

A l'attention de  
**DREAL Pays de la Loire**

Date  
**Décembre 2025**

Référence  
**REH2024N02062-RAM-RP-00005**

# **CARENE (44)** **INTERPRÉTATION DE** **L'ETAT DES MILIEUX (IEM)** **DANS LE CADRE DE L'ÉTUDE** **DE ZONE**






# CARENE (44)

## INTERPRÉTATION DE L'ÉTAT DES MILIEUX (IEM)

### DANS LE CADRE DE L'ÉTUDE DE ZONE

Référence **REH2024N02062-RAM-RP-00005**  
Version **2**  
Date **15/12/2025**  
Rédacteur **Pierre-Yves Guernion**  
Vérificateur **Hélène PIET**  
Approbateur **Frédéric Leveau**

Rédacteur :	
Vérificateur :	
Approbateur :	

Ramboll a rédigé ce document à la demande du client et pour répondre aux objectifs qui y sont précisés. Le présent document et ceux qui l'accompagnent ont pour seul destinataire le client. Ils ne peuvent être utilisés, ni divulgués à toute autre personne, en partie ou dans leur intégralité, sans l'autorisation écrite expresse préalable de Ramboll. Ramboll ne reconnaît aucune responsabilité envers un tiers et ne saurait être tenu responsable des pertes, dommages ou frais occasionnés de quelque nature que ce soit qui seraient dus à l'interprétation par ce tiers des informations contenues dans le présent document.

#### Révision du Document

Révision	Date	Rédacteur	Vérificateur	Approbateur	Description
1	20/11/2025	PYG	HPI	FLE	Version initiale
2	15/12/2025	PYG	HPI	FLE	Prise en compte des remarques de la DREAL et de l'ARS
Contact client Directeur de projet	Pierre-Yves Guernion <a href="mailto:pyguernion@ramboll.com">pyguernion@ramboll.com</a> tél : 07 63 39 89 05				
Ramboll France SAS 155, rue Louis de Broglie, Immeuble le Cézanne 13100 AIX-EN-PROVENCE Tel : +33 (0)4 42 90 74 96 Fax : +33 (0)4 42 90 71 58			SAS au capital de 38 115 € Représentant Légal : Frédéric Hamilton RCS AIX-EN-PROVENCE 2002 B 1288 SIRET : 443 685 029 00094 APE : 7112B		

Etablissement émetteur :  
Ramboll  
Immeuble Le Cézanne  
155 rue Louis de Broglie  
13100 Aix-en-Provence  
T +33 (0)4 42 90 74 96  
F +33 (0)4 42 90 71 58  
[www.ramboll.com](http://www.ramboll.com)

## SOMMAIRE

<b>1.</b>	<b>INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE</b>	<b>2</b>
2.1	Rappel sur l'étude de zone	2
2.2	Périmètre de l'étude de zone	4
2.3	Campagnes de mesures réalisées	7
<b>3.</b>	<b>MÉTHODOLOGIE ET RÉFÉRENTIEL</b>	<b>13</b>
3.1	Référentiels	13
3.2	Objectifs de l'IEM	13
3.3	Schéma conceptuel	15
<b>4.</b>	<b>MÉTHODE D'INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS</b>	<b>17</b>
4.1	Démarche mise en œuvre	17
4.2	Calculs de risques partiels	18
4.2.1	Définition des scénarios d'exposition	19
4.2.1.1	Scénarios d'exposition – Ingestion de sol de surface	19
4.2.1.2	Scénarios d'exposition - Ingestion de fruits et légumes autoproduits	20
4.2.1.3	Scénarios d'exposition – Inhalation	20
4.2.1.4	Tableau de synthèse des scénarios d'exposition	20
4.2.2	Sélection des VTR (Valeurs Toxicologiques de Référence)	22
<b>5.</b>	<b>INTERPRÉTATION DE L'ÉTAT DES MILIEUX – MILIEU AIR AMBIANT</b>	<b>26</b>
5.1	Etape 1 : Comparaison aux concentrations obtenues sur le point témoin	29
5.2	Etape 2 : Comparaison aux valeurs réglementaires	29
5.3	Etape 3 : Calcul de risques partiels	30
5.4	Récapitulatif de l'IEM Air Ambiant	33
<b>6.</b>	<b>INTERPRÉTATION DE L'ÉTAT DES MILIEUX – MILIEU SOL</b>	<b>34</b>
6.1	Etape 1 : Comparaison aux points témoins et aux valeurs de bruit de fond	36
6.2	Etape 2 : Comparaison aux valeurs réglementaires	36
6.3	Etape 3 : Calcul de risques partiels	36
6.4	Récapitulatif de l'IEM Sols	39
<b>7.</b>	<b>INTERPRÉTATION DE L'ÉTAT DES MILIEUX – MILIEU VÉGÉTAUX</b>	<b>43</b>
7.1	Etape 1 : Comparaison aux points témoins et aux valeurs de bruit de fond	47
7.2	Etape 2 : Comparaison aux valeurs réglementaires	47
7.3	Etape 3 : Calcul de risques partiels	48
7.4	Récapitulatif de l'IEM Végétaux	50
7.5	Cas spécifique de l'arsenic dans les végétaux	51
7.5.1	Mise en perspective des DJE en arsenic calculées dans l'étude de zone par rapport à la population générale	51

7.5.2	Cas de la spéciation de l'arsenic	52
<b>8.</b>	<b>INTERPRÉTATION DE L'ÉTAT DES MILIEUX – MILIEU EAUX SOUTERRAINES</b>	<b>53</b>
8.1	Etape 1 : Comparaison aux points témoins et aux valeurs de bruit de fond	58
8.2	Etape 2 : Comparaison aux valeurs réglementaires	58
8.3	Etape 3 : Calcul de risques partiels	59
8.4	Approfondissement du cas particulier du manganèse	59
8.5	Récapitulatif de l'IEM Eaux souterraines	60
<b>9.</b>	<b>ANALYSE DES INCERTITUDES</b>	<b>62</b>
9.1	Les incertitudes relatives aux mesures réalisées	62
9.2	Les incertitudes liées aux calculs de risques partiels	62
9.3	Le choix des valeurs toxicologiques de référence (VTR)	63
9.4	Conclusion de l'analyse des incertitudes	64
<b>10.</b>	<b>BILAN DE LA PHASE 4 D'INTERPRÉTATION DE L'ÉTAT DES MILIEUX</b>	<b>65</b>
<b>11.</b>	<b>PROPOSITION DE SUITES À L'IEM</b>	<b>67</b>
	<b>LIMITATIONS ET RESPONSABILITÉS</b>	<b>69</b>

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Plan d'échantillonnage des prélèvements d'air ambiant	9
Figure 2 : Plan d'échantillonnage des retombées atmosphériques	10
Figure 3 : Plan d'échantillonnage des prélèvements de sols et de végétaux	11
Figure 4 : Plan d'échantillonnage des eaux de puits	12
Figure 5 : Etapes et critères de l'IEM autour d'une ICPE (Source : INERIS, 2021)	14
Figure 6 : Schéma conceptuel associé à l'étude de zone de la CARENE	16
Figure 7 : Démarche de l'IEM	18
Figure 8 : Schéma de principe de la démarche de quantification de l'exposition (INERIS, 2021)	71

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Rappel des objectifs des différentes phases d'une étude de zone et avancement associé	3
Tableau 2 : Liste des secteurs investigués dans le cadre de l'EdZ – Cas de l'air ambiant	5
Tableau 3 : Liste des secteurs investigués dans le cadre de l'EdZ – Cas des sols, végétaux et retombées atmosphériques	6
Tableau 4 : Liste des puits investigués dans le cadre de l'EdZ	7
Tableau 5 : Synthèse du schéma conceptuel pour les substances d'intérêt retenues (extrait du rapport de phase 2)	16
Tableau 6 : Tableau d'interprétation des résultats de l'IEM (extrait du guide INERIS 2021)	19
Tableau 7 : Description des scénarios	19
Tableau 8 : Synthèses des paramètres d'exposition de l'IEM	21
Tableau 9 : Synthèse des VTR pour la voie inhalation retenues pour l'IEM	23
Tableau 10 : Synthèse des VTR pour l'ingestion retenues pour l'IEM	25
Tableau 11 : Récapitulatif des composés non détectés dans l'air ambiant sur la totalité des points de mesure	26

Tableau 12 : Synthèse des campagnes Air ambiant réalisées dans le cadre de l'étude de zone de la CARENE .....	27
Tableau 13 : Synthèse des données des stations complémentaires d'Air Pays de la Loire de la zone d'étude pendant les campagnes Air ambiant de l'étude de zone de la CARENE.....	28
Tableau 14 : Calcul des Quotients de Danger (QD) Inhalation dans le cadre de l'étude de zone de la CARENE .....	31
Tableau 15 : Calcul des Excès de Risque Individuel (ERI) Inhalation dans le cadre de l'étude de zone de la CARENE .....	32
Tableau 16 : Bilan de l'IEM Air Ambiant – Etude de zone de la CARENE .....	33
Tableau 17 : Récapitulatif des composés non détectés dans les sols sur la totalité des points de mesure.....	34
Tableau 18 : IEM Sols – Comparaison aux valeurs de bruits de fond et aux valeurs de gestion .....	35
Tableau 19 : Calcul des Quotients de Danger (QD) Ingestion pour le milieu Sols dans le cadre de l'étude de zone de la CARENE.....	37
Tableau 20 : Calcul des Excès de Risque Individuel (ERI) Ingestion pour le milieu Sols dans le cadre de l'étude de zone de la CARENE.....	38
Tableau 21 : Bilan de l'IEM Sols de surface – Etude de zone de la CARENE....	39
Tableau 22 : Estimation de la contribution en ETM des retombées atmosphériques actuelles aux concentrations dans les sols .....	41
Tableau 23 : Estimation de la contribution en HAP des retombées atmosphériques actuelles aux concentrations dans les sols .....	41
Tableau 24 : Récapitulatif des composés non détectés dans les végétaux sur la totalité des échantillons .....	43
Tableau 25 : IEM Végétaux – Comparaison aux valeurs bruits de fond et aux valeurs de gestion – Cas des légumes-fruits et des fruits .....	44
Tableau 26 : IEM Végétaux – Comparaison aux valeurs bruits de fond et aux valeurs de gestion – Cas des légumes-feuilles et des herbes aromatiques .....	45
Tableau 27 : IEM Végétaux – Comparaison aux valeurs bruits de fond et aux valeurs de gestion – Cas des légumes-racines et des tubercules .....	46
Tableau 28 : Calcul des Quotients de Danger (QD) Ingestion pour le milieu Végétaux dans le cadre de l'étude de zone de la CARENE.....	48
Tableau 29 : Calcul des Excès de Risque Individuel (ERI) Ingestion pour le milieu Végétaux dans le cadre de l'étude de zone de la CARENE.....	48
Tableau 30 : Bilan de l'IEM Végétaux – Etude de zone de la CARENE.....	50
Tableau 31 : DJE en arsenic inorganique de la population générale issues de l'EAT 2.....	51
Tableau 32 : DJE en arsenic total issues des consommations de fruits et de légumes dans le cadre de l'étude de zone.....	51
Tableau 33 : Part d'arsenic inorganique dans l'arsenic total (selon Yost et al)	52
Tableau 34 : DJE en arsenic inorganique issues des consommations de fruits et de légumes dans le cadre de l'étude de zone.....	52
Tableau 35 : Résultats des analyses dans les eaux de puits – Campagne mars 2025 – Partie 1/2.....	54
Tableau 36 : Résultats des analyses dans les eaux de puits – Campagne mars 2025 – Partie 2/2.....	55
Tableau 37 : Résultats des analyses dans les eaux de puits – Campagne septembre 2025 – Partie 1/2 .....	56
Tableau 38 : Résultats des analyses dans les eaux de puits – Campagne septembre 2025 – Partie 2/2 .....	57
Tableau 39 : Récapitulatif des composés non quantifiés dans les eaux de puits sur la totalité des échantillons.....	58

Tableau 40 : Croisement des informations IEM Végétaux et IEM Eaux de puits .....	60
Tableau 41 : Récapitulatif des substances à enjeu potentiel identifiées lors de l'IEM dans les différentes matrices.....	65
Tableau 42 : Récapitulatif des actions recommandées pour la suite de l'étude de zone.....	68

## **ANNEXES**

### **Annexe 1**

Méthodologie des calculs de risques partiels

### **Annexe 2**

Méthodologie et résultats de la sélection des VTR

### **Annexe 3**

Cartographie de la dispersion du cobalt issue de la phase 2 de l'étude de zone

### **Annexe 4**

Détail des calculs de risque partiel – IEM Sols

### **Annexe 5**

Détail des calculs de risque partiel – IEM Végétaux

### **Annexe 6**

Actions recommandées issues des avis HCSP pour l'arsenic, le cadmium, le mercure et le plomb en cas de dépassement de valeur de référence dans les sols

### **Annexe 7**

Actions applicables aux résultats de la campagne Sols

## GLOSSAIRE

<b>Anses</b>	Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
<b>ARS</b>	Agence Régionale de Santé
<b>ASPITET</b>	Apports d'une Stratification Pédologique pour l'Interprétation des Teneurs en Éléments Traces
<b>ATSDR</b>	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
<b>CAA</b>	Concentrations Admissibles dans l'Air
<b>CARENE</b>	Communauté d'agglomération de la région nazairienne et de l'estuaire
<b>CAS</b>	Chemical Abstracts Service number
<b>COS</b>	Comité d'Orientation Stratégique
<b>COV</b>	Composés Organiques Volatils
<b>DGPR</b>	Direction Générale de la Prévention des Risques
<b>DGS</b>	Direction Générale de la Santé
<b>DJA</b>	Dose Journalière Admissible
<b>DJE</b>	Dose Journalière d'Exposition
<b>DREAL</b>	Direction Régionale de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement
<b>EAT</b>	Étude de l'Alimentation Totale française
<b>EDCH</b>	Eau à Destination de la Consommation Humaine
<b>EdZ</b>	Etude de Zone
<b>EFSA</b>	European Food Safety Authority (Autorité européenne de sécurité des aliments)
<b>E(Q)RS</b>	Evaluation (Quantitative) des Risques Sanitaires
<b>ERI</b>	Excès de Risque Individuel
<b>ERU</b>	Excès de Risque Unitaire
<b>ETM</b>	Éléments Traces Métalliques
<b>FDTE</b>	Fiche de Données Toxicologiques et Environnementales
<b>HAP</b>	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
<b>HAS</b>	Haute Autorité de Santé
<b>HCSP</b>	Haut Conseil de la Santé Publique
<b>ICPE</b>	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
<b>IEM</b>	Interprétation de l'Etat des Milieux
<b>INCA</b>	Etudes Individuelles Nationales sur les Consommations Alimentaires
<b>Ineris</b>	Institut national de l'environnement industriel et des risques
<b>InVS</b>	Institut national de Veille Sanitaire
<b>MS</b>	Matière sèche
<b>OEHHA</b>	Office of Environmental Health Hazard Assessment
<b>OMS (WHO)</b>	Organisation Mondiale de la Santé (World Health Organization)

<b>PM<sub>10</sub>/PM<sub>2,5</sub></b>	Particules de diamètre aérodynamique inférieur à 10 µm/2,5 µm
<b>QD</b>	Quotient de Danger
<b>RGPD</b>	Règlement Général sur la Protection des Données
<b>RIVM</b>	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (National Institute of Public Health and the Environment - Netherlands)
<b>SDAGE</b>	Schéma Directeur d'Aménagement de Gestion des Eaux
<b>SpF</b>	Santé Publique France
<b>TCEQ</b>	Texas Commission on Environmental Quality
<b>UD</b>	Unité Départementale
<b>US-EPA</b>	United States Environmental Protection Agency
<b>VTR</b>	Valeur Toxicologique de Référence

# 1. INTRODUCTION

Ce rapport d'Interprétation de l'Etat des Milieux (IEM) s'inscrit dans le cadre de l'Etude de Zone (EdZ) de la CARENE (Communauté d'Agglomération de la REgion Nazairienne et de l'Estuaire). Les objectifs et le cadre de l'étude de zone, initiée en 2021, sont discutés en Comité d'Orientation Stratégique (COS), et la démarche globale est pilotée par l'Unité Départementale de Loire-Atlantique (UD44) de la DREAL (Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement) des Pays-de-la-Loire.

La démarche générale de l'étude de zone est décrite dans le « Guide pour la conduite d'une étude de zone » (INERIS, 2011), et se décline en cinq phases :

- Phase 1 : état des lieux et schéma conceptuel des expositions ;
- Phase 2 : modélisations de la dispersion et des transferts ;
- Phase 3 : diagnostic de l'état des milieux ;
- Phase 4 : analyse de l'état actuel de l'environnement ;
- Phase 5 : évaluation quantitative des risques sanitaires (si nécessaire).

Les phases 1 et 2 ont été mises en œuvre entre 2021 et 2023 par le bureau d'études Burgeap sous le pilotage de l'UD44 de la DREAL Pays de la Loire. Elles ont donné lieu à deux rapports d'étape, en l'occurrence :

- Le rapport BURGEAP « Etude de Zone sur le territoire de la CARENE - Phase 1 » de référence CACILB213402 / RACILB04802-01 et daté du 30 octobre 2022 ;
- Le rapport BURGEAP « Etude de Zone sur le territoire de la CARENE - Phase 2 » de référence 1038549-02 / CACILB213402 et daté du 26 juillet 2023.

La phase 3 a été initiée au 2<sup>ème</sup> trimestre 2024 et a été confiée à Air Pays de la Loire pour les prélèvements et analyses d'air ambiant, et à Ramboll pour la partie sols, végétaux, retombées atmosphériques et eaux de puits. Cette phase a donné lieu aux rapports suivants :

- Le rapport « Étude de zone sur le territoire de Saint-Nazaire agglomération - Phase 3 – prélèvements air ambiant – Rapport final » produit par Air Pays de la Loire en décembre 2025 pour le volet air ambiant ;
- Le rapport Ramboll « CARENE (44) – Suivi de retombées atmosphériques dans le cadre de l'étude de zone » de référence REH2024N02062-RAM-RP-00001-3.0 et daté du 5 juin 2025 ;
- Le rapport Ramboll « CARENE (44) – Prélèvements et analyses d'eaux de puits dans le cadre de l'étude de zone – Campagnes de mars et septembre 2025 » de référence REH2024N02062-RAM-RP-00003-2.0 et daté du 11 décembre 2025 ;
- Le rapport Ramboll « CARENE (44) – Prélèvements et analyses de sols et de végétaux dans le cadre de l'étude de zone » de référence REH2024N02062-RAM-RP-00004-1.0 et daté du 15 octobre 2025.

Sur la base de tous ces résultats, la phase 4 de l'étude de zone relative à l'Interprétation de l'Etat des Milieux (IEM) peut être réalisée. Cette phase est l'objet de ce rapport.

