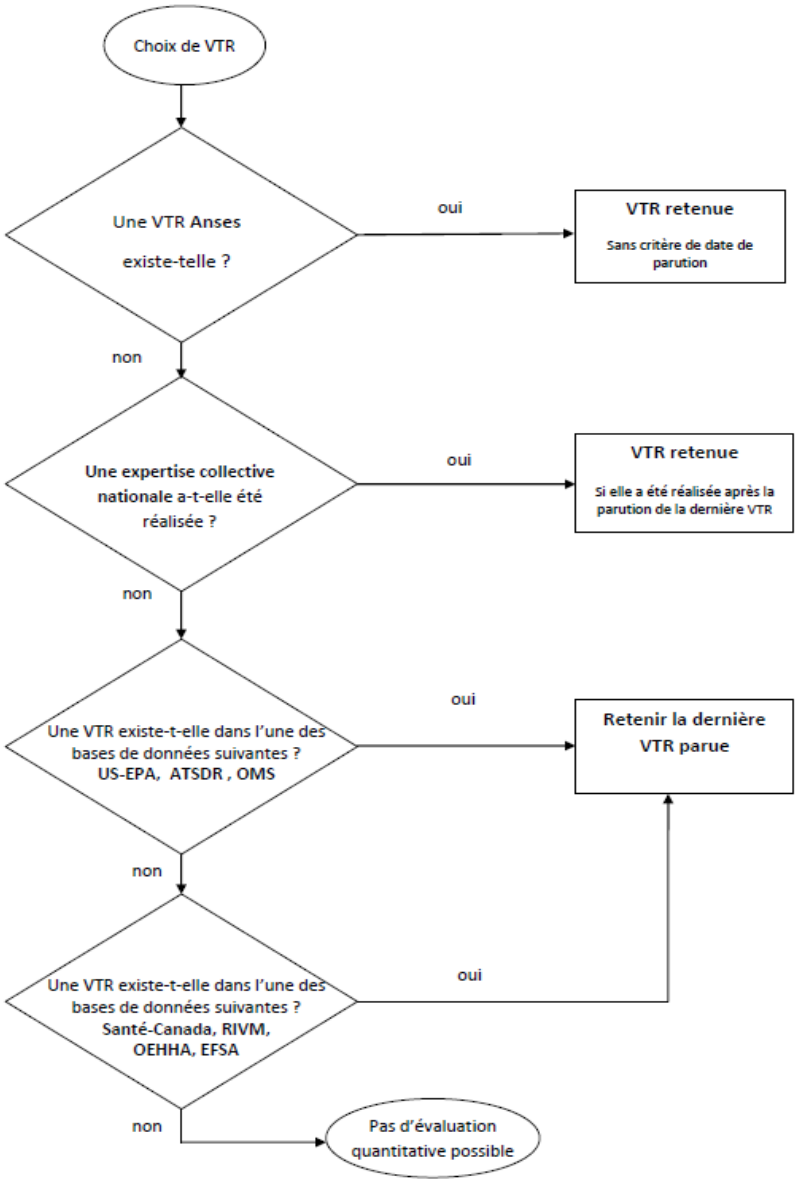


Figure 9 : Logigramme d'aide au choix des VTR

Les tableaux suivants présentent les VTR ainsi retenues pour les différentes substances susceptibles d'être émises par le site.

Tableau 14 : Liste des VTR retenues - Effets à seuil

Substance	CAS	EFFETS A SEUILS					
		INGESTION			INHALATION		
		RfD (mg/kg/j)	Cible/Effet	Source	Rfc (mg/m3)	Cible/Effet	Source
HAP							
Naphtalène	91-20-3	**2,00E-02**	Masse corporelle	INERIS 2014	**3,70E-02**	Effets nasaux, respiratoires et olfactifs	INERIS 2014
Acénaphtylène	208-96-8	Pas de VTR à seuil					
Acénaphtène	83-32-9	**6,00E-02**	Atteintes hépathiques	INERIS 2018	/		
Fluorène	86-73-7	**4,00E-02**	/	INERIS 2018	/		
Phénanhrène	85-01-8	**4,00E-02**	/	INERIS 2018	/		
Anthracène	120-12-7	**3,00E-01**	/	INERIS 2018	/		
Fluoranthène	206-44-0	**4,00E-02**	/	INERIS 2018	/		
Pyrène	129-00-0	**3,00E-02**	/	INERIS 2018	/		
Benzo(a)anthracène	56-55-3	Pas de VTR à seuil					
Chrysène	218-01-9	Pas de VTR à seuil					
Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	Pas de VTR à seuil					
Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	Pas de VTR à seuil					
Benzo(a)pyrène	50-32-8	**3,00E-04**	Neurologique	INERIS 2018	2,00E-06	Développement	INERIS 2022
Dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	Pas de VTR à seuil					
Benzo(g,h,i)pérylène	191-24-2	**3,00E-02**	/	INERIS 2018	/		
Indénopyrène	193-39-5	Pas de VTR à seuil					
BTEX							
Benzène	71-43-2	**5,00E-04**	/	INERIS 2021	**9,70E-03**	Diminution du nombre de lymphocytes	ANSES 2024
Toluène	108-88-3	**9,70E-03**	Neurotoxicité	INERIS 2022	**1,90E+01**	Effets neurologiques	INERIS 2022
Ethylbenzène	100-41-4	**2,20E-02**	Reins, foie	INERIS 2021	**1,50E+00**	Système auditif	ANSES 2016
Xylènes	1330-20-7	**1,30E-02**	Neurologique	INERIS 2022	**1,00E-01**	Neurologique	ANSES 2022
Composés Organiques Volatils							
Méthane	7440-44-0	Pas de VTR à seuil					
Ammoniac	7664-41-7	/			**5,00E-01**	Système respiratoire	INERIS 2019
PCDD/PCDF	/	**2,90E-10**	Fertilité et développement	INERIS 2019	**4,00E-08**	Fertilité et développement	INERIS 2019
Acétone	67-64-1	**9,00E-01**		US EPA 2003	/		
Ethanol	64-17-5	Pas de VTR à seuil					
Acétate d'éthyle	141-78-6	**9,00E-01**	Développement	US EPA 1987	**6,40E+00**	Neurologique	ANSES 2015
Triéthyl borate	150-46-9	Pas de VTR à seuil					
Autres							
Monoxyde de carbone	630-08-0	/			**1,00E+01**	/	ANSES 2007
Oxydes d'azote	10102-44-0	Pas de VTR - Voir critères de qualité de l'air					
Chlorure d'hydrogène	7647-01-0	/			**2,00E-02**	Muqueuse nasale, larynx et trachée	US EPA 2025
Acide nitrique	7697-37-2	Pas de VTR					
Oxyde de soufre	7446-09-5	Pas de VTR - Voir critères de qualité de l'air					
Poussières	/	Pas de VTR - Voir critères de qualité de l'air					
Diphénylamine	122-39-4	**7,50E-02**		ANSES 2016	/		

Tableau 15 : Liste des VTR retenues - Effets sans seuil

Substance	CAS	EFFETS SANS SEUILS					
		INGESTION			INHALATION		
		ERUo (mg/kg/j)-1	Cible/Effet	Source	ERUi (mg/m3)-1	Cible/Effet	Source
HAP							
Naphtalène	91-20-3	1,20E-01	Adénomes de l'épithélium nasal respiratoire et neuroblastomes de l'épithélium nasal olfactif	INERIS 2014	5,60E-03	Neuroblastomes de l'épithélium olfactif	ANSES 2013
Acénaphtylène	208-96-8	1,00E-03	/	INERIS 2018	6,00E-04	/	INERIS 2018
Acénaphtène	83-29-9	1,00E-03	/	INERIS 2018	6,00E-04	/	INERIS 2018
Fluorène	86-73-7	1,00E-03	/	INERIS 2018	6,00E-04	/	INERIS 2018
Phénanhrène	85-01-8	1,00E-03	/	INERIS 2018	6,00E-04	/	INERIS 2018
Anthracène	120-12-7	1,00E-02	/	INERIS 2018	6,00E-03	/	INERIS 2018
Fluoranthène	206-44-0	1,00E-03	/	INERIS 2018	6,00E-04	/	INERIS 2018
Pyrène	129-00-0	1,00E-03	/	INERIS 2018	6,00E-04	/	INERIS 2018
Benzo(a)anthracène	56-66-3	1,00E-01	/	INERIS 2018	6,00E-02	/	INERIS 2018
Chrysène	218-01-9	1,00E-02	/	INERIS 2018	6,00E-03	/	INERIS 2018
Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	1,00E-01	/	INERIS 2018	6,00E-02	/	INERIS 2018
Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	1,00E-01	/	INERIS 2018	6,00E-02	/	INERIS 2018
Benzo(a)pyrène	50-32-8	1,00E+00	Tumeurs hépatiques	INERIS 2018	6,00E-01	Tumeurs respiratoires	INERIS 2018
Dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	1,00E+00	/	INERIS 2018	6,00E-01	/	INERIS 2018
Benzo(g,h,i)pérylène	191-24-2	1,00E-02	/	INERIS 2018	6,00E-03	/	INERIS 2018
Indénopyrène	193-39-5	1,00E-01	/	INERIS 2018	6,00E-02	/	INERIS 2018
BTEX							
Benzène	71-43-2	1,50E-02	Leucémie	INERIS 2021	1,60E-03		ANSES 2024
Ethylbenzène	100-41-4	1,10E-02	Carcinome rénal	OEHHA 2007	2,50E-03	Carcinome rénal	OEHHA 2007

Remarque : Bien que l'acétone ne fasse actuellement l'objet que d'une VTR par ingestion, pour des effets à seuils, une ancienne VTR par inhalation sera également considérée, de manière majorante. En effet, une VTR par inhalation pour des effets à seuil a été établie en 1994 par l'ATSDR, mais cette valeur n'a pas été retenue par les organismes principaux (dont l'US EPA), l'étude clé comportant d'importantes faiblesses. La valeur associée de 31 mg/m^3 étant toutefois la seule disponible, elle sera retenue dans le cadre de la présente ERS.

Les poussières, les oxydes d'azote, les oxydes de soufre et le monoxyde de carbone font l'objet de critère de qualité de l'air, dont les niveaux sont réglementés dans l'air. Les critères de qualité de l'air retenus pour cette comparaison sont :

- Les critères nationaux de qualité de l'air (article R221-1 du code l'environnement) ;
- Les seuils de référence de l'OMS (avant et après la mise à jour en 2021[9]).

Tableau 16 : Critères de qualité de l'air retenus

Polluant	Seuils de référence de l'OMS (µg/m³)		Code de l'environnement - Art. R221-1		
	Avant 2021	Après 2021	Objectif de qualité (µg/m³)	Seuil d'information (µg/m³)	Seuil d'alerte (µg/m³)
NO_2	40	10	40	200	400
PM_{10}	20	15	30	50	80
$PM_{2,5}$	10	5	10	-	-
SO_2	20	40	50	300	500
CO	-	4000	10000	-	-

Les substances suivantes, identifiées dans l'inventaire des émissions, ne disposent ni de VTR ni de critères de qualité de l'air et ne seront pas prises en compte pour la suite de l'étude :

Tableau 17 : Substances non retenues

Substance	CAS
Méthane	7440-44-0
Acide nitrique	7697-37-2
Triéthyl borate	150-46-9

L'éthanol, bien que ne possédant ni VTR ni critère de qualité de l'air, sera tout de même conservé pour la modélisation de dispersion atmosphérique, du fait de son utilisation en grande quantité, et afin d'avoir une vision de la dispersion de cette substance.

[9] *WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization; 2021.*

6 EVALUATION DES EXPOSITIONS

6.1 CHOIX DES POLLUANTS TRACEURS ET DES CONCENTRATIONS À L'ÉMISSION

6.1.1 CHOIX DES POLLUANTS TRACEURS

Il convient tout d'abord de distinguer les polluants traceurs d'émission des polluants traceurs de risque.

Les traceurs d'émission sont les substances susceptibles de révéler une contribution de l'installation aux concentrations mesurées dans l'environnement et éventuellement une dégradation des milieux attribuables à ces émissions.

Les traceurs de risque sont les substances émises susceptibles de générer des effets sanitaires chez les personnes qui y sont exposées.

En première approche, les polluants identifiés dans les chapitres précédents, dont les flux à l'émission ont été déterminés et disposant d'une VTR, ont été retenus comme traceurs de risques (risque quantifiable) et traceurs d'émission.

Ont également été considérés comme traceurs d'émission et intégrés à la modélisation de la dispersion atmosphérique les polluants émis disposants de critère de qualité de l'air, dont les niveaux sont réglementés dans l'air, à savoir : les NO_x (assimilés à du NO_2), les poussières (assimilées à des PM_{10}), le monoxyde de carbone et les SO_x (assimilés à du SO_2).

6.1.2 CHOIX DES QUANTITÉS ÉMISES

En première approche, les flux de polluants calculés au point 3.2.3 ont été considérés, pour chaque substance retenue au niveau des points de rejets identifiés sur le site.

6.2 MODÉLISATION DE LA DISPERSION ATMOSPHÉRIQUE

6.2.1 OUTIL DE MODÉLISATION

La dispersion atmosphérique a été réalisée avec le logiciel ADMS 6 développé par le CERC (Cambridge Environmental Research Consultants).

ADMS est un modèle de dispersion atmosphérique à échelle locale destiné à simuler la dispersion d'un rejet de polluants à partir des conditions météorologiques et des caractéristiques thermocinétiques des émissions.

Le logiciel permet également la prise en compte du relief, des bâtiments et de l'occupation des sols (rugosité).

ADMS est un modèle de type gaussien dit de 2ème génération. Les modèles gaussiens reposent sur la description mathématique simplifiée des équations de dispersion pour estimer la concentration d'un polluant en un point donné. Cette concentration est donnée par la relation :

$$C(x,y,z;H) = \frac{Q}{2\Pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left[-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right]\left\{\exp\left[-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right]\right\}$$

Avec : Q : débit de la source
u : vitesse du vent
H : hauteur d'émission
σ_y et σ_z : coefficients de dispersion (déviations standard dans les directions horizontales et verticales)

Bien qu'ADMS soit un logiciel de type gaussien, l'élévation du panache est basée sur un modèle intégral dans lequel les équations intégrales de conservation sont résolues pour les flux de masse, de quantité de mouvement et de chaleur par un schéma de Runge-Kutta à pas de temps variable.

Le modèle intègre une description continue de la stabilité de la couche limite atmosphérique à partir de la hauteur de la couche limite atmosphérique (h) et la longueur de Monin-Obukhov (L_{MO}).

A l'intérieur du panache, les profils de concentration sont :

- Des profils gaussiens tenant compte des différentes réflexions possibles (au sol ou au sommet de la couche limite) lorsque la couche limite est stable ou neutre ;
- Des profils gaussiens dans les directions horizontales (et oblique dans la direction verticale lorsque la couche limite est convective ;
- Principe :
  - Après une phase de dilution et de dispersion atmosphérique, le modèle détermine les concentrations dans l'air ambiant et les dépôts au sol (secs et humides) des composés émis par les sources modélisées. Les résultats dépendent de la nature des composés, des conditions de rejet, des conditions météorologiques et de la topographie du terrain.
  - Le modèle prend en compte simultanément les phénomènes de dispersion et de sédimentation, en fonction de la granulométrie (pour les poussières). A la différence des modèles gaussiens classiques, ADMS 6 recalcule les intensités de turbulence de manière continue et pour chaque enregistrement météo, plutôt que de répertorier en six classes le phénomène de stabilité atmosphérique.
  - Le domaine de calcul est divisé en un nombre fini de points (plus de 10 000), appelés mailles. Le modèle calcule les concentrations horaires (moyennes et maximales) pour chaque maille définie, et fournit des valeurs moyennes pour la période d'enregistrement météorologique considérée. Le logiciel Surfer, permettant des représentations bi et tridimensionnelles, a ensuite été utilisé pour tracer les isocontours des concentrations et les dépôts calculés par interpolation.

6.2.2 DONNÉES D'ENTRÉE

6.2.2.1 *Données météorologiques*

Les conditions météorologiques du site ont une forte influence sur la dispersion atmosphérique. La dispersion est conditionnée par des facteurs tels que la vitesse du vent, sa direction et l'intensité des turbulences. Pour un flux d'émission donné, les concentrations dans l'air prédites au niveau de la surface du sol peuvent fortement varier selon les conditions météorologiques.

Les données météorologiques qui ont servi de base à la modélisation sont des données météorologiques horaires sur 3 ans des années 2018, 2019 et 2020 de la station météorologique de Pont-de-Buis.

Les données ainsi utilisées regroupent les paramètres suivants :

- Vitesse du vent à 10 m (m/s) ;
- Direction du vent à 10 m (°) ;
- Température (°C) ;
- Précipitation (mm/h) ;
- Hauteur de couche limite et longueur de Monin-Obukhov (permettant de caractériser la stabilité de l'atmosphère) (m).

Ce choix est cohérent avec les recommandations des guides méthodologiques publiés par l'INERIS et l'InVS (Institut de Veille Sanitaire), ou par le CSHPF (Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France) pour l'évaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des ICPE. Ce choix permet ainsi de tenir compte de la variabilité des données météorologiques durant l'année (données horaires) et d'une année à l'autre (données sur 3 ans). Ce type de données permet également de modéliser plus fidèlement la dispersion des émissions atmosphériques que l'utilisation d'une rose des vents statistique.

La rose des vents correspondant à la période de données utilisée est représentée dans la figure suivante.

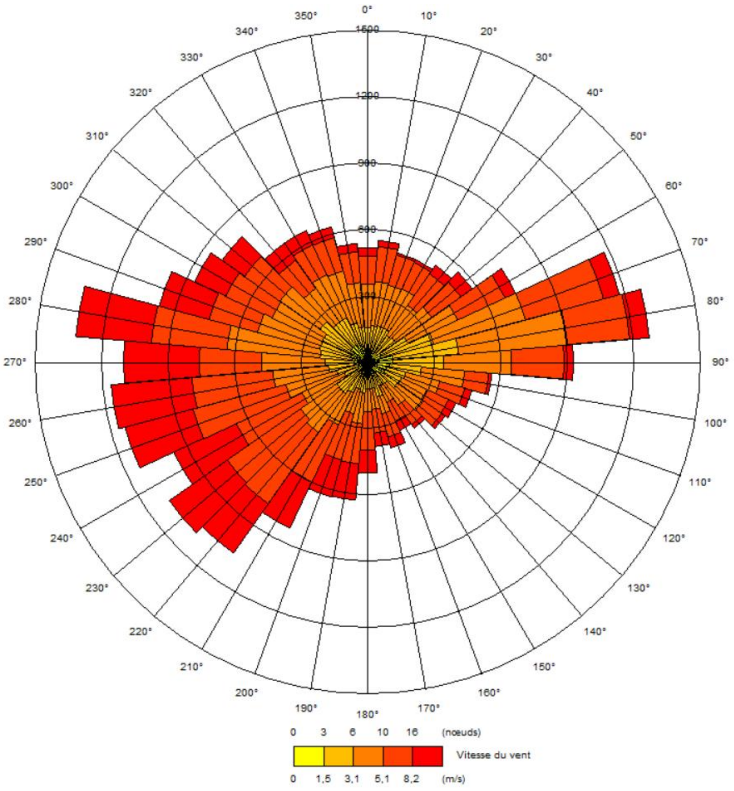


Figure 10 : Rose des vents utilisée pour la modélisation

6.2.2.2 *Données influant sur la dispersion*

- Relief

Sur le site, le relief est marqué, ce qui peut influencer le flux d'air et, par conséquent, la dispersion atmosphérique des polluants.
Pour intégrer ces effets liés au relief dans la modélisation, le module terrain de l'outil a été utilisé.

- Rugosité

Un coefficient de rugosité introduit dans le modèle, traduit le degré de turbulence causé par le passage des vents à travers les structures de surface au sol. La turbulence est plus élevée dans les zones urbaines que dans les zones rurales en raison de la présence de bâtiments plus nombreux et de plus grande taille. Dans les zones urbaines, les dépôts de poussières tendent à s'effectuer à une distance plus courte que dans les zones rurales. Un coefficient de rugosité de 1 m est utilisé pour cette étude, valeur représentative des villes / forêts.

6.2.2.3 *Caractéristiques des rejets*

Les caractéristiques des rejets considérés sont rappelées dans le tableau suivant.

Tableau 18 : Caractéristiques des rejets considérés

Code du rejet	Désignation de la source	Type de rejet	Hauteur du rejet (m)	Diamètre exutoire (m)	Surface d'émission (m^2)	T° de sortie (°C)	Vitesse (m/s)
BV1	BIVIS1	Canalisé	12	0,10	-	18	37
BV2	BIVIS2		14	0,20	-	17	10
BV3	BIVIS3		22,5	0,40	-	19	6
C4	Chaufferie		15	0,75	-	150	0,94
BV1	BIVIS 1	Diffus	4,3	-	239,4	Tamb	-
BV2	BIVIS 2		4,3	-	239,4	Tamb	-
BV3	BIVIS 3		10	-	241,4	Tamb	-
PAD1 - 138	Presse à déshydrater 1 actuelle - bâtiment 138		10,8	-	115	Tamb	-
PAD1 - 092	Presse à déshydrater 1 future - bâtiment 092		11,3	-	337,7	Tamb	-
PAD2 - 138	Presse à déshydrater 2 actuelle - bâtiment 138		10,8	-	115	Tamb	-
PAD2 - 093	Presse à déshydrater 2 future - bâtiment 093		11,3	-	337,7	Tamb	-
PAD3	Presse à déshydrater 3 - bâtiment 091		11,3	-	337,7	Tamb	-
310	310 - Events et cuves de stockage		20	-	300	Tamb	-
071	Granulation		5,2	-	347	Tamb	-
Brûloir	Aire de brûlage		2	-	1	Tamb	-

La localisation de ces rejets est rappelée dans la figure de la page suivante.