## 2. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

### 2.1 Rappel sur l'étude de zone

La réalisation d'une étude de zone est cadrée par le « Guide pour la conduite d'une étude de zone » produit par l'Ineris, de référence DRC-11-115717-01555B daté de novembre 2011. Ce guide précise les éléments suivants :

*Une « étude de zone », telle que développée dans le guide de l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS, 2011), est une démarche d'évaluation :*

- des impacts des activités humaines sur l'état des milieux,*
- des risques ou des impacts sanitaires inhérents pour les populations.*

*Elle est conduite sur un territoire appelé « zone » afin d'identifier et de hiérarchiser des actions, pour prendre en charge et maîtriser ces risques ou impacts. Les enjeux inclus dans une étude de zone sont essentiellement liés à l'environnement et aux populations. L'étude de zone peut constituer l'un des éléments d'une analyse plus globale, qui prend en compte d'autres composantes du territoire étudié : économiques, sociales, sanitaires, etc.*

Selon ce guide, la démarche d'étude de zone est découpée en 5 phases déjà évoquées en introduction. Le Tableau 1 présente le contenu de ces différentes phases et leur avancement, à date de rédaction de ce rapport, dans le cadre de l'étude de zone sur le territoire de la CARENE.

**Tableau 1 : Rappel des objectifs des différentes phases d'une étude de zone et avancement associé**

Contenu des phases	Cas de l'EDZ de la CARENE
<p><b>Phase 1 : état des lieux, schéma conceptuel des expositions</b></p> <p>Le schéma conceptuel décrit les sources de polluants, les transferts liés aux milieux environnementaux et à leurs usages. Il recense les populations exposées du fait de leurs modes de vie, de leur vulnérabilité et localisations. Il est construit à partir de l'inventaire des informations disponibles sur chacun de ces éléments.</p>	Réalisé
<p><b>Phase 2 : modélisation de la dispersion atmosphérique et des transferts</b></p> <p>La modélisation vient en complément des mesures dans l'environnement, incontournable dans le contexte des études de zone, mais ne les remplace pas. Elle apporte les premiers éléments pour la hiérarchisation des sources, polluants et milieux pertinents en vue d'évaluer l'exposition des populations.</p> <p>Elle aide à affiner le contour de la zone d'étude et à choisir l'emplacement des points de prélèvements pour les campagnes de mesures à prévoir ultérieurement.</p>	Réalisé
<p><b>Phase 3 : diagnostic de l'état des milieux</b></p> <p>Les mesures dans l'environnement sont le seul moyen d'évaluer, au moment de l'étude, l'état réel des milieux. Ceci pour caractériser ensuite l'exposition cumulée des populations liée à l'ensemble des sources locales et au bruit de fond. Cette nécessité a été démontrée par le retour d'expérience de l'INERIS sur les premières études de zone. Lorsque des campagnes de mesures sont nécessaires, celles-ci doivent être conçues :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>☐ sur la base du schéma conceptuel d'exposition, des résultats de la modélisation et des autres informations disponibles,</li> <li>☐ dans l'optique d'en exploiter les résultats pour l'analyse de l'état de l'environnement et l'évaluation quantitative des risques.</li> </ul>	Réalisé
<p><b>Phase 4 : analyse de l'état actuel de l'environnement</b></p> <p>L'état actuel des milieux est qualifié sur la base des concentrations représentatives du bruit de fond local d'une part, et des valeurs de gestion (réglementaires ou non) d'autre part. Cette interprétation permet d'identifier parmi les milieux impactés, ceux qui :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>☐ ne nécessitent <b>aucune action particulière</b>, c'est-à-dire permettant une libre jouissance des usages constatés sans exposer les populations à des risques excessifs ;</li> <li>☐ peuvent faire l'objet d'<b>actions simples de gestion</b> pour rétablir la compatibilité entre l'état des milieux et les usages constatés ;</li> <li>☐ nécessitent la mise en place d'un <b>plan de gestion complexe</b>.</li> </ul> <p>Cette phase permet également de conclure sur la nécessité ou non d'une évaluation quantitative des risques sanitaires ciblée sur les substances, milieux et enjeux pertinents.</p>	Objet de ce rapport
<p><b>Phase 5 : Évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS)</b></p> <p>Dans une étude de zone, la caractérisation des expositions et des risques sanitaires apporte les éléments pertinents pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>☐ identifier les substances auxquelles les populations peuvent être exposées à des niveaux préoccupants pour leur santé ;</li> <li>☐ identifier et hiérarchiser les voies d'exposition et les populations concernées ;</li> <li>☐ comparer et hiérarchiser les contributions respectives aux risques des sources, polluants et/ou milieux de transfert ciblés.</li> </ul> <p>Utilisée ainsi, la comparaison des risques attribuables permet de hiérarchiser les mesures de gestion envisagées et d'anticiper leur efficacité.</p> <p>L'ensemble des résultats de chaque phase est présenté sous forme de tableaux et de cartes. L'usage des Systèmes d'Information Géographique (SIG) est particulièrement recommandé.</p>	A venir, si nécessaire sur la base des conclusions de la phase 4

## 2.2 Périmètre de l'étude de zone

Le périmètre géographique de l'EdZ a été déterminé au démarrage de l'étude, pour former une zone d'étude cohérente où se concentrent les populations et les activités économiques. Quatre communes de la CARENE, à savoir celles de Donges, Montoir-de-Bretagne, Saint-Nazaire et Trignac, ont été retenues dans un premier temps. Ces communes concentrent une grande majorité des ICPE du territoire de la CARENE et 75 % de sa population.

A ces quatre communes, a été ajoutée la ville de Pornichet au périmètre de la zone d'étude, et ce, suite au constat d'une sur-incidence de cancers chez la femme<sup>1</sup>, et à l'importance du bassin de population en proximité de la zone de Brais, à l'ouest de la commune de Saint-Nazaire.

Sur la base des phases 1 et 2, un programme d'investigations environnementales a été établi, ciblant plus spécifiquement certaines zones géographiques du territoire prédéfini, en particulier sur la base de la dispersion atmosphérique, mais aussi du schéma conceptuel et visant également certains composés / familles de composés pouvant varier selon les différentes zones. A noter que, conformément à la méthodologie de l'EdZ, il est nécessaire de disposer de données sur une zone dite « témoin », en dehors de la zone d'influence des sources d'émissions visées par l'étude, afin de disposer de données de « bruit de fond » au niveau local.

La phase 3 a donc consisté en la réalisation des prélèvements et analyses telles que définies dans le programme d'investigations environnementales. Le Tableau 2 présente les principaux secteurs géographiques d'intérêt qui ont été investigués pour la matrice air ambiant ainsi que les substances associées, et le Tableau 3 présente les mêmes éléments pour les sols, les végétaux et les retombées atmosphériques. A noter que pour le plan de prélèvement pour les retombées, les sols et les végétaux sont principalement déclinés sur la base du plan de prélèvement en air ambiant, et ce, sur la base des recommandations de la phase 2 de l'étude de zone.

Concernant les eaux de puits, qui ont également fait l'objet d'investigations, le plan d'échantillonnage est quant à lui dissocié du plan d'échantillonnage des autres matrices. En effet, cette matrice n'était pas initialement intégrée dans les recommandations à l'issue de la phase 2, et le comportement des eaux souterraines est significativement différent des autres matrices. Au total, 16 puits ont été investigués sur la zone, tel que présenté dans le Tableau 4.

---

<sup>1</sup> « Description de la prise en charge des patients atteints d'un cancer des Voies Aéro-Digestives Supérieures dans la CARENE : synthèse » - Registre des cancers de Loire-Atlantique/Vendée – Octobre 2021

**Tableau 2 : Liste des secteurs investigués dans le cadre de l'EdZ – Cas de l'air ambiant**

Secteur	Commune	Quartier / Zone	COV <sup>(1)</sup>	NO <sub>2</sub> /SO <sub>2</sub>	Particules <sup>(2)</sup>	ETM <sup>(3)</sup>	HAP <sup>(5)</sup>	Silice cristalline <sup>(6)</sup>
A	Saint-Nazaire	Proche port	X	X				
B	Saint-Nazaire	Centre	X	X	X	X	X	
C	Saint-Nazaire	Méan-Penhoët	X	X	X	X <sup>(4)</sup>	X	
D	Montoir-de-Bretagne	Gron	X	X	X	X <sup>(4)</sup>		X
E	Saint-Nazaire	Ouest	X	X			X	
F	Saint-Nazaire	Quartier de Brais	X	X	X	X		
G	Montoir-de-Bretagne	Centre	X	X				
H	Donges	Centre	X					
I	Montoir-de-Bretagne	La Camé	X	X		X		X
K	Donges	Stade	X			X <sup>(4)</sup>		X
J (t)	Saint-Joachim	Zone témoin	X	X	X	X <sup>(4)</sup>	X	X

(1) Composés Organiques Volatils (benzène, éthylbenzène, xylènes (o-Xylènes, m-p-Xylènes), hexane, 1,3-butadiène, toluène, 1,1,2 trichloroéthane, trichloroéthylène, 1,2 dichloroéthane, dichlorométhane, styrène, tétrachloroéthylène)

(2) PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>

(3) Eléments Traces Métalliques (arsenic, cadmium, chrome, cobalt, manganèse, nickel, plomb, antimoine et mercure particulaire)

(4) Y compris spéciation Chrome VI

(5) Liste des 16 Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques définis comme substances prioritaires par l'US-EPA (Benzo(b)fluoranthène, Benzo(g,h,i)pérylène, Benzo(k)fluoranthène, Benzo(a)pyrène, Indéno(1,2,3-cd)pyrène, Benzo(a)anthracène, Dibenzo(a,h)anthracène, Fluoranthène, Pyrène, Chrysène, Acénaphène, Acénaphylène, Anthracène, Fluorène, Phénanthrène, Naphtalène) et naphtalène gazeux

(6) Quartz, tridymite, cristobalite

**Tableau 3 : Liste des secteurs investigués dans le cadre de l'EdZ – Cas des sols, végétaux et retombées atmosphériques**

Secteur	Commune	Quartier / Zone	ETM <sup>(1)</sup>	HAP <sup>(2)</sup>
B	Saint-Nazaire	Centre	X	X
C	Saint-Nazaire	Méan-Penhoët	X	X
D	Montoir-de-Bretagne	Gron	X	
E	Saint-Nazaire	Ouest		X
F	Saint-Nazaire	Quartier de Brais	X	
I	Montoir-de-Bretagne	La Camé	X	
K	Donges	Stade	X	X <sup>(3)</sup>
J (t)	Saint-Joachim	Zone témoin	X	X

(1) Eléments traces métalliques

- a. arsenic, cadmium, chrome y compris chrome VI, cobalt, manganèse, nickel, plomb, antimoine et mercure : sols, végétaux et retombées
- b. cuivre et zinc : sols et retombées uniquement

(2) Liste des 16 Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques définis comme substances prioritaires par l'US-EPA

(3) Non prévus initialement, mais intégrés pour les sols et les végétaux suite à une demande établie en COS

**Tableau 4 : Liste des puits investigués dans le cadre de l'EdZ**

Code site	Commune	Localisation	ETM <sup>(1)</sup>	HAP <sup>(2)</sup>
P_SN_Ouest_1	Saint-Nazaire	Ouest du quartier Front de Mer / Kerlédé	X	X
P_SN_Centre_1	Saint-Nazaire	Centre-ville	X	X
P_SN_Nord_1	Saint-Nazaire	Nord proche bassin de Penhoët	X	X
P_SN_Brais_1	Saint-Nazaire	Quartier de Brais	X	X
P_Gron_2	Montoir-de-Bretagne	Quartier de Gron	X	X
P_Montoir centre_2	Montoir-de-Bretagne	Centre-ville	X	X
P_Montoir est_3	Montoir-de-Bretagne	Quartier de la Camé	X	X
P_Montoir est_4 <sup>(3)</sup>	Montoir-de-Bretagne	Quartier de la Camé	X	X
P_Méan-P._1	Saint-Nazaire	Quartier de Méan- Penhoët	X	X
P_Méan-P._2	Saint-Nazaire	Quartier de Méan- Penhoët	X	X
P_Trignac Centre_1 <sup>(4)</sup>	Trignac	Centre-ville	X	X
P_Trignac Certé_1	Trignac	Quartier de Certé	X	X
P_Donges Centre_1	Donges	Centre-ville	X	X
P_Donges La Sencie_1	Donges	Quartier SEM	X	X
P_St-Malo_2	Saint-Malo-de- Guersac	Centre (point témoin)	X	X
P_St Joachim_1	Saint-Joachim	Ile de Fédrun (point témoin)	X	X

(1) Eléments traces métalliques (arsenic, cadmium, chrome y compris chrome VI, cobalt, manganèse, nickel, plomb, antimoine et mercure)

(2) Liste des 16 Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques définis comme substances prioritaires par l'US-EPA

(3) Campagne Basses Eaux uniquement

(4) Campagne Hautes Eaux uniquement

### 2.3 Campagnes de mesures réalisées

Concernant l'air ambiant, 4 campagnes d'une durée de deux semaines chacune ont été réalisées pour chaque composé/famille de composés, à des saisons différentes entre octobre 2024 et juillet 2025. Cette organisation permet d'atteindre les recommandations de l'Ineris et de l'arrêté du 16 avril 2021 relatif au dispositif national de surveillance de la qualité de l'air ambiant, qui définissent les objectifs de qualité des données sur la qualité de l'air, pour les polluants réglementés et des mesures indicatives. Le plan d'échantillonnage associé est présenté en Figure 1.

Concernant les sols et les végétaux, une campagne de prélèvements et d'analyses a été réalisée en juillet 2025, complétée pour certains points en septembre 2025. A noter que, faute de végétaux disponibles sur le secteur B (Saint-Nazaire centre), aucun prélèvement de végétaux n'a pu être fait sur ce secteur, et ce, malgré les différentes enquêtes et porte-à-porte menés. Le plan d'échantillonnage des sols et des végétaux est présenté sur la Figure 3.

Concernant les retombées atmosphériques, une campagne de prélèvements et d'analyses a été réalisée en février-mars 2025, concomitamment à la deuxième campagne d'air ambiant. Le plan d'échantillonnage associé est présenté en Figure 2.

Enfin, concernant les eaux de puits, une première campagne dite de « Hautes Eaux » a été réalisée début mars 2025, et une campagne de « Basses Eaux » début septembre 2025. D'une manière générale, les puits ont été échantillonnés sur les deux campagnes, à l'exception du puits P\_Trignac Centre\_1, échantillonné uniquement sur la 1<sup>ère</sup> campagne (absence d'autorisation de prélèvement sur la seconde campagne) et le puits P\_Montoir est\_4, échantillonné uniquement sur la 2<sup>ème</sup> campagne (puits supplémentaire ajouté lors de la deuxième campagne). Le plan d'échantillonnage pour les eaux de puits est présenté en Figure 4.

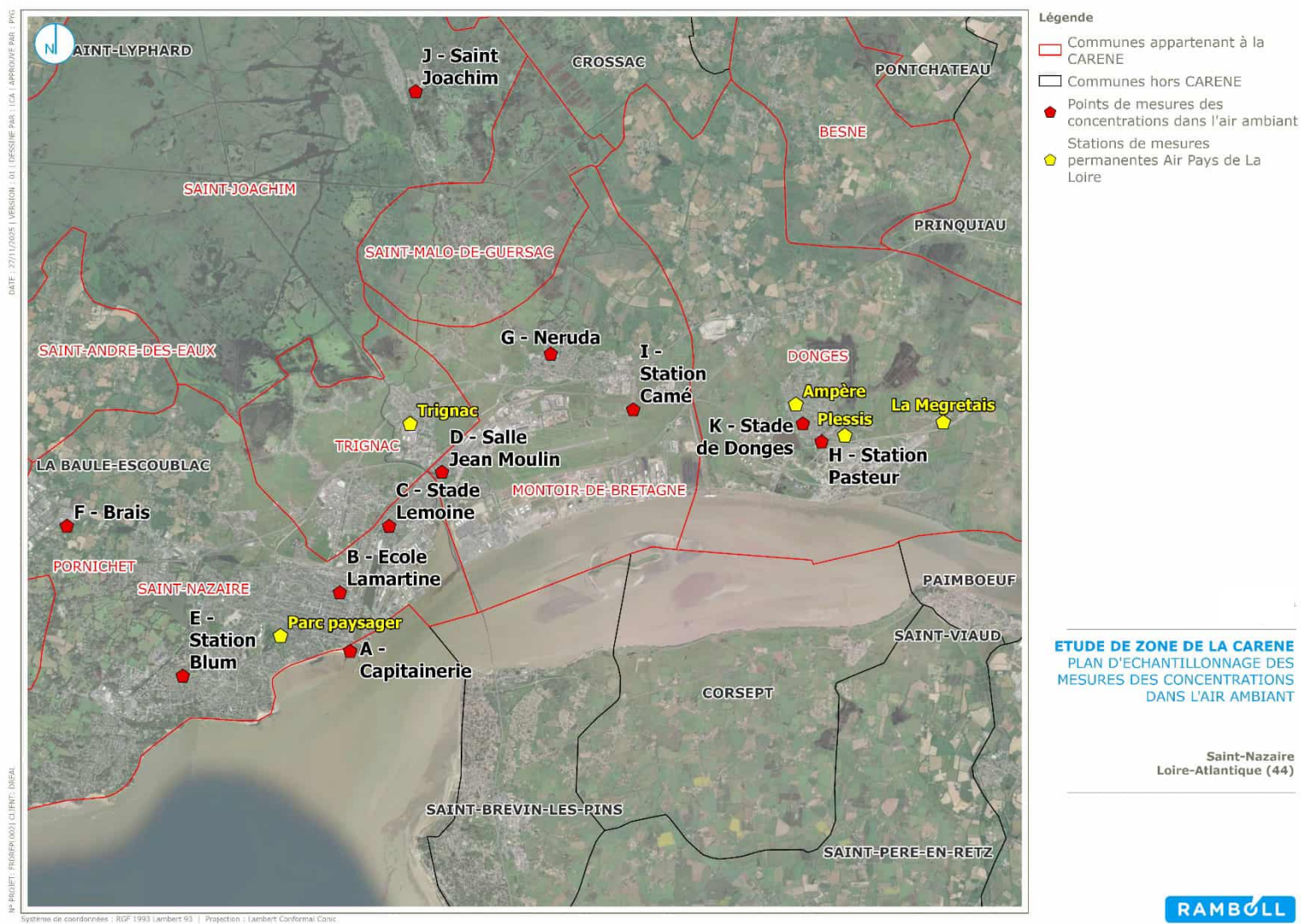


Figure 1 : Plan d'échantillonnage des prélèvements d'air ambiant

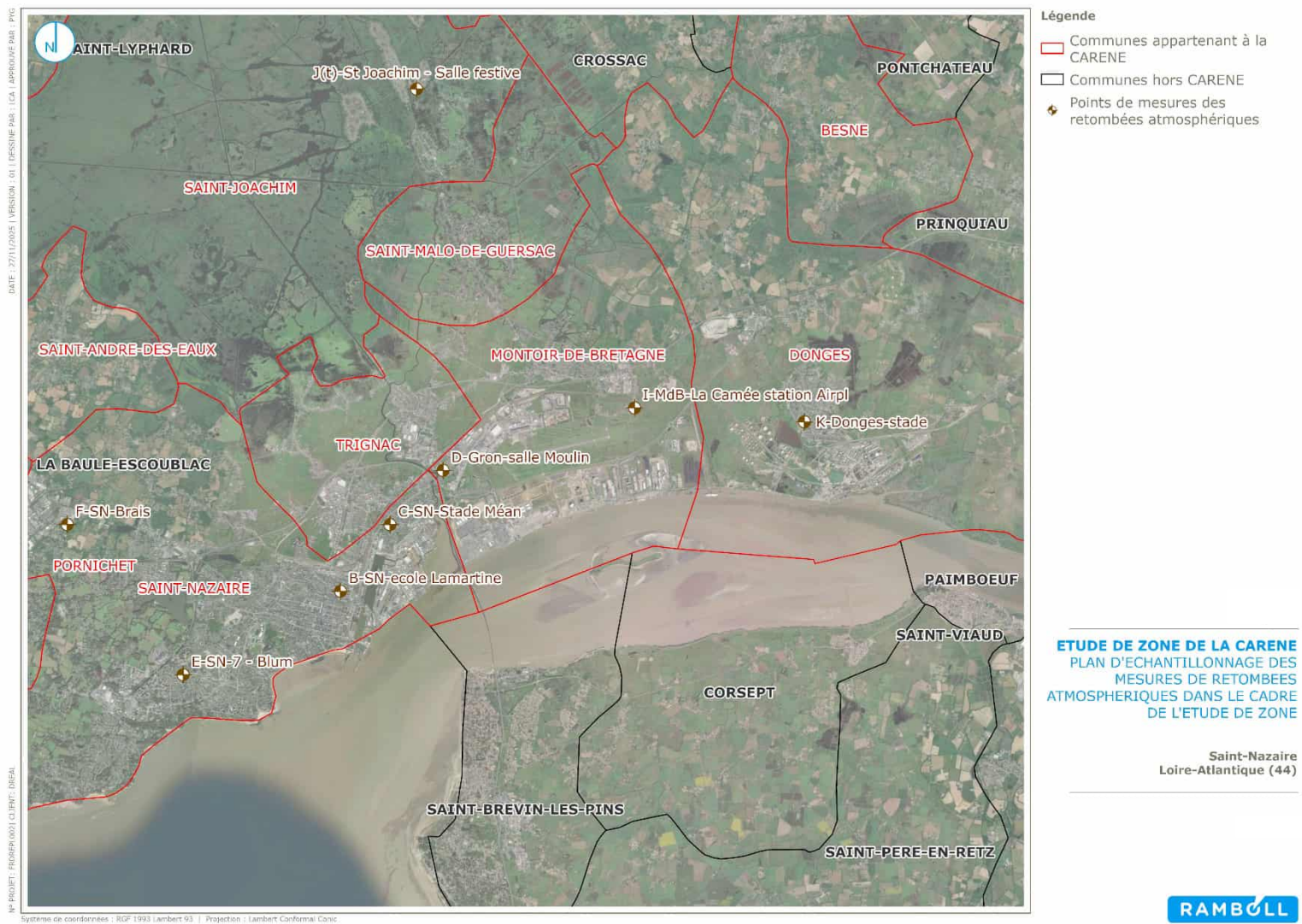


Figure 2 : Plan d'échantillonnage des retombées atmosphériques

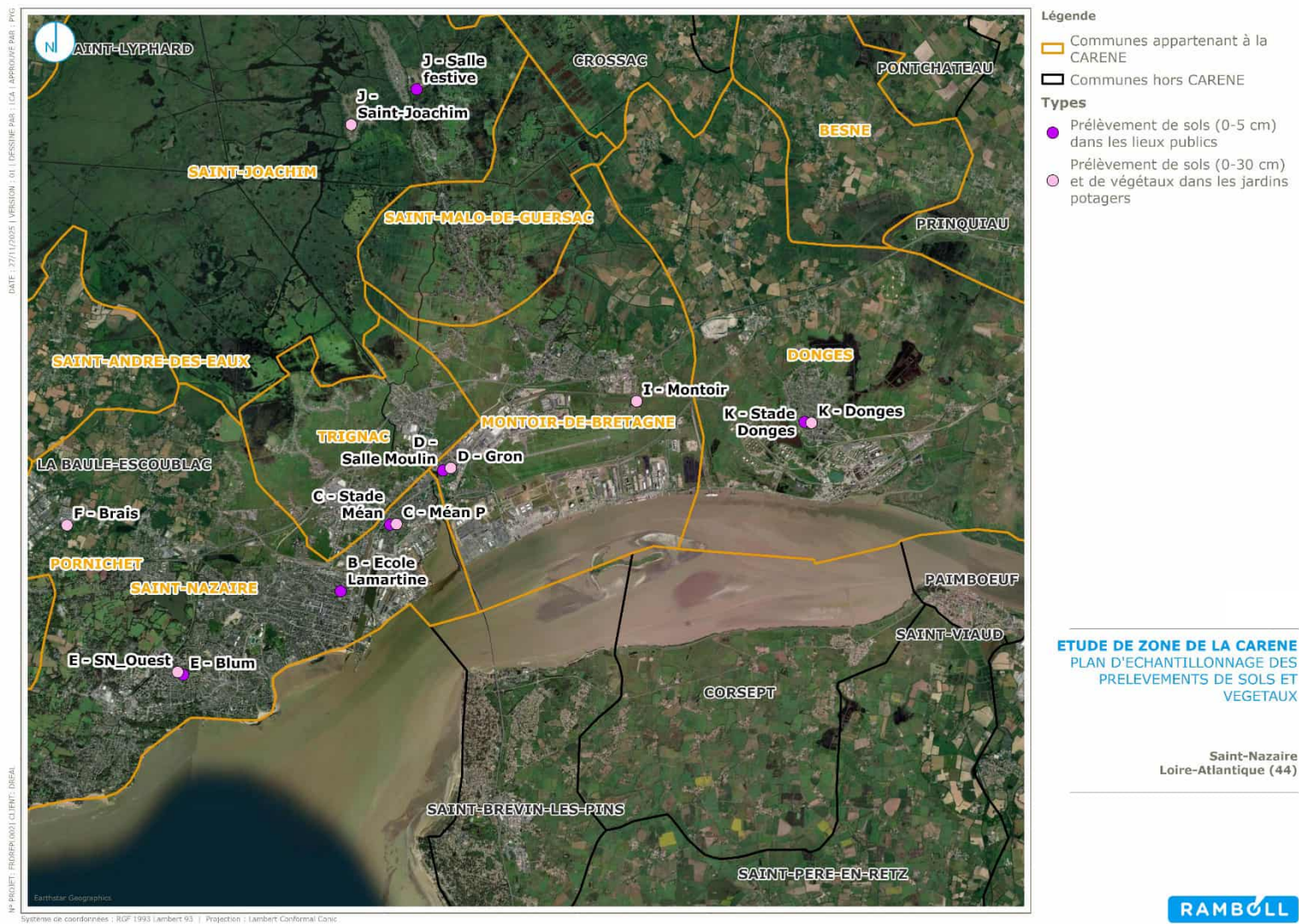


Figure 3 : Plan d'échantillonnage des prélèvements de sols et de végétaux

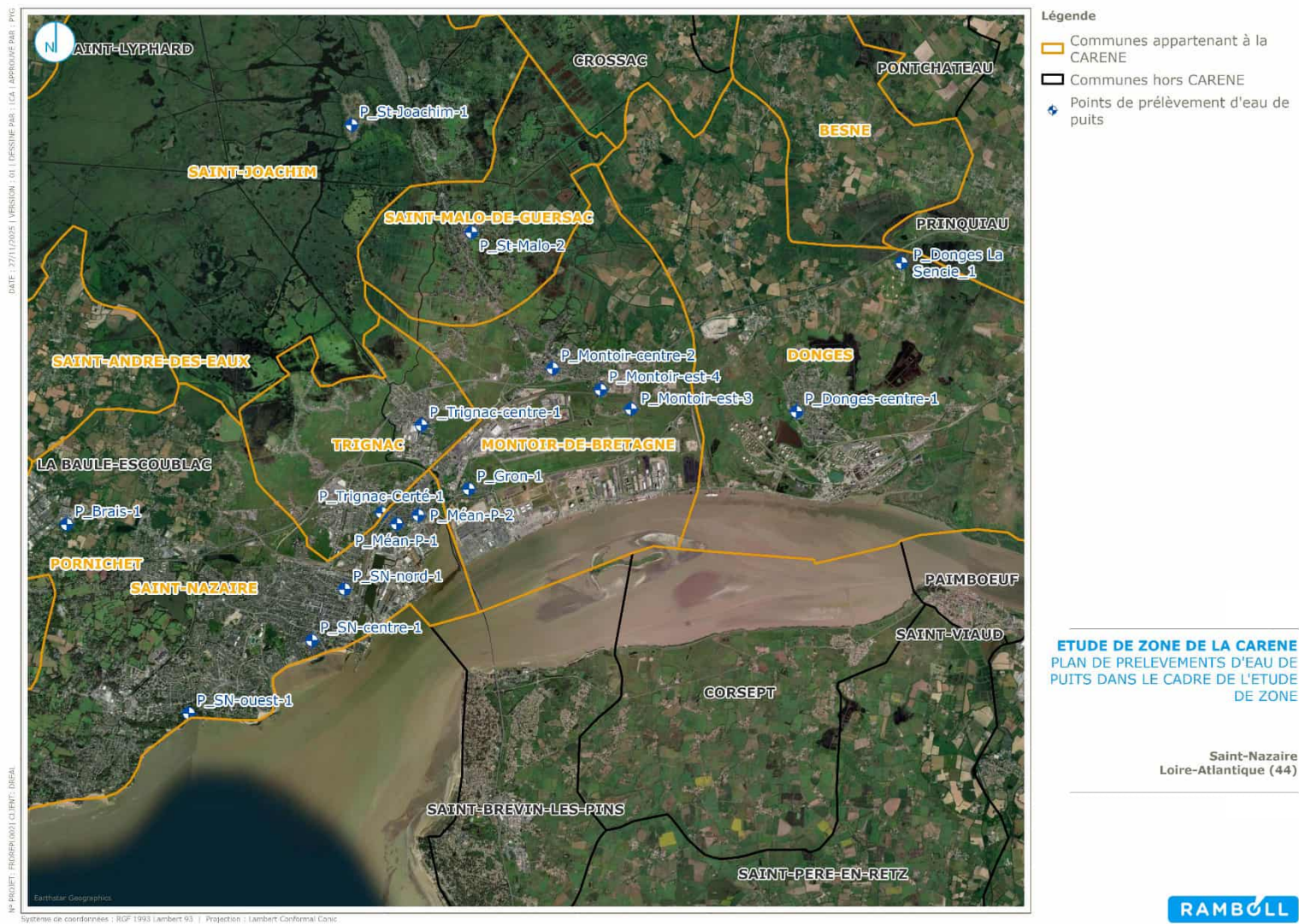


Figure 4 : Plan d'échantillonnage des eaux de puits

## 3. MÉTHODOLOGIE ET RÉFÉRENTIEL

### 3.1 Référentiels

L'IEM a été réalisée conformément à la méthodologie en vigueur, comme présenté dans les guides méthodologiques suivants :

- Le guide INERIS « Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées », deuxième édition de septembre 2021 ;
- Le « Guide pour la conduite d'une étude de zone – Impact des activités humaines sur les milieux et la santé » publié par l'Ineris (rapport DRC-11-115717-01555B) ;
- Les guides et documents associés au logiciel MODUL'ERS de l'INERIS et notamment : « Jeux d'équations pour la modélisation des expositions liées à la contamination d'un sol ou aux émissions d'une installation industrielle » mis à jour en août 2010, et « Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel MODUL'ERS » publié en février 2015 et mis à jour en juin 2017 ;
- La note d'information de la Direction Générale de la Santé (DGS) et de la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR) DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués ;
- Le guide « *Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués* » publié par la DGPR en avril 2017 et les guides associés de 2017 et 2007 (notamment « *Interprétation de l'Etat des Milieux* ») ;
- Le guide INERIS « *Bilan des choix de VTR à fin 2022* » disponible sur le portail des substances chimiques de l'INERIS, mis à jour fin 2022 et publié le 13 mars 2023.

L'étude et les conclusions ont été élaborées en l'état actuel des connaissances scientifiques, tant du point de vue chimique que toxicologique. L'étude respectera les grands principes suivants :

- Principe de prudence scientifique ;
- Principe de proportionnalité ;
- Principe de spécificité ;
- Principe de transparence.

### 3.2 Objectifs de l'IEM

L'Interprétation de l'Etat des Milieux (IEM) est une méthodologie d'analyse de l'état de l'environnement autour d'un site, initialement développée pour l'évaluation et la gestion des sites et sols pollués. Il s'agit d'une démarche d'analyse des informations recueillies dans les milieux potentiellement impactés par une contamination (passée, présente) et pouvant conduire à une exposition des populations. L'évaluation de la dégradation des milieux est menée par la comparaison des concentrations de polluants mesurées dans les milieux vis-à-vis de valeurs repères de qualité ou de gestion.

Dans le cas spécifique de l'étude de zone, l'IEM vise à :

- Déterminer si les émissions passées et présentes sur la zone contribuent à la dégradation des milieux.  
Ainsi, le guide INERIS de septembre 2021 précise que « *La contribution des émissions de l'installation (nota : des installations dans le cas d'une EdZ) aux concentrations dans les milieux peut théoriquement être estimée, au moins approximativement grâce à la comparaison des concentrations en un point impacté à celles en un point non impacté (environnement local témoin)* » ;
- Déterminer si l'état actuel des milieux est compatible avec les usages, et apporter des indications sur une vulnérabilité potentielle vis-à-vis d'une ou plusieurs substances émises par les installations.

Pour répondre aux objectifs précédents et exploiter les résultats pour la suite de l'étude, l'évaluation s'appuie sur l'outil d'interprétation de l'état des milieux décrit dans les guides du Ministère en charge de l'Environnement 2007 et 2017 (applicables à un contexte « sites et sols pollués ») et dans le guide INERIS 2021 (applicable à un contexte « ICPE »), dont le schéma suivant détaille les étapes successives.

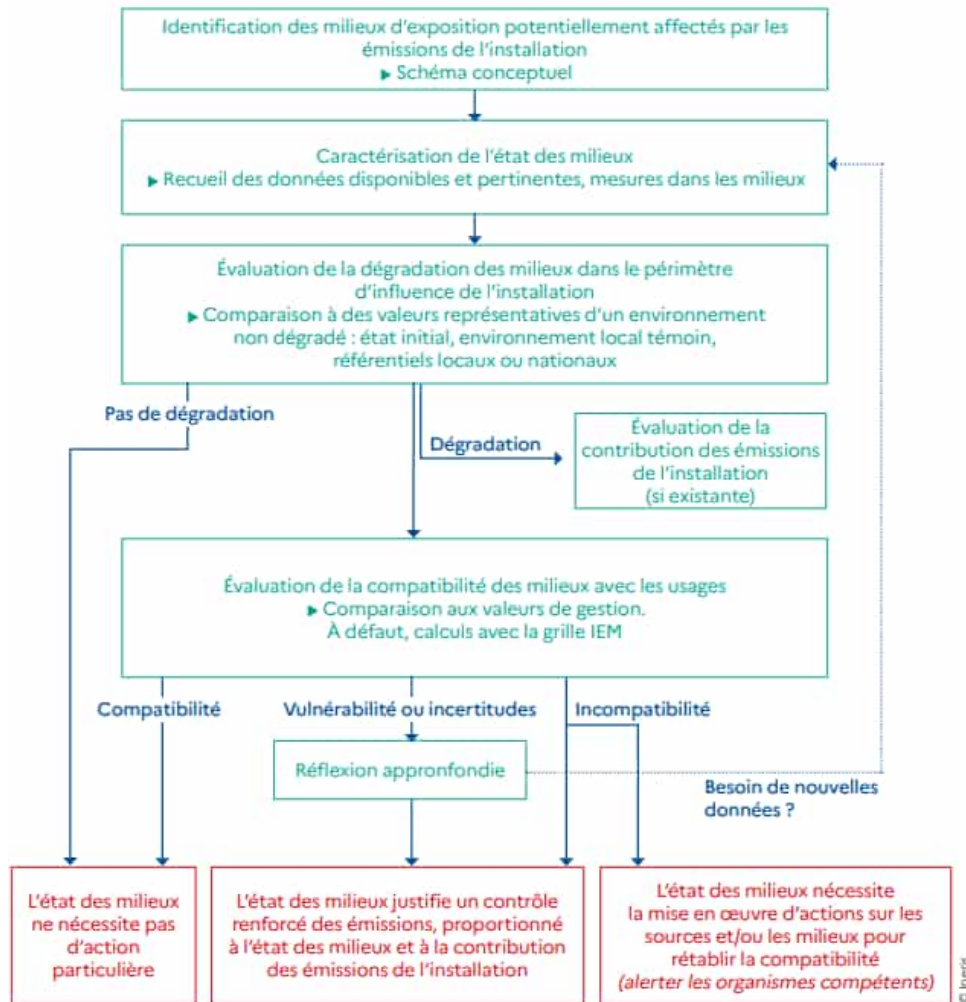


Figure 5 : Etapes et critères de l'IEM autour d'une ICPE (Source : INERIS, 2021)

Dans le cadre d'une étude de zone, l'évaluation de l'état des milieux doit permettre de disposer d'éléments d'appréciation pour, selon les cas :

- **Arrêter l'étude à ce stade**, dans le cas où l'analyse de l'état actuel de l'environnement conclut à l'absence d'impact sur les milieux dans la zone d'étude, ou à une adéquation entre l'état des milieux et les usages constatés ;
- **Compléter l'étude**, en l'orientant en priorité sur les polluants et milieux pour lesquels l'analyse de l'état actuel de l'environnement conclut à une dégradation significative. En particulier, les opérations suivantes sont entreprises :
  - Recherche des sources impactant les milieux dégradés ;
  - Evaluation quantitative des risques sanitaires ;
- **Proposer des mesures de gestion**, en identifiant en particulier les substances et milieux à surveiller et les usages potentiellement incompatibles.