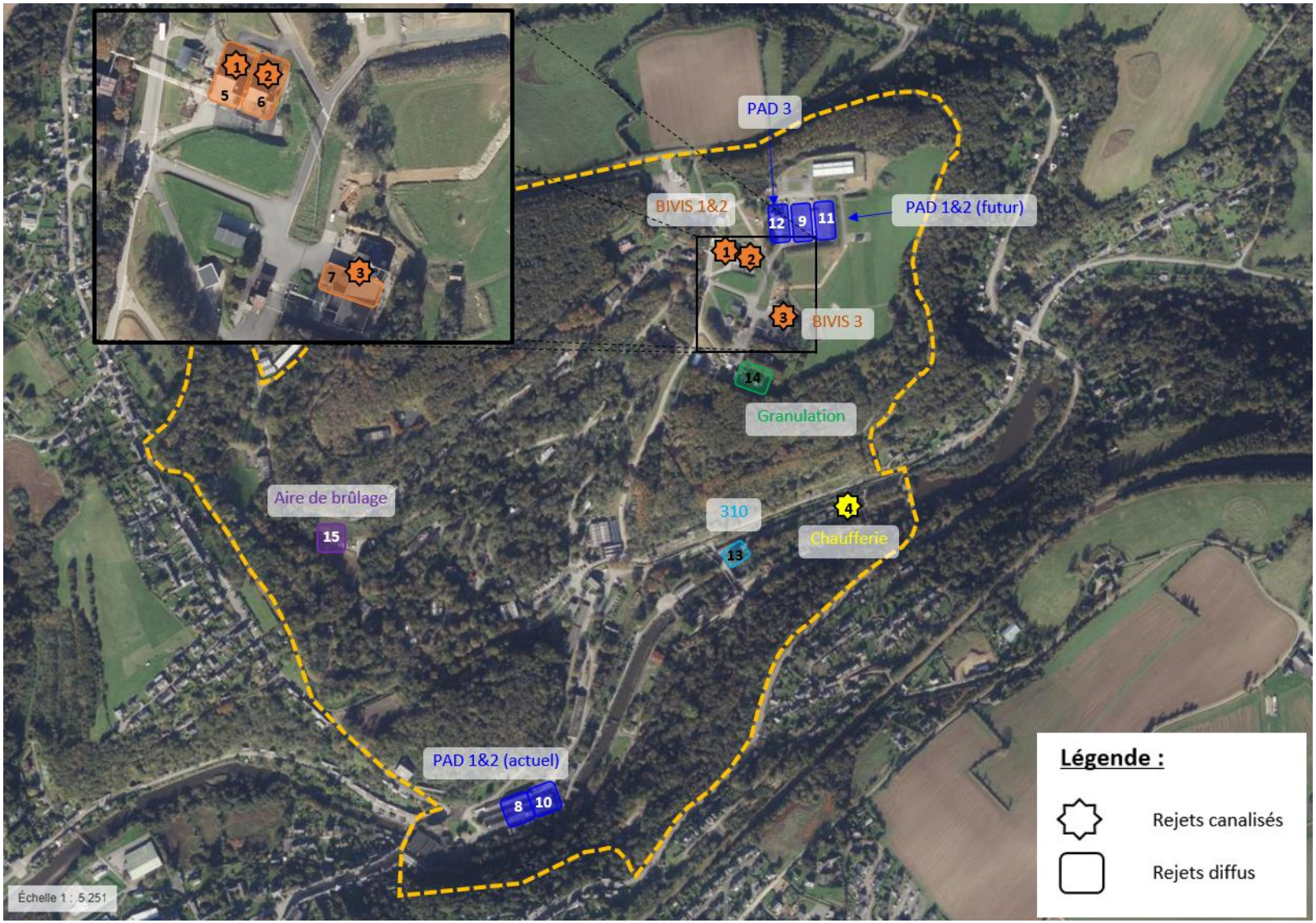


Figure 11 : Localisation et nature des points de rejets atmosphériques

6.2.2.4 *Localisation des récepteurs*

La localisation et la nature des récepteurs ont été choisies afin d'avoir des cibles variées et représentatives des usages identifiés dans l'environnement proche du site. Les récepteurs retenus, pour lesquels les concentrations en polluants sont calculées, sont les suivants :

Tableau 19 : Description des récepteurs retenus

Récepteur	Code	Description	Localisation par rapport aux limites du site
Habitations	**H1**	1162 Route de Quinquis	200m au nord du site
Habitations	**H2**	12, Impasse de la Gare	Moins de 100m au sud du site
Habitations	**H3**	60 Rue de Brest	Moins de 100m au sud du site
Habitations	**H4**	68 Rue de Brest	200m à l'est du site
Habitations	**H5**	14 Route du Beuzit	150m au nord-ouest du site
Habitations	**H6**	52 Rue du Squiriou	A proximité immédiate du site, à l'ouest
Habitations	**H7**	125, Lambegou (Lopérec)	1,2km au nord-est du site
Habitations	**H8**	35 Rue du Pont Neuf	A proximité immédiate du site, à l'est
Habitations	**H9**	37 Rue du Squiriou	A proximité immédiate du site, à l'ouest
Habitations	**H10**	4 Rue de Créac'h Moyec	150m au nord-est du site
ERP	**P1**	Collège François Collobert	400m au sud-ouest du site
ERP	**P2**	Lycée Pro. des Métiers de l'Automobile	600m au sud-ouest du site
ERP	**P3**	Cocaign coiffure	A proximité immédiate du site, au sud-ouest
Entreprise	**E1**	Livbag	A proximité immédiate du site, au nord-ouest
Entreprise	**E2**	Novatech technologies	1km au sud du site

La plupart des points sont identiques à ceux choisis lors de l'ERS précédente, afin de pouvoir comparer les résultats obtenus.

Les concentrations sont calculées à une hauteur de 1,5 m, ce qui correspond à la hauteur moyenne de respiration de l'Homme. Il faut noter que les phénomènes de transfert entre l'air extérieur et l'air intérieur sont complexes et difficiles à caractériser. Aussi, les concentrations auxquelles seront éventuellement exposées les populations à proximité du site, en intérieur ou en extérieur, sont supposées être celles calculées par ADMS dans l'air extérieur.

La localisation de ces points récepteurs est reportée sur le schéma ci-dessous :



Figure 12 : Localisation des points récepteurs

6.2.2.5 *Flux à l'émission des polluants*

Les flux à l'émission des polluants, calculés sur la base des quantités de polluants retenues et des caractéristiques des trois points de rejet, sont présentés dans les tableaux suivants.

Nota :

- Les HAP émis par le site sont au nombre de 16, et pour la modélisation sous ADMS, un seul paramètre intégrateur et représentatif a été pris en compte : « HAP16 ». La concentration modélisée des substances individuelles sera calculée par la suite.
- L'approche majorante suivante a été suivie pour le point de rejet « brûloir » : 100% des poussières ont été assimilées à des PM_{10} et à des $PM_{2,5}$ dans ADMS.

Tableau 20 : Flux à l'émission des sources canalisées

		Flux d'émission (g/s)					
Code rejet	Désignation du rejet	Ethanol	Acétone	CO	NO_x	PM10	SO_x
BV1	BIVIS 1	3,81E-02	5,06E-01				
BV2	BIVIS 2	3,81E-02	5,06E-01				
BV3	BIVIS 3	5,71E-02	7,58E-01				
C4	Chaufferie			1,10E-01	2,20E-01	3,30E-03	1,80E-03

Tableau 21 : Flux à l'émission des sources diffuses (hors aire de brûlage)

		Flux d'émission (g/m³/s)		
		Composés organiques volatils (COV)		
Code rejet	Désignation du rejet	Acétone	Ethanol	Acétate d'éthyle
BV1	BIVIS 1	1,71E-03	1,11E-03	
BV2	BIVIS 2	1,71E-03	1,11E-03	
BV3	BIVIS 3	7,30E-04	4,73E-04	
PAD1 - 138	Presse à déshydrater 1 actuelle - bâtiment 138		1,73E-03	
PAD1 - 092	Presse à déshydrater 1 future - bâtiment 092		5,62E-04	
PAD2 - 138	Presse à déshydrater 2 actuelle - bâtiment 138		1,73E-03	
PAD2 - 093	Presse à déshydrater 2 future - bâtiment 093		5,62E-04	
PAD3	Presse à déshydrater 3 - bâtiment 091		5,62E-04	
310	310 - Events et cuves de stockage	2,08E-04	8,99E-05	
071	Granulation			1,57E-03

Tableau 22 : Flux à l'émission de l'aire de brûlage

Code rejet	Désignation du rejet	Flux d'émission (g/m³/s)						
		Composés organiques volatils (COV)						
		CO	NO_x	HCl	NH_3	SO_x	PCDD/PCDF	Acétone
Brûloir	Aire de brûlage	8,86E-01	8,69E-01	1,95E-04	8,91E-03	1,45E-02	8,00E-12	2,79E-03

Code rejet	Désignation du rejet	Flux d'émission (g/m³/s)					
		Poussières	BTEX				16 HAP
			Benzène	Toluène	Ethylbenzène	Xylènes	
Brûloir	Aire de brûlage	5,01E-02	7,24E-04	3,12E-04	3,68E-05	1,06E-04	6,01E-04

6.2.3 RÉSULTATS

6.2.3.1 *Concentrations dans l'atmosphère et dépôts au sol*

Les concentrations moyennes annuelles et dépôts au sol (dans le cas des composés gazeux : dépôts humides issus du lessivage par les précipitations des gaz) obtenus sont présentés dans les tableaux suivants. Les valeurs maximales modélisées sont surlignées en vert.

Tableau 23 : Concentrations moyennes annuelles modélisées (1/2), en µg/m³

Récepteur	Ethanol	Acétone	CO	NO_x	HCl	NH_3	SO_2	Benzène
H1	1,99E+01	6,77E+00	4,20E+00	2,77E+00	6,07E-04	2,77E-02	4,56E-02	2,25E-03
H2	2,27E+01	2,11E+00	9,61E+00	5,76E+00	1,29E-03	5,88E-02	9,58E-02	4,78E-03
H3	2,78E+01	7,77E+00	7,25E+00	4,73E+00	1,03E-03	4,70E-02	7,76E-02	3,82E-03
H4	3,69E+01	1,39E+01	5,74E+00	4,16E+00	8,52E-04	3,90E-02	6,63E-02	3,17E-03
H5	1,04E+01	3,52E+00	1,55E+01	1,04E+01	2,33E-03	1,07E-01	1,73E-01	8,66E-03
H6	1,66E+01	5,08E+00	5,57E+01	3,86E+01	8,65E-03	3,96E-01	6,43E-01	3,21E-02
H7	2,88E+00	9,44E-01	1,18E+00	7,37E-01	1,61E-04	7,34E-03	1,21E-02	5,97E-04
H8	4,31E+01	1,98E+01	7,57E+00	6,12E+00	1,05E-03	4,82E-02	9,00E-02	3,92E-03
H9	3,51E+01	4,94E+00	4,19E+01	2,94E+01	6,57E-03	3,00E-01	4,89E-01	2,44E-02
H10	2,16E+01	7,52E+00	4,16E+00	2,82E+00	6,11E-04	2,79E-02	4,62E-02	2,27E-03
P1	1,49E+01	1,63E+00	9,74E+00	5,99E+00	1,34E-03	6,12E-02	9,96E-02	4,97E-03
P2	4,69E+00	6,77E-01	2,87E+00	1,59E+00	3,55E-04	1,62E-02	2,64E-02	1,32E-03
P3	1,96E+01	1,82E+00	1,11E+01	6,86E+00	1,53E-03	7,01E-02	1,14E-01	5,70E-03
E1	1,63E+01	5,89E+00	3,74E+01	2,67E+01	5,99E-03	2,74E-01	4,45E-01	2,22E-02
E2	3,01E+00	5,43E-01	2,04E+00	1,11E+00	2,48E-04	1,13E-02	1,85E-02	9,21E-04

Tableau 24 : Concentrations moyennes annuelles modélisées (2/2), en µg/m³

Récepteur	PM_{10}	PCDD/PCDF	Acétate d'éthyle	Toluène	Ethylbenzène	Xylènes	$PM_{2,5}$	16HAP
H1	4,92E-02	2,90E-11	3,26E-01	9,71E-04	1,15E-04	3,29E-04	1,61E-01	1,87E-03
H2	1,42E-01	6,19E-11	1,22E-01	2,06E-03	2,44E-04	6,98E-04	3,49E-01	3,96E-03
H3	9,91E-02	4,97E-11	3,29E-01	1,65E-03	1,95E-04	5,59E-04	2,77E-01	3,17E-03
H4	7,59E-02	4,12E-11	9,76E-01	1,36E-03	1,62E-04	4,63E-04	2,28E-01	2,63E-03
H5	2,72E-01	1,11E-10	2,39E-01	3,73E-03	4,43E-04	1,27E-03	6,34E-01	7,18E-03
H6	1,07E+00	4,03E-10	4,08E-01	1,38E-02	1,64E-03	4,70E-03	2,33E+00	2,67E-02
H7	1,25E-02	8,14E-12	6,29E-02	2,57E-04	3,05E-05	8,72E-05	4,51E-02	4,95E-04
H8	1,12E-01	5,04E-11	1,38E+00	1,69E-03	2,00E-04	5,72E-04	2,81E-01	3,25E-03
H9	8,50E-01	3,07E-10	3,27E-01	1,05E-02	1,25E-03	3,57E-03	1,76E+00	2,02E-02
H10	5,07E-02	2,95E-11	3,90E-01	9,77E-04	1,16E-04	3,31E-04	1,64E-01	1,88E-03
P1	1,49E-01	6,50E-11	8,03E-02	2,14E-03	2,54E-04	7,26E-04	3,67E-01	4,12E-03
P2	3,57E-02	1,78E-11	3,67E-02	5,68E-04	6,74E-05	1,93E-04	9,92E-02	1,09E-03
P3	1,75E-01	7,45E-11	9,42E-02	2,45E-03	2,91E-04	8,33E-04	4,22E-01	4,73E-03
E1	7,66E-01	2,78E-10	3,93E-01	9,58E-03	1,14E-03	3,25E-03	1,61E+00	1,85E-02
E2	2,44E-02	1,24E-11	2,94E-02	3,97E-04	4,71E-05	1,35E-04	6,90E-02	7,64E-04

Tableau 25 : Dépôts au sol (1/2), en µg/m²/s

Récepteur	Ethanol	Acétone	CO	NO_x	HCl	NH_3	SO_2	Benzène
H1	3,85E-01	1,33E-01	1,34E-02	6,29E-02	1,38E-05	6,30E-04	1,04E-03	5,12E-05
H2	3,37E-01	3,26E-02	1,94E-02	8,27E-02	1,84E-05	8,43E-04	1,37E-03	6,85E-05
H3	5,14E-01	1,17E-01	1,87E-02	9,11E-02	1,97E-05	9,01E-04	1,49E-03	7,32E-05
H4	7,52E-01	2,95E-01	1,82E-02	9,64E-02	1,97E-05	8,99E-04	1,53E-03	7,30E-05
H5	1,74E-01	5,93E-02	3,46E-02	1,74E-01	3,89E-05	1,78E-03	2,90E-03	1,45E-04
H6	2,80E-01	8,66E-02	1,08E-01	6,32E-01	1,41E-04	6,47E-03	1,05E-02	5,26E-04
H7	6,27E-02	2,05E-02	4,28E-03	1,64E-02	3,57E-06	1,63E-04	2,69E-04	1,32E-05
H8	7,66E-01	3,44E-01	2,18E-02	1,38E-01	2,32E-05	1,06E-03	2,01E-03	8,62E-05
H9	5,91E-01	8,25E-02	7,96E-02	4,51E-01	1,01E-04	4,61E-03	7,50E-03	3,74E-04
H10	4,61E-01	1,61E-01	1,36E-02	6,50E-02	1,40E-05	6,40E-04	1,06E-03	5,20E-05
P1	2,48E-01	2,57E-02	1,95E-02	9,10E-02	2,03E-05	9,28E-04	1,51E-03	7,54E-05
P2	6,97E-02	1,02E-02	5,80E-03	2,36E-02	5,25E-06	2,40E-04	3,91E-04	1,95E-05
P3	3,11E-01	2,84E-02	2,19E-02	1,03E-01	2,30E-05	1,05E-03	1,71E-03	8,54E-05
E1	2,73E-01	9,82E-02	7,95E-02	4,40E-01	9,86E-05	4,51E-03	7,33E-03	3,66E-04
E2	4,74E-02	8,70E-03	4,28E-03	1,66E-02	3,68E-06	1,68E-04	2,75E-04	1,37E-05

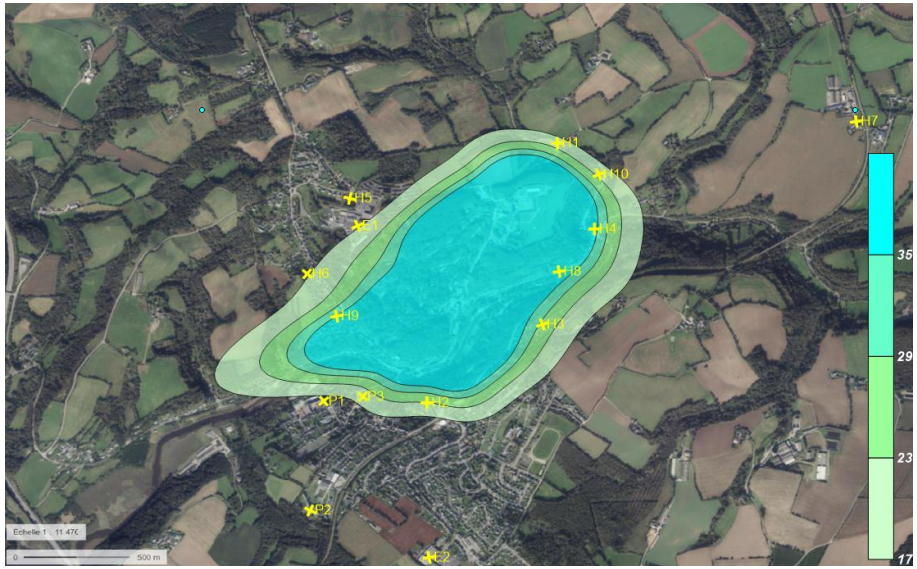
Tableau 26 : Dépôts au sol (2/2), en µg/m²/s

Récepteur	PM_{10}	PCDD/PCDF	Acétate d'éthyle	Toluène	Ethylbenzène	Xylènes	$PM_{2,5}$	16HAP
H1	8,15E-03	5,81E-13	7,07E-03	2,21E-05	2,62E-06	7,49E-06	4,39E-03	4,25E-05
H2	8,61E-03	6,23E-13	1,86E-03	2,95E-05	3,50E-06	1,00E-05	4,38E-03	5,68E-05
H3	1,13E-02	7,28E-13	5,85E-03	3,15E-05	3,74E-06	1,07E-05	5,39E-03	6,07E-05
H4	1,29E-02	8,30E-13	2,24E-02	3,15E-05	3,73E-06	1,07E-05	6,26E-03	6,06E-05
H5	2,23E-02	1,27E-12	4,70E-03	6,23E-05	7,39E-06	2,11E-05	9,34E-03	1,20E-04
H6	8,35E-02	4,43E-12	7,55E-03	2,26E-04	2,69E-05	7,68E-05	3,28E-02	4,36E-04
H7	1,57E-03	1,40E-13	1,39E-03	5,71E-06	6,77E-07	1,94E-06	1,02E-03	1,10E-05
H8	1,82E-02	9,56E-13	2,61E-02	3,72E-05	4,41E-06	1,26E-05	7,25E-03	7,15E-05
H9	6,17E-02	3,28E-12	5,86E-03	1,61E-04	1,91E-05	5,47E-05	2,40E-02	3,11E-04
H10	8,27E-03	5,81E-13	8,89E-03	2,24E-05	2,66E-06	7,60E-06	4,37E-03	4,32E-05
P1	1,01E-02	6,87E-13	1,31E-03	3,25E-05	3,85E-06	1,10E-05	4,91E-03	6,26E-05
P2	2,20E-03	1,76E-13	5,46E-04	8,40E-06	9,96E-07	2,85E-06	1,23E-03	1,62E-05
P3	1,15E-02	7,71E-13	1,48E-03	3,68E-05	4,36E-06	1,25E-05	5,51E-03	7,08E-05
E1	6,18E-02	3,17E-12	7,41E-03	1,58E-04	1,87E-05	5,35E-05	2,35E-02	3,04E-04
E2	1,52E-03	1,25E-13	4,81E-04	5,89E-06	6,98E-07	2,00E-06	8,69E-04	1,13E-05

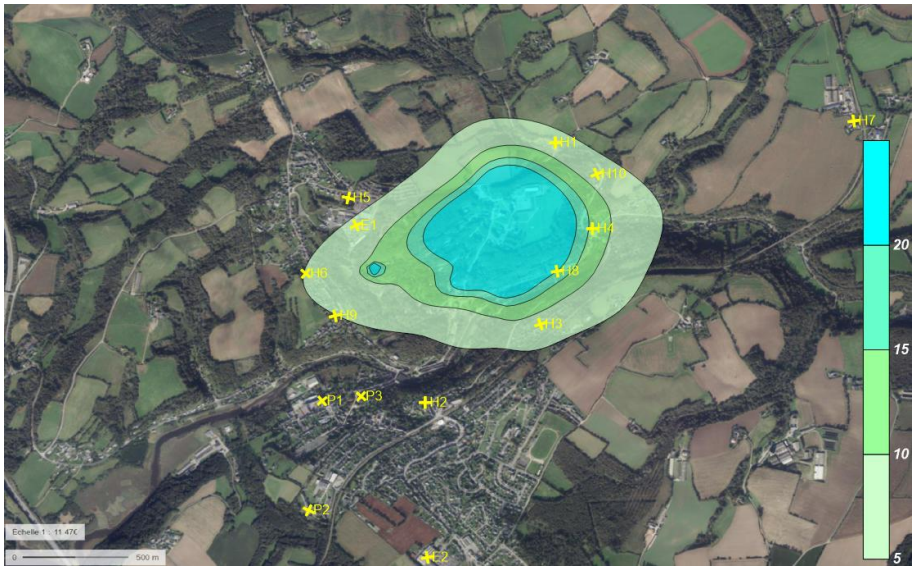
6.2.3.2 *Cartographies des iso-concentrations*

Une concentration est calculée pour chaque point du maillage et des isocontours sont obtenus par interpolation en utilisant le logiciel Surfer 10. Les isocontours (cartes) des concentrations horaires moyennes annuelles pour une sélection des principaux polluants émis sont présentés sur les figures suivantes.

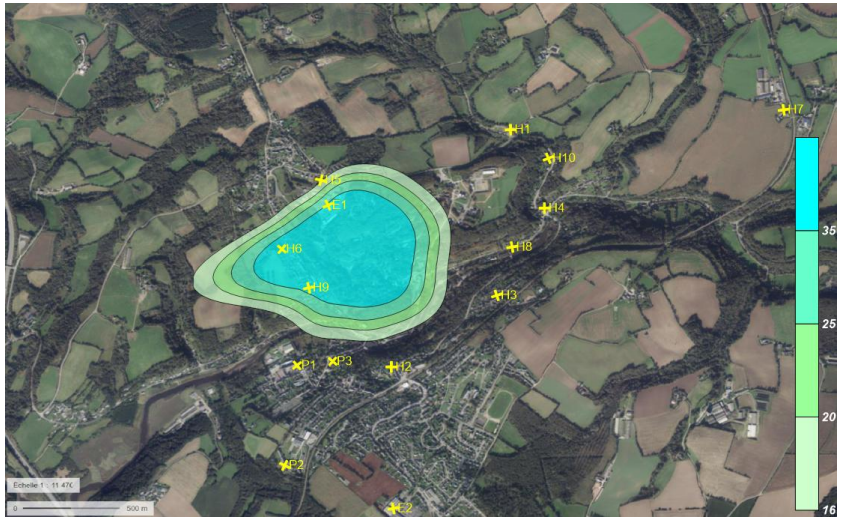
Carte iso-concentrations en Ethanol (µg/m^3)



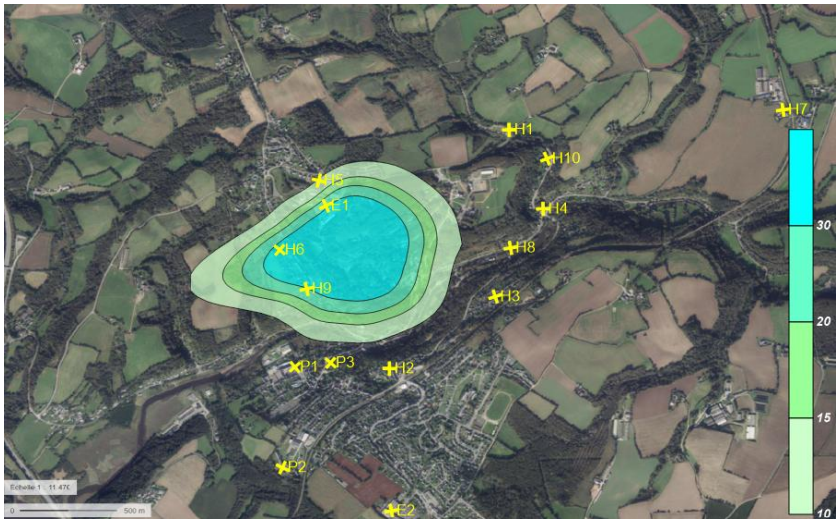
Carte iso-concentrations en Acétone (µg/m^3)



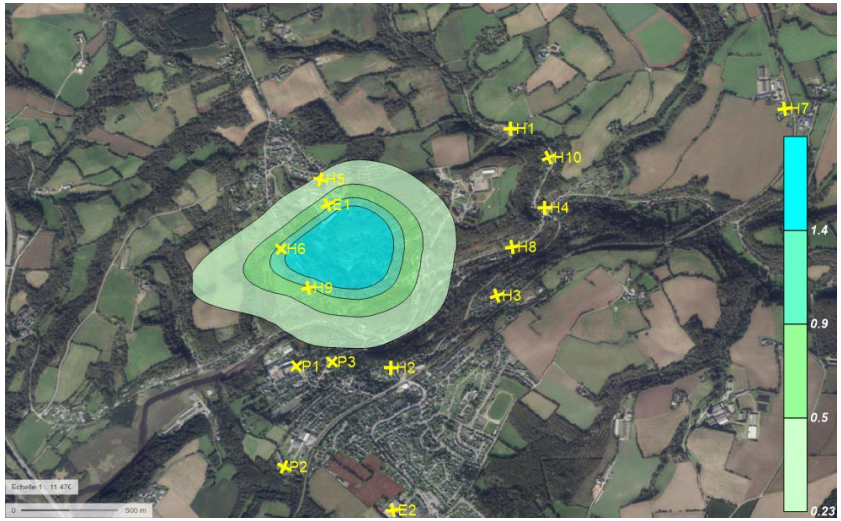
Carte iso-concentrations en CO (µg/m^3)



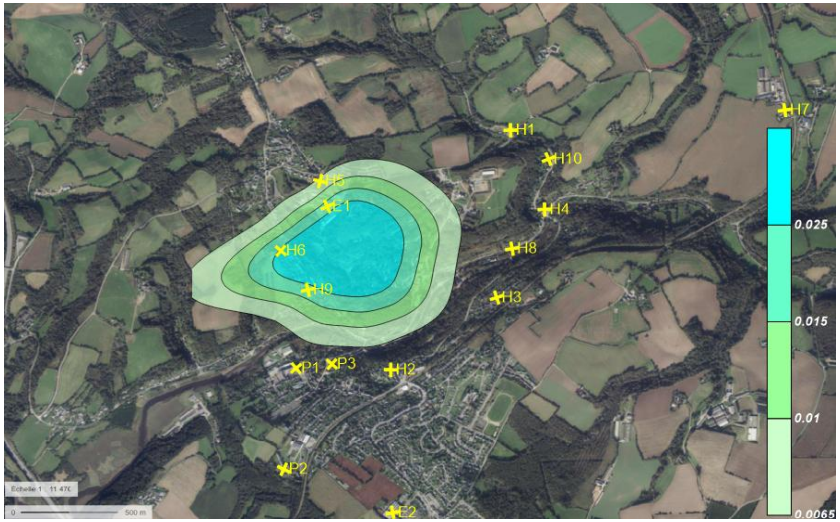
Carte iso-concentrations en NO_x (µg/m^3)



Carte iso-concentrations en PM_{10} (µg/m^3)



Carte iso-concentrations en HAP (µg/m^3)



6.2.3.3 *Point d'impacts maximaux*

Les points d'impact maximaux ont été modélisés, par substance. Ces points correspondent aux endroits où les concentrations en polluants modélisés sont les plus importantes, et sont à distinguer des localisations des cibles présentées précédemment.

Leur localisation et les concentrations associées sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 27 : Identification des points d'impact maximaux

Substance	X(m)	Y(m)	Z(m)	Point n°	Concentration (µg/m³)
Ethanol	174857.30	6819090.00	1.50	**1**	5,58E+03
Acétone	175177.41	6819608.50	1.50	**2**	2,36E+03
CO	174577.20	6819334.00	1.50	**3**	8,67E+03
NO_x	174577.20	6819334.00	1.50	**3**	8,08E+03
HCl	174577.20	6819334.00	1.50	**3**	1,81E+00
NH_3	174577.20	6819334.00	1.50	**3**	8,29E+01
SO_2	174577.20	6819334.00	1.50	**3**	1,35E+02
BENZENE	174577.20	6819334.00	1.50	**3**	6,74E+00
PM_{10}	174577.20	6819334.00	1.50	**3**	3,97E+02
PCDD PCDF	174577.20	6819334.00	1.50	**3**	7,79E-08
Acétate d'éthyle	175217.42	6819486.50	1.50	**4**	5,79E+02
Toluène	174577.20	6819334.00	1.50	**3**	2,90E+00
Ethylbenzene	174577.20	6819334.00	1.50	**3**	3,44E-01
Xylène	174577.20	6819334.00	1.50	**3**	9,85E-01
$PM_{2.5}$	174577.20	6819334.00	1.50	**3**	4,71E+02
HAP16	174577.20	6819334.00	1.50	**3**	5,59E+00

La localisation des points d'impact maximaux, par substance, est présentée dans la figure de la page suivante. L'ensemble de ces points est situé dans les limites du site.

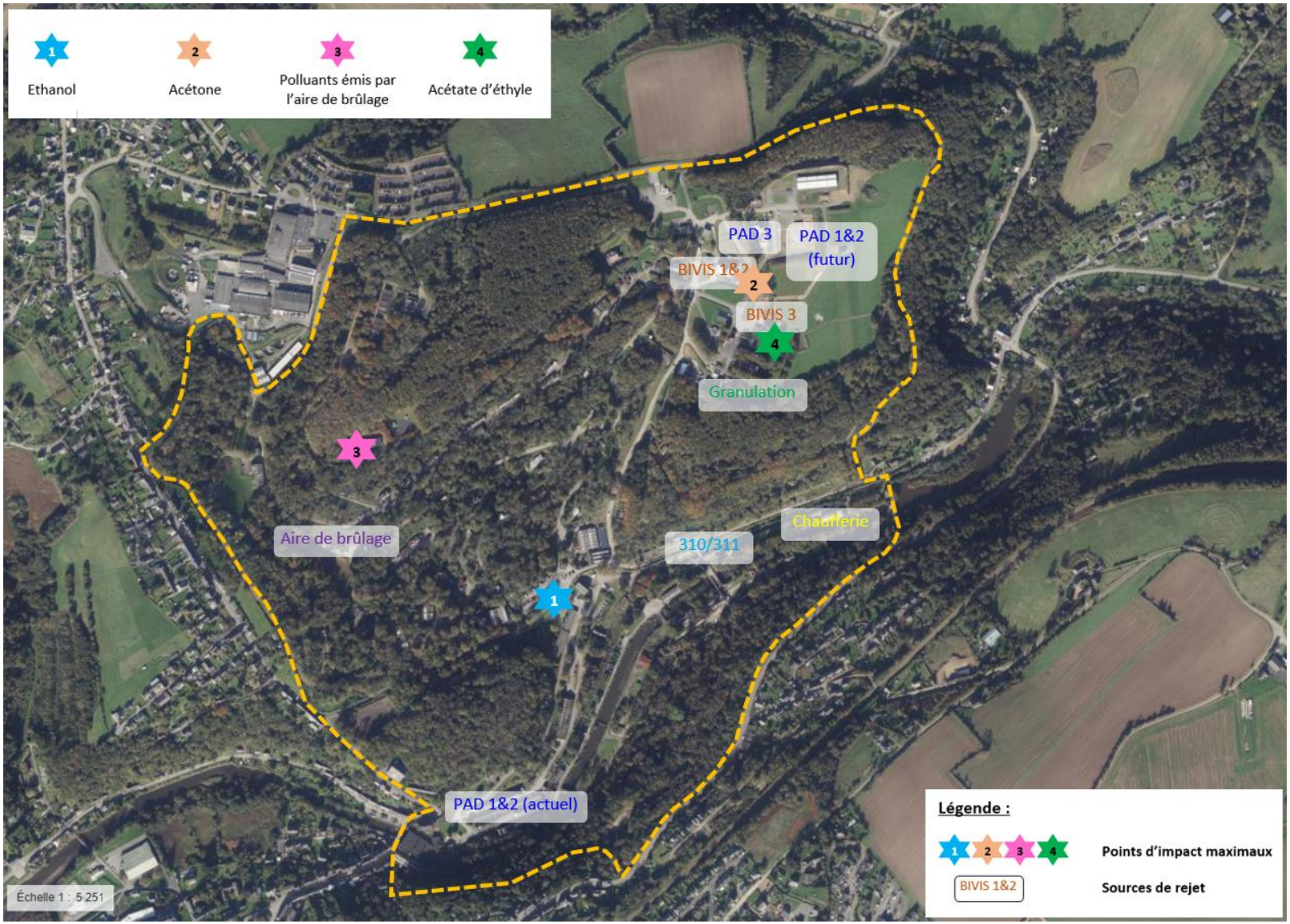


Figure 13 : Localisation des points d'impact maximaux

6.3 SCHÉMA CONCEPTUEL

6.3.1 VOIES DE TRANSFERT ET MILIEUX D'EXPOSITION

Un risque est défini par :

- Une source de contamination ;
- Un vecteur de transfert de la contamination ;
- Un milieu d'exposition ;
- Une cible.

Si l'un de ces éléments n'existe pas, alors aucun risque n'est caractérisable.

L'évaluation porte sur les risques pour les populations humaines, exposées de manière chronique aux émissions atmosphériques du site.

L'exposition des cibles peut être directe pour ce qui concerne l'inhalation de contaminants issus des émissions atmosphériques du site et présents dans l'air.

L'exposition peut également être indirecte via les sols superficiels non recouverts sur lesquels se sont déposés les contaminants issus des émissions du site. Dans ce cas, les voies d'exposition concernent :

- Le contact cutané avec le premier centimètre de sols ;
- L'ingestion de sols superficiels (premier centimètre) ;
- L'ingestion de produits alimentaires autoproduits (fruits et légumes du potager, viande animale, lait, œufs).

Dans la suite de l'étude et au vu de la localisation des habitations les plus proches, l'ingestion d'aliments d'origine animale autoproduits ne sera pas retenue (impliquant des élevages d'animaux, non recensés à proximité du site).

Le schéma proposé ci-dessous récapitule les expositions retenues par rapport à la problématique du site.

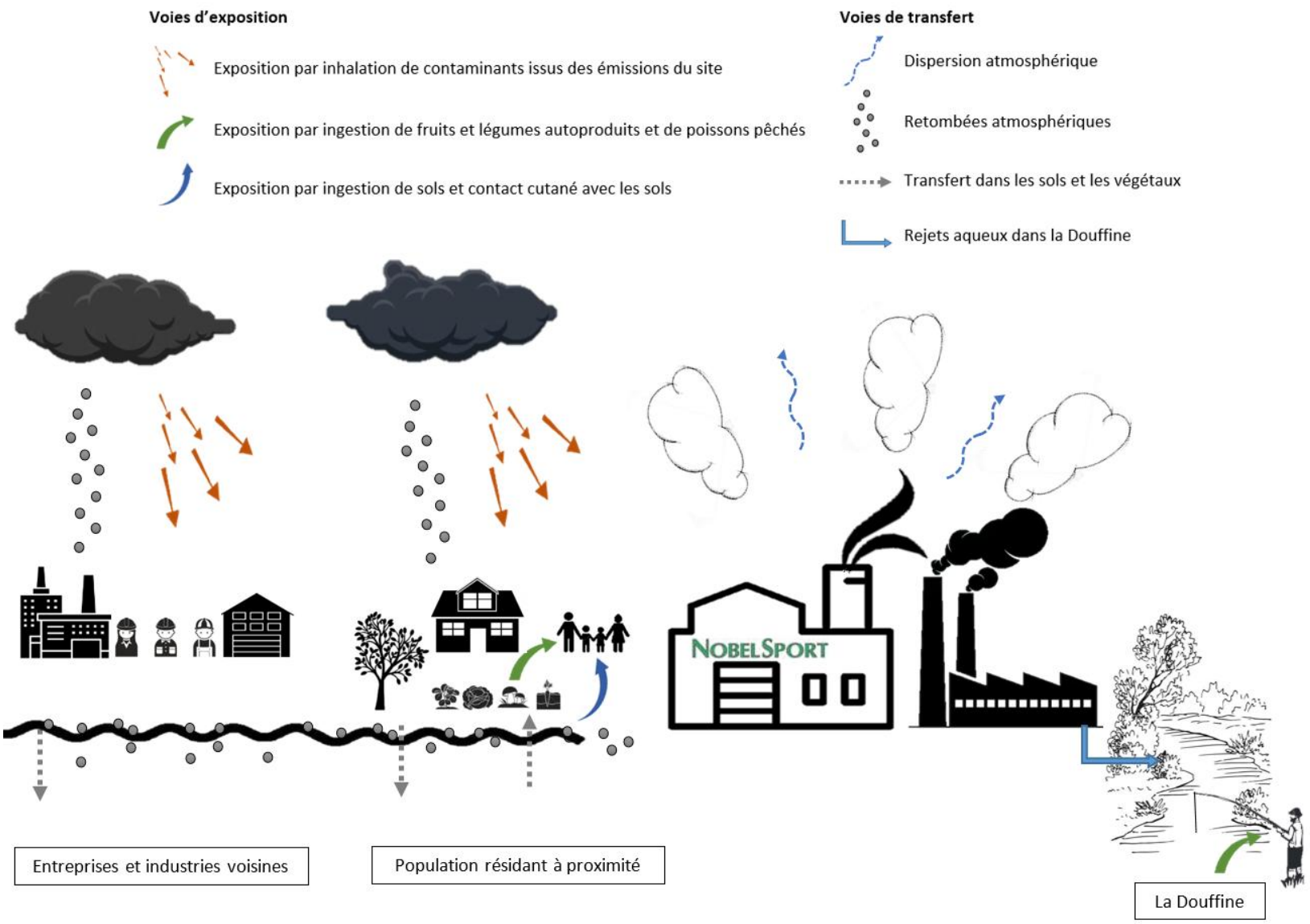


Figure 14 : Schéma conceptuel

6.3.2 SÉLECTION DES CIBLES

Dans la suite de l'étude, les cibles retenues seront celles qui sont les plus exposées au regard des données de la modélisation et de leur typologie d'exposition.

Les points les plus exposés, par typologie d'usage, sont :
- Pour les habitations : celles localisées aux points H6 et H8 ;
- Pour les ERP et les points sensibles : l'entreprise localisée au point E1 et l'école située au point P3.

Dans ce contexte, les cibles sélectionnées au vu des résultats de la modélisation de la dispersion atmosphérique sont :

- **Hmax** : des riverains, adultes et enfants, résidant au niveau des habitations les plus exposées aux alentours du site (H6 et H8). Dans le cadre de la présente étude, une cible fictive Hmax sera retenue, correspondant au cumul des concentrations maximales modélisées aux points H6 et H8.

- **E1** : un « habitant travailleur », habitant dans l'habitation la plus exposée aux alentours du site (Hmax) et employé dans l'entreprise représentée par le point E1, entreprise la plus exposée. Pour cette cible, il sera considéré que l'habitant passe 80% du temps à domicile, et 20% du temps en entreprise, conformément à la description du scénario correspondant, présenté dans le tableau 5 du guide de l'INERIS de 2021[10] ;

- **P3** : un écolier habitant dans l'habitation la plus exposée (Hmax) et scolarisé au niveau de l'école possédant les concentrations modélisées maximales (P3). Pour cette cible, il sera considéré que l'écolier passe 10% du temps à l'école (6h/j, 144j/an) et 90% du temps au niveau de l'habitation la plus exposée.

Dans la suite de l'étude, les cibles étudiées seront dénommées cibles Hm, cibles E1 et cibles P3.

La figure suivante rappelle la localisation des cibles H6, H8, E1 et P3.

[10] *Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées. INERIS, deuxième éditions, septembre 2021.*



Figure 15 : Localisation des cibles H6, H8, E1 et P3

6.3.3 CONCENTRATIONS AUX POINTS D'EXPOSITION

Le tableau suivant présente les concentrations retenues pour les cibles considérées :

Tableau 28 : Concentrations modélisées des cibles retenues

	Concentration modélisée (mg/m³)		
	Hm	E1	P3
Ethanol	4,31E-02	3,77E-02	4,07E-02
Acétone	1,98E-02	1,71E-02	1,80E-02
CO	5,57E-02	5,20E-02	5,12E-02
NOx	3,86E-02	3,62E-02	3,54E-02
HCl	8,65E-06	8,12E-06	7,94E-06
NH_3	3,96E-04	3,71E-04	3,63E-04
SO_2	6,43E-04	6,04E-04	5,90E-04
Benzène	3,21E-05	3,02E-05	2,95E-05
PM_{10}	1,07E-03	1,01E-03	9,82E-04
PCDD/PCDF	4,03E-13	3,78E-13	3,71E-13
Acétate d'éthyle	1,38E-03	1,19E-03	1,26E-03
Toluène	1,38E-05	1,30E-05	1,27E-05
Ethylbenzène	1,64E-06	1,54E-06	1,51E-06
Xylènes	4,70E-06	4,41E-06	4,31E-06
$PM_{2,5}$	2,33E-03	2,18E-03	2,14E-03
16 HAP	2,67E-05	2,50E-05	2,45E-05

Pour la cible E1, la concentration retenue a été calculée grâce aux concentrations modélisées aux points E1 et Hm, et selon les critères évoqués précédemment. Ainsi, la concentration retenue est égale à la somme de 20% de la concentration au point E1 et de 80% de la concentration au point fictif Hm.
Pour la cible P3, la concentration retenue a été calculée grâce aux concentrations modélisées aux points Hm et P3, et selon les critères évoqués précédemment. Ainsi, la concentration retenue est égale à la somme de 90% de la concentration au point fictif Hm et de 10% de la concentration au point P3.

Concernant les 16 HAP, la concentration de chaque substance individuelle a été mesurée au point de rejet. Afin de déterminer la concentration modélisée de chaque HAP, leur pourcentage au point de rejet du brûloir sera appliqué à la concentration modélisée des 16 HAP :

Substance	C° mesurée au rejet (µg/m³)	Contribution aux HAP émis (%)	Concentration individuelle (mg/m³)		
			Hm	E1	P3
Naphtalène	310,3	60,37%	1,61E-05	1,51E-05	1,48E-05
Acénaphtylène	67,2	13,07%	3,49E-06	3,27E-06	3,20E-06
Acénaphtène	7,2	1,40%	3,73E-07	3,50E-07	3,43E-07
Fluorène	15,6	3,04%	8,09E-07	7,59E-07	7,43E-07
Phénanhrène	54,3	10,56%	2,82E-06	2,64E-06	2,58E-06
Anthracène	7	1,36%	3,63E-07	3,41E-07	3,33E-07
Fluoranthène	17,4	3,39%	9,03E-07	8,47E-07	8,28E-07
Pyrène	14,9	2,90%	7,73E-07	7,25E-07	7,09E-07
Benzo(a)anthracène	5	0,97%	2,59E-07	2,43E-07	2,38E-07
Chrysène	4,1	0,80%	2,13E-07	2,00E-07	1,95E-07
Benzo(b)fluoranthène	2,9	0,56%	1,50E-07	1,41E-07	1,38E-07
Benzo(k)fluoranthène	1,3	0,25%	6,74E-08	6,33E-08	6,19E-08
Benzo(a)pyrène	2,5	0,49%	1,30E-07	1,22E-07	1,19E-07
Dibenzo(a,h)anthracène	0,2	0,04%	1,04E-08	9,73E-09	9,52E-09
Benzo(g,h,i)pérylène	2	0,39%	1,04E-07	9,73E-08	9,52E-08
Indénopyrène	2,1	0,41%	1,09E-07	1,02E-07	1,00E-07
TOTAL	**514**	**1**	**2,67E-05**	**2,50E-05**	**2,45E-05**

6.3.4 DEPOTS AUX POINTS D'EXPOSITION

Les dépôts modélisés serviront, dans la suite de l'étude, à évaluer le risque par ingestion des cibles considérées. Le risque par ingestion sera évalué sur la base :

- Du risque par ingestion de végétaux autoproduits ;
- Du risque par ingestion des sols.