### 3.3 Schéma conceptuel

Lors de la phase 2 de l'étude de zone, les substances d'intérêt et le schéma conceptuel adapté pour les substances retenues ont été définies (cf. paragraphe 3.2.2 du rapport de phase 2). Ces éléments sont repris ci-dessous.

*Au regard des sources d'émissions potentielles et des caractéristiques des composés retenus en phase précédente, les voies de transfert potentielles jugées pertinentes pour les composés identifiés sont les suivantes :*

- *Dispersion atmosphérique des composés gazeux et particulaires,*
- *Dépôts au sol des composés particulaires,*
- *Transfert des composés particulaires vers les végétaux après dépôt au sol.*

*Sur la base de ces éléments, l'ensemble des substances d'intérêt sélectionnées (gazeuses et particulaires) seront recherchées dans le milieu « air ambiant ».*

*Pour les substances d'intérêt particulaires retenues (HAP et métaux), les milieux « sols » et « végétaux » peuvent également être considérés comme des milieux pertinents. Il est cependant nécessaire de préciser que :*

- *En ce qui concerne les sols, ces mesures sont pertinentes dans le cas de substances particulaires persistantes (HAP, ETM, ...) pouvant s'y accumuler et si des usages peuvent conduire à une exposition des populations (jardins, cultures, élevages, aires de jeux, etc.). A noter que le sol est un milieu intégrateur de la pollution actuelle et passée du fait des phénomènes d'accumulation dans ce dernier ;*
- *En ce qui concerne les végétaux, si en théorie le passage des substances accumultrices du sol vers les végétaux est possible, la prise en compte des matrices « d'origine végétale ou animale produits localement ne sont envisagées que si les mesures préalables dans l'air, les dépôts ou les sols, et/ou les résultats d'une modélisation montrent une possible contamination au-delà de seuils réglementaires ou de niveaux préoccupants pour la santé des consommateurs. En effet, leur prélèvement et l'interprétation des analyses sont délicats, et ces mesures apportent rarement des conclusions utiles pour la gestion des émissions, du fait de facteurs de confusion fréquents. Par contre, si une contamination potentielle est suspectée, des mesures doivent être envisagées pour évaluer la compatibilité avec l'usage. » (Document INERIS « Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires » - Deuxième édition – Septembre 2021).*

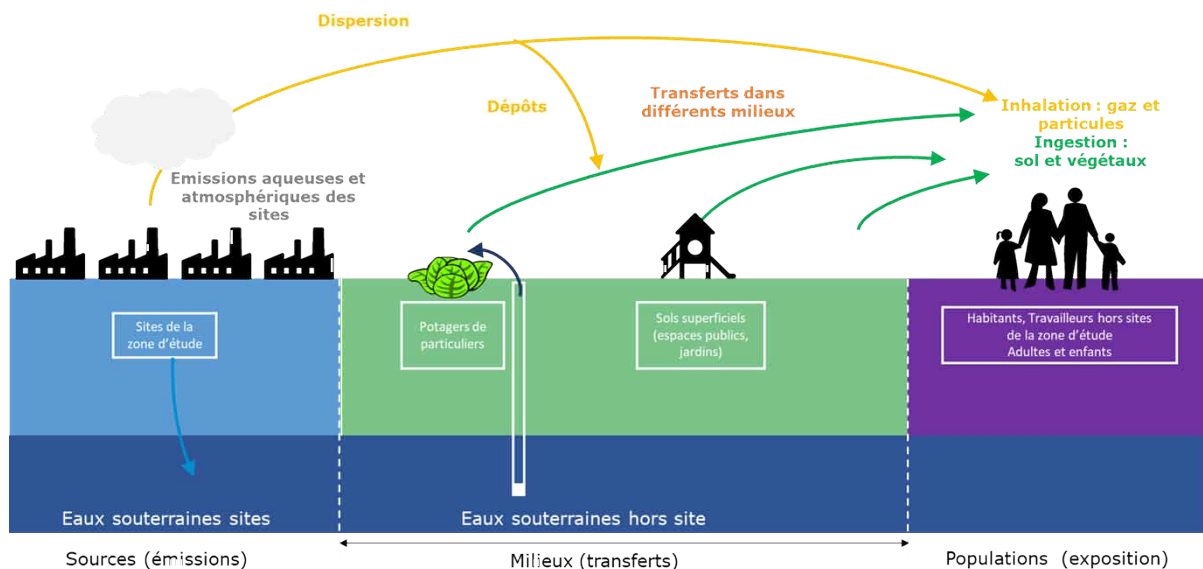
*Une synthèse du schéma conceptuel adapté pour les composés retenus et rejetés à l'atmosphère est proposé dans le Tableau 5.*

**Tableau 5 : Synthèse du schéma conceptuel pour les substances d'intérêt retenues (extrait du rapport de phase 2)**

Substance		Vecteur ou voie de transfert possible			
		Dispersion atmosphérique	Dépôt au sol	Passage via la chaîne alimentaire : végétaux	Passage via la chaîne alimentaire : produits animaux
Polluant gazeux		OUI	NON Restant à l'état gazeux et le transfert dans les autres milieux n'est pas à considérer		
Polluant particulaire	PM	OUI Exposition par inhalation considérée lorsque les particules sont « inhalables » (diamètre inférieur à 10 µm)	NON Ne présentent pas d'effet toxique par ingestion.	NON Pas de transfert possible	
	Silice cristalline		OUI Dépôt au sol sous forme de dépôts sec et humide.	OUI Composés hydrophiles capables de passer dans les végétaux par la voie racinaire.	NON Composés peu ou pas lipophiles
	ETM			OUI Bioaccumulation dans les végétaux néanmoins mal connue.	NON Composés peu lipophiles
	HAP				
Enjeux		Travailleurs hors site concernés et Riverains	Riverains et écoliers	Riverains consommateurs des végétaux produits dans les potagers.	Consommateurs de viande, lait, œuf locaux

Nota : PM pour particulate matter, particules en suspension dans l'air (par exemple, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>)

A noter qu'en complément de ce schéma conceptuel défini dans le rapport de phase 2, et en vue de répondre à la préoccupation des membres du COS, il a été décidé d'ajouter à ce schéma conceptuel la prise en compte des eaux de puits (eaux non destinées à la consommation humaine). Aussi, le schéma conceptuel final est présenté en Figure 6.



**Figure 6 : Schéma conceptuel associé à l'étude de zone de la CARENE**

## 4. MÉTHODE D'INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

### 4.1 Démarche mise en œuvre

L'interprétation des résultats sur l'air ambiant, les sols, les végétaux et les eaux de puits est réalisée conformément à la méthodologie de l'IEM, présentée dans ce paragraphe.

Il s'agit dans un premier temps d'évaluer la dégradation du milieu. Pour cela, les résultats des campagnes de mesures ont en premier lieu été comparés au(x) point(s) témoin(s) et/ou aux données de bruit de fond nationales et/ou locales disponibles pour la matrice considérée. Si la valeur de la concentration au point de prélèvement est supérieure aux valeurs de bruit de fond local et national, le milieu est considéré comme dégradé pour la molécule concernée. Sinon, la démarche de l'IEM s'arrête pour cette dernière.

Lorsqu'une dégradation locale des milieux est constatée, il doit être estimé dans quelle mesure cet état dégradé peut compromettre ou non la compatibilité des milieux avec les usages constatés. Pour cela, les résultats sont comparés aux valeurs de gestion relatives à la qualité des milieux, réglementaires ou non. Conformément au guide Ineris de 2021, les valeurs de gestion prises en référence sont les suivantes :

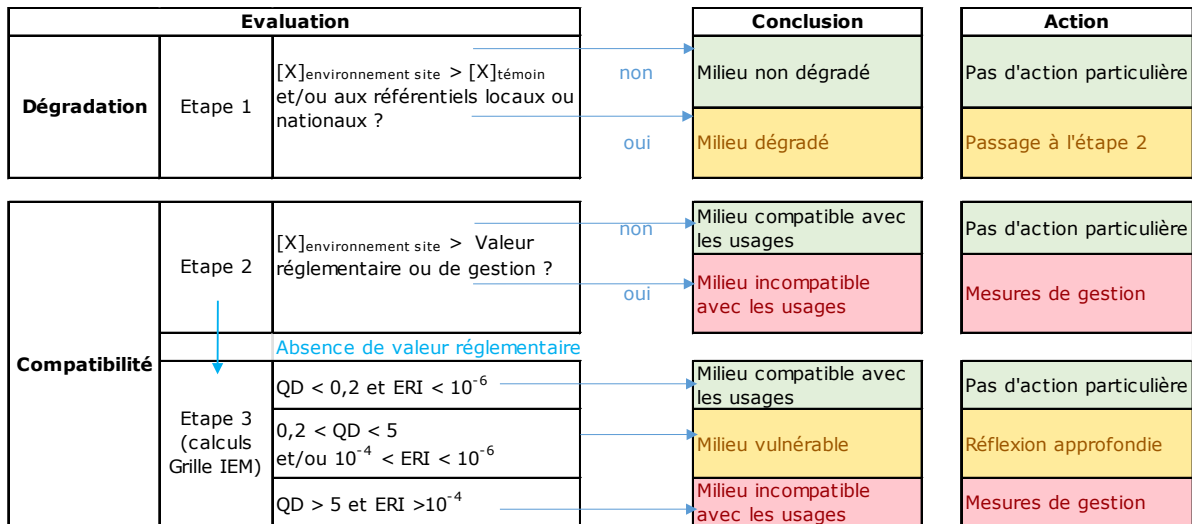
- Pour l'air ambiant :
  - les valeurs réglementaires relatives à la qualité de l'air extérieur (art. R221-1 du Code de l'environnement) ;
  - ou, à défaut : les lignes directrices de l'OMS relatives à la qualité de l'air ;
- Pour les sols, les valeurs de gestion définies par le HCSP (Haut Conseil de la Santé Publique) définies pour le plomb, l'arsenic, le mercure et le cadmium uniquement ;
- Pour les végétaux, les valeurs fixées dans le règlement (UE) 2023/915 de la commission du 25 avril 2023 concernant les teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires et abrogeant le règlement (CE) n° 1881/2006 dans sa version consolidée ;
- Pour les eaux de puits :
  - Dans la mesure où ces eaux ne sont pas destinées à la consommation humaine, selon les données obtenues lors des campagnes, de manière indicative uniquement les limites ou les références de qualité pour les substances chimiques dans les eaux destinées à la consommation humaine définies par l'arrêté du 11 janvier 2007 dans sa version consolidée ou, à défaut, les valeurs guides recommandées par l'OMS pour la qualité de l'eau de boisson ;
  - les normes de qualité et les valeurs seuils établies comme critères d'évaluation de l'état des eaux souterraines par l'arrêté du 9 octobre 2023 ou dans le cadre des schémas directeurs d'aménagement de gestion des eaux (SDAGE).

A noter que la plupart de ces valeurs sont compilées dans le guide de l'Ineris « Synthèse des valeurs réglementaires de gestion en vigueur pour les substances chimiques, dans l'eau, les denrées alimentaires et dans l'air en France au 01 mars 2025 », rapport Ineris-230482-2190502-v 4.0 en date du 23 juin 2025.

Si ces dernières n'existent pas, un calcul de risques partiels est réalisé *via* la grille de calculs de risques IEM (outil développé par le Ministère en charge de l'Environnement). Ce calcul permet d'évaluer la compatibilité entre les concentrations mesurées et les usages des milieux. La méthodologie associée à ce calcul est présentée au paragraphe 4.2. Les niveaux de risques ont été évalués secteur par secteur et composé par composé.

Si aucune Valeur Toxicologique de référence (VTR) n'est disponible pour la voie d'exposition concernée, alors le calcul de risque ne sera pas possible et l'IEM s'arrêtera à l'étape de la dégradation pour le(s) composé(s) concerné(s).

Le logigramme ci-dessous synthétise cette démarche.



[X] concentration du polluant X dans la matrice concernée

Figure 7 : Démarche de l'IEM

Le cas des retombées atmosphériques est un cas particulier, ce milieu n'étant pas un milieu d'exposition directe. De plus, il n'existe pas de valeurs de gestion associées à ces retombées, seule des valeurs indicatives suisses et/ou allemandes pour certains composés étant disponibles. En ce sens, la démarche d'interprétation de l'état des milieux, selon cette approche, n'est pas applicable. Cela étant, ces données pourront utilement apporter des renseignements quant aux retombées actuelles, et ainsi estimer la contribution potentielle de ces retombées aux niveaux de contaminants observés dans les sols, afin de discriminer l'apport de ces retombées et les concentrations préexistantes dans les sols (« pollution historique »).

#### 4.2 Calculs de risques partiels

Comme indiqué précédemment, lorsqu'aucune valeur de référence (ni réglementaire ni indicative) n'est disponible pour une substance donnée, ou que la concentration mesurée de la substance concernée est supérieure à la valeur indicative de référence associée, un calcul de risques partiel est réalisé *via* la grille de calculs de risques IEM (outil développé par le Ministère en charge de l'Environnement). Ce calcul permet d'évaluer la compatibilité entre les concentrations mesurées et les usages des milieux.

Conformément au guide IEM de l'INERIS (2021), les calculs sont faits isolément par substance et par voie d'exposition. Pour les milieux « Sol » et « Végétaux », la voie d'exposition par ingestion est considérée, tandis que pour le milieu « Air » la voie d'exposition par inhalation est prise en compte. Plusieurs scénarios d'exposition sont définis selon les zones et les populations exposées. Ces scénarios sont présentés à partir de la section 4.2.1.

Les risques calculés sont exprimés sous forme d'un Quotient de Danger (QD) pour les effets à seuil et d'un Excès de Risque Individuel (ERI) pour les effets sans seuil<sup>2</sup>. Ces QD et ERI sont calculés sur la base :

- Des concentrations mesurées dans les milieux (sols, végétaux et air) ;
- Des paramètres d'exposition considérés (poids de la cible, temps d'exposition...) pour chaque scénario (cf. Tableau 8) ;

<sup>2</sup> Pour les effets à seuil, une VTR désigne la dose ou la concentration en deçà de laquelle la survenue d'un effet n'est pas attendue. Pour les effets sans seuil, une VTR désigne la probabilité supplémentaire de survenue d'un effet (le plus souvent cancérigène génotoxique) pour une unité d'exposition. Elle est aussi appelée excès de risque unitaire (ERU).

- Des valeurs toxicologiques de référence (VTR) définies pour une exposition chronique par ingestion ou par inhalation (cf. paragraphe 4.2.2 et Annexe 2).

Les équations de calcul sont présentées en Annexe 1.

Les résultats de la quantification partielle des risques sont alors interprétés selon les critères définis dans les guides IEM, présentés dans le Tableau 6. Le milieu est ainsi jugé vulnérable si les valeurs de QD et d'ERI dépassent respectivement les seuils de 0,2 et  $10^{-6}$ , et incompatible si les valeurs de QD et d'ERI dépassent respectivement les seuils de 5 et  $10^{-4}$ .

**Tableau 6 : Tableau d'interprétation des résultats de l'IEM (extrait du guide INERIS 2021)**

Comparaison aux valeurs de gestion	OU	Quantification des risques « grille IEM » (en l'absence de valeurs de gestion)	Interprétation
Concentrations mesurées < valeurs de gestion		QD : < 0,2 ERI : < $10^{-6}$	L'état des milieux est compatible avec les usages
Incertitude sur la comparaison*		QD : entre 0,2 et 5 ERI : entre $10^{-6}$ et $10^{-4}$	Milieu vulnérable <sup>50</sup> Zone d'incertitude nécessitant une réflexion plus approfondie
Concentrations mesurées > valeurs de gestion		QD : > 5 ERI : > $10^{-4}$	L'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
* Comparaison incertaine du fait d'incertitudes analytiques, d'un manque de représentativité des mesures, d'une évolution possible dans le futur... (voir §3.5.3 « Vulnérabilité des milieux ou incertitudes conduisant à une réflexion approfondie avant prise de décision ») et la Question 16 : « Quels sont les critères et les points de vigilance à respecter dans la comparaison des résultats de mesures ? »).			

© Ineris

#### 4.2.1 Définition des scénarios d'exposition

Lorsque des calculs de risques partiels sont nécessaires (substance par substance, voie d'exposition par voie d'exposition), ceux-ci ne doivent concerner que des voies d'exposition directes afin de vérifier la compatibilité du milieu avec l'usage. Les voies étudiées ici sont donc l'ingestion de sol, l'ingestion de végétaux et l'inhalation de l'air ambiant. Les calculs réalisés prennent en compte au mieux les usages constatés sur les zones d'étude, dans la mesure du possible.

##### 4.2.1.1 Scénarios d'exposition – Ingestion de sol de surface

Pour l'ingestion de sols de surface, le tableau suivant récapitule les scénarios considérés.

**Tableau 7 : Description des scénarios**

Cibles	Description	Zones et usages concernés	Horizons de sol considérés
<b>Enfants</b>	Ingestion fortuite de sol de surface dans des zones récréatives et de jardinage	Jardins, parcs, stades, espaces publics, écoles	0-5 cm et/ou 0-30 cm
<b>Adultes</b>			

Les quantités de sols ingérées qu'il est proposé de considérer sont les valeurs usuelles prises en compte dans les évaluations de risques sanitaires et issues de Stanek et al, 2001 (95<sup>ème</sup> centile, valeur conseillée en première approche dans une IEM (InVS 2012<sup>3</sup>, Méthodologie SSP 2017, guide

<sup>3</sup> « Variables humaines d'exposition (VHE) disponibles en France pour les évaluations quantitatives des risques sanitaires (EQRS) », InVS

INERIS MODUL'ERS 2017<sup>4</sup>)). Pour l'enfant, cette valeur est de 91 mg/jour, et pour l'adulte, cette valeur est de 50 mg/jour.

Dans une approche majorante, il est considéré une activité extérieure tous les jours de l'année, et donc une exposition 365 jours/an.

#### 4.2.1.2 Scénarios d'exposition - Ingestion de fruits et légumes autoproduits

Pour l'ingestion de fruits et de légumes, compte tenu de la présence de zones urbaines avec jardins potagers, et au vu des questionnaires réceptionnés, il est proposé de prendre en considération uniquement un scénario de type population générale. La seule exception à cette règle est le jardin investigué sur Montoir-de-Bretagne (quartier de Gron), où, au vu de la production et de la consommation annoncée, un scénario assimilable à la population agricole est pris en compte dans l'IEM en première approche. Aussi, pour ce jardin, des pourcentages de consommation de fruits et de légumes autoproduits plus élevés ont été considérés (cf. détail dans le Tableau 8 page suivante).

Les paramètres d'exposition (durées d'exposition, poids corporels, quantités de fruits et légumes ingérées, taux de consommation...) sont présentés dans le tableau récapitulatif dans la section suivante. Il s'agit de données conventionnelles et de données issues de publications de l'INERIS, notamment le document « Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel MODUL'ERS » de juin 2017, de la base de données CIBLEX<sup>5</sup> et des études INCA<sup>6</sup>. Pour les enfants, les données présentées sont des moyennes pondérées des différentes classes d'âge correspondantes présentées dans le guide INERIS précité.

#### 4.2.1.3 Scénarios d'exposition – Inhalation

De manière majorante, une présence 24h/24 et 365 jours/an est prise en compte pour la voie inhalation.

#### 4.2.1.4 Tableau de synthèse des scénarios d'exposition

Le Tableau 8 ci-après synthétise les scénarios d'exposition pris en considération dans l'IEM par catégorie.

---

<sup>4</sup>« Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel MODUL'ERS » Rapport INERIS-DRC-14-141968-11173C

<sup>5</sup> CIBLEX, juin 2003. Banque de données de paramètres descriptifs de la population française au voisinage d'un site pollué.

<sup>6</sup> Etudes Individuelles Nationales sur les Consommations Alimentaires (ANSES/AFSSA : Agence française de sécurité sanitaire des aliments, désormais ANSES)

**Tableau 8 : Synthèses des paramètres d'exposition de l'IEM**

Scénario	Paramètres nécessaires aux calculs de risque	Unité	Valeur		Référence
			Enfant	Adulte	
<b>Paramètres fixes</b>	Poids corporel	kg	14,3	70,4	INERIS, paramètres MODUL'ERS (moyenne pondérée pour les enfants sur la période 0-6 ans)
	Durée d'exposition	an	6	30	Valeur conventionnelle
	Durée de vie	an	70	70	Valeur conventionnelle
<b>Scénario résidentiel</b>	Fréquence d'exposition	j/an	365	365	Hypothèse majorante de fréquentation quotidienne du lieu
	Quantité journalière de sol ingérée	mg/j	91	50	Stanek et al, 2001, 95 <sup>ème</sup> centile Valeurs conseillées en première approche dans une IEM (méthodologie SSP 2017, guide INERIS MODUL'ERS 2017)
	Quantité journalière ingérée - fruits	kg frais/j	0,065	0,160	INERIS, paramètres MODUL'ERS (moyennes pondérées pour les enfants sur la période 0-6 ans)
	Quantité journalière ingérée - légumes fruits	kg frais/j	0,048	0,110	
	Quantité journalière ingérée - légumes racines	kg frais/j	0,015	0,012	
	Quantité journalière ingérée - légumes feuilles	kg frais/j	0,012	0,024	
	Quantité journalière ingérée - tubercules	kg frais/j	0,043	0,058	
	Quantité journalière ingérée - herbes aromatiques	mg/j	482	482	ANSES, Avis n°2015-SA-0245, Consommation d'herbes aromatiques par habitant
	Taux d'autoconsommation - fruits	%	10 % / 30 %		Rapport INERIS-DRC-14-141968-11173C 23/06/2017 Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel MODUL'ERS  Population générale / Population agricole
	Taux d'autoconsommation - légumes fruits	%	25 % / 65 %		
	Taux d'autoconsommation - légumes racines	%	25 % / 65 %		
	Taux d'autoconsommation - légumes feuilles	%	25 % / 65 %		
	Taux d'autoconsommation - tubercules	%	25 % / 75 %		

#### 4.2.2 Sélection des VTR (Valeurs Toxicologiques de Référence)

Une VTR est un repère toxicologique qui permet de quantifier un risque pour la santé humaine. Elle exprime la relation dose-réponse, c'est-à-dire la relation quantitative entre un niveau d'exposition à un agent dangereux (« dose ») et l'incidence observée d'un effet indésirable donné (« réponse »). Cette appellation VTR regroupe toutes les relations quantitatives entre une dose et l'apparition d'un effet lié à une exposition aiguë ou à une exposition chronique continue ou répétée dans le temps (effets à seuil) ; ou entre une dose et une probabilité d'effet (effets sans seuil).

Chaque VTR est définie pour une substance individuelle, un type d'effet (à seuil ou sans seuil), une voie d'exposition (inhalation ou ingestion) et une durée d'exposition (aiguë, subchronique ou chronique). Elles sont nommées :

- Pour les effets à seuil : Concentrations Admissibles dans l'Air (CAA) exprimées en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour l'inhalation, et Doses Journalières Admissibles (DJA) exprimées en  $\text{mg}/\text{kg}_{\text{p.c.}}/\text{j}^7$  pour l'ingestion ;
- Pour les effets sans seuil : Excès de Risque Unitaire pour l'inhalation ( $\text{ERU}_I$ ) et pour la voie orale ( $\text{ERU}_O$ ), exprimés respectivement en  $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$  et en  $(\text{mg}/\text{kg}_{\text{p.c.}}/\text{j})^{-1}$ .

Les VTR sont recherchées, selon les recommandations de la note d'information n° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31/10/2014<sup>8</sup>, dans les bases de données toxicologiques d'organismes de référence français (ANSES<sup>9</sup>, INERIS<sup>10</sup>) et internationaux (IRIS/US-EPA<sup>11</sup>, ATSDR<sup>12</sup>, OMS/IPCS<sup>13</sup>, Santé Canada, RIVM<sup>14</sup>, OEHHA<sup>15</sup> et EFSA<sup>16</sup>). Les VTR définies pour une exposition chronique par ingestion et par inhalation ont été recherchées.

La méthodologie détaillée et les résultats de la recherche et de la sélection des VTR sont présentés en Annexe 2. Les tableaux suivants synthétisent les VTR par inhalation et par ingestion retenues dans le cadre de l'IEM.

*Ces VTR sont définies en date du 31 octobre 2025.*

---

<sup>7</sup>  $\text{mg}/\text{kg}$  de poids corporel/jour

<sup>8</sup> Note d'information n° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31/10/14 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 | AIDA (ineris.fr)

<sup>9</sup> Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

<sup>10</sup> Notamment le document INERIS-177741-2035498-v1.0 « Bilan des choix de VTR disponibles sur le portail des substances chimiques de l'INERIS – Mise à jour fin 2022 » daté du 13 mars 2023.

<sup>11</sup> Integrated Risk Information System, US-EPA

<sup>12</sup> Agency for Toxic Substances and Disease Registry

<sup>13</sup> Organisation Mondiale de la Santé / International Programme on Chemical Safety

<sup>14</sup> Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (*National Institute of Public Health and the Environment - Netherlands*)

<sup>15</sup> Office of Environmental Health Hazard Assessment

<sup>16</sup> European Food Safety Authority (*Autorité européenne de sécurité des aliments*)

**Tableau 9 : Synthèse des VTR pour la voie inhalation retenues pour l'IEM**

Composé	CAS	Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) chroniques	
		VTR à seuil par inhalation	VTR sans seuil par inhalation
Unité		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
Benzène	71-43-2	9,7	1,6E-06
Arsenic	7440-38-2	0,015	1,5E-04
Antimoine	7440-36-0	0,3	-
Cadmium	7440-43-9	0,3	-
Chrome III	7440-47-3	0,1	-
Chrome VI	18540-29-9	0,03	1,8E-02
Cobalt	7440-48-4	0,1	7,7E-03
Manganèse	7439-96-5	0,3	-
Mercuré	7439-97-6	0,3	-
Nickel	7440-02-0	0,23	1,7E-04
Plomb	7439-92-1	0,9	1,2E-05
Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	-	6,0E-05
Benzo(g,h,i)pérylène	191-24-2	-	6,0E-06
Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	-	6,0E-05
Benzo(a)pyrène	50-32-8	0,002	6,0E-04
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	193-39-5	-	6,0E-05
Benzo(a)anthracène	56-55-3	-	6,0E-05
Dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	-	6,0E-04
Fluoranthène	206-44-0	-	6,0E-07
Pyrene	129-00-0	-	6,0E-07
Chrysène	218-01-9	-	6,0E-06
Acénaphthène	83-32-9	-	6,0E-07
Acénaphthylène	208-96-8	-	6,0E-07
Antracène	120-12-7	-	6,0E-06
Fluorène	86-73-7	-	6,0E-07
Phénanthrène	85-01-8	-	6,0E-07
Naphtalène	91-20-3	37	5,6E-06
Xylènes	1330-20-7	100	-
Toluène	108-88-3	19 000	-
Ethylbenzène	100-41-4	1 500	2,5E-06
Styrène	100-42-5	852,4	-
1,3-butadiène	106-99-0	2	2,43E-07
n-hexane	110-54-3	3 000	-
Tétrachloroéthylène	127-18-4	400	2,6E-07
Trichloroéthylène	79-01-6	3 200	1,0E-06

Composé	CAS	Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) chroniques	
		VTR à seuil par inhalation	VTR sans seuil par inhalation
Unité		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$
Dichlorométhane	75-09-2	600	1,7E-08
1,2-dichloroéthane	107-06-2	400	3,4E-06
Quartz	14808-60-7	3	-
Tridymite	15468-32-3	-	-
Cristobalite	1464-46-1	-	-
1,1,2-trichloroéthane	79-00-5	-	-

**Tableau 10 : Synthèse des VTR pour l'ingestion retenues pour l'IEM**

Composé	CAS	Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) chroniques	
		VTR à seuil par ingestion	VTR sans seuil par ingestion
Unité		mg/kg/j	(mg/kg/j) <sup>-1</sup>
Arsenic	7440-38-2	6,0E-05	31,7
Antimoine	7440-36-0	0,006	-
Cadmium	7440-43-9	0,00035	-
Chrome III	7440-47-3	0,005	-
Chrome VI	18540-29-9	0,0009	0,26
Cobalt	7440-48-4	0,0015	-
Cuivre	7440-50-8	0,07	-
Manganèse	7439-96-5	0,047	-
Mercure	7439-97-6	0,00057	-
Nickel	7440-02-0	0,0130	-
Plomb	7439-92-1	0,00063	0,0085
Zinc	7440-66-6	0,3	-
Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	-	0,1
Benzo(g,h,i)pérylène	191-24-2	0,03	0,01
Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	-	0,1
Benzo(a)pyrène	50-32-8	0,0003	1
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	193-39-5	-	0,1
Benzo(a)anthracène	56-55-3	-	0,1
Dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	-	1
Fluoranthène	206-44-0	0,04	0,001
Pyrène	129-00-0	0,03	0,001
Chrysène	218-01-9	-	0,01
Acénaphhtène	83-32-9	0,06	0,001
Acénaphthylène	208-96-8	-	0,001
Antracène	120-12-7	0,3	0,01
Fluorène	86-73-7	0,04	0,001
Phénanthrène	85-01-8	0,04	0,001

## 5. INTERPRÉTATION DE L'ETAT DES MILIEUX – MILIEU AIR AMBIANT

Les résultats détaillés des différentes campagnes sont présentés dans le rapport « Étude de zone sur le territoire de Saint-Nazaire agglomération - Phase 3 – prélèvements air ambiant – Rapport final » produit par Air Pays de la Loire. Le Tableau 11 présente les composés qui n'ont été quantifiés sur aucun des points de mesures. A noter qu'il a bien été vérifié que les méthodes analytiques utilisées étaient suffisamment sensibles vis-à-vis des valeurs applicables pour ces composés (valeurs réglementaires, valeurs de gestion et/ou VTR le cas échéant). Pour ces composés, aucune dégradation n'est observée. Ils ne seront pas considérés dans la suite de l'IEM Air Ambiant.

**Tableau 11 : Récapitulatif des composés non détectés dans l'air ambiant sur la totalité des points de mesure**

Famille	Composés
HAP	Acénaphthylène
ETM	Chrome VI
Silice cristalline	Cristobalite
	Tridymite

Le Tableau 12 présente les concentrations moyennes obtenues lors des campagnes de mesures, ainsi que les valeurs réglementaires applicables lorsque disponibles, et les valeurs guides Air ambiant établies par l'OMS. Le Tableau 13 présente les données complémentaires des stations du réseau permanent d'Air Pays de la Loire sur la zone d'étude obtenues pendant ces mêmes campagnes.

**Tableau 12 : Synthèse des campagnes Air ambiant réalisées dans le cadre de l'étude de zone de la CARENE**

Famille	Substances	N° CAS	Concentrations (µg/m <sup>3</sup> )												
			Mesures réalisées sur la zone d'étude										Point témoin	Valeurs de référence	
			A - capitainerie	B - école Lamartine	C - stade Lemoine	D - salle Jean Moulin	E - station Blum	F - Brais	G - Neruda	H - station Pasteur	I - station Camé	K - stade de Donges	J - Saint Joachim	Valeur réglementaire	Valeur guide OMS
Composés Organiques Volatils	Benzène	71-43-2	4,61E-01	5,80E-01	4,39E-01	<b>6,18E-01</b>	<b>6,39E-01</b>	4,45E-01	-	<b>1,08E+00</b>	<b>6,94E-01</b>	<b>9,69E-01</b>	5,82E-01	5	-
	Toluène	108-88-3	6,50E-01	<b>7,77E-01</b>	6,18E-01	<b>8,30E-01</b>	<b>9,30E-01</b>	<b>9,43E-01</b>	-	<b>1,62E+00</b>	<b>2,70E+00</b>	<b>1,71E+00</b>	7,26E-01	-	-
	Ethylbenzène	100-41-4	<b>3,13E-01</b>	<b>3,92E-01</b>	<b>3,13E-01</b>	<b>2,28E-01</b>	<b>9,72E-01</b>	<b>1,99E-01</b>	-	<b>3,06E-01</b>	<b>5,41E-01</b>	<b>2,64E-01</b>	1,50E-01	-	22000
	(m+p)Xylène	108-38-3	<b>1,03E+00</b>	<b>1,26E+00</b>	<b>1,00E+00</b>	<b>6,61E-01</b>	<b>3,22E+00</b>	<b>5,31E-01</b>	-	<b>9,21E-01</b>	<b>8,54E-01</b>	<b>7,58E-01</b>	3,23E-01	-	870
	o-Xylène	95-47-6	<b>4,18E-01</b>	<b>5,11E-01</b>	<b>4,18E-01</b>	<b>2,85E-01</b>	<b>1,27E+00</b>	<b>2,24E-01</b>	-	<b>3,81E-01</b>	<b>3,68E-01</b>	<b>3,25E-01</b>	1,47E-01	-	870
	Styrène	100-42-5	2,15E-01	<b>3,20E-01</b>	2,33E-01	2,03E-01	<b>2,87E-01</b>	2,24E-01	-	2,71E-01	<b>2,06E+00</b>	2,32E-01	2,79E-01	-	-
	N-Hexane	110-54-3	<b>1,05E+00</b>	<b>1,20E+00</b>	5,71E-01	6,31E-01	6,47E-01	3,40E-01	-	<b>3,45E+00</b>	<b>2,38E+00</b>	<b>3,33E+00</b>	9,30E-01	-	-
	1,3-Butadiène	106-99-0	<b>3,36E-01</b>	<b>2,69E-01</b>	<b>2,46E-01</b>	<b>3,56E-01</b>	<b>2,97E-01</b>	<b>2,30E-01</b>	-	<b>3,21E-01</b>	<b>1,17E-01</b>	<b>1,40E-01</b>	1,02E-01	-	-
	Tétrachloroéthylène	127-18-4	1,62E-02	<b>2,62E-02</b>	<b>1,00E-01</b>	1,87E-02	<b>2,13E-02</b>	1,75E-02	-	1,87E-02	<b>2,00E-02</b>	1,87E-02	1,88E-02	-	250
	Trichloroéthylène	79-01-6	< 1,00E-02	< 1,00E-02	1,15E-02	< 1,00E-02	< 1,00E-02	< 1,00E-02	-	1,25E-02	<b>1,62E-02</b>	1,12E-02	1,25E-02	-	-
	Dichlorométhane	75-09-2	< 1,00E-02	< 1,00E-02	1,58E-02	< 1,00E-02	< 1,00E-02	1,50E-02	-	<b>2,49E-02</b>	1,75E-02	2,35E-02	2,39E-02	-	-
	1,2-Dichloroéthane	107-06-2	<b>5,36E-02</b>	4,37E-02	<b>5,70E-02</b>	4,32E-02	<b>5,13E-02</b>	< 3,50E-02	-	4,53E-02	<b>5,01E-02</b>	<b>6,08E-02</b>	4,87E-02	-	-
	1,1,2-Trichloroéthane	79-00-5	< 1,50E-02	< 1,44E-02	< 1,50E-02	< 1,50E-02	< 1,50E-02	< 1,50E-02	-	< 1,50E-02	< 1,50E-02	< 1,50E-02	2,58E-02	-	-
	Polluants	NO <sub>2</sub>	10102-44-0	<b>7,55E+00</b>	<b>8,86E+00</b>	<b>7,48E+00</b>	<b>7,59E+00</b>	<b>6,12E+00</b>	<b>3,44E+00</b>	<b>4,71E+00</b>	-	<b>5,07E+00</b>	-	2,92E+00	40
SO <sub>2</sub>		7446-09-5	<b>4,05E-01</b>	<b>2,71E-01</b>	<b>2,66E-01</b>	<b>2,80E-01</b>	<b>1,98E-01</b>	<b>1,48E-01</b>	<b>1,47E-01</b>	<b>1,40E+00</b>	< <b>1,28E-01</b>	-	< 1,28E-01	50	-
PM <sub>10</sub>		PM10	-	<b>1,66E+01</b>	<b>1,68E+01</b>	-	<b>1,40E+01</b>	<b>1,48E+01</b>	-	-	<b>1,30E+01</b>	-	1,19E+01	40	15
PM <sub>2,5</sub>		PM2,5	-	<b>7,86E+00</b>	<b>8,84E+00</b>	-	<b>8,30E+00</b>	<b>8,12E+00</b>	-	-	7,50E+00	-	7,85E+00	25	5
Éléments traces métalliques	Antimoine	7440-36-0	-	<b>5,31E-04</b>	<b>4,81E-04</b>	<b>6,99E-04</b>	-	<b>6,82E-04</b>	-	-	<b>4,31E-04</b>	<b>3,60E-04</b>	2,93E-04	-	-
	Arsenic	7440-38-2	-	<b>2,49E-04</b>	<b>2,38E-04</b>	<b>2,33E-04</b>	-	<b>2,02E-04</b>	-	-	<b>2,38E-04</b>	<b>1,98E-04</b>	1,61E-04	0,006	-
	Cadmium	7440-43-9	-	<b>4,44E-05</b>	<b>4,54E-05</b>	<b>4,73E-05</b>	-	<b>4,05E-05</b>	-	-	<b>3,88E-05</b>	<b>4,17E-05</b>	3,69E-05	0,005	0,005
	Chrome	7440-47-3	-	<b>1,09E-02</b>	<b>6,71E-03</b>	<b>8,55E-03</b>	-	<b>9,24E-03</b>	-	-	<b>7,02E-03</b>	<b>4,00E-03</b>	3,33E-03	-	-
	Cobalt	7440-48-4	-	<b>1,19E-04</b>	<b>1,09E-04</b>	<b>8,22E-05</b>	-	<b>1,85E-03</b>	-	-	<b>6,37E-05</b>	<b>4,82E-05</b>	4,75E-05	-	-
	Manganèse	7439-96-5	-	<b>1,54E-02</b>	<b>9,85E-03</b>	<b>5,75E-03</b>	-	<b>3,66E-03</b>	-	-	<b>3,60E-03</b>	<b>2,83E-03</b>	1,98E-03	-	0,15
	Mercure particulaire	7439-97-6	-	<b>9,11E-05</b>	<b>4,57E-05</b>	<b>4,85E-05</b>	-	<b>4,24E-05</b>	-	-	<b>3,38E-05</b>	<b>3,40E-05</b>	2,75E-05	-	1
	Nickel	7440-02-0	-	<b>8,90E-04</b>	<b>6,75E-04</b>	<b>8,43E-04</b>	-	<b>1,91E-03</b>	-	-	<b>6,32E-04</b>	<b>4,24E-04</b>	3,69E-04	0,02	-
	Plomb	7439-92-1	-	<b>1,76E-03</b>	<b>2,18E-03</b>	<b>1,64E-03</b>	-	<b>1,35E-03</b>	-	-	<b>1,66E-03</b>	<b>1,34E-03</b>	1,24E-03	0,5	0,5
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques	Acenaphthene	83-32-9	-	< 1,58E-05	< 9,15E-06	-	5,17E-06	-	-	-	-	-	1,85E-05	-	-
	Anthracene	120-12-7	-	<b>1,60E-05</b>	<b>1,65E-05</b>	-	<b>2,81E-05</b>	-	-	-	-	-	1,55E-05	-	-
	Benzo(a)anthracene	56-55-3	-	<b>1,95E-05</b>	<b>9,74E-05</b>	-	<b>2,23E-05</b>	-	-	-	-	-	1,89E-05	-	-
	Benzo(a)pyrene	50-32-8	-	<b>3,71E-05</b>	<b>1,86E-04</b>	-	<b>4,99E-05</b>	-	-	-	-	-	3,51E-05	0,001	-
	Benzo(b)fluoranthene	205-99-2	-	6,17E-05	<b>2,12E-04</b>	-	<b>8,52E-05</b>	-	-	-	-	-	7,03E-05	-	-
	Benzo(ghi)perylene	191-24-2	-	<b>4,25E-05</b>	<b>1,05E-04</b>	-	<b>6,15E-05</b>	-	-	-	-	-	3,74E-05	-	-
	Benzo(k)fluoranthene	207-08-9	-	3,27E-05	<b>1,34E-04</b>	-	<b>4,37E-05</b>	-	-	-	-	-	3,85E-05	-	-
	Chrysene	218-01-9	-	<b>3,77E-05</b>	<b>1,37E-04</b>	-	2,87E-05	-	-	-	-	-	3,53E-05	-	-
	Dibenzo(ah)anthracene	53-70-3	-	1,04E-05	1,44E-05	-	9,72E-06	-	-	-	-	-	1,65E-05	-	-
	Fluoranthene	206-44-0	-	2,86E-05	<b>4,01E-05</b>	-	<b>4,40E-05</b>	-	-	-	-	-	3,66E-05	-	-
	Fluorene	86-73-7	-	2,18E-05	< 9,15E-06	-	<b>4,59E-05</b>	-	-	-	-	-	2,67E-05	-	-
	Indeno(123cd)pyrene	193-39-5	-	7,92E-05	<b>1,31E-04</b>	-	6,47E-05	-	-	-	-	-	8,13E-05	-	-
	Naphtalène	91-20-3	<b>5,19E-02</b>	<b>4,71E-02</b>	<b>5,64E-02</b>	<b>6,11E-02</b>	<b>6,43E-02</b>	<b>5,82E-02</b>	-	<b>7,09E-02</b>	<b>7,46E-02</b>	<b>5,33E-02</b>	4,64E-02	-	-
	Naphtalene (p)	91-20-3	-	< 9,08E-05	9,45E-05	-	1,12E-05	-	-	-	-	-	1,05E-04	-	-
Phenanthrene	85-01-8	-	<b>1,36E-05</b>	9,79E-06	-	<b>3,14E-05</b>	-	-	-	-	-	1,32E-05	-	-	
Pyrene	129-00-0	-	<b>8,23E-05</b>	<b>5,78E-05</b>	-	3,95E-05	-	-	-	-	-	5,48E-05	-	-	
Silice cristalline	Quartz	14808-60-7	-	-	-	<b>4,68E-02</b>	-	-	-	-	<b>5,15E-02</b>	3,56E-02	4,20E-02	-	-