Dans ce cadre, le dépôt maximal modélisé pour chaque substance sera retenu, pour l'ensemble de ces cibles. Cette hypothèse est notamment majorante pour les cibles P3 et E1, dans la mesure où :

- L'ingestion de sols, si elle existe au point P3 (lorsque l'enfant est à l'école, soit 10% du temps) devrait être associée aux dépôts au point P3, qui sont plus faibles que les valeurs retenues ;
- L'ingestion de sols n'est pas attendue pour les cibles E1, lorsque l'adulte concerné est sur le lieu de travail (20% du temps).

Les dépôts considérés sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 29 : Dépôts maximaux modélisés

	Dépôts maximaux modélisés	
	Dépôt max (µg/m²/s)	Dépôt max (mg/m²/j)
Ethanol	7,66E-01	6,62E+01
Acétone	3,44E-01	2,97E+01
CO	1,08E-01	9,37E+00
Nox	6,32E-01	5,46E+01
HCl	1,41E-04	1,22E-02
NH3	6,47E-03	5,59E-01
SO2	1,05E-02	9,09E-01
Benzène	5,26E-04	4,54E-02
PM10	8,35E-02	7,22E+00
PCDD/PCDF	4,43E-12	3,83E-10
Acétate d'éthyle	2,61E-02	2,25E+00
Toluène	2,26E-04	1,96E-02
Ethylbenzène	2,69E-05	2,32E-03
Xylènes	7,68E-05	6,64E-03
PM2,5	3,28E-02	2,84E+00
Naphtalène	2,63E-04	2,27E-02
Acénaphtylène	5,70E-05	4,92E-03
Acénaphtène	6,11E-06	5,28E-04
Fluorène	1,32E-05	1,14E-03
Phénanhrène	4,61E-05	3,98E-03
Anthracène	5,94E-06	5,13E-04
Fluoranthène	1,48E-05	1,28E-03
Pyrène	1,26E-05	1,09E-03
Benzo(a)anthracène	4,24E-06	3,66E-04
Chrysène	3,48E-06	3,00E-04
Benzo(b)fluoranthène	2,46E-06	2,13E-04
Benzo(k)fluoranthène	1,10E-06	9,53E-05
Benzo(a)pyrène	2,12E-06	1,83E-04
Dibenzo(a,h)anthracène	1,70E-07	1,47E-05
Benzo(g,h,i)pérylène	1,70E-06	1,47E-04
Indénopyrène	1,78E-06	1,54E-04

6.4 QUANTIFICATION DE L'EXPOSITION

Dans cette phase, les doses de substances auxquelles sont exposées les cibles seront quantifiées.

Les doses d'exposition, pour un type de cible, une substance et une voie d'exposition donnée sont détaillées dans les chapitres suivants.

Les modalités de calcul et les résultats des doses d'exposition présentées concernent :

- L'inhalation de substances émises par le site ;
- L'ingestion de sols superficiels sur lesquels se sont déposées des substances émises par le site ;
- Le contact cutané avec les sols superficiels sur lesquels se sont déposées des substances émises par le site ;
- L'ingestion de végétaux ayant adsorbé les dépôts de substances émises par le site et poussant sur des sols sur lesquels se sont également déposées ces substances.

Les formules générales de calcul présentées dans les paragraphes suivants sont issues du guide de l'INERIS[11].

6.4.1 FORMULES GÉNÉRALES DE CALCUL DE L'EXPOSITION

Pour la voie orale, la formule de la dose journalière d'exposition est, pour une substance et une voie d'exposition :

$$DJE\ (mg/kg_{pc}/j) = \frac{C_{env}.Q_{adm}.F.D_{exp}}{P.D_{moy}}$$

avec C_{env} : concentration dans le milieu administré (air, eau, aliment...) (mg/kg)
Q_{adm} : quantité de milieu administrée par voie d'exposition (orale/cutanée) (kg/j)
F : fréquence d'exposition (jour/an)
D_{exp} : durée d'exposition en années (unité : an) ; *6 ans / enfant et 40 ans / adulte*
P : poids corporel (unité : kgpc) ; *15 kg / enfant, ou 70 kg / adulte*
D_{moy} : durée sur laquelle l'exposition est moyennée (unité : jours), *c'est-à-dire Dexp pour le calcul de la dose d'exposition pour un effet à seuil et Dvie = 70 ans pour un effet sans seuil*

Pour la voie respiratoire, la dose journalière d'exposition s'exprime par la concentration moyenne inhalée, CI, par jour :

$$CI\ (mg/m^3) = \sum_i (C_i.t_i).\frac{F.D_{exp}}{D_{moy}}$$

avec C_i : concentration en polluants dans l'air inhalé pendant la fraction de temps ti (mg/m^3)
t_i : fraction de temps exposé à la concentration Ci pendant une journée (sans unité)
F : fréquence d'exposition (jour/an)
D_{exp} : durée d'exposition (unité : an) ; *6 ans / enfant et 40 ans / adulte*
D_{moy} : durée sur laquelle l'exposition est moyennée (unité : jours) ; *c'est-à-dire Dexp pour le calcul de la dose d'exposition pour un effet à seuil et Dvie = 70 ans pour un effet sans seuil*

[11] *Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées. INERIS, deuxième éditions, septembre 2021.*

6.4.2 EVALUATION LIÉE À L'INHALATION

6.4.2.1 *Outil de l'évaluation*

L'équation générale présentée ci-avant permet de définir les concentrations inhalées des différents polluants émis par l'installation.

Les Ci (concentrations en polluant dans l'air) correspondent aux concentrations présentées dans les tableaux du point 6.3.3.

Les valeurs des paramètres pour les cibles sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 30 : Paramètres des cibles

Paramètre	Unité	Adulte Hm	Enfant Hm	Adulte E1	Enfant P3
Poids corporel	kg	70	15	70	15
Dexp= durée d'exposition	années	40	6	40	6
F=fréquence d'exposition	jour/an	365	365	365	365
	heure/jour	24	24	24	24
Tm: période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (cancérogène)	années	70	70	70	70
Tm: période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (non cancérogène)	années	40	6	40	6

6.4.2.2 *Justification du choix des valeurs des paramètres*

Les paramètres d'exposition utilisés pour l'ensemble des voies d'exposition sont les suivants :

- **Dexp** : la durée d'exposition est considérée de 6 ans pour un enfant (valeur recommandée par l'US EPA et l'INERIS) et de 40 ans pour un adulte résident (valeur majorée par rapport à la préconisation du guide de l'INERIS de 2021, qui est de 30 ans).
- **Dvie** : la durée de vie retenue est de 70 ans.
- **P** : il sera considéré que le poids moyen est de 15 kg pour un enfant et 70 kg pour un adulte.
- **F :** la fréquence d'exposition choisie est de 365j et 24h/24 pour les adultes et les enfants résidant dans les habitations proches du site, ce qui implique que les personnes ne sortent jamais de leur domicile. Pour les habitants travailleurs, et les habitants écoliers, il est également retenu que les personnes sont exposées en permanence, au sein de leur habitation, lieu de travail ou école, aux fréquences définies précédemment.

Les résultats des concentrations inhalées sont présentés dans le tableau de la page suivante.

Tableau 31 : Résultats des concentrations inhalées

Concentration moyenne de polluants inhalée (mg/m³)								
Substance	Effets toxiques à seuil				Effets cancérogènes (sans seuil)			
	Adulte HM	Enfant HM	Adulte E1	Enfant P3	Adulte HM	Enfant HM	Adulte E1	Enfant P3
HAP								
Naphtalène	1,61E-05	1,61E-05	1,51E-05	1,48E-05	9,20E-06	1,38E-06	8,63E-06	1,27E-06
Acénaphtylène	*	*	*	*	1,99E-06	2,99E-07	1,87E-06	2,74E-07
Acénaphtène	*	*	*	*	4,62E-07	3,20E-08	2,00E-07	2,94E-08
Fluorène	*	*	*	*	1,61E-06	6,94E-08	4,34E-07	6,36E-08
Phénanthrène	*	*	*	*	1,61E-06	2,41E-07	1,51E-06	2,22E-07
Anthracène	*	*	*	*	2,07E-07	3,11E-08	1,95E-07	2,86E-08
Fluoranthène	*	*	*	*	5,16E-07	7,74E-08	4,84E-07	7,10E-08
Pyrène	*	*	*	*	4,42E-07	6,62E-08	4,14E-07	6,08E-08
Benzo(a)anthracène	*	*	*	*	1,48E-07	2,22E-08	1,39E-07	2,04E-08
Chrysène	*	*	*	*	1,22E-07	1,82E-08	1,14E-07	1,67E-08
Benzo(b)fluoranthène	*	*	*	*	8,60E-08	1,29E-08	8,07E-08	1,18E-08
Benzo(k)fluoranthène	*	*	*	*	3,85E-08	5,78E-09	3,62E-08	5,30E-09
Benzo(a)pyrène	1,30E-07	1,30E-07	1,22E-07	1,19E-07	7,41E-08	1,11E-08	6,95E-08	1,02E-08
Bibenzo(a,h)anthracène	*	*	*	*	5,93E-09	8,89E-10	5,56E-09	8,16E-10
Benzo(g,h,i)pérylène	*	*	*	*	5,93E-08	8,89E-09	5,56E-08	8,16E-09
Indéno(1,2,3-c,d)pyrène	*	*	*	*	6,22E-08	9,34E-09	5,84E-08	8,57E-09
BTEX								
Benzène	3,21E-05	3,21E-05	3,02E-05	2,95E-05	1,84E-05	2,75E-06	1,72E-05	2,53E-06
Toluène	1,38E-05	1,38E-05	1,30E-05	1,27E-05	*	*	*	*
Ethylbenzène	1,64E-06	1,64E-06	1,54E-06	1,51E-06	9,38E-07	1,41E-07	8,81E-07	1,29E-07
Xylènes	4,70E-06	4,70E-06	4,41E-06	4,31E-06	*	*	*	*
Autres COV								
Ammoniac	3,96E-04	3,96E-04	3,71E-04	3,63E-04	*	*	*	*
Acétone	1,98E-02	1,98E-02	1,71E-02	1,80E-02	*	*	*	*
Acide Chlorhydrique	8,65E-06	8,65E-06	8,12E-06	7,94E-06	*	*	*	*
PCDD/PCDF	4,03E-13	4,03E-13	3,78E-13	3,71E-13	*	*	*	*
Monoxyde de carbone	5,57E-02	5,57E-02	5,20E-02	5,12E-02	*	*	*	*
Acétate d'éthyle	1,38E-03	1,38E-03	1,19E-03	1,26E-03	*	*	*	*

** : substance non concernée par cet effet.*

6.4.3 EVALUATION LIÉE À L'INGESTION DE SOLS

La voie d'exposition par ingestion est considérée si les substances rejetées dans l'air ou les eaux sont susceptibles d'impacter les milieux environnementaux comme les sols et les eaux de surface et/ou les produits alimentaires locaux, et si ces matrices peuvent être ingérées par les populations locales, en fonction des propriétés physico-chimiques des substances et des usages.

Le tableau ci-dessous, issu du guide de l'INERIS[12], précise le potentiel d'exposition par ingestion en fonction des propriétés des substances et des usages locaux après émission dans l'atmosphère ou les eaux :

Ingestion possible de :	Transferts possibles suite aux émissions atmosphériques ou aqueuses	Conditions relatives aux	
		types de substances	usages dans la zone d'influence des émissions de l'installation
Sol	• Dépôts atmosphériques • Dépôts par irrigation	Particulaires persistantes : métaux, POP[33]...	Jardins, parcs et aires de jeux, potagers, etc.
Eau	• Dispersion dans les eaux de surface et/ou souterraines • Dépôts atmosphériques sur la surface (généralement négligeable)	Persistantes : métaux, POP	• Captage pour l'alimentation en eau potable (réseau collectif ou usage privé) • Baignades et activités nautiques
Fruits et légumes	• Absorption foliaire (gazeuse) • Transferts racinaires (par le sol) • Dépôts atmosphériques (particules) ou par irrigation sur les feuilles et les parties comestibles	Particulaires ou gazeuses et bioaccumulables : métaux, POP...	• Potagers, jardins familiaux, cultures • Captages pour l'irrigation
Viandes, œufs, lait et produits dérivés	Transferts suite à l'ingestion par l'animal de sol, d'eau (abreuvage) ou de végétaux (pâturages et aliments)	Particulaires ou gazeuses, et bioaccumulables : métaux, POP...	• Élevages familiaux ou professionnels • Captages pour l'abreuvage • Pâturages ou cultures destinées à l'alimentation des animaux
Produits de la pêche ou de l'aquaculture	Transferts par l'eau dans la zone de pêche/élevage	Solubles, en suspension ou persistantes dans les sédiments et bioaccumulables : métaux, POP...	Pêche ou aquaculture

© Ineris

Figure 16 : Potentiel d'exposition par ingestion

Dans le cadre de la présente étude et au vu des polluants précédemment identifiés, les expositions liées aux dépôts de polluants ne concernent que les substances susceptibles d'être présentes sous forme particulaire. Ainsi, seuls les HAP et des PCDD/PCDF seront pris en compte pour cette voie d'exposition. Il sera considéré que la totalité de ces composés émis l'était sous forme particulaire.

[12] *Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées. INERIS, deuxième éditions, septembre 2021.*

6.4.3.1 *Outil de l'évaluation*

L'équation utilisée pour déterminer les apports quotidiens en polluant à partir de l'ingestion de particules de sols est la suivante :

$$\mathrm{DJE}_{\text{ingestion de sol}}\ (\mathrm{mg/kg_{pc}/j}) = \frac{C_{sol}.Q_{sol}.F.D_{\exp}}{P.D_{moy}}$$

avec C_{sol} : concentration en polluant dans le sol (mg/kg)
Q_{sol} : quantité ingérée de sol (kg/jour)
D_{exp} : durée d'exposition (années)
F : fréquence d'exposition (jour/an)
P : poids corporel (unité : kg_{pc} = "kg de poids corporel")
D_{moy} : durée sur laquelle l'exposition est moyennée (jour) : *il s'agit de D_{exp} pour le calcul de la dose d'exposition pour un effet à seuil et de D_{vie}= 70 ans pour un effet sans seuil (unité : jours)*

La concentration dans les sols des jardins des particuliers peut être déterminée en évaluant tout d'abord les dépôts qui vont s'accumuler sur le sol. Il sera considéré que l'ensemble des dépôts s'accumule sans perte, ce qui correspond à une approche majorante.

Les dépôts ont été calculés dans le cadre de la modélisation de la dispersion atmosphérique (cf. chapitre dédié), et seront considérés dans les calculs. A partir des dépôts calculés, la quantité de polluant qui se retrouve dans le sol est déterminée.

Il sera considéré, pour les polluants retenus, que le dépôt se fait à flux constant pendant 40 ans (durée d'exposition considérée), du fait du caractère persistant de ces familles de substances. Une quantité de substance déposée pendant 40 ans est ainsi obtenue.

Afin d'estimer l'exposition par ingestion, deux types de sols seront considérés dans le cadre de cette évaluation :

- un sol non cultivé qui peut servir de terrain de jeu à des enfants. Dans ce cas, les substances vont s'accumuler à la surface, dans le premier centimètre ;

- un sol bêché, prospecté par les racines de légumes cultivés. La couche de sols considérée sera alors 0 – 20 cm.

Il est ensuite considéré que la quantité de polluant qui s'est accumulée pendant un mois sur 1 m² se mélange de façon homogène dans 0,01 m^3 de sol (cas d'un jardin de particulier enherbé) ou dans 0,2 m^3 (cas d'un sol bêché et cultivé). Les concentrations de polluants dans les sols sont obtenues en utilisant la densité apparente du sol.

L'équation permettant de déterminer ces concentrations dans les sols est issue d'une publication de l'US EPA[13] et est présentée ci-dessous :

$$C_{Sol(0-1)} = \frac{D_{MJ} * 40ans * 365jours * 1m^2}{0{,}01m^3 * 1700kg/m^3}$$

Ou :

$$C_{Sol(0-20)} = \frac{D_{MJ} * 40ans * 365jours * 1m^2}{0{,}2m^3 * 1700kg/m^3}$$

avec C_{sol} : concentration en polluant dans le sol (mg/kg)
D_{MJ} : Débit Moyen Journalier ($mg/m^3/j$)

Pour rappel, le dépôt maximal modélisé pour chaque substance sera retenu, pour l'ensemble des cibles.

Les résultats des Csol (concentrations dans les sols) sont présentés dans le tableau de la page suivante.

[13] Human Health Risk Assessment Protocol - Chapter 5 : Estimating Media Concentrations, US EPA, September 2005

Tableau 32 : Résultats des concentrations dans les sols

Substance	Débit Moyen Journalier	Concentration sol non cultivé (0-1 cm)	Concentration sol cultivé (0-20 cm)
	DMJ (mg/m².j)	Csol (0-1) mg/kg	Csol (0-20) mg/kg
HAP			
Naphtalène	2,27E-02	1,46E+01	7,32E-01
Acénaphtylène	4,92E-03	3,17E+00	1,59E-01
Acénaphtène	5,28E-04	3,40E-01	1,70E-02
Fluorène	1,14E-03	7,36E-01	3,68E-02
Phénanthrène	3,98E-03	2,56E+00	1,28E-01
Anthracène	5,13E-04	3,30E-01	1,65E-02
Fluoranthène	1,28E-03	8,21E-01	4,11E-02
Pyrène	1,09E-03	7,03E-01	3,52E-02
Benzo(a)anthracène	3,66E-04	2,36E-01	1,18E-02
Chrysène	3,00E-04	1,94E-01	9,68E-03
Benzo(b)fluoranthène	2,13E-04	1,37E-01	6,84E-03
Benzo(k)fluoranthène	9,53E-05	6,14E-02	3,07E-03
Benzo(a)pyrène	1,83E-04	1,18E-01	5,90E-03
Dibenzo(a,h)anthracène	1,47E-05	9,44E-03	4,72E-04
Benzo(g,h,i)pérylène	1,47E-04	9,44E-02	4,72E-03
Indéno(1,2,3-c,d)pyrène	1,54E-04	9,91E-02	4,96E-03
Autres COV			
PCDD/PCDF	3,83E-10	2,47E-07	1,23E-08

6.4.3.2 *Valeurs des paramètres*

Les paramètres liés aux récepteurs sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 33 : Paramètres liés aux récepteurs pour l'ingestion de sol

Paramètre Ingestion de sols et de poussières	Unité	Enfants	Adultes
Quantité de sols et poussières ingérée en extérieur	kg/j	0,000091	0,000050

6.4.3.3 *Justification du choix des valeurs des paramètres*

Quantité de sol ingéré (Qsol) :

Pour les récepteurs enfants, l'estimation de l'ingestion moyenne quotidienne de sol dans les 7 études utilisées par l'US EPA[14] se trouve entre 56 et 79 mg/j. Il est proposé de retenir la valeur de 91 mg/j issue d'une étude de l'InVS[15] sur les variables humaines d'exposition. Cette valeur est plus proche des données issues de l'évaluation des risques en Angleterre, Allemagne et aux Etats Unis pour l'ingestion moyenne quotidienne de sol (respectivement 114, 100 et 123 mg/j).

Les quantités de sol ingéré retenues pour l'adulte sont celles proposées par l'INERIS[16] d'après l'US EPA, à savoir 50 mg/j, cette valeur est préconisée dans le cadre d'un scénario mixte intérieur / extérieur.

6.4.3.4 *Résultats des DJE pour l'ingestion de sols*

Les résultats des DJE pour l'ingestion de sols sont présentés dans le tableau de la page suivante.

[14] Exposure Factors Handbook (1997), US EPA
[15] Synthèse des travaux de Département santé environnement de l'Institut de veille sanitaire sur les variables humaines d'exposition, juillet 2012, InVS.
[16] Méthode de calcul des VCI dans les sols (2001), INERIS

Tableau 34 : Résultats de DJE pour l'ingestion des sols

DJE Ingestion de sol (mg/kg/j)								
Substance	Effets toxiques à seuil				Effets cancérogènes (sans seuil)			
	Adulte HM	Enfant HM	Adulte E1	Enfant P3	Adulte HM	Enfant HM	Adulte E1	Enfant P3
HAP								
Naphtalène	1,05E-05	8,89E-05	1,05E-05	8,89E-05	5,98E-06	7,62E-06	5,98E-06	7,62E-06
Acénaphtylène	*	*	*	*	1,29E-06	1,65E-06	1,29E-06	1,65E-06
Acénaphtène	2,43E-07	2,06E-06	2,43E-07	2,06E-06	1,39E-07	1,77E-07	1,39E-07	1,77E-07
Fluorène	5,26E-07	4,47E-06	5,26E-07	4,47E-06	3,01E-07	3,83E-07	3,01E-07	3,83E-07
Phénanthrène	1,83E-06	1,55E-05	1,83E-06	1,55E-05	1,05E-06	1,33E-06	1,05E-06	1,33E-06
Anthracène	2,36E-07	2,00E-06	2,36E-07	2,00E-06	1,35E-07	1,72E-07	1,35E-07	1,72E-07
Fluoranthène	5,87E-07	4,98E-06	5,87E-07	4,98E-06	3,35E-07	4,27E-07	3,35E-07	4,27E-07
Pyrène	5,02E-07	4,27E-06	5,02E-07	4,27E-06	2,87E-07	3,66E-07	2,87E-07	3,66E-07
Benzo(a)anthracène	*	*	*	*	9,63E-08	1,23E-07	9,63E-08	1,23E-07
Chrysène	*	*	*	*	7,90E-08	1,01E-07	7,90E-08	1,01E-07
Benzo(b)fluoranthène	*	*	*	*	5,59E-08	7,12E-08	5,59E-08	7,12E-08
Benzo(k)fluoranthène	*	*	*	*	2,50E-08	3,19E-08	2,50E-08	3,19E-08
Benzo(a)pyrène	8,43E-08	7,16E-07	8,43E-08	7,16E-07	4,82E-08	6,14E-08	4,82E-08	6,14E-08
Bibenzo(a,h)anthracène	*	*	*	*	3,85E-09	4,91E-09	3,85E-09	4,91E-09
Benzo(g,h,i)pérylène	6,74E-08	5,73E-07	6,74E-08	5,73E-07	3,85E-08	4,91E-08	3,85E-08	4,91E-08
Indéno(1,2,3-c,d)pyrène	*	*	*	*	4,05E-08	5,15E-08	4,05E-08	5,15E-08
Autres COV								
PCDD/PCDF	1,76E-13	1,50E-12	1,76E-13	1,50E-12	*	*	*	*

** : substance non concernée par cet effet.*

6.4.4 EVALUATION LIÉE AU CONTACT CUTANÉ

L'exposition liée au contact cutané avec des sols contaminés ne sera pas quantifiée du fait de l'absence de VTR adaptée et conformément aux recommandations de la note d'information DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014, qui déconseille l'extrapolation des VTR de la voie orale à la voie cutanée.