< 9,99 E-9 : un composé est noté «inférieur à» (<) lorsqu'il n'a pu être identifié sur aucune des campagnes. Dans ce cas la valeur affichée correspond à la moyenne des limites de quantification analytiques.

Valeur supérieure au point témoin

**Tableau 13 : Synthèse des données des stations complémentaires d'Air Pays de la Loire de la zone d'étude pendant les campagnes Air ambient de l'étude de zone de la CARENE**

Famille	Substances	N° CAS	Concentrations (µg/m³)							
			Mesures réalisées sur la zone d'étude					Point témoin	Valeurs de référence	
			Saint-Nazaire - Parc Paysager	Trignac	Donges - Ampère	Donges - Plessis	Donges - La Mégretais		J - Saint Joachim	Valeur réglementaire
Composés Organiques Volatils	Benzène	71-43-2	-	-	-	-	4,20E-01	5,82E-01	5	-
	Toluène	108-88-3	-	-	-	-	<b>1,00E+00</b>	7,26E-01	-	-
	Ethylbenzène	100-41-4	-	-	-	-	<b>1,70E-01</b>	1,50E-01	-	22000
	(m+p)Xylène	108-38-3	-	-	-	-	<b>6,70E-01</b>	3,23E-01	-	870
	o-Xylène	95-47-6	-	-	-	-	<b>2,20E-01</b>	1,47E-01	-	870
Polluants	NO <sub>2</sub>	10102-44-0	<b>7,50E+00</b>	<b>8,10E+00</b>	-	<b>5,20E+00</b>	<b>4,90E+00</b>	2,92E+00	40	10
	SO <sub>2</sub>	7446-09-5	<b>1,30E+00</b>	-	<b>1,00E+00</b>	<b>2,10E+00</b>	<b>1,40E+00</b>	< 1,28E-01	50	-
	PM <sub>10</sub>	PM10	-	-	-	1,10E+01	<b>1,20E+01</b>	1,19E+01	40	15
	PM <sub>2,5</sub>	PM2,5	-	-	-	7,10E+00	7,50E+00	7,85E+00	25	5

< 9,99 E-9 : Composé quantifié sur aucune des campagnes

**Valeur supérieure au point témoin**

**Valeur supérieure à une valeur réglementaire ou, à défaut, une valeur guide**

### 5.1 Etape 1 : Comparaison aux concentrations obtenues sur le point témoin

Concernant les Composés Organiques Volatils recherchés pendant la campagne, seul le 1,1,2 trichloroéthane ne présente aucune dégradation, c'est-à-dire que les concentrations mesurées sur les différents points de mesures sont systématiquement inférieures à celles du point témoin. D'une manière générale, les composés chlorés sont ceux présentant le nombre le plus faible de dégradations. A l'inverse, pour l'éthylbenzène, les xylènes, le styrène et le 1,3 butadiène, tous les sites investigués dans le cadre de l'étude de zone présentent des concentrations supérieures à celles relevées sur le point témoin.

C'est également le cas pour le NO<sub>2</sub>, le SO<sub>2</sub> et les PM<sub>10</sub>. Pour les PM<sub>2,5</sub>, seul le point de Montoir Camé présente des concentrations légèrement inférieures au point témoin.

Pour les éléments traces métalliques, de la même manière, les niveaux sont supérieurs au point témoin pour la totalité des composés, aussi, le milieu Air ambiant est considéré comme « dégradé » pour ces composés.

Pour les HAP, trois composés ne présentent aucune dégradation (acénaphthène, dibenzo(ah)anthracène et le naphtalène particulaire). Pour ces composés, l'air ambiant sur la zone d'étude est considéré comme non dégradé. Pour les autres composés, au moins un point de mesures de la zone d'étude présente des concentrations supérieures au témoin.

Enfin pour le quartz, deux des trois points présentent des concentrations supérieures au témoin. Le milieu Air Ambiant est donc dégradé pour ce composé sur ces points.

En synthèse, à l'issue de l'étape 1, le milieu Air ambiant est considéré comme non dégradé pour :

- Le 1,1,2 trichloroéthane ;
- L'acénaphthène ;
- Le dibenzo(ah)anthracène
- Le naphtalène particulaire.

Pour ces composés, l'IEM s'arrête donc à cette étape. Pour les autres composés, il est nécessaire de passer à l'étape n°2 d'évaluation de la compatibilité.

### 5.2 Etape 2 : Comparaison aux valeurs réglementaires

Parmi les composés pour lesquels *a minima* une dégradation est observée, ceux disposant de valeurs réglementaires en air ambiant sont les suivants :

- Le benzène, seul COV réglementé ;
- Le NO<sub>2</sub>, le SO<sub>2</sub>, les PM<sub>10</sub> et les PM<sub>2,5</sub> ;
- Parmi les ETM : l'arsenic, le cadmium, le nickel et le plomb ;
- Le benzo[a]pyrène, seul HAP réglementé.

En complément, à défaut de valeurs réglementaires en air ambiant, les composés suivants disposent de valeurs guides OMS :

- Parmi les COV : l'éthylbenzène, les xylènes (ortho, méta et para) et le tétrachloroéthylène ;
- Parmi les ETM : le manganèse et le mercure ;

Pour tous ces polluants, les valeurs réglementaires ou, à défaut, les valeurs guides OMS sont respectées. Le milieu Air ambiant est donc considéré comme compatible pour tous ces composés, sur la totalité des points de mesures investigués dans la zone d'étude.

Pour les composés restants, il est nécessaire de passer à l'étape suivante de l'IEM.

### **5.3 Etape 3 : Calcul de risques partiels**

Le Tableau 14 présente les Valeurs Toxicologiques de Référence à seuil pour la voie Inhalation, ainsi que les calculs de Quotient de Danger (QD) pour les polluants pour lesquels les deux premières étapes de l'IEM n'ont pas été conclusives.

Tableau 14 : Calcul des Quotients de Danger (QD) Inhalation dans le cadre de l'étude de zone de la CARENE

Famille	Substances	N° CAS	Valeur toxicologique de référence A seuil (µg/m³)	Quotient de Danger (QD)									
				A - capitainerie	B - école Lamartine	C - stade Lemoine	D - salle Jean Moulin	E - station Blum	F - Brais	G - Neruda	H - station Pasteur	I - station Camé	K - stade de Donges
Composés Organiques Volatils	Toluène	108-88-3	19000	-	4,09E-05	-	4,37E-05	4,90E-05	4,96E-05	-	8,54E-05	1,42E-04	9,00E-05
	Styrène	100-42-5	852,35	-	3,75E-04	-	-	3,36E-04	-	-	-	2,42E-03	-
	N-Hexane	110-54-3	3000	3,49E-04	4,01E-04	-	-	-	-	-	1,15E-03	7,93E-04	1,11E-03
	1,3-Butadiène	106-99-0	2,00	1,68E-01	1,34E-01	1,23E-01	1,78E-01	1,48E-01	1,15E-01	-	1,60E-01	5,86E-02	7,01E-02
	Trichloroéthylène	79-01-6	3200	-	-	-	-	-	-	-	-	5,07E-06	-
	Dichlorométhane	75-09-2	600	-	-	-	-	-	-	-	4,15E-05	-	-
	1,2-Dichloroéthane	107-06-2	400	1,34E-04	-	1,42E-04	-	1,28E-04	-	-	-	1,25E-04	1,52E-04
1,1,2-Trichloroéthane	79-00-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Éléments traces métalliques	Antimoine	7440-36-0	0,30	-	1,77E-03	1,60E-03	2,33E-03	-	2,27E-03	-	-	1,44E-03	1,20E-03
	Chrome	7440-47-3	0,10	-	1,09E-01	6,71E-02	8,55E-02	-	9,24E-02	-	-	7,02E-02	4,00E-02
	Cobalt	7440-48-4	0,10	-	1,19E-03	1,09E-03	8,22E-04	-	1,85E-02	-	-	6,37E-04	4,82E-04
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques	Acenaphtene	83-32-9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Anthracene	120-12-7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Benzo(a)anthracene	56-55-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Benzo(b)fluoranthene	205-99-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Benzo(ghi)perylene	191-24-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Benzo(k)fluoranthene	207-08-9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Chrysene	218-01-9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Dibenzo(ah)anthracene	53-70-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Fluoranthene	206-44-0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Fluorene	86-73-7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Indeno(123cd)pyrene	193-39-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Naphtalène	91-20-3	37	1,40E-03	1,27E-03	1,52E-03	1,65E-03	1,74E-03	1,57E-03	-	1,92E-03	2,02E-03	1,44E-03
	Naphtalene (p)	91-20-3	37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Phenanthrene	85-01-8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pyrene	129-00-0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Silice cristalline	Quartz	14808-60-7	3,00	-	-	-	1,56E-02	-	-	-	-	1,72E-02	-
Limite Vulnérabilité				0,2									
Limite Incompatibilité				5,0									

Tous les QD calculés sont inférieurs à la valeur de référence de 0,2 prise en compte pour la vulnérabilité, pour tous les composés disposant d'une VTR à seuil par inhalation.



### 5.4 Récapitulatif de l'IEM Air Ambiant

Le Tableau 16 ci-dessous reprend en synthèse les conclusions de l'IEM Air ambiant, sur la base des campagnes de mesures réalisées dans le cadre de l'étude de zone, et des données des stations de mesures permanentes d'Air Pays de la Loire.

**Tableau 16 : Bilan de l'IEM Air Ambiant – Etude de zone de la CARENE**

Famille	Substances	Synthèse de l'IEM Air														
		Mesures réalisées dans le cadre de l'étude de zone											Stations Air Pays de la Loire			
		A - capitainerie	B - école Lamartine	C - stade Lemoine	D - salle Jean Moulin	E - station Blum	F - Brais	G - Neruda	H - station Pasteur	I - station Camé	K - stade de Donges	Saint-Nazaire - Parc Paysager	Trignac	Donges - Ampère	Donges - Plessis	Donges - La Mégretais
Composés Organiques Volatils	Benzène	Non dégradé	Compatible	Non dégradé	Compatible	Compatible	Non dégradé	-	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	-	-	-	Non dégradé
	Toluène	Non dégradé	Compatible	Non dégradé	Compatible	Compatible	Compatible	-	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	-	-	-	Compatible
	Ethylbenzène	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	-	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	-	-	-	Compatible
	(m+p)Xylène	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	-	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	-	-	-	Compatible
	o-Xylène	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	-	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	-	-	-	Compatible
	Styrène	Non dégradé	Compatible	Non dégradé	Non dégradé	Compatible	Non dégradé	-	Compatible	Compatible	Non dégradé	-	-	-	-	-
	N-Hexane	Compatible	Compatible	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	-	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	-	-	-	-
	1,3-Butadiène	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	-	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	-	-	-	-
	Tétrachloroéthylène	Non dégradé	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Non dégradé	-	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	-	-	-	-
	Trichloroéthylène	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	-	Compatible	Compatible	Non dégradé	-	-	-	-	-
	Dichlorométhane	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	-	Compatible	Non dégradé	Compatible	-	-	-	-	-
	1,2-Dichloroéthane	Compatible	Non dégradé	Compatible	Non dégradé	Compatible	Non dégradé	-	Non dégradé	Compatible	Compatible	-	-	-	-	-
1,1,2-Trichloroéthane	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	-	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	-	-	-	-	-	
Polluants	NO <sub>2</sub>	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	-	Compatible	-	Compatible	Compatible	-	Compatible	Compatible
	SO <sub>2</sub>	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	-	Compatible	-	Compatible	Compatible	Compatible
	PM <sub>10</sub>	-	Compatible	Compatible	-	Compatible	Compatible	-	-	Compatible	-	-	-	-	Non dégradé	Compatible
	PM <sub>2,5</sub>	-	Compatible	Compatible	-	Compatible	Compatible	-	-	Non dégradé	-	-	-	-	Non dégradé	Non dégradé
Éléments traces métalliques	Antimoine	-	Compatible	Compatible	Compatible	-	Compatible	-	-	Compatible	Compatible	-	-	-	-	-
	Arsenic	-	Compatible	Compatible	Compatible	-	Compatible	-	-	Compatible	Compatible	-	-	-	-	-
	Cadmium	-	Compatible	Compatible	Compatible	-	Compatible	-	-	Compatible	Compatible	-	-	-	-	-
	Chrome	-	Compatible	Compatible	Compatible	-	Compatible	-	-	Compatible	Compatible	-	-	-	-	-
	Cobalt	-	Compatible	Compatible	Compatible	-	Vulnérable	-	-	Compatible	Compatible	-	-	-	-	-
	Chrome VI	-	-	Non dégradé	Non dégradé	-	-	-	-	-	Non dégradé	-	-	-	-	-
	Manganèse	-	Compatible	Compatible	Compatible	-	Compatible	-	-	Compatible	Compatible	-	-	-	-	-
	Mercur particulaire	-	Compatible	Compatible	Compatible	-	Compatible	-	-	Compatible	Compatible	-	-	-	-	-
	Nickel	-	Compatible	Compatible	Compatible	-	Compatible	-	-	Compatible	Compatible	-	-	-	-	-
	Plomb	-	Compatible	Compatible	Compatible	-	Compatible	-	-	Compatible	Compatible	-	-	-	-	-
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques	Acenaphthene	-	Non dégradé	Non dégradé	-	Non dégradé	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Acenaphthylene	-	Non dégradé	Compatible	-	Non dégradé	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Anthracene	-	Compatible	Compatible	-	Compatible	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Benzo(a)anthracene	-	Compatible	Compatible	-	Compatible	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Benzo(a)pyrene	-	Compatible	Compatible	-	Compatible	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Benzo(b)fluoranthene	-	Non dégradé	Compatible	-	Compatible	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Benzo(ghi)perylene	-	Compatible	Compatible	-	Compatible	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Benzo(k)fluoranthene	-	Non dégradé	Compatible	-	Compatible	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Chrysene	-	Compatible	Compatible	-	Non dégradé	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Dibenzo(ah)anthracene	-	Non dégradé	Non dégradé	-	Non dégradé	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Fluoranthene	-	Non dégradé	Compatible	-	Compatible	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Fluorene	-	Non dégradé	Non dégradé	-	Compatible	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Indeno(123cd)pyrene	-	Non dégradé	Compatible	-	Non dégradé	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Naphthalène	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible	-	Compatible	Compatible	Compatible	-	-	-	-	-
Naphthalene (p)	-	Non dégradé	Non dégradé	-	Non dégradé	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Phenanthrene	-	Compatible	Non dégradé	-	Compatible	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Pyrene	-	Compatible	Compatible	-	Non dégradé	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Silice cristalline	Cristobalite	-	-	-	Non dégradé	-	-	-	-	Non dégradé	Non dégradé	-	-	-	-	-
	Quartz	-	-	-	Compatible	-	-	-	-	Compatible	Non dégradé	-	-	-	-	-
	Tridymite	-	-	-	Non dégradé	-	-	-	-	Non dégradé	Non dégradé	-	-	-	-	-

45 composés sur les 46 investigués présentent un milieu soit non dégradé, soit compatible, sur la totalité des sites investigués.