6.4.5 EVALUATION LIÉE À L'INGESTION D'ALIMENTS AUTOPRODUITS D'ORIGINE VÉGÉTALE

6.4.5.1 *Outil de l'évaluation*

L'équation utilisée pour déterminer les apports quotidiens en polluant à partir de l'ingestion d'aliments autoproduits est la suivante :

$$DJE_{\text{ingestion végétaux}}\ (mg/kg_{pc}/j) = \frac{C_{veg}.Q_{veg}.F.D_{exp}}{P.D_{moy}}$$

avec C_{veg} : concentration en polluant dans le végétal (mg/kg)
Q_{veg} : quantité consommée de végétaux (kg/jour)
D_{exp} : durée d'exposition (années)
F : fréquence d'exposition (jour/an)
P : poids corporel (unité : kg_{pc} = "kg de poids corporel")
D_{moy} : durée sur laquelle l'exposition est moyennée (jour) : *il s'agit de D_{exp} pour le calcul de la dose d'exposition pour un effet à seuil et de D_{vie}= 70 ans pour un effet sans seuil (unité : jours)*

La concentration en polluant dans le végétal et la quantité de végétaux consommés seront déterminées d'une part pour les végétaux dont la partie comestible est aérienne (ex : salade, haricots verts, fruits) et d'autre part pour les végétaux dont la partie racinaire est consommée (ex : pommes de terres, carottes, betteraves).

La concentration dans les végétaux est liée à des phénomènes distincts :

- aux dépôts de particules sur les parties aériennes des végétaux, qui vont ensuite se bioaccumuler = C_D (1) ;
- aux sols sur lesquels se sont accumulés les dépôts = C_{plante} (2).

Ainsi : $$C_{veg} = C_D + C_{plante}$$

(1) : la concentration dans les végétaux due aux dépôts est déterminée à partir de la formule suivante :

$$C_D = D_{MJ} * R_P * \frac{1 - e^{(-kp*Tp)}}{Yp * kp}$$

avec C_D : concentration en polluant dans le végétal due aux dépôts (mg/kg)
D_{MJ} : dépôt (mg/m².j) : déterminé précédemment par modélisation
R_P : fraction interceptée par les cultures (-)
kp : coefficient de perte (j^{-1})
Tp : durée de culture (j)
Yp : rendement de production (kg/m²)

(2) la concentration des différentes substances polluantes dans les parties aériennes et racinaires des végétaux due à l'absorption depuis les sols est estimée à l'aide de facteurs de bioconcentration (BCF) à partir de la formule suivante :

$$C_{plante} = \left(BCF_a + BCF_r\right) * C_{sol}$$

avec C_{plante} :Concentration dans la plante par absorption racinaires (mg/kg $_{\text{poids frais}}$)

C_{sol} : Concentration dans les 20 premiers cm de sols (mg/kg)

BCF_a : Facteur de bioconcentration dans les parties aériennes de la plante [(mg/kg $_{\text{frais de feuille}}$)/(mg/kg $_{\text{de sol}}$)]

BCF_r : Facteur de bioconcentration dans les parties racinaires de la plante [(mg/kg $_{\text{frais de racine}}$)/(mg/kg $_{\text{de sol}}$)]

Des valeurs de facteurs de bioconcentration (BCF_s) issues de la littérature et spécifiques à chaque substance sont utilisées lorsqu'elles existent. Ces BCF correspondent à une évaluation du transfert des composés depuis le milieu sol vers les végétaux. Ces BCF sont exprimés par rapport à la matière sèche du végétal. Ainsi, le BCF (en matière fraîche) depuis le milieu sol vers les plantes est évalué selon la formule suivante :

$$BCF_{a,r} = BCF_s * tms_{a,r}$$

avec $BCF_{a,r}$: Facteur de bioconcentration dans les parties aériennes ou racinaires de la plante [(mg/kg $_{\text{frais de racine/feuille}}$)/(mg/L $_{\text{dans l'eau du sol}}$)]

BCF_s : Facteur de bioconcentration vers les parties aériennes ou racinaires [(mg/kg $_{\text{sec de racine/feuille}}$)/(mg/kg $_{\text{sol}}$)]

$Tms_{a,r}$: Taux de matière sèche dans les parties aériennes ou racinaires de la plante

Lorsqu'aucune valeur de BCF n'est disponible dans la littérature, pour les composés organiques en particulier, ces derniers sont déterminés à l'aide des équations génériques suivantes.

Pour le transfert vers les parties aériennes des végétaux :

$$BCF_a = 10^{(1{,}588 - 0{,}578 * \log Kow)} * tms_a$$

avec BCF_a : Facteur de bioconcentration dans les parties aériennes de la plante [(mg/kg $_{\text{frais de racine/feuille}}$)/(mg/L $_{\text{dans l'eau du sol}}$)]

Tms_a : Taux de matière sèche dans les parties aériennes ou racinaires de la plante

Pour le transfert vers les parties racinaires des végétaux :

$$BCF_r = \frac{10^{(-0.77 * \log Kow - 1{,}52)} + 0{,}82}{Koc * foc}$$

avec BCF_r : Facteur de bioconcentration dans les parties racinaires de la plante [(mg/kg $_{\text{frais de racine/feuille}}$)/(mg/L $_{\text{dans l'eau du sol}}$)]

Koc : Coefficient d'absorption sur la matière organique (g/mL)

foc : Fraction de carbone organique dans le sol (g/g)

6.4.5.2 *Valeurs des paramètres*

Les valeurs des paramètres liés à la concentration des polluants dans les végétaux, due aux dépôts, sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 35 : Paramètres liés à la concentration de polluants dans les végétaux

Paramètres nécessaires au calcul de la concentration dans les végétaux	Unité	Valeur retenue	Origine de la valeur
Rp : Fraction de polluant interceptée par les cultures	(-)	0,39	HHRAP[(a)]
Yp : Rendement de production	kg MS/ m²	0,3	INERIS[(b)]
Kp : Coefficient de perte	j^{-1}	0,049	HHRAP
Tp : Durée de la culture (2 mois)	j	60	HHRAP
Tms,a :Teneur en matière sèche dans les végétaux aériens	(-)	0,115	INERIS
Tms,r :Teneur en matière sèche dans les végétaux racinaires	(-)	0,186	INERIS
Foc : Fraction de carbone organique dans les sols	(-)	0,03	INERIS

(a) : Human Health Risk Assessment Protocol, Appendix B, September 2005, US EPA.
(b) : Méthode de calcul des VCI dans les sols, 2001, INERIS.

Les quantités retenues de végétaux autoproduits consommés sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 36 : Quantités retenues de végétaux autoproduits

Paramètre	Unité	Enfants	Adultes
Consommation totale de légumes fruits	g/jour	61	110
Taux d'autoconsommation légumes fruits	-	0,31	0,31
Consommation totale de légumes feuilles	g/jour	11	24
Taux d'autoconsommation légumes feuilles	-	0,31	0,31
Consommation totale légumes racinaires y compris les pommes de terres	g/jour	10	12
Taux d'autoconsommation légumes racines	-	0,53	0,53

Les données retenues proviennent du rapport INERIS-DRC-14-141968-11173C, relatif aux paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel MODUL'ERS.
Les quantités utilisées sont donc représentatives d'un comportement moyen au sein de la population française.

Les facteurs de bioconcentration sol/plante retenus sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 37 : Facteurs de bioconcentration retenus

Substance	BCF fruit Poids sec [mg de substance/kg de fruit par mg de substance /kg de sol]	BCF feuille Poids sec [mg de substance/kg de feuille par mg de substance /kg de sol]	BCF Racine Poids sec [mg de substance/kg de racine par mg de substance /kg de sol]	Référence BCF
HAP				
Naphtalène	4,79E-01	4,79E-01	1,39E-02	BCF calculés
Acénaphtylène	2,04E-01	2,04E-01	1,28E-02	BCF calculés
Acénaphtène	2,10E-01	2,10E-01	1,24E-02	BCF calculés
Fluorène	1,49E-01	1,49E-01	1,07E-02	BCF calculés
Phénanthrène	1,02E-01	1,02E-01	9,65E-03	BCF calculés
Anthracène	1,04E-01	1,04E-01	7,75E-03	BCF calculés
Fluoranthène	4,03E-02	4,03E-02	1,01E-02	BCF calculés
Pyrène	5,85E-02	5,85E-02	6,27E-03	BCF calculés
Benzo(a)anthracène	1,81E-02	1,81E-02	9,27E-03	BCF calculés
Chrysène	1,70E-02	1,70E-02	9,97E-03	BCF calculés
Benzo(b)fluoranthène	1,77E-02	1,77E-02	2,84E-03	BCF calculés
Benzo(k)fluoranthène	1,14E-02	1,14E-02	5,23E-03	BCF calculés
Benzo(a)pyrène	5,60E-04	2,80E-03	5,50E-04	BCF calculés
Dibenzo(a,h)anthracène	4,86E-03	4,86E-03	5,06E-03	BCF calculés
Benzo(g,h,i)pérylène	5,70E-03	5,70E-03	4,00E-03	BCF calculés
Indéno(1,2,3-c,d)pyrène	5,19E-03	5,19E-03	4,53E-03	BCF calculés
Autres				
PCDD/PCDF	2,26E-03	1,80E-02	5,32E-02	INERIS-DRC-16-159776-09593A

Les facteurs de bioconcentration retenus pour les dioxines et furanes sont issus du rapport d'étude INERIS-DRC-16-159776-09593A, daté du 26/06/2017 :
« Paramètres de transfert des polychlorodibenzodioxines, polychlorodibenzofurannes et des polychlorobiphényles, utilisés pour l'évaluation de l'exposition. Application dans le logiciel MODUL'ERS »

Dans ce rapport, une synthèse des données disponible par substance individuelle est notamment présentée, pour les facteurs de bioconcentration sol/légumes racines, sol/légumes feuilles et sol/légumes fruits et fruits. La moyenne des valeurs présentée a été considérée dans le cadre de la présente ERS, pour le choix des BCF des PCDD/PCDF.

Les autres facteurs de bioconcentrations sont calculés à l'aide des équations présentées au point 6.4.5.1.

6.4.5.3 *Résultats des DJE*

Les résultats des DJE pour l'ingestion de fruits et légumes autoproduits sont présentés dans le tableau de la page suivante.

Tableau 38 : Résultats des DJE pour l'ingestion de fruits et légumes

DJE Ingestion de végétaux autoproduits (mg/kg/j)								
Substance	Effets toxiques à seuil				Effets cancérogènes (sans seuil)			
	Adulte HM	Enfant HM	Adulte E1	Enfant P3	Adulte HM	Enfant HM	Adulte E1	Enfant P3
HAP								
Naphtalène	3,11E-05	7,56E-05	3,11E-05	7,56E-05	1,78E-05	6,48E-06	1,78E-05	6,48E-06
Acénaphtylène	*	*	*	*	2,14E-06	7,63E-07	2,14E-06	7,63E-07
Acénaphtène	4,08E-07	9,69E-07	4,08E-07	9,69E-07	2,33E-07	8,31E-08	2,33E-07	8,31E-08
Fluorène	7,29E-07	1,71E-06	7,29E-07	1,71E-06	4,17E-07	1,46E-07	4,17E-07	1,46E-07
Phénanthrène	2,13E-06	4,93E-06	2,13E-06	4,93E-06	1,22E-06	4,22E-07	1,22E-06	4,22E-07
Anthracène	2,76E-07	6,37E-07	2,76E-07	6,37E-07	1,58E-07	5,46E-08	1,58E-07	5,46E-08
Fluoranthène	5,10E-07	1,14E-06	5,10E-07	1,14E-06	2,91E-07	9,80E-08	2,91E-07	9,80E-08
Pyrène	4,78E-07	1,08E-06	4,78E-07	1,08E-06	2,73E-07	9,26E-08	2,73E-07	9,26E-08
Benzo(a)anthracène	*	*	*	*	7,34E-08	2,43E-08	7,34E-08	2,43E-08
Chrysène	*	*	*	*	5,98E-08	1,98E-08	5,98E-08	1,98E-08
Benzo(b)fluoranthène	*	*	*	*	4,20E-08	1,38E-08	4,20E-08	1,38E-08
Benzo(k)fluoranthène	*	*	*	*	1,81E-08	5,94E-09	1,81E-08	5,94E-09
Benzo(a)pyrène	5,64E-08	1,21E-07	5,64E-08	1,21E-07	3,22E-08	1,04E-08	3,22E-08	1,04E-08
Bibenzo(a,h)anthracène	*	*	*	*	2,67E-09	8,68E-10	2,67E-09	8,68E-10
Benzo(g,h,i)pérylène	4,69E-08	1,02E-07	4,69E-08	1,02E-07	2,68E-08	8,71E-09	2,68E-08	8,71E-09
Indéno(1,2,3-c,d)pyrène	*	*	*	*	2,81E-08	9,12E-09	2,81E-08	9,12E-09
Autres COV								
PCDD/PCDF	1,32E-13	3,03E-13	1,32E-13	3,03E-13	*	*	*	*

** : substance non concernée par cet effet.*

6.4.6 EVALUATION LIÉE À L'INGESTION DE POISSONS

6.4.6.1 *Outil de l'évaluation*

L'équation utilisée pour déterminer les apports quotidiens en polluants à partir de l'ingestion de poissons pêchés dans la Douffine est la même que celle utilisée pour l'ingestion de végétaux.

Pour rappel, cette partie de l'évaluation concerne la DPA bioaccumulée dans les poissons, due à la pollution historique et non aux rejets actuels du site.

La concentration en polluant dans les poissons correspond à la concentration maximale mesurée sur les deux échantillons de poissons prélevés en 2021, soit 1,3 mg/kg MF.

Dans le cadre d'une approche majorante et en l'absence de données précises sur le sujet, il a été retenu une consommation de 200 g de chair de poisson pêché par jour pour l'adulte et 100g/jour pour l'enfant, à raison de 52j/an (soit l'équivalent d'une fois par semaine).

6.4.6.2 *Résultats des DJE*

Les résultats des DJE pour l'ingestion de poissons sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 39 : Résultats des DJE pour l'ingestion de poissons

DJE Ingestion de poissons (mg/kg/j)								
Substance	Effets toxiques à seuil				Effets cancérogènes (sans seuil)			
	Adulte HM	Enfant HM	Adulte E1	Enfant P3	Adulte HM	Enfant HM	Adulte E1	Enfant P3
DPA	5,29E-04	1,23E-03	5,29E-04	1,23E-03	*	*	*	*

** : substance non concernée par cet effet.*

7 CARACTERISATION DES RISQUES

La caractérisation des risques est l'étape finale d'un calcul de risque. Les résultats de l'évaluation de l'exposition et des dangers sont intégrés sous la forme d'une expression quantitative du risque.
Afin de caractériser les effets potentiels, les concentrations d'exposition (calculées dans l'évaluation de l'exposition) sont comparées avec les valeurs toxicologiques de référence (présentées dans l'évaluation des dangers). Ces comparaisons sont faites séparément pour les substances cancérogènes et les substances non cancérogènes. Les risques sont d'abord calculés pour chaque substance et chaque voie d'exposition. L'exposition à plusieurs substances peut induire l'additivité, la synergie (amplification des effets) ou l'antagonisme (annulation des effets). En l'absence de données sur la synergie entre les substances, il a été considéré, en première approche, l'additivité des risques liés à l'exposition à plusieurs substances dont on suppose que les effets propres à chacune vont s'additionner.

7.1 PRINCIPE DE L'ÉVALUATION

7.1.1 CALCUL DE RISQUE POUR LES SUBSTANCES NON CANCÉROGÈNES

Pour les substances non cancérogènes, la possibilité de survenue d'un effet toxique chez l'homme est représentée par un Quotient de Danger (QD), calculé comme suit :

Pour la voie d'exposition par inhalation :

QD = CI / RfC

RfC : Reference Concentration, désigne la dose journalière tolérable liée à une exposition par voie respiratoire.
CI : Concentration Inhalée.

Pour les autres voies d'exposition :

QD = DJE / RfD

RfD : Reference Dose, désigne la dose journalière tolérable pour une exposition par voie orale.
DJE : Dose Journalière d'Exposition.

La circulaire du 9 Août 2013 recommande de considérer comme acceptable un quotient de danger cumulé inférieur à 1.

Lorsque le QD est inférieur à 1, la survenue d'un effet toxique apparaît peu probable, y compris pour les populations sensibles.
Au-delà de 1, la possibilité d'apparition d'un effet toxique ne peut être exclue. En outre, cette possibilité apparaît d'autant plus forte que le QD augmente, mais ce n'est pas une relation linéaire.

7.1.2 CALCUL DE RISQUE POUR LES SUBSTANCES CANCÉROGÈNES

L'effet cancérogène implique que, quel que soit le niveau d'exposition, la substance est susceptible d'induire un effet. Il y a donc un risque dès la première dose d'exposition – on parle dans ce cas d'effet sans seuil.

La relation entre le niveau d'exposition chez l'homme et la probabilité de développer un cancer est exprimée par l'Excès de Risque Unitaire (ERU).

L'ERU représente la probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu a de développer un cancer s'il est exposé toute sa vie à une unité de dose toxique.

L'ERU multiplié par la Concentration Inhalée (CI) pour l'inhalation ou la Dose Journalière d'Exposition (DJE) pour les autres voies permet de déduire un Excès de Risque Individuel (ERI), qui représente la probabilité que l'individu a de développer l'effet (cancer) associé à la substance, pendant toute sa vie, du fait de l'exposition considérée.

Pour la voie d'exposition par inhalation :

$$\mathbf{ERI = CI \times ERUi}$$

Pour les autres voies d'exposition :

$$\mathbf{ERI = DJE \times ERUo}$$

L'ERI est calculé pour chaque substance. En première approche, la somme des ERI ainsi calculés sera considérée pour l'évaluation du risque.

Cette valeur d'ERI est à comparer à un niveau de risque acceptable généralement compris entre 10^{-4} et 10^{-6}. Un ERI égal à 10^{-5} est équivalent à l'apparition d'un cas de cancer supplémentaire dû à l'exposition à la substance, dans une population de 100 000 personnes, en plus du risque de base.

La circulaire du 9 Août 2013 indique que le niveau de risque acceptable correspond à un ERI inférieur à la valeur de 10^{-5}.

7.2 RÉSULTATS DE LA CARACTÉRISATION DES RISQUES

Pour chaque cible retenue, les quotients de danger et les excès de risque individuels de chaque substance et de l'ensemble des substances, par voie d'exposition, sont présentés dans les tableaux et graphiques de ce paragraphe.

7.2.1 VUE D'ENSEMBLE DES RÉSULTATS

Le tableau ci-dessous présente, pour chaque cible retenue et pour chaque voie d'exposition considérée, les quotients de danger calculés :

Voie d'exposition	Quotient de danger (QD)			
	Adulte HM	Enfant HM	Adulte E1	Enfant P3
Inhalation	7,63E-02	7,63E-02	7,15E-02	7,00E-02
Ingestion de sols	1,51E-03	1,28E-02	1,51E-03	1,28E-02
Ingestion de végétaux	2,31E-03	5,48E-03	2,31E-03	5,48E-03
Ingestion de poissons	7,06E-03	1,65E-02	7,06E-03	1,65E-02
TOTAL	**8,72E-02**	**1,11E-01**	**8,24E-02**	**1,05E-01**

Les quotients de danger totaux obtenus sont inférieurs à 1, quelle que soit la cible considérée.