Seul le cobalt présente une vulnérabilité sur le site de Brais, nécessitant, selon la méthodologie de l'IEM, un approfondissement. Les autres sites investigués présentant une compatibilité pour ce composé.

Au vu de l'inventaire des émissions et de l'étude de dispersion réalisés lors des phases 1 et 2 de l'étude de zone, la source la plus probable associée à cette vulnérabilité est l'industrie Ouest Coating, dont les émissions ont été estimées lors de la phase 1 à 14,73 kg de cobalt par an, soit 80 % des émissions totales de la zone d'étude pour ce paramètre. La cartographie issue de la phase 2 (source : Ginger Burgeap, carte zoomée par Ramboll), présentée en Annexe 3, illustre effectivement ce phénomène, et montre que la concentration observée sur le point de Brais est cohérente avec les résultats de la modélisation. A noter également que ce même point de Brais a présenté lors de la campagne de mesures de retombées atmosphériques une teneur supérieure aux valeurs de comparaison disponibles pour le cobalt.

## 6. INTERPRÉTATION DE L'ETAT DES MILIEUX – MILIEU SOL

Les résultats détaillés de la campagne Sols sont présentés dans le rapport Ramboll « CARENE (44) – Prélèvements et analyses de sols et de végétaux dans le cadre de l'étude de zone » de référence REH2024N02062-RAM-RP-00004-1.0. Le Tableau 17 présente les composés qui n'ont été détectés sur aucun des points de mesures. Pour ces composés, aucune dégradation n'est observée. Ils ne seront pas considérés dans la suite de l'IEM Sols.

**Tableau 17 : Récapitulatif des composés non détectés dans les sols sur la totalité des points de mesure**

Famille	Composés
HAP	Acénaphthylène

Le Tableau 18 présente les résultats obtenus lors de la campagne Sols et les compare aux valeurs observées sur les points témoins, ainsi qu'aux données de bruit de fond national (en l'occurrence les données Aspitet pour les ETM, et les données fournies par l'Ineris, lorsque disponibles, pour les HAP). Les valeurs de gestion disponibles pour les ETM As, Cd, Hg et Pb sont également présentées.

**Tableau 18 : IEM Sols – Comparaison aux valeurs de bruits de fond et aux valeurs de gestion**

Référence point de mesures	Zone d'étude											Zone témoin		Valeur bruit de fond de référence		Valeurs de gestion	
	B-Ecole Lamartine	C-Stade Méan	C-Méan-P	D-Salle Moulin	D-Gron	E-Blum	E-SN Ouest	F-Brais	I-Montoir	K-Stade Donges	K-Donges	J-Saint-Joachim	J-Salle festive			Seuil de mise en vigilance	Valeur d'action rapide
Horizon prélevé	0-5 cm	0-5 cm	0-30 cm	0-5 cm	0-30 cm	0-5 cm	0-30 cm	0-30 cm	0-30 cm	0-5 cm	0-30 cm	0-30 cm	0-5 cm				
ETM (mg/kg MS)														Sol ordinaire ASPITET	Sol ordinaire METOTRASS		
Antimoine	<0,5	<0,5	<b>3,7</b>	<0,5	<1,0			0,6	0,6	<0,5	<0,5	1	<0,5	< 1			
Arsenic	6,6	4,7	<b>52,0</b>	4,2	14,0			5,6	6,5	5	6,9	6	7,2	1 à 25	≤ 25	25	70
Cadmium	0,1	0,1	<b>1,6</b>	<0,1	<b>0,8</b>			0,2	0,2	0	0,4	0	0,1	0,05 à 0,45		0,5 <sup>(1)</sup> /1	2 <sup>(1)</sup> /5 <sup>(2)</sup> /10 <sup>(3)</sup>
Chrome	22	17	30	18	33			30	26	23	25	6	16	10 à 90			
Chrome VI	<0,50	<0,50	<0,5	<0,50	<b>1</b>			<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50				
Cobalt	7	8	12	6	9			13	10	9	5	1	5	2 à 23			
Cuivre	16	16	<b>300</b>	20	<b>63</b>			<b>33</b>	<b>31</b>	14	<b>57</b>	10	19	2 à 20	≤ 20		
Manganèse	230	260	550	350	520			470	760	370	230	220	300	150 à 1500			
Mercure	<0,05	<0,05	<b>10,4</b>	<0,05	<b>0,2</b>			0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,02 à 0,10		0,5 <sup>(1)</sup> /1	3 <sup>(1)</sup> /5
Nickel	12	10	34,0	9	20,0			16	16	11	12	2	10	2 à 60			
Plomb	<b>57</b>	13	<b>1100</b>	22	<b>110</b>			41	32	21	48	26	40	9 à 50	≤ 60	100	300
Zinc	<b>140</b>	65	<b>1200</b>	71	<b>300</b>			<b>120</b>	<b>130</b>	51	<b>190</b>	53	92	10 à 100	≤ 100		
HAP (mg/kg MS)														Données FDTE Ineris			
Naphtalène	<0,050	<0,050	<b>0,34</b>			<0,050	<0,050			<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,002			
Acénaphthylène	<0,050	<0,050	<0,20			<0,050	<0,050			<0,050	<0,050	<0,050	<0,050				
Acénaphthène	<0,050	<0,050	<b>0,49</b>			<0,050	<0,050			<0,050	<0,050	<0,050	<0,050				
Fluorène	<0,050	<0,050	<b>0,25</b>			<0,050	<0,050			<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,005			
Phénanthrène	<b>0,22</b>	<0,050	<b>2,5</b>			<0,050	0,15			<0,050	0,11	<0,050	0,15	0,02			
Anthracène	<0,050	<0,050	<b>0,48</b>			<0,050	<0,050			<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,01			
Fluoranthène	<b>0,75</b>	<0,050	<b>8,2</b>			0,093	0,43			<0,050	0,31	0,073	0,44	<0,04			
Pyrène	<b>0,68</b>	<0,050	<b>7,8</b>			0,089	<b>0,36</b>			0,071	<b>0,39</b>	<0,050	0,33	<0,02			
Benzo(a)anthracène	<b>0,39</b>	<0,050	<b>4,2</b>			<0,050	<b>0,28</b>			<0,050	<b>0,33</b>	<0,050	0,23				
Chrysène	<b>0,36</b>	<0,050	<b>5,5</b>			<0,050	<b>0,24</b>			<0,050	<b>0,33</b>	<0,050	0,23	<0,05			
Benzo(b)fluoranthène	<b>0,4</b>	<0,050	<b>6,1</b>			<0,050	<b>0,3</b>			<0,050	<b>0,45</b>	<0,050	0,29	<0,1			
Benzo(k)fluoranthène	<b>0,19</b>	<0,050	<b>2,9</b>			<0,050	0,14			<0,050	<b>0,2</b>	<0,050	0,14	<0,05			
Benzo(a)pyrène	<b>0,36</b>	<0,050	<b>4,9</b>			<0,050	0,26			<0,050	<b>0,35</b>	<0,050	0,27	0,002			
Dibenzo(a,h)anthracène	<0,050	<0,050	<b>0,48</b>			<0,050	<0,050			<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,01			
Benzo(g,h,i)pérylène	<b>0,29</b>	<0,050	<b>4</b>			<0,050	<b>0,22</b>			<0,050	<b>0,33</b>	<0,050	0,21	0,005 à 0,07			
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	<b>0,33</b>	<0,050	<b>3,6</b>			<0,050	<b>0,22</b>			<0,050	<b>0,34</b>	<0,050	0,21	0,01 à 0,015			
HAP (EPA) - somme	<b>3,97</b>	n.d.	<b>51,7</b>			0,18	<b>2,60</b>			0,07	<b>3,14</b>	0,07	2,50				

(1) si 100% autoconsommation - (2) Enfants de moins de 7 ans - (3) Reste de la population

**Valeur supérieure au max témoin ET aux valeurs bruits de fond, lorsqu'existantes**

Valeur supérieure à un seuil de mise en vigilance

Valeur supérieure à une valeur d'action rapide

### 6.1 Etape 1 : Comparaison aux points témoins et aux valeurs de bruit de fond

Lors de cette première étape, les données obtenues sont comparées :

- Aux données obtenues sur les points locaux témoins de Saint-Joachim ;
- Aux données de fond pertinentes à l'échelle nationale soit :
  - Pour les éléments traces métalliques : les données de référence nationales définies dans le cadre du programme Aspitet<sup>17</sup>, mais aussi, les données de référence locales (Loire-Atlantique), définies dans le cadre du projet METOTRASS<sup>18</sup> ;
  - et pour les HAP : les données fournies par l'Ineris, lorsque disponibles.

Lors de cette étape, il ressort que :

- Le chrome, le cobalt, le manganèse et le nickel ne présentent aucune dégradation, les niveaux observés sur la zone d'étude étant dans la gamme des sols « ordinaires » selon la classification de l'Aspitet. Ces composés ne seront pas traités davantage dans l'IEM Sols ;
- Les prélèvements C-Stade Méan, E-Blum et K-Stade Donges ne présentent aucune dégradation pour les composés recherchés sur ces points. Ces lieux ne seront donc pas traités ultérieurement dans l'IEM.

Tous les autres composés et tous les autres prélèvements présentent au moins une dégradation, et nécessitent donc d'être étudiés dans l'étape suivante de l'IEM.

### 6.2 Etape 2 : Comparaison aux valeurs réglementaires

Concernant les sols, seuls les éléments traces métalliques arsenic, cadmium, mercure et plomb disposent de valeurs réglementaires, définies par le HCSP. La comparaison des niveaux relevés dans les sols indique les éléments suivants :

- Un dépassement du seuil de mise en vigilance pour deux composés sur le jardin D-Gron (en l'occurrence pour le cadmium et le plomb) ;
- Un dépassement de la valeur d'action rapide pour deux composés (le plomb et le mercure) et le dépassement du seuil de mise en vigilance pour deux autres composés (arsenic et cadmium) sur le jardin C-Méan Penhoët ;
- Un respect de ces valeurs sur tous les autres points investigués.

Une incompatibilité du milieu Sols est donc mise en lumière sur le jardin C-Méan Penhoët pour le plomb et le mercure. Concernant les dépassements de seuil de mise en vigilance, ceux-ci ne permettent pas de conclure directement à une incompatibilité. Aussi, l'évaluation de la compatibilité sera réalisée sur la base des calculs de risque partiels pour les deux jardins en question.

Pour tous les autres points (B-Ecole Lamartine, F-Brais, I-Montoir et K-Donges), toutes les valeurs étant respectées, le milieu Sols est considéré comme compatible pour l'arsenic, le cadmium, le mercure et le plomb.

### 6.3 Etape 3 : Calcul de risques partiels

Le Tableau 19 présente les Valeurs Toxicologiques de Référence à seuil pour la voie Ingestion, ainsi que les calculs de Quotient de Danger (QD) pour les polluants pour lesquels les deux premières étapes de l'IEM Sols n'ont pas été conclusives. Le détail des calculs est présenté en Annexe 4.

<sup>17</sup> « Fonds géochimique naturel -Etat des connaissances à l'échelle nationale » Rapport BRGM/RP-50158-FR – Juin 2000

<sup>18</sup> « METOTRASS : Méthodologie optimisée pour l'évaluation des teneurs en éléments traces (As, Pb, Cu, Zn) dans les sols en domaine de socle : test sur le département de la Loire-Atlantique » Rapport BRGM/RP-63998-FR – Mai 2013

**Tableau 19 : Calcul des Quotients de Danger (QD) Ingestion pour le milieu Sols dans le cadre de l'étude de zone de la CARENE**

	Famille	N°CAS	mg/kg/j	0-5 cm	0-5 cm	0-30 cm	0-30 cm	0-30 cm	0-30 cm	0-30 cm	0-30 cm	0-30 cm	0-30 cm	0-30 cm	0-30 cm	0-30 cm	0-30 cm	
Eléments traces métalliques	Antimoine	7440-36-0	6,00E-03	-	-	3,92E-03	4,38E-04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Arsenic	7440-38-2	6,00E-05	-	-	5,52E+00	6,16E-01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Cadmium	7440-43-9	3,50E-04	-	-	2,91E-02	3,25E-03	1,45E-02	1,62E-03	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Chrome VI	18540-29-9	9,00E-04	-	-	-	-	4,38E-03	4,89E-04	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Cuivre	7440-50-8	7,00E-02	-	-	2,73E-02	3,04E-03	5,73E-03	6,39E-04	-	-	5,18E-03	5,78E-04	3,00E-03	3,35E-04	2,82E-03	3,15E-04	
	Mercurure	7439-97-6	5,71E-04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Plomb	7439-92-1	6,30E-04	-	-	-	-	1,11E+00	1,24E-01	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Zinc	7440-66-6	3,00E-01	2,97E-03	3,31E-04	2,55E-02	2,84E-03	6,36E-03	7,10E-04	-	-	4,03E-03	4,50E-04	2,55E-03	2,84E-04	2,76E-03	3,08E-04	
HAP	Naphtalène	91-20-3	2,00E-02	-	-	1,08E-04	1,21E-05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Acénaphthylène	208-96-8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Acénaphthène	83-32-9	6,00E-02	-	-	5,20E-05	5,80E-06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Fluorène	86-73-7	4,00E-02	-	-	3,98E-05	4,44E-06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Phénanthrène	85-01-8	4,00E-02	3,50E-05	3,91E-06	3,98E-04	4,44E-05	-	-	2,39E-05	2,66E-06	1,75E-05	1,95E-06	-	-	-	-	
	Anthracène	120-12-7	3,00E-01	-	-	1,02E-05	1,14E-06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Fluoranthène	206-44-0	4,00E-02	1,19E-04	1,33E-05	1,30E-03	1,46E-04	-	-	6,84E-05	7,63E-06	4,93E-05	5,50E-06	-	-	-	-	
	Pyrène	129-00-0	3,00E-02	1,44E-04	1,61E-05	1,65E-03	1,85E-04	-	-	7,64E-05	8,52E-06	8,27E-05	9,23E-06	-	-	-	-	
	Benzo(a)anthracène	56-55-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Chrysène	218-01-9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Benzo(a)pyrène	50-32-8	3,00E-04	7,64E-03	8,52E-04	1,04E-01	1,16E-02	-	-	5,52E-03	6,16E-04	7,42E-03	8,29E-04	-	-	-	-	
	Dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Benzo(g,h,i)pérylène	191-24-2	3,00E-02	6,15E-05	6,87E-06	8,48E-04	9,47E-05	-	-	4,67E-05	5,21E-06	7,00E-05	7,81E-06	-	-	-	-	
	Indéno(1,2,3-cd)pyrène	193-39-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	HAP (EPA) - somme	HAP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
																	<b>Limite Vulnérabilité</b>	
																		<b>0,2</b>
																		<b>Limite Incompatibilité</b>
																		<b>5,0</b>

Pour l'arsenic, un QD supérieur à 5 est calculé sur le jardin C-Méan-Penhoët pour les enfants, ce QD étant entre 0,2 et 5 pour les adultes. Aussi, une incompatibilité apparait pour ce paramètre sur ce jardin.

Pour le plomb, un QD entre 0,2 et 5 est calculé sur le jardin D-Gron pour les enfants, ce QD étant inférieur à 0,2 pour les adultes. Aussi, une vulnérabilité apparait pour ce paramètre sur ce jardin.

Pour tous les autres lieux et/ou autres composés, les QD calculés sont inférieurs à la valeur de référence de 0,2 prise en compte pour la vulnérabilité pour tous les composés disposant d'une VTR à seuil par ingestion.

Le Tableau 20 présente les Valeurs Toxicologiques de Référence sans seuil pour la voie Ingestion, ainsi que les calculs d'Excès de Risque Individuel (ERI) pour les polluants pour lesquels les deux premières étapes de l'IEM n'ont pas été conclusives.

**Tableau 20 : Calcul des Excès de Risque Individuel (ERI) Ingestion pour le milieu Soils dans le cadre de l'étude de zone de la CARENE**

	Familie	N°CAS	VTR sans seuil CHRONIQUE (mg/kg/j) <sup>-1</sup>	B		C		D		E		K		F		I	
				ERI - Enfant	ERI - Adulte	ERI - Enfant	ERI - Adulte	ERI - Enfant	ERI - Adulte	ERI - Enfant	ERI - Adulte	ERI - Enfant	ERI - Adulte	ERI - Enfant	ERI - Adulte	ERI - Enfant	ERI - Adulte
				0-5 cm	0-5 cm	0-30 cm	0-30 cm	0-30 cm	0-30 cm	0-30 cm	0-30 cm	0-30 cm	0-30 cm	0-30 cm	0-30 cm	0-30 cm	0-30 cm
Eléments traces métalliques	Antimoine	7440-36-0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Arsenic	7440-38-2	3,17E+01	-	-	8,99E-04	5,02E-04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cadmium	7440-43-9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Chrome VI	18540-29-9	2,60E-01	-	-	-	-	8,79E-08	4,91E-08	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuivre	7440-50-8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Mercur	7439-97-6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Plomb	7439-92-1	8,50E-03	-	-	-	-	5,10E-07	2,85E-07	-	-	-	-	-	-	-	-
	Zinc	7440-66-6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HAP	Naphtalène	91-20-3	1,20E-01	-	-	2,23E-08	1,24E-08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Acénaphylène	208-96-8	1,00E-03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Acénaphène	83-32-9	1,00E-03	-	-	2,67E-10	1,49E-10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Fluorène	86-73-7	1,00E-03	-	-	1,36E-10	7,61E-11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Phénanthrène	85-01-8	1,00E-03	1,20E-10	6,70E-11	1,36E-09	7,61E-10	-	-	8,18E-11	4,57E-11	6,00E-11	3,35E-11	-	-	-	-
	Anthracène	120-12-7	1,00E-02	-	-	2,62E-09	1,46E-09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Fluoranthène	206-44-0	1,00E-03	4,09E-10	2,28E-10	4,47E-09	2,50E-09	-	-	2,35E-10	1,31E-10	1,69E-10	9,44E-11	-	-	-	-
	Pyrène	129-00-0	1,00E-03	3,71E-10	2,07E-10	4,25E-09	2,37E-09	-	-	1,96E-10	1,10E-10	2,13E-10	1,19E-10	-	-	-	-
	Benzo(a)anthracène	56-55-3	1,00E-01	2,13E-08	1,19E-08	2,29E-07	1,28E-07	-	-	1,53E-08	8,52E-09	1,80E-08	1,00E-08	-	-	-	-
	Chrysène	218-01-9	1,00E-02	1,96E-09	1,10E-09	3,00E-08	1,67E-08	-	-	1,31E-09	7,31E-10	1,80E-09	1,00E-09	-	-	-	-
	Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	1,00E-01	2,18E-08	1,22E-08	3,33E-07	1,86E-07	-	-	1,64E-08	9,13E-09	2,45E-08	1,37E-08	-	-	-	-
	Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	1,00E-01	1,04E-08	5,78E-09	1,58E-07	8,83E-08	-	-	7,64E-09	4,26E-09	1,09E-08	6,09E-09	-	-	-	-
	Benzo(a)pyrène	50-32-8	1,00E+00	1,96E-07	1,10E-07	2,67E-06	1,49E-06	-	-	1,42E-07	7,91E-08	1,91E-07	1,07E-07	-	-	-	-
	Dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	1,00E+00	-	-	2,62E-07	1,46E-07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Benzo(g,h,i)pérylène	191-24-2	1,00E-02	1,58E-09	8,83E-10	2,18E-08	1,22E-08	-	-	1,20E-09	6,70E-10	1,80E-09	1,00E-09	-	-	-	-
	Indéno(1,2,3-cd)pyrène	193-39-5	1,00E-01	1,80E-08	1,00E-08	1,96E-07	1,10E-07	-	-	1,20E-08	6,70E-09	1,85E-08	1,03E-08	-	-	-	-
	HAP (EPA) - somme	HAP	2,00E-02	4,33E-08	2,42E-08	5,64E-07	3,15E-07	-	-	2,84E-08	1,58E-08	3,43E-08	1,91E-08	-	-	-	-
<b>Limite Vulnérabilité</b>										<b>1,00E-06</b>							
<b>Limite Incompatibilité</b>										<b>1,00E-04</b>							

Pour l'arsenic, un ERI supérieur à 1<sup>E-4</sup> est calculé sur le jardin C-Méan Penhoët pour les enfants et les adultes. Aussi, une incompatibilité apparait pour ce paramètre sur ce jardin.