La comparaison des résultats obtenus avec le seuil de 1 est présentée dans la figure ci-dessous :

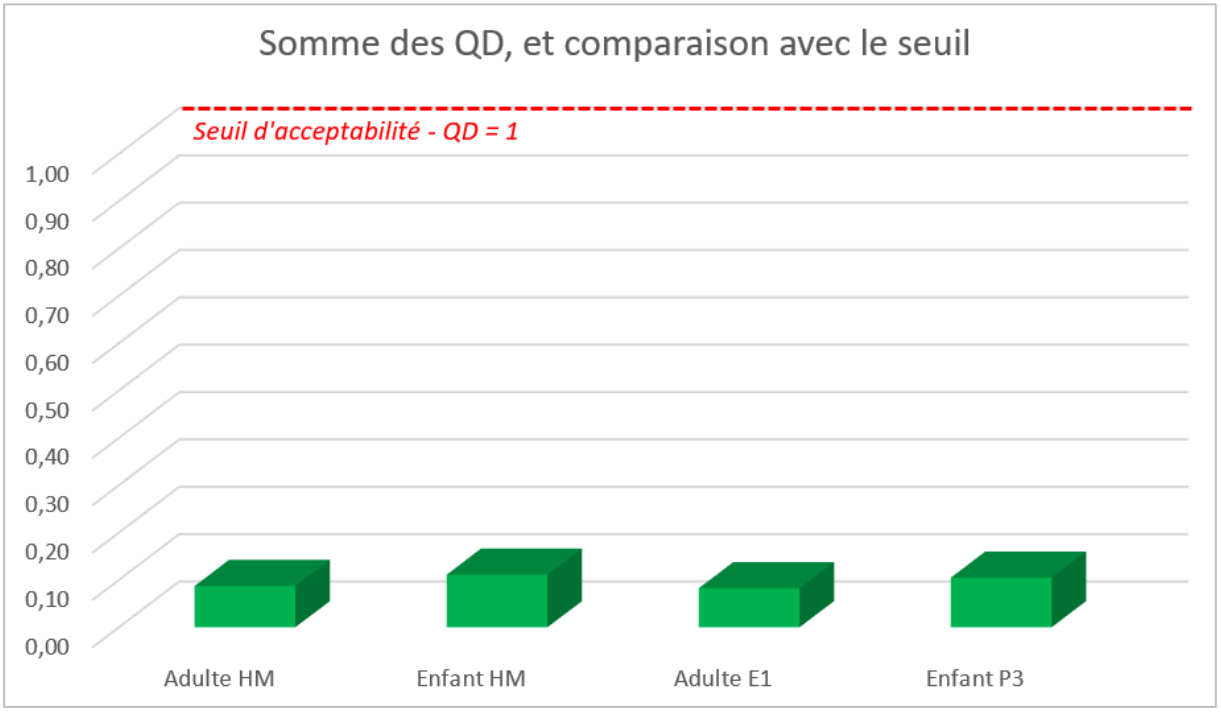


Figure 17: Somme des QD et comparaison avec le seuil d'acceptabilité

La figure ci-dessous présente la répartition des quotients de danger, par cible et par voie d'exposition :

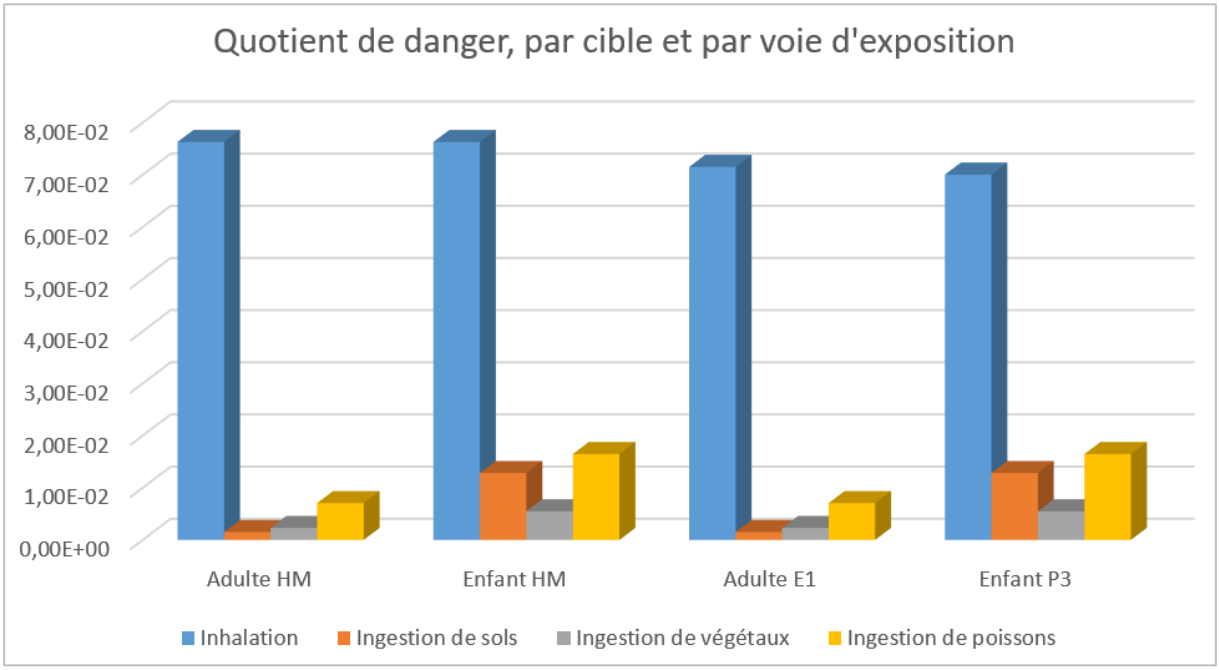


Figure 18 : QD par cible et par voie d'exposition

Ce graphique met en évidence la part prépondérante de la voie d'exposition par inhalation, en ce qui concerne les effets à seuil.

Le tableau ci-dessous présente, pour chaque cible retenue et pour chaque voie d'exposition considérée, les excès de risque individuels calculés :

Voie d'exposition	Excès de risques individuel (ERI)			
	Adulte HM	Enfant HM	Adulte E1	Enfant P3
Inhalation	1,58E-07	2,35E-08	1,47E-07	2,16E-08
Ingestion de sols	7,97E-07	1,02E-06	7,97E-07	1,02E-06
Ingestion de végétaux	2,19E-06	7,96E-07	2,19E-06	7,96E-07
Ingestion de poissons	*	*	*	*
TOTAL	**3,14E-06**	**1,84E-06**	**3,13E-06**	**1,83E-06**

** : voie d'exposition non concernée par cet effet.*

Les excès de risque individuels sont tous inférieurs à 10^{-5}, quelle que soit la cible considérée.

La comparaison des résultats obtenus avec le seuil de 10^{-5} est présentée dans la figure ci-dessous :

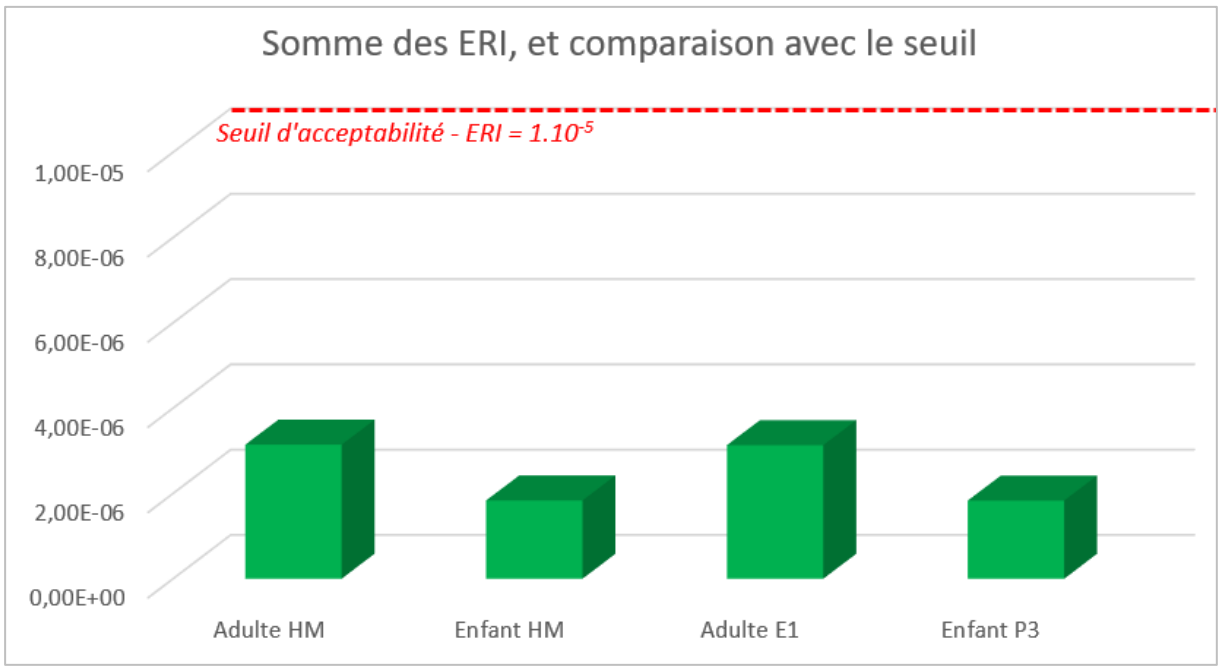


Figure 19 : Somme des ERI, et comparaison avec le seuil d'acceptabilité

La figure ci-dessous présente la répartition des excès de risques individuels, par cible et par voie d'exposition :

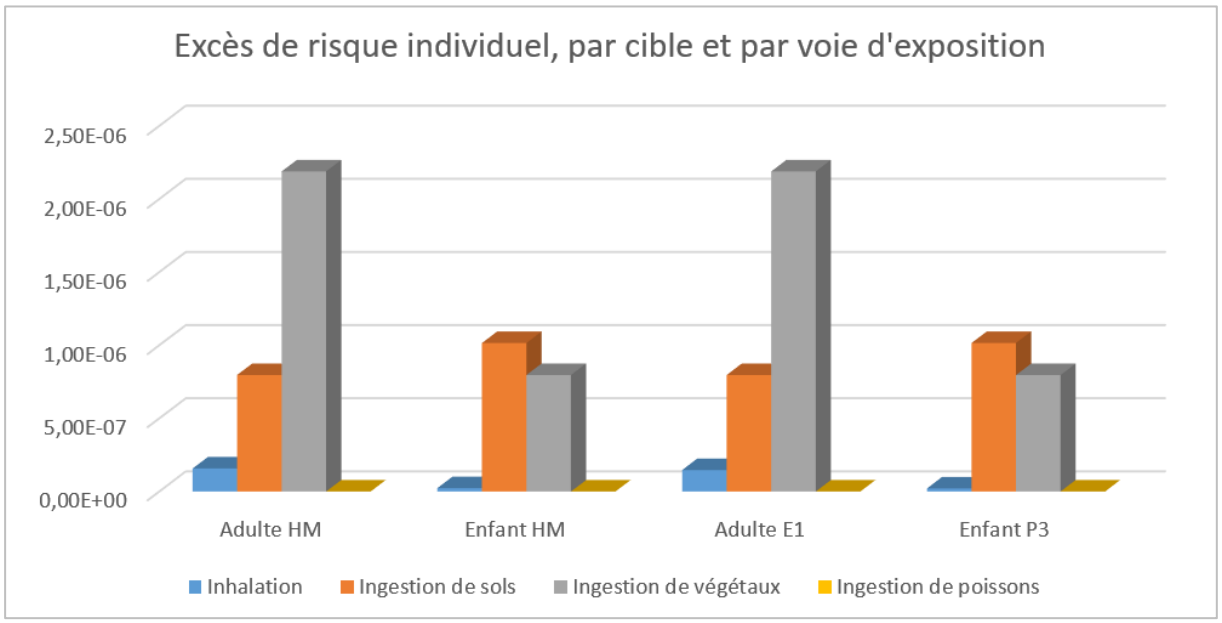


Figure 20 : ERI par cible et par voie d'exposition

Ce graphique met en évidence la part prépondérante de la voie d'exposition par ingestion, en ce qui concerne le calcul des effets sans seuil.

Le détail des résultats, par cible et par substance, est donné dans les paragraphes suivants.

7.2.2 RÉSULTATS DE LA CARACTÉRISATION DES RISQUES – CIBLES HM ADULTES

Les résultats de la caractérisation des risques pour les cibles Adultes Hm sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 40 : Résultats de la caractérisation des risques - Cibles Hm Adultes

Substance	Quotient de danger (QD)				Excès de risque individuel (ERI)			
	Inhalation	Ingestion de sol	Ingestion de végétaux	Ingestion de poissons	Inhalation	Ingestion de sol	Ingestion de végétaux	Ingestion de poissons
HAP								
Naphtalène	4,35E-04	5,23E-04	1,55E-03	*	5,15E-08	7,17E-07	2,13E-06	*
Acénaphtylène	**	**	**	*	1,20E-09	1,29E-09	2,14E-09	*
Acénaphtène	**	4,05E-06	6,80E-06	*	2,77E-10	1,39E-10	2,33E-10	*
Fluorène	**	1,31E-05	1,82E-05	*	9,66E-10	3,01E-10	4,17E-10	*
Phénanthrène	**	4,58E-05	5,33E-05	*	9,66E-10	1,05E-09	1,22E-09	*
Anthracène	**	7,87E-07	9,19E-07	*	1,24E-09	1,35E-09	1,58E-09	*
Fluoranthène	**	1,47E-05	1,27E-05	*	3,09E-10	3,35E-10	2,91E-10	*
Pyrène	**	1,67E-05	1,59E-05	*	2,65E-10	2,87E-10	2,73E-10	*
Benzo(a)anthracène	**	**	**	*	8,89E-09	9,63E-09	7,34E-09	*
Chrysène	**	**	**	*	7,29E-10	7,90E-10	5,98E-10	*
Benzo(b)fluoranthène	**	**	**	*	5,16E-09	5,59E-09	4,20E-09	*
Benzo(k)fluoranthène	**	**	**	*	2,31E-09	2,50E-09	1,81E-09	*
Benzo(a)pyrène	6,48E-02	2,81E-04	1,88E-04	*	4,45E-08	4,82E-08	3,22E-08	*
Bibenzo(a,h)anthracène	**	**	**	*	3,56E-09	3,85E-09	2,67E-09	*
Benzo(g,h,i)pérylène	**	2,25E-06	1,56E-06	*	3,56E-10	3,85E-10	2,68E-10	*
Indéno(1,2,3-c,d)pyrène	**	**	**	*	3,73E-09	4,05E-09	2,81E-09	*
BTEX								
Benzène	3,31E-03	*	*	*	2,94E-08	*	*	*
Toluène	7,29E-07	*	*	*	**	*	*	*
Ethylbenzène	1,09E-06	*	*	*	2,35E-09	*	*	*
Xylènes	4,70E-05	*	*	*	**	*	*	*
Autres COV								
DPA	*	*	*	7,06E-03	*	*	*	**
Ammoniac	7,91E-04	*	*	*	**	*	*	*
Acétone	6,43E-04	*	*	*	**	*	*	*
Acide Chlorhydrique	4,33E-04	*	*	*	**	*	*	*
PCDD/PCDF	1,01E-05	6,08E-04	4,56E-04	*	**	**	**	*
Monoxyde de carbone	5,57E-03	*	*	*	**	*	*	*
Acétate d'éthyle	2,16E-04	*	*	*	**	*	*	*
TOTAL :	**7,63E-02**	**1,51E-03**	**2,31E-03**	**7,06E-03**	**1,58E-07**	**7,97E-07**	**2,19E-06**	**-**

** : substance non concernée par cette voie d'exposition*
*** : substance non concernée par cet effet*

Les graphiques ci-dessous permettent de visualiser la contribution de chaque substance et chaque voie d'exposition au QD et à l'ERI.

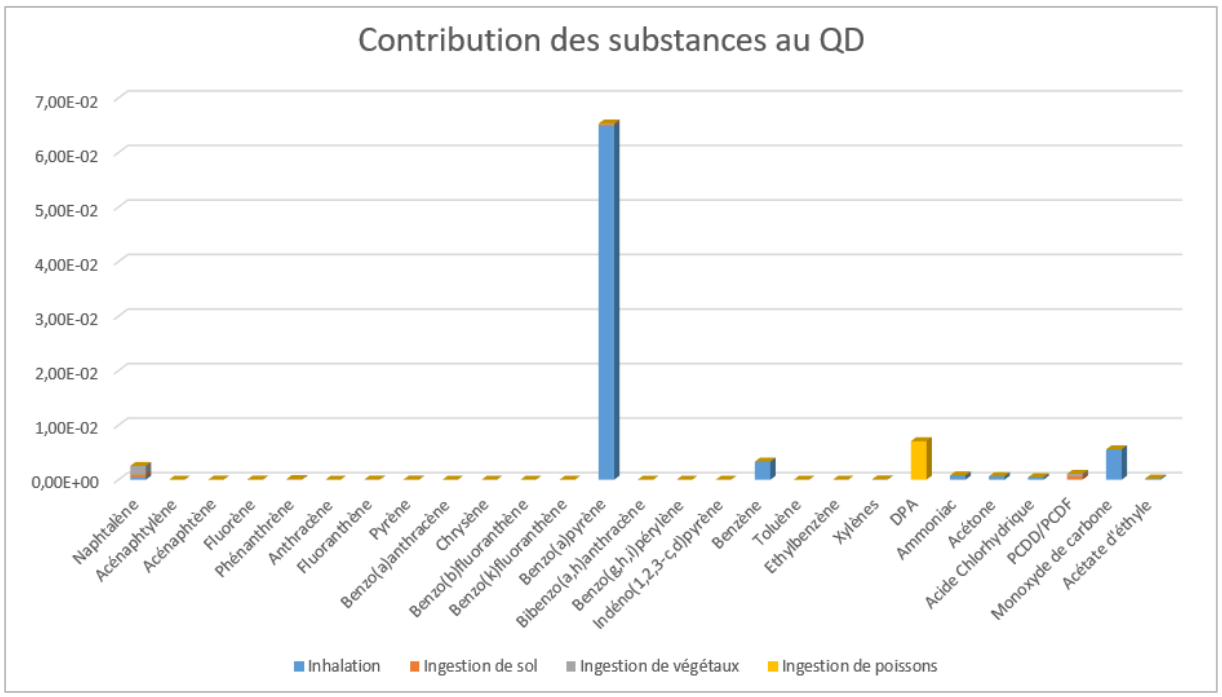


Figure 21 : QD par voie d'exposition et par substance – Hm Adultes

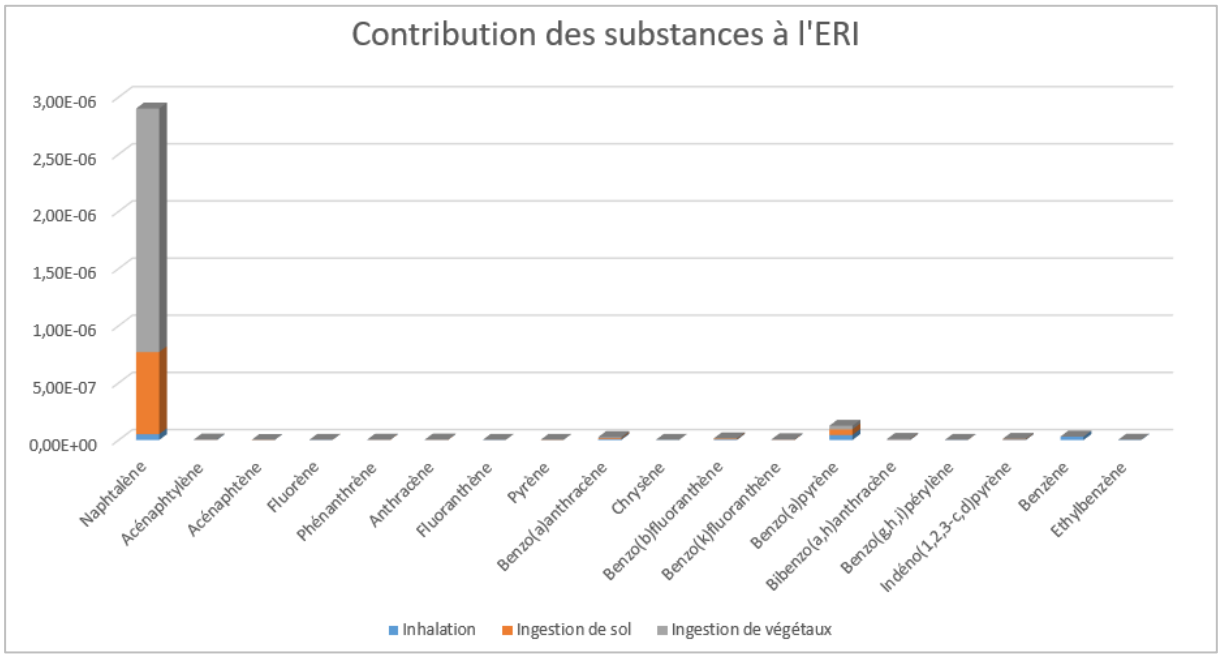


Figure 22 : ERI par voie d'exposition et par substance – Hm Adultes

Ces résultats mettent en évidence :

- La contribution majoritaire du benzo(a)pyrène dans le calcul du quotient de danger total, notamment du fait de l'exposition par inhalation ;
- La contribution majoritaire du naphtalène dans le calcul de l'ERI, par rapport aux autres substances susceptibles d'induire des effets sans seuil.

7.2.3 RÉSULTATS DE LA CARACTÉRISATION DES RISQUES – CIBLES HM ENFANTS

Les résultats de la caractérisation des risques pour les cibles Enfants Hm sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 41 : Résultats de la caractérisation des risques - Cibles Hm Enfants

Substance	Quotient de danger (QD)				Excès de risque individuel (ERI)			
	Inhalation	Ingestion de sol	Ingestion de végétaux	Ingestion de poissons	Inhalation	Ingestion de sol	Ingestion de végétaux	Ingestion de poissons
HAP								
Naphtalène	4,35E-04	4,44E-03	3,78E-03	*	7,73E-09	9,14E-07	7,77E-07	*
Acénaphtylène	**	**	**	*	1,79E-10	1,65E-09	7,63E-10	*
Acénaphtène	**	3,44E-05	1,62E-05	*	1,92E-11	1,77E-10	8,31E-11	*
Fluorène	**	1,12E-04	4,27E-05	*	4,16E-11	3,83E-10	1,46E-10	*
Phénanthrène	**	3,89E-04	1,23E-04	*	1,45E-10	1,33E-09	4,22E-10	*
Anthracène	**	6,68E-06	2,12E-06	*	1,87E-10	1,72E-09	5,46E-10	*
Fluoranthène	**	1,25E-04	2,86E-05	*	4,64E-11	4,27E-10	9,80E-11	*
Pyrène	**	1,42E-04	3,60E-05	*	3,97E-11	3,66E-10	9,26E-11	*
Benzo(a)anthracène	**	**	**	*	1,33E-09	1,23E-08	2,43E-09	*
Chrysène	**	**	**	*	1,09E-10	1,01E-09	1,98E-10	*
Benzo(b)fluoranthène	**	**	**	*	7,74E-10	7,12E-09	1,38E-09	*
Benzo(k)fluoranthène	**	**	**	*	3,47E-10	3,19E-09	5,94E-10	*
Benzo(a)pyrène	6,48E-02	2,39E-03	4,03E-04	*	6,67E-09	6,14E-08	1,04E-08	*
Bibenzo(a,h)anthracène	**	**	**	*	5,34E-10	4,91E-09	8,68E-10	*
Benzo(g,h,i)pérylène	**	1,91E-05	3,39E-06	*	5,34E-11	4,91E-10	8,71E-11	*
Indéno(1,2,3-c,d)pyrène	**	**	**	*	5,60E-10	5,15E-09	9,12E-10	*
BTEX								
Benzène	3,31E-03	*	*	*	4,41E-09	*	*	*
Toluène	7,29E-07	*	*	*	**	*	*	*
Ethylbenzène	1,09E-06	*	*	*	3,52E-10	*	*	*
Xylènes	4,70E-05	*	*	*	**	*	*	*
Autres COV								
DPA	*	*	*	1,65E-02	*	*	*	**
Ammoniac	7,91E-04	*	*	*	**	*	*	*
Acétone	6,43E-04	*	*	*	**	*	*	*
Acide Chlorhydrique	4,33E-04	*	*	*	**	*	*	*
PCDD/PCDF	1,01E-05	5,16E-03	1,05E-03	*	**	**	**	*
Monoxyde de carbone	5,57E-03	*	*	*	**	*	*	*
Acétate d'éthyle	2,16E-04	*	*	*	**	*	*	*
TOTAL :	**7,63E-02**	**1,28E-02**	**5,48E-03**	**1,65E-02**	**2,35E-08**	**1,02E-06**	**7,96E-07**	**-**

** : substance non concernée par cette voie d'exposition*
*** : substance non concernée par cet effet*

Les graphiques ci-dessous permettent de visualiser la contribution de chaque substance et chaque voie d'exposition au QD et à l'ERI.

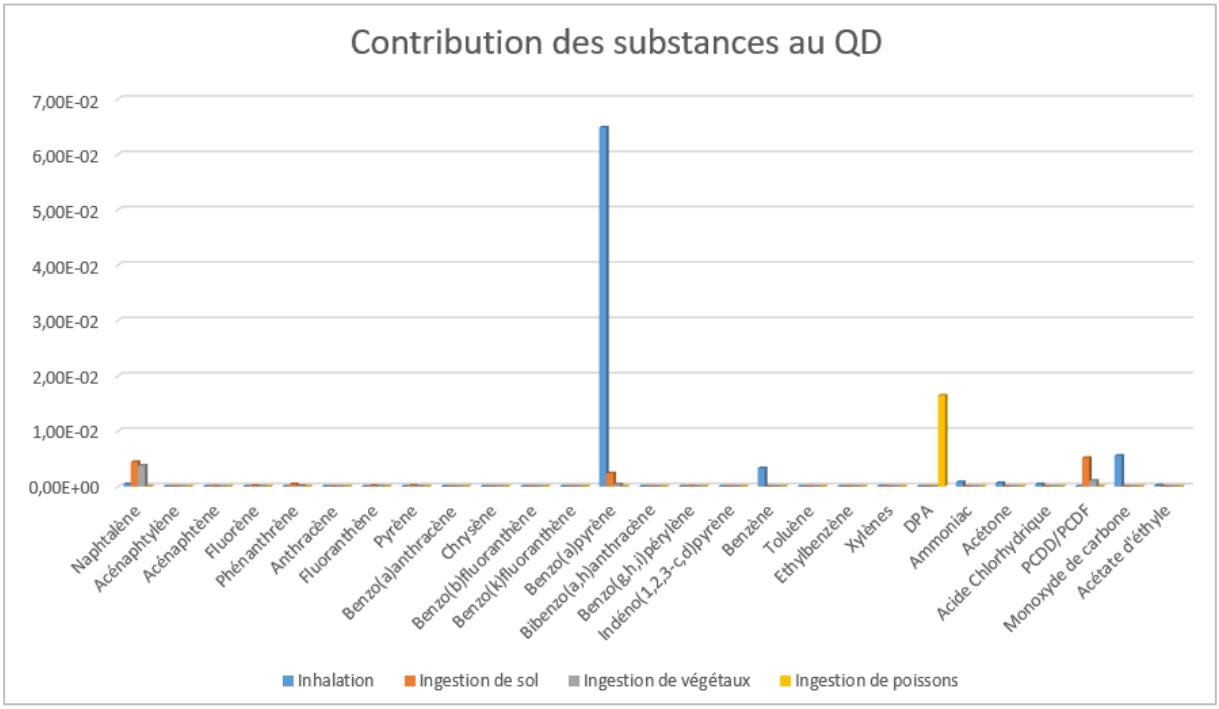


Figure 23 : QD par voie d'exposition et par substance – Hm Enfants

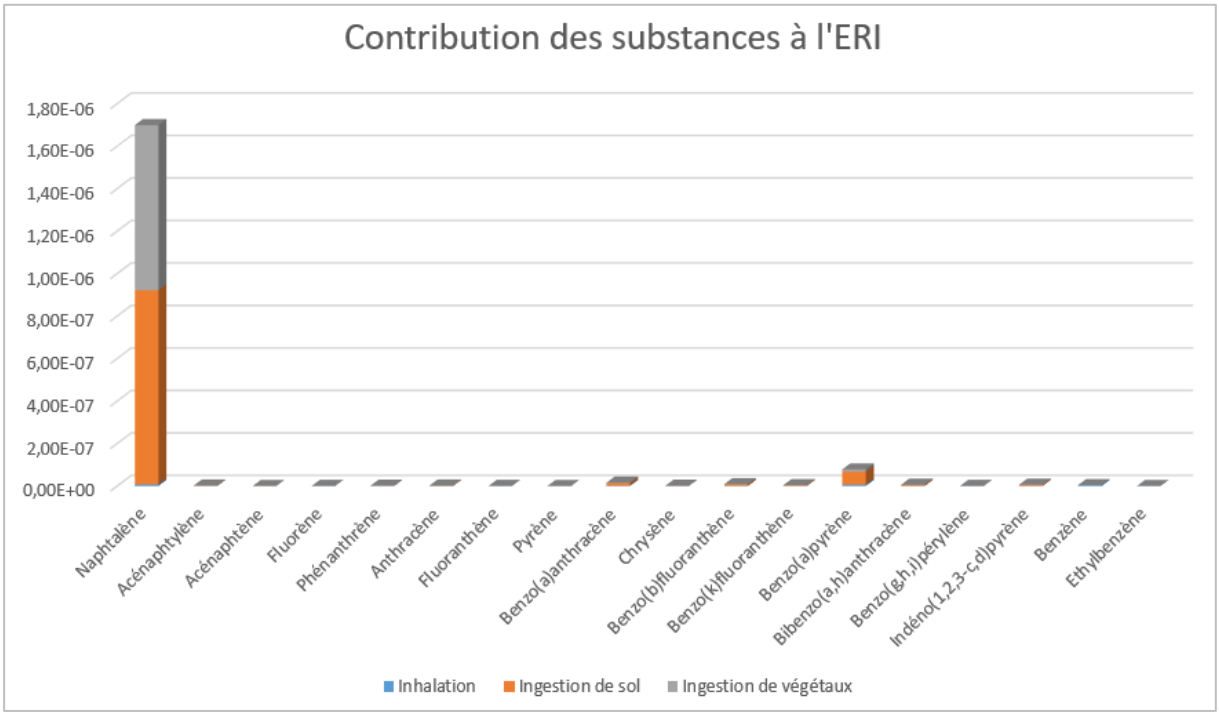


Figure 24 : ERI par voie d'exposition et par substance – Hm Enfants

Ces résultats mettent en évidence :

- La contribution majoritaire du benzo(a)pyrène dans le calcul du quotient de danger total, notamment du fait de l'exposition par inhalation ;
- La contribution non négligeable de la DPA au calcul du quotient de danger ;
- La contribution majoritaire du naphtalène dans le calcul de l'ERI, par rapport aux autres substances susceptibles d'induire des effets sans seuil.

7.2.4 RÉSULTATS DE LA CARACTÉRISATION DES RISQUES – CIBLES E1 ADULTES

Les résultats de la caractérisation des risques pour les cibles Adultes E1 sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 42 : Résultats de la caractérisation des risques - Cibles E1 Adultes

Substance	Quotient de danger (QD)				Excès de risque individuel (ERI)			
	Inhalation	Ingestion de sol	Ingestion de végétaux	Ingestion de poissons	Inhalation	Ingestion de sol	Ingestion de végétaux	Ingestion de poissons
HAP								
Naphtalène	4,08E-04	5,23E-04	1,55E-03	*	4,83E-08	7,17E-07	2,13E-06	*
Acénaphtylène	**	**	**	**	1,12E-09	1,29E-09	2,14E-09	*
Acénaphtène	**	4,05E-06	6,80E-06	*	1,20E-10	1,39E-10	2,33E-10	*
Fluorène	**	1,31E-05	1,82E-05	*	2,60E-10	3,01E-10	4,17E-10	*
Phénanthrène	**	4,58E-05	5,33E-05	*	9,06E-10	1,05E-09	1,22E-09	*
Anthracène	**	7,87E-07	9,19E-07	*	1,17E-09	1,35E-09	1,58E-09	*
Fluoranthène	**	1,47E-05	1,27E-05	*	2,90E-10	3,35E-10	2,91E-10	*
Pyrène	**	1,67E-05	1,59E-05	*	2,49E-10	2,87E-10	2,73E-10	*
Benzo(a)anthracène	**	**	**	*	8,34E-09	9,63E-09	7,34E-09	*
Chrysène	**	**	**	*	6,84E-10	7,90E-10	5,98E-10	*
Benzo(b)fluoranthène	**	**	**	*	4,84E-09	5,59E-09	4,20E-09	*
Benzo(k)fluoranthène	**	**	**	*	2,17E-09	2,50E-09	1,81E-09	*
Benzo(a)pyrène	6,08E-02	2,81E-04	1,88E-04	*	4,17E-08	4,82E-08	3,22E-08	*
Bibenzo(a,h)anthracène	**	**	**	*	3,34E-09	3,85E-09	2,67E-09	*
Benzo(g,h,i)pérylène	**	2,25E-06	1,56E-06	*	3,34E-10	3,85E-10	2,68E-10	*
Indéno(1,2,3-c,d)pyrène	**	**	**	*	3,50E-09	4,05E-09	2,81E-09	*
BTEX								
Benzène	3,11E-03	*	*	*	2,76E-08	*	*	*
Toluène	6,84E-07	*	*	*	**	*	*	*
Ethylbenzène	1,03E-06	*	*	*	2,20E-09	*	*	*
Xylènes	4,41E-05	*	*	*	**	*	*	*
Autres COV								
DPA	*	*	*	7,06E-03	*	*	*	**
Ammoniac	7,42E-04	*	*	*	**	*	*	*
Acétone	5,52E-04	*	*	*	**	*	*	*
Acide Chlorhydrique	4,06E-04	*	*	*	**	*	*	*
PCDD/PCDF	9,46E-06	6,08E-04	4,56E-04	*	**	**	**	*
Monoxyde de carbone	5,20E-03	*	*	*	**	*	*	*
Acétate d'éthyle	1,85E-04	*	*	*	**	*	*	*
TOTAL :	**7,15E-02**	**1,51E-03**	**2,31E-03**	**7,06E-03**	**1,47E-07**	**7,97E-07**	**2,19E-06**	**-**

** : substance non concernée par cette voie d'exposition*
*** : substance non concernée par cet effet*

Les graphiques ci-dessous permettent de visualiser la contribution de chaque substance et chaque voie d'exposition au QD et à l'ERI.

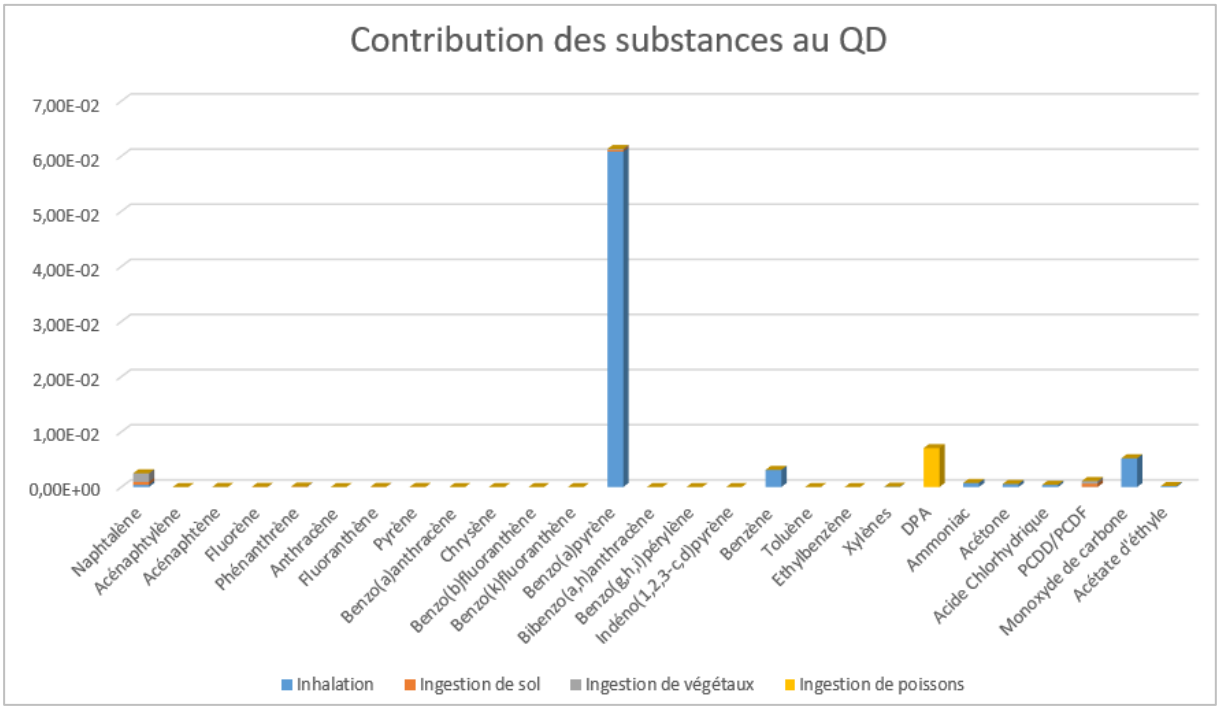


Figure 25 : QD par voie d'exposition et par substance – E1 Adultes

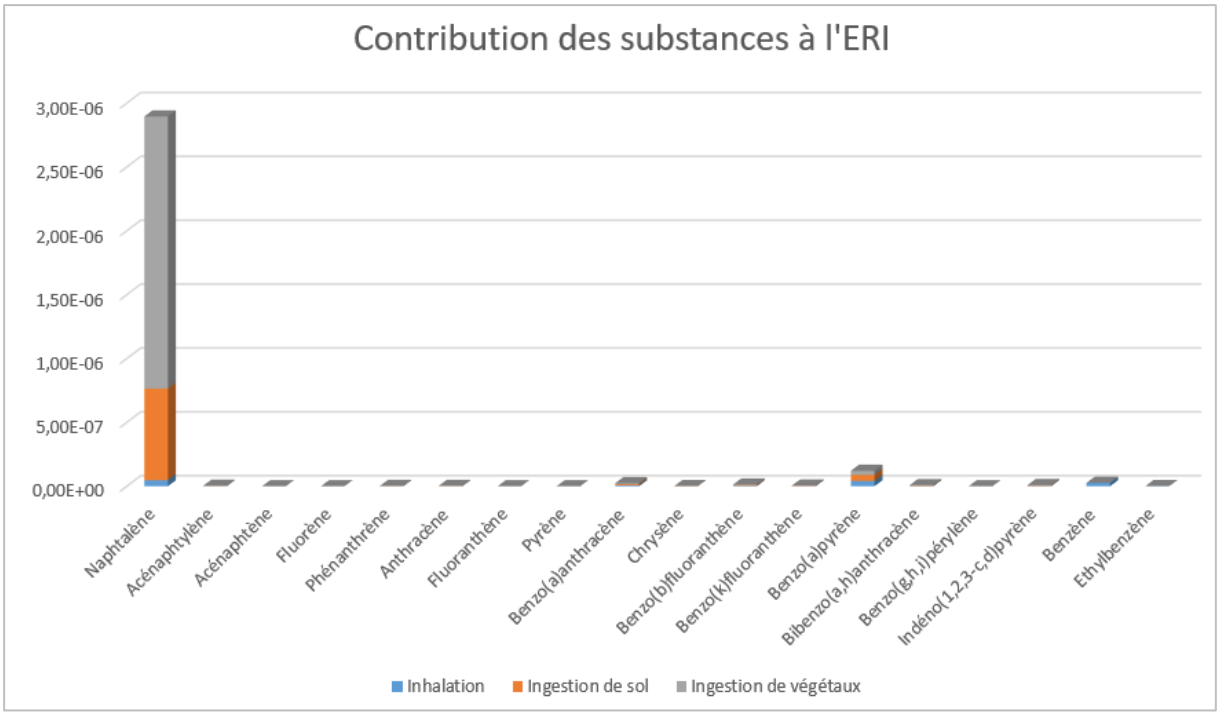


Figure 26 : ERI par voie d'exposition et par substance – E1 Adultes

Ces résultats mettent en évidence :

- La contribution majoritaire du benzo(a)pyrène dans le calcul du quotient de danger total, notamment du fait de l'exposition par inhalation ;
- La contribution majoritaire du naphtalène dans le calcul de l'ERI, par rapport aux autres substances susceptibles d'induire des effets sans seuil.

7.2.5 RÉSULTATS DE LA CARACTÉRISATION DES RISQUES – CIBLES P3 ENFANTS

Les résultats de la caractérisation des risques pour les cibles Enfants P3 sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 43 : Résultats de la caractérisation des risques - Cibles P3 Enfants

Substance	Quotient de danger (QD)				Excès de risque individuel (ERI)			
	Inhalation	Ingestion de sol	Ingestion de végétaux	Ingestion de poissons	Inhalation	Ingestion de sol	Ingestion de végétaux	Ingestion de poissons
HAP								
Naphtalène	3,99E-04	4,44E-03	3,78E-03	*	7,09E-09	9,14E-07	7,77E-07	*
Acénaphtylène	**	**	**	*	1,65E-10	1,65E-09	7,63E-10	*
Acénaphtène	**	3,44E-05	1,62E-05	*	1,76E-11	1,77E-10	8,31E-11	*
Fluorène	**	1,12E-04	4,27E-05	*	3,82E-11	3,83E-10	1,46E-10	*
Phénanthrène	**	3,89E-04	1,23E-04	*	1,33E-10	1,33E-09	4,22E-10	*
Anthracène	**	6,68E-06	2,12E-06	*	1,71E-10	1,72E-09	5,46E-10	*
Fluoranthène	**	1,25E-04	2,86E-05	*	4,26E-11	4,27E-10	9,80E-11	*
Pyrène	**	1,42E-04	3,60E-05	*	3,65E-11	3,66E-10	9,26E-11	*
Benzo(a)anthracène	**	**	**	*	1,22E-09	1,23E-08	2,43E-09	*
Chrysène	**	**	**	*	1,00E-10	1,01E-09	1,98E-10	*
Benzo(b)fluoranthène	**	**	**	*	7,10E-10	7,12E-09	1,38E-09	*
Benzo(k)fluoranthène	**	**	**	*	3,18E-10	3,19E-09	5,94E-10	*
Benzo(a)pyrène	5,95E-02	2,39E-03	4,03E-04	*	6,12E-09	6,14E-08	1,04E-08	*
Bibenzo(a,h)anthracène	**	**	**	*	4,90E-10	4,91E-09	8,68E-10	*
Benzo(g,h,i)pérylène	**	1,91E-05	3,39E-06	*	4,90E-11	4,91E-10	8,71E-11	*
Indéno(1,2,3-c,d)pyrène	**	**	**	*	5,14E-10	5,15E-09	9,12E-10	*
BTEX								
Benzène	3,04E-03	*	*	*	4,05E-09	*	*	*
Toluène	6,69E-07	*	*	*	**	*	*	*
Ethylbenzène	1,00E-06	*	*	*	3,23E-10	*	*	*
Xylènes	4,31E-05	*	*	*	**	*	*	*
Autres COV								
DPA	*	*	*	1,65E-02	*	*	*	**
Ammoniac	7,26E-04	*	*	*	**	*	*	*
Acétone	5,84E-04	*	*	*	**	*	*	*
Acide Chlorhydrique	3,97E-04	*	*	*	**	*	*	*
PCDD/PCDF	9,26E-06	5,16E-03	1,05E-03	*	**	**	**	*
Monoxyde de carbone	5,12E-03	*	*	*	**	*	*	*
Acétate d'éthyle	1,96E-04	*	*	*	**	*	*	*
TOTAL :	**7,00E-02**	**1,28E-02**	**5,48E-03**	**1,65E-02**	**2,16E-08**	**1,02E-06**	**7,96E-07**	**-**

** : substance non concernée par cette voie d'exposition*
*** : substance non concernée par cet effet*

Les graphiques ci-dessous permettent de visualiser la contribution de chaque substance et chaque voie d'exposition au QD et à l'ERI.

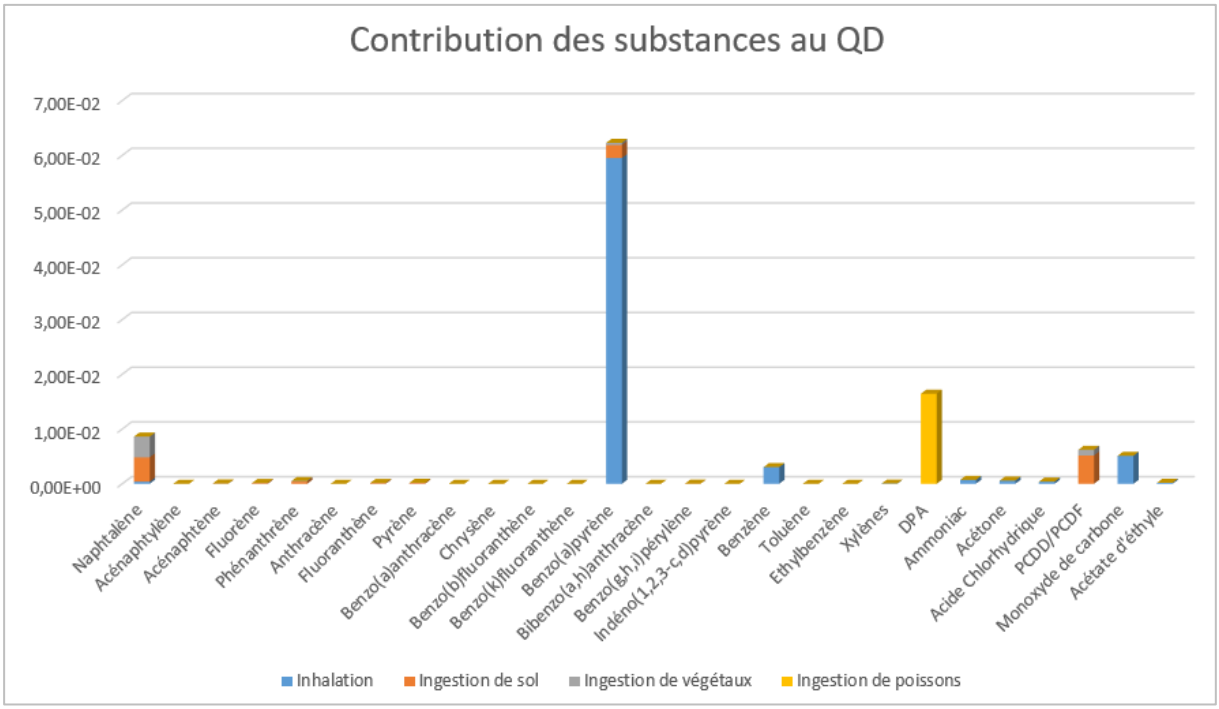


Figure 27 : QD par voie d'exposition et par substance – P3 Enfants

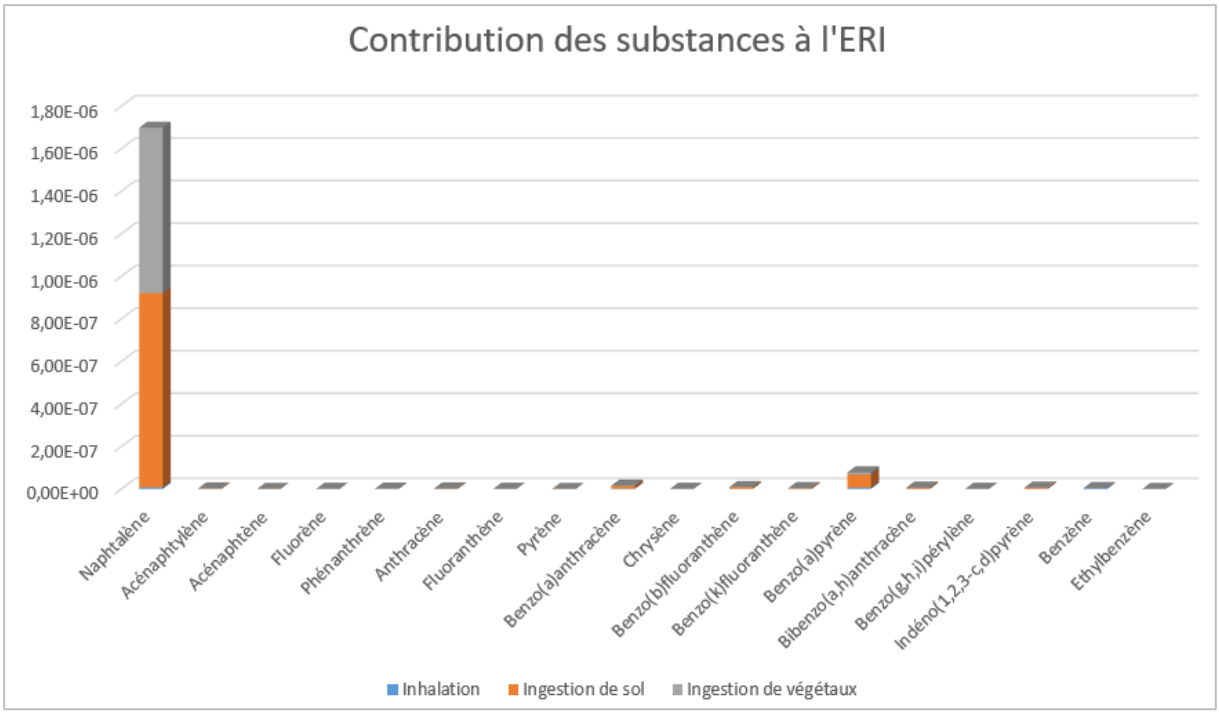


Figure 28 : ERI par voie d'exposition et par substance – P3 Enfants

Ces résultats mettent en évidence :

- La contribution majoritaire du benzo(a)pyrène dans le calcul du quotient de danger total, notamment du fait de l'exposition par inhalation ;
- La contribution non négligeable de la DPA au calcul du quotient de danger ;
- La contribution majoritaire du naphtalène dans le calcul de l'ERI, par rapport aux autres substances susceptibles d'induire des effets sans seuil.

7.2.6 IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT DES COMPOSÉS ÉMIS NE DISPOSANT PAS DE VTR

Les polluants disposant d'une VTR ont été retenus comme traceurs de risques (risque quantifiable) et traceurs d'émission. L'impact sanitaire de ces composés sur l'environnement du site est présenté dans les pages précédentes.

7.2.6.1 *Indices de pollution atmosphérique*

Ont également été retenus comme traceurs d'émission et intégrés à la modélisation de la dispersion atmosphérique les polluants émis disposants de critère de qualité de l'air, dont les niveaux sont réglementés dans l'air, à savoir : les NO_x (assimilés à du NO_2), les PM_{10}, les $PM_{2,5}$ les SO_x (assimilés à du SO_2) et le CO.

Pour ces composés, en l'absence de VTR, une caractérisation des risques similaire aux autres substances étudiées ne pourra être réalisée dans cette étude.

Toutefois, une comparaison des émissions maximales modélisées avec les critères de qualité de l'air a été effectuée et est présentée dans le tableau suivant.

Les critères de qualité de l'air retenus pour cette comparaison sont :

- Les critères nationaux de qualité de l'air (article R221-1 du code l'environnement) ;
- Les seuils de référence de l'OMS (avant et après la mise à jour en 2021[17]).

Tableau 44 : Comparaison des concentrations maximales modélisées aux seuils de référence

Polluant	Modélisation de la dispersion atmosphérique		Valeurs limites d'émission				
	Concentration maximale modélisée (µg/m3)	Point récepteur concerné	Seuils de référence de l'OMS (µg/m³)		Code de l'environnement - Art. R221-1		
			Avant 2021	Après 2021	Objectif de qualité (µg/m³)	Seuil d'information (µg/m³)	Seuil d'alerte (µg/m³)
NO_2	38,6	H6	40	10	40	200	400
PM_{10}	1,07	H6	20	15	30	50	80
$PM_{2,5}$	2,33	H6	10	5	10	-	-
SO_2	0,64	H6	20	40	50	300	500
CO	55,7	H6	-	4000	10000	-	-

Mis à part le seuil de référence actualisé en 2021 par l'OMS pour le dioxyde d'azote, les concentrations maximales modélisées sont inférieures aux critères de qualité de l'air retenus. En particulier, les concentrations maximales modélisées sont inférieures aux valeurs limites nationales en vigueur.

Le dépassement du seuil de référence de l'OMS pour le dioxyde d'azote est par ailleurs à nuancer, pour les raisons suivantes :

- L'ensemble des oxydes d'azotes émis par les activités du site ont été assimilés à du NO_2, en première approche. Or, d'autres oxydes d'azote peuvent être émis, et la concentration réelle en NO_2 est donc plus faible que la concentration modélisée ;
- La valeur seuil relative à la moyenne journalière du NO_2 est une nouvelle statistique introduite par l'OMS en 2021, et semble particulièrement contraignante. L'abaissement du seuil de la moyenne annuelle à 10µg/m³ pour le NO_2 implique que plus des ¾ de la population française se retrouverait exposée à des dépassements de ce seuil, d'après les données 2019 de la cartothèque « qualité de l'air » de l'INERIS[18].

[17] *WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization; 2021.*

18 Page Web : Qualité de l'air : l'Organisation mondiale de la santé (OMS) communique de nouvelles lignes directrices | Ineris

7.2.6.2 *Ethanol*

L'éthanol est un des solvants majoritairement utilisés sur le site, et sa dispersion atmosphérique a également été modélisée, après majoration des émissions.

Cette substance ne fait pas l'objet d'une VTR, et un calcul de risque associé ne peut être effectuée.

Bien que ces valeurs règlementaires ne soient applicables qu'au monde du travail, les concentrations modélisées peuvent être comparées en première approche aux VLEP de l'éthanol, afin d'avoir a minima une indication sur l'ordre de grandeur que représentent les concentrations modélisées d'éthanol par rapport aux VLEP associées.

Pour rappel, la concentration maximale modélisée d'éthanol était de 43,1µg/m^3, calculée au point H8.

A titre de comparaison, la VLEP 8h de l'éthanol est 1900 mg/m^3, soit plus de 44 000 fois supérieure à la concentration maximale modélisée.

Bien que les VLEP ne soient pas des valeurs sanitaires, et qu'une comparaison directe ne garantisse pas l'absence d'effet, l'ordre de grandeur observé permet de conclure en l'absence d'impact sanitaire de cette substance sur les populations avoisinantes.

Il est par ailleurs rappelé que des majorations importantes des flux à l'émission ont été effectuées pour les presses à déshydrater (émettrices majoritaires d'éthanol), dans la mesure où le fonctionnement fictif et simultanée de cinq PAD a été considéré.

7.2.7 COMMENTAIRES SUR LES RÉSULTATS

Les commentaires ci-après peuvent être effectués au vu des résultats obtenus :

<u>Pour les quotients de danger (effets à seuil)</u> :

- La voie d'exposition contribuant majoritairement aux quotients de danger est l'inhalation de polluants ;
- Pour cet effet et cette voie d'exposition, la substance contributrice principale est le benzo(a)pyrène, émise par le brûlage de déchets pyrotechniques.

La prépondérance de cette substance dans les résultats provient de sa très faible VTR par inhalation. Le quotient de danger associé au benzo(a)pyrène reste toutefois plus de 14 fois inférieur au seuil d'acceptabilité, tel qu'il est défini dans la circulaire du 9 Août 2013.

<u>Pour les excès de risque individuels (effets sans seuil) :</u>

- Les voies d'exposition contribuant majoritairement aux ERI sont l'ingestion de sol et l'ingestion de végétaux autoproduits ;
- Pour cet effet, les substances contributrices sont les HAP émis par le brûlage, susceptibles de se déposer sur les sols et possédant des VTR contraignantes. Le naphtalène, du fait de sa présence dans les fumées en proportion hautement majoritaire, est la substance qui contribue quasi-exclusivement à l'ERI.

L'ensemble des sommes des ERI restent bien inférieures au seuil d'acceptabilité, tel qu'il est défini dans la circulaire du 9 Août 2013, malgré une majoration importante des quantités de déchets pyrotechniques brûlés dans la présente étude.

7.3 ANALYSE DES INCERTITUDES

L'explication et la discussion des incertitudes qui concernent les paramètres et les hypothèses de calcul sont destinées à faciliter l'interprétation des résultats et permettre une gestion optimale des risques.

Les choix qui ont été faits sur les valeurs à attribuer à certains paramètres ou sur le comportement des individus sont entachés d'une incertitude. L'ensemble des paramètres déterminants est discuté dans ce chapitre, et notamment les concentrations de référence et les paramètres descriptifs de l'exposition.

L'approche générale se veut sécuritaire et conduit à des valeurs du risque majorantes (quotients de danger et excès de risque individuels). Ce chapitre permettra d'apprécier la sensibilité des paramètres et de vérifier l'influence sur le résultat du calcul.

Une vue d'ensemble des données majorées est présentée dans le tableau ci-dessous, et le détail de ces incertitudes est donné dans les paragraphes suivants.

Tableau 45 : Synthèse des données majorées

Description de la donnée majorée	Origine de la majoration	Substances concernées
Fonctionnement des PAD	Hypothèse de cinq PAD en fonctionnement	Ethanol
Emissions de l'unité de distillation	Les émissions associées à l'unité 310 ont été considérées	Acétone & Ethanol
Majoration des émissions canalisées	Modélisation de 60T de rejets canalisés	Acétone & Ethanol
Majoration des émissions diffuses de COV	Modélisation de 400T de rejets diffus	Acétone, Ethanol et Acétate d'éthyle
Majoration de la quantité de déchets brûlés	Modélisation associée au brûlage de 200T de déchets pyrotechniques	Polluants issus du brûlage
VTR par inhalation de l'acétone	Prise en compte d'une ancienne VTR	Acétone
Concentration maximale modélisée	La concentration maximale modélisée de chaque polluant a été considérée	Toutes
Dépôt maximal modélisé	Le dépôt maximal modélisé de chaque polluant a été considéré	Toutes

7.3.1 VARIABILITÉ DES FLUX ET DES CONCENTRATIONS À L'ÉMISSION

7.3.1.1 *Estimation des flux de COV émis par le site*

7.3.1.1.1 Presses à déshydrater

Dans la configuration actuelle, les PAD sont situées au niveau des bâtiments 91 et 138. Dans la configuration future du site, les PAD seront en fonctionnement au sein des bâtiments 91, 92 et 93.
Afin d'englober les émissions actuelles et futures du site et de majorer volontairement les émissions, il a été considéré dans la présente étude que cinq PAD pouvaient fonctionner simultanément sur site, au niveau des bâtiments 91, 92, 93 et 138 (2 PAD dans ce dernier bâtiment). Cette hypothèse est purement fictive et volontairement majorante, dans la mesure où seules quatre presses à déshydrater sont existantes sur le site, et qu'il n'est pas prévu d'en faire fonctionner plus de trois. Cette hypothèse réalisée en première approche est donc hautement majorante.

7.3.1.1.2 Unité de distillation

Dans le cadre du projet, une nouvelle unité de distillation (bâtiment 311) sera construite sur le site, près du bâtiment 310 existant. Cette nouvelle installation, plus capacitaire, sera dimensionnée aux besoins du site dans sa configuration future. L'unité 310 sera conservée et servira uniquement d'installation de secours, les deux unités n'étant pas destinées à être utilisées simultanément.

Le fournisseur de la future unité de distillation (311) donne les valeurs indicatives suivantes en ce qui concerne les émissions d'éthanol et d'acétone au niveau des évents de process, en sortie de la colonne d'abattage :

- Débit d'éthanol : ~1,6 g/h
- Débit d'acétone : ~0,2g/h.

Ces valeurs sont négligeables par rapport aux estimations d'émissions diffuses issues de la 310 (facteur supérieur à 1000).

Dans le cadre de la présente étude, les émissions associées à l'unité de distillation ont été calculées sur la base des émissions actuelles de la 310, et pondérées avec l'augmentation de production. Cette hypothèse est ainsi volontairement majorante, dans la mesure où les émissions de solvants de la 311 seront bien plus faibles.

7.3.1.1.3 Emissions canalisées et diffuses de COV

Pour rappel, les émissions de COV majorées volontairement dans le cadre de la présente étude, et leur comparaison avec les données réelles estimées par le site, sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 46 : Quantités retenues dans le cadre de l'ERS (en tonnes)

	Estimations pour 4300T	Données retenues pour l'ERS
Canalisé		
Acétone	46,50	55,80
Ethanol	3,50	4,20
TOTAL	**50**	**60**
Diffus		
Acétone	133,18	159,02
Ethanol	186,63	222,84
Acétate d'éthyle	15,19	18,13
TOTAL	**335**	**400**

Les majorations ainsi réalisées dans le cadre de la présente étude étaient d'environ 20%, à la fois pour les émissions canalisées et diffuses.

7.3.1.2 *Majoration de la quantité de déchets pyrotechniques brûlés*

Dans le cadre du projet en cours, le site souhaite demander la possibilité d'augmenter la quantité de déchets brûlés à l'année, et de la porter à 150T, au lieu des 100T autorisées actuellement. Dans le cadre de la présente ERS, les hypothèses d'entrées ont volontairement été majorées, et le brûlage fictif de 200T de déchets pyrotechniques a été étudié.

Une majoration de 33% des émissions associée a donc été effectuée, et les résultats obtenus ont conclu en un risque acceptable, quel que soit le scénario considéré.

7.3.2 TOXICITÉ DES COMPOSÉS

7.3.2.1 *Valeurs Toxicologiques de Référence*

L'extrapolation des VTR à partir d'études sur l'homme ou les animaux induit de nombreuses incertitudes. Pour les effets à seuil, le principe même de la dérivation des VTR induit l'utilisation de facteurs d'incertitudes qui atteignent jusqu'à 100 dans le cas des substances retenues.
Dans l'état actuel des connaissances, l'application de ces VTR implique des estimations majorantes du risque.

Il est à noter que ces VTR sont proposées par des organismes reconnus pour leur compétence dans ce domaine. Il s'agit notamment de l'ANSES, de l'US EPA, de l'ATSDR, et de l'OMS.

Le choix des VTR s'est basé sur 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 »*.

Ainsi le choix n'est pas réalisé par rapport à la pertinence de la construction de la VTR mais basé sur la confiance qu'accorde le législateur aux différents organismes établissant les VTR et leur date d'actualisation.

Bien que l'acétone ne fasse actuellement l'objet que d'une VTR par ingestion, pour des effets à seuils, une ancienne VTR par inhalation a également été considérée, de manière majorante. En effet, une VTR par inhalation pour des effets à seuil a été établie en 1994 par l'ATSDR, mais cette valeur n'a pas été retenue par les organismes principaux (dont l'US EPA), l'étude clé comportant d'importantes faiblesses. La valeur associée de 31 mg/m^3 étant toutefois la seule disponible, elle a été retenue dans le cadre de la présente ERS.

7.3.2.2 *Cumul des quotients de danger des différentes voies d'exposition et des différents composés*

L'ensemble des QD a été sommé. La sommation est justifiée pour les composés cancérogènes car il est question de cancer (en général), quelle que soit la cause ou le mécanisme.

Pour les composés non cancérogènes, cette hypothèse n'est justifiée qu'en première approche.
Toutefois, les risques toxiques étant acceptables en cumulant l'ensemble des quotients de danger, une approche par substance ne modifierait pas les résultats de l'étude.

7.3.3 PARAMÈTRES D'EXPOSITION

Les valeurs prises en compte sont issues de bases de données représentatives du comportement de la population Française. Elles sont probablement surestimées, notamment pour les enfants et les adultes actifs résidant dans les plus proches habitations (H6 et H8 notamment) , qui devraient être absents de leur maison une partie du temps. Les valeurs prises en compte se veulent alors sécuritaires.

Concernant les voies d'exposition liées à l'ingestion de denrées alimentaires autoproduites, le taux de végétaux consommés reste également issu de données relatives à la population générale. Il ne peut être exclu que des taux d'autoconsommation soient localement plus élevés.

Dans le cadre de la présente étude, les calculs de risque ont été effectués en prenant en compte des cibles fictives associant les concentrations maximales et les dépôts maximaux modélisés. Les résultats de la caractérisation du risque ont ainsi été majorés.

7.3.4 PARAMÈTRES RELATIFS À LA MODÉLISATION

7.3.4.1 *Choix du modèle de dispersion atmosphérique*

Le choix s'est porté sur un modèle utilisant une résolution de type gaussienne pour la dispersion des polluants dans l'atmosphère simulant la dispersion des composés retenus selon une rose des vents complète.

Il prend notamment en compte :
- Le relief ;
- La rugosité ;
- La hauteur des bâtiments environnants.

Le modèle choisi apparaît approprié au vu de l'environnement du site.

7.3.4.2 *Incertitudes liées au calcul des concentrations dans les milieux d'exposition*

La concentration dans les sols a été déterminée à partir d'une formule générique. De ce fait, les expositions liées au milieu sol sont largement surestimées.

Les concentrations dans les végétaux ont été déterminées à partir de BCF issus de la littérature.

Il reste toutefois relativement difficile de quantifier l'incertitude entourant la définition des concentrations dans les milieux d'exposition.

7.3.5 CONCLUSIONS SUR LES INCERTITUDES

Les paramètres utilisés pour la modélisation et pour l'exposition de la population semblent adaptés aux conditions de l'étude.

Par ailleurs, la revue des paramètres utilisés pour les calculs d'évaluation des risques a montré que les données retenues pour la quantification des flux à l'émission et pour la toxicité des composés sont systématiquement majorantes.

Les résultats de la présente ERS se veulent donc sécuritaires.

8 CONCLUSION DE L'EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES

Ce rapport présente les résultats de l'Evaluation des Risques Sanitaires liée aux émissions projetées du site de NobelSport dans sa configuration future. L'étude a été menée conformément à la démarche nationale suivant les guides et outils actuellement en vigueur.

Les flux à l'émission estimés par le site en configuration future ont été volontairement majorés dans le cadre de cette étude, par prudence scientifique. L'étude a ainsi notamment porté sur la modélisation de dispersion atmosphérique associée aux émissions de 60T de rejets canalisés (+20% par rapport aux estimations du projet), 400T de rejets diffus (+20%) et de polluants issus du brûlage de 200T de déchets pyrotechniques (+33%).

La description des dangers potentiels présentés par les polluants émis par le site et l'identification des relations doses-réponses a conduit au choix de Valeurs Toxicologiques de Références (VTR).

La description des populations représentatives de l'environnement et les résultats de la modélisation de la dispersion atmosphérique des polluants ont permis de sélectionner trois types principaux de cibles exposées : des proches riverains du site (adultes et enfants résidant dans les habitations individuelles situées à l'ouest du site), des salariés travaillant à proximité immédiate des limites du site, et des enfants scolarisés dans la commune de Pont-de-Buis lès Quimerc'h.

Les niveaux d'exposition ont été évalués à partir de la définition de flux à l'émission de COV et de polluants issus du brûlage de déchets pyrotechniques, et des données issues de la modélisation de la dispersion atmosphérique de ces polluants. Leur comparaison aux VTR a permis de caractériser le risque.

Trois voies d'exposition ont été considérées pour ces polluants : l'inhalation, l'ingestion de sol et l'ingestion de végétaux autoproduits.

Les calculs ainsi réalisés ont conclu que les risques toxiques et cancérogènes sont inférieurs aux limites acceptables quel que soit le scénario considéré.

L'analyse des incertitudes a permis de montrer que la démarche utilisée va dans le sens d'une surestimation des risques notamment par la majoration des flux à l'émission.

Des niveaux d'exposition à des polluants disposants de critère de qualité de l'air ont également été modélisés, à savoir : les NO_x (assimilés à du NO_2), les PM_{10}, les $PM_{2,5}$, les SO_x (assimilés à du SO_2) et le CO.

Les concentrations maximales annuelles modélisées sont inférieures aux valeurs limites nationales en vigueur, pour l'ensemble des polluants considérés. Un dépassement de la valeur guide de qualité de l'air établie par l'OMS en 2021, associée au dioxyde d'azote, a été observé, pour certaines concentrations modélisées. Ce dépassement est à mettre en perspective avec les majorations effectuées dans le cadre de la présente étude, et avec les informations suivantes :

- L'ensemble des oxydes d'azotes émis par les activités du site ont été assimilés à du NO_2, en première approche. Or, d'autres oxydes d'azote peuvent être émis, et la concentration réelle en NO_2 est donc plus faible que la concentration modélisée ;
- La valeur seuil relative à la moyenne journalière du NO_2 est une nouvelle statistique introduite par l'OMS en 2021, et semble particulièrement contraignante. L'abaissement du seuil de la moyenne annuelle à 10µg/m^3 pour le NO_2 implique que plus des ¾ de la population française se retrouverait exposée à des dépassements de ce seuil, d'après les données 2019 de la cartothèque « qualité de l'air » de l'INERIS[19].

En l'état actuel des connaissances et sur la base des activités présentes et projetées du site de NobelSport, les concentrations moyennes annuelles modélisées des polluants retenus indiquent que les risques sanitaires liés aux émissions atmosphériques de ce site sont considérés comme acceptables.

19 Page Web : Qualité de l'air : l'Organisation mondiale de la santé (OMS) communique de nouvelles lignes directrices | Ineris