Sur ce même jardin, pour le benzo[a]pyrène, un ERI entre 1<sup>E-6</sup> et 1<sup>E-4</sup> est calculé pour les enfants et les adultes. Aussi, une vulnérabilité apparait pour ce paramètre sur ce jardin.

Pour tous les autres lieux et/ou autres composés, les ERI calculés sont inférieurs à la valeur de référence de 1<sup>E-6</sup> prise en compte pour la vulnérabilité pour tous les composés disposant d'une VTR sans seuil par ingestion.

## 6.4 Récapitulatif de l'IEM Sols

Le Tableau 21 ci-dessous reprend en synthèse les conclusions de l'IEM Sols de surface, sur la base des campagnes de mesures réalisées dans le cadre de l'étude de zone.

**Tableau 21 : Bilan de l'IEM Sols de surface – Etude de zone de la CARENE**

Famille	Composé	N°CAS	B		C		D		E		K		F	I
			0-5 cm	0-5 cm	0-30 cm	0-5 cm	0-30 cm	0-5 cm	0-30 cm	0-5 cm	0-30 cm	0-30 cm	0-30 cm	
Eléments traces métalliques	Antimoine	7440-36-0	Non dégradé	Non dégradé	Compatible	Non dégradé	Non dégradé	-	-	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé
	Arsenic	7440-38-2	Non dégradé	Non dégradé	Incompatible	Non dégradé	Non dégradé	-	-	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé
	Cadmium	7440-43-9	Non dégradé	Non dégradé	Compatible	Non dégradé	Compatible	-	-	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé
	Chrome	7440-47-3	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	-	-	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé
	Chrome VI	18540-29-9	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Compatible	-	-	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé
	Cobalt	7440-48-4	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	-	-	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé
	Cuivre	7440-50-8	Non dégradé	Non dégradé	Compatible	Non dégradé	Compatible	-	-	Non dégradé	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
	Manganèse	7439-96-5	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	-	-	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé
	Mercurure	7439-97-6	Non dégradé	Non dégradé	Incompatible	Non dégradé	Compatible	-	-	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé
	Nickel	7440-02-0	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	-	-	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé
	Plomb	7439-92-1	Compatible	Non dégradé	Incompatible	Non dégradé	Vulnérable	-	-	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé
	Zinc	7440-66-6	Compatible	Non dégradé	Compatible	Non dégradé	Compatible	-	-	Non dégradé	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
HAP	Naphtalène	91-20-3	Non dégradé	Non dégradé	Compatible	-	-	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	-	-	-
	Acénaphthylène	208-96-8	Non dégradé	Non dégradé	Compatible	-	-	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	-	-	-
	Acénaphthène	83-32-9	Non dégradé	Non dégradé	Compatible	-	-	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	-	-	-
	Fluorène	86-73-7	Non dégradé	Non dégradé	Compatible	-	-	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	-	-	-
	Phénanthrène	85-01-8	Compatible	Non dégradé	Compatible	-	-	Non dégradé	Compatible	Non dégradé	Compatible	-	-	-
	Anthracène	120-12-7	Non dégradé	Non dégradé	Compatible	-	-	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	-	-	-
	Fluoranthène	206-44-0	Compatible	Non dégradé	Compatible	-	-	Non dégradé	Compatible	Non dégradé	Compatible	-	-	-
	Pyrène	129-00-0	Compatible	Non dégradé	Compatible	-	-	Non dégradé	Compatible	Non dégradé	Compatible	-	-	-
	Benzo(a)anthracène	56-55-3	Compatible	Non dégradé	Compatible	-	-	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Compatible	-	-	-
	Chrysène	218-01-9	Compatible	Non dégradé	Compatible	-	-	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Compatible	-	-	-
	Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	Compatible	Non dégradé	Compatible	-	-	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Compatible	-	-	-
	Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	Compatible	Non dégradé	Compatible	-	-	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Compatible	-	-	-
	Benzo(a)pyrène	50-32-8	Compatible	Non dégradé	Vulnérable	-	-	Non dégradé	Compatible	Non dégradé	Compatible	-	-	-
	Dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	Non dégradé	Non dégradé	Compatible	-	-	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	-	-	-
	Benzo(g,h,i)peryène	191-24-2	Compatible	Non dégradé	Compatible	-	-	Non dégradé	Compatible	Non dégradé	Compatible	-	-	-
	Indéno(1,2,3-cd)pyrène	193-39-5	Compatible	Non dégradé	Compatible	-	-	Non dégradé	Compatible	Non dégradé	Compatible	-	-	-
HAP (EPA) - somme	HAP		Compatible	Non dégradé	Compatible	-	-	Non dégradé	Compatible	Non dégradé	Compatible	-	-	-

L'échantillon 0-30 cm prélevé sur le secteur C, et correspondant au jardin de Méan-Penhoët, présente 3 incompatibilités concernant l'arsenic, le mercure et le plomb, ainsi qu'une vulnérabilité pour le benzo[a]pyrène.

Excepté cet échantillon, seul l'échantillon 0-30 cm du secteur D, correspondant au jardin de Gron, présente une vulnérabilité pour le paramètre plomb.

Pour tous les autres échantillons (soit 9 échantillons), et pour tous les autres composés (soit 24 composés), le milieu Sols de surface est soit non dégradé, soit compatible.

Pour les deux échantillons présentant des incompatibilités et/ou des vulnérabilités, il est à noter que ces conclusions ne sont pas observées sur les sols de surface des lieux publics à proximité. Ainsi, le stade de Méan-Penhoët, situé à seulement 140 m du jardin investigué sur ce quartier, présente des teneurs en ETM beaucoup plus faibles et un milieu Sols non dégradé pour l'arsenic, le mercure, le plomb et le benzo[a]pyrène. Il en est de même pour la salle Jean Moulin en comparaison au jardin de Gron, situés à 175 m l'un de l'autre, présentant un milieu Sols non dégradé pour le plomb.

En complément de cette observation sur les différences de niveau dans les sols entre deux points proches, il est également intéressant d'exploiter les résultats de la campagne de mesures de retombées atmosphériques, afin de pouvoir identifier si les concentrations mesurées dans les sols peuvent être associées ou non aux retombées atmosphériques actuelles, ou s'il s'agit au contraire de contaminations « historiques » des sols.

Les données obtenues lors de la campagne de retombées atmosphériques (REH2024N02062-RAM-RP-00001-3.0) sont donc utilisées. Le calcul de la contribution dans les sols est réalisé de la manière suivante :

- Prise en compte des retombées actuelles sur une durée de 70 ans (ce qui est une hypothèse très majorante) ;
- Densité des sols de 1 500 kg/m<sup>3</sup> (ce qui correspond à la valeur médiane de la gamme de valeurs donnée par l'Ineris, soit entre 1 300 et 1 700 kg/m<sup>3</sup>) ;
- Prise en compte de la fraction de sols 0-5 cm, correspondant à la plus fine couche étudiée lors de cette étude (hypothèse également majorante par rapport à la prise en compte de la fraction 0-30 cm) ;
- Aucune dégradation/lixiviation dans les sols pendant toute la durée des 70 ans.

Le Tableau 22 présente les résultats des contributions des retombées dans les sols pour les éléments traces métalliques, alors que le Tableau 23 présente ces mêmes résultats pour les HAP.

**Tableau 22 : Estimation de la contribution en ETM des retombées atmosphériques actuelles aux concentrations dans les sols**

Référence du point	Estimation contribution dans les sols de surface (mg/kg MS)						
	B-Ecole Lamartine	C-Stade Méan	D-Salle Moulin	F-Brais	I-La Camée (Air PL)	K-Stade Donges	J-Saint-Joachim
As	<0,44	<0,44	<0,22	<0,55	<0,51	<0,45	<0,28
Cd	<0,36	<0,37	<0,16	<0,46	<0,42	<0,37	<0,21
Co	<0,36	<0,38	-	1,5	<0,42	<0,37	<0,21
Cr	<1,03	<1,07	<1,21	<1,39	<1,06	<0,93	<0,52
Cr <sup>VI</sup>	<0,78	<0,78	<0,30	<0,99	<0,91	<0,80	<0,38
Cu	7,8	8,8	3,2	5,6	9,8	4,9	4,2
Hg	<0,18	<0,17	<0,07	<0,22	<0,20	<0,18	<0,09
Mn	2,9	5,5	-	3,9	2,1	3,6	1,6
Ni	<3,6	<3,6	<1,73	<4,6	<4,2	<3,7	<2,0
Pb	<1,0	<1,1	<1,2	<1,2	<1,1	<0,9	<0,5
Sb	<0,9	<0,9	-	<1,2	<1,1	<0,9	<0,7
Zn	76,8	107,8	<13,1	95,6	<17,9	13,9	<11,6

<x,xx : fractions soluble **et** insoluble des retombées inférieures à la limite de quantification

<x,xx : fraction soluble **ou** insoluble des retombées inférieure à la limite de quantification

**Tableau 23 : Estimation de la contribution en HAP des retombées atmosphériques actuelles aux concentrations dans les sols**

Référence du point	Estimation contribution dans les sols de surface (mg/kg MS)			
	B-Ecole Lamartine	C-Stade Méan	E-Blum	J-Saint-Joachim
Benzo(a)pyrène	<0,006	<0,009	<0,010	<0,009
Fluorène	<0,006	<0,009	<0,010	<0,009
Phénanthrène	<0,006	<0,009	<0,010	<0,009
Anthracène	<0,006	<0,009	<0,010	<0,009
Fluoranthène	<0,006	<0,009	<0,010	<0,009
Pyrène	<0,006	<0,009	<0,010	<0,009
Benzo-(a)-anthracène	<0,006	<0,009	<0,010	<0,009
Chrysène	<0,006	<0,009	<0,010	<0,009
Benzo(b)fluoranthène	<0,006	<0,009	<0,010	<0,009
Benzo(k)fluoranthène	<0,006	<0,009	<0,010	<0,009
Indeno (1,2,3-cd) Pyrène	<0,006	<0,009	<0,010	<0,009
Dibenzo(a,h)anthracène	<0,006	<0,009	<0,010	<0,009
Benzo(ghi)Pérylène	<0,006	<0,009	<0,010	<0,009
Naphtalène	<0,006	<0,009	<0,010	<0,009
Acénaphène	<0,006	<0,009	<0,010	<0,009
Acénaphthylène	<0,006	<0,009	<0,010	<0,009

<x,xx : valeur inférieure à la limite de quantification

Comme indiqué dans le rapport Sols et Végétaux (REH2024N02062-RAM-RP-00004-1.0), les jardins investigués ont été choisis dans l'environnement proche des mesures d'air ambiant et de retombées. La notion d'environnement proche a été défini comme devant se situer dans un carré de 250 x 250 m, soit dans un rayon de 175 m autour du point de prélèvement. Ce choix du carré de 250 x 250 m est motivé par le paragraphe B.1.B de l'annexe III de la directive air ambiant 2008/50/CE qui indique que « *D'une manière générale, les points de prélèvement sont implantés de façon à éviter de mesurer les concentrations dans des microenvironnements se trouvant à proximité immédiate. Autrement dit, un point de prélèvement doit être implanté de manière à ce*

*que l'air prélevé soit représentatif de la qualité de l'air (...) d'au moins 250 × 250 m pour les sites industriels, dans la mesure du possible* ». Ainsi, les mesures d'air ambiant et de retombées réalisées sur les différents secteurs sont considérées comme représentatives des jardins associés sur ces mêmes secteurs.

Pour le secteur C (Méan-Penhoët), les résultats de la campagne de retombées atmosphériques ont montré des résultats inférieurs à la limite de quantification pour l'arsenic, le cadmium, le mercure et le benzo[a]pyrène. Le calcul des contributions de ces retombées sur les concentrations dans les sols sont très faibles par rapport aux concentrations effectivement mesurées dans les sols. Il en est de même pour le plomb, avec une contribution estimée des dépôts dans les concentrations dans les sols inférieure à 1,1 mg/kg MS, contre 1 100 mg/kg MS observés sur le jardin de Méan-Penhoët.

Il en est de même sur le jardin du secteur D (Gron) où la contribution en plomb aux concentrations dans les sols est estimée inférieure à 1,2 mg/kg MS, contre 110 mg/kg MS observés sur ce jardin.

Aussi, les incompatibilités et les vulnérabilités observées pour le milieu Sols sont donc à rapprocher soit d'enjeux de remblais de mauvaise qualité, soit de sources « historiques ». Cependant, du fait de la non-concordance des résultats sur les mêmes secteurs entre le stade de Méan-Penhoët et le jardin de ce quartier d'un côté, et entre la salle Jean Moulin et le jardin de Gron d'un autre côté, la cause la plus probable est celle de la qualité des remblais. Ces secteurs nécessiteront donc une attention particulière dans la suite de l'étude de zone.

## 7. INTERPRÉTATION DE L'ÉTAT DES MILIEUX – MILIEU VÉGÉTAUX

Les résultats détaillés de la campagne Végétaux sont présentés dans le rapport Ramboll « CARENE (44) – Prélèvements et analyses de sols et de végétaux dans le cadre de l'étude de zone » de référence REH2024N02062-RAM-RP-00004-1.0. Le Tableau 24 présente les composés qui n'ont été détectés sur aucun des échantillons, ce qui représente 14 des 16 HAP recherchés. Pour ces composés, aucune dégradation n'est observée. Ils ne seront pas considérés dans la suite de l'IEM Végétaux.

**Tableau 24 : Récapitulatif des composés non détectés dans les végétaux sur la totalité des échantillons**

Famille	Composés
HAP	Acénaphène
	Acénaphthylène
	Anthracène
	Benzo(a)anthracène
	Benzo(a)pyrène
	Benzo(b)fluoranthène
	Benzo(k)fluoranthène
	Chrysène
	Dibenzo(a,h)anthracène
	Fluoranthène
	Fluorène
	indeno(123cd)pyrène
	Phénanthrène
	Pyrène

Les tableaux suivants comparent les résultats obtenus lors de la campagne étude de zone avec les valeurs obtenues sur le point témoin de Saint-Joachim, mais aussi avec :

- Les valeurs consolidées par l'Anses dans le cadre du programme EAT 2 (Étude de l'Alimentation Totale française 2), étude dont l'objectif principal est de refléter les pratiques et habitudes alimentaires de la population en France, et qui permet donc de disposer de données témoins à l'échelle nationale ;
- Les valeurs définies dans le règlement (UE) 2023/915 de la Commission Européenne du 25 avril 2023 concernant les teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires et abrogeant le règlement (CE) no 1881/2006<sup>19</sup>, complété par le règlement (UE) 2024/1987 de la Commission du 30 juillet 2024 qui définit des valeurs pour le nickel.

Le Tableau 25 présente les résultats pour les légumes-fruits et les fruits, le Tableau 26 présente les résultats pour les légumes-feuilles et les herbes aromatiques, et le Tableau 27 présente les résultats pour les légumes racines et les tubercules.

<sup>19</sup> <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R0915>

**Tableau 25 : IEM Végétaux – Comparaison aux valeurs bruits de fond et aux valeurs de gestion – Cas des légumes-fruits et des fruits**

Zone		Zone d'étude										Témoïn		Valeur de référence - EAT ANSES			
Point de prélèvement		C-Méan-P	C-Méan-P	D-Gron	E-SN_Ouest_1	E-SN_Ouest_2	F-Brais	F-Brais	I-Montoir La Camé	K-Donges	J-Saint-Joachim	Valeur régl.		Valeur de référence - EAT ANSES			
Référence échantillon		Méan_P_1	Méan_P_3	Gron_3	SN_Ouest_1	SN_Ouest_2	Brais_1	Brais_2	Montoir_4	Donges_1	St_Joachim_4	Fruit	Leg. fruit	Tomates	Courgettes	Pomme	Poivrons
Fruits/légumes prélevés		Courgettes	Pommes	Tomates	Poivrons	Tomates	Courgettes	Tomates	Courgettes	Tomates	Tomates			Tomates	Courgettes	Pomme	Poivrons
Famille		Leg. fruit	Fruit	Leg. fruit	Leg. fruit	Leg. fruit	Leg. fruit	Leg. fruit	Leg. fruit	Leg. fruit	Leg. fruit	Fruit	Leg. fruit	Leg fruit	Leg fruit	Fruit	Leg fruit
ETM (mg/kg frais)																	
Antimoine	mg/kg	<0.010	<0.01	<0.010	<0.01	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	-	-	0,0011	0,00108 - 0,00135	0,0254	0,00136
Arsenic	mg/kg	0,002	<b>0,018</b>	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.02	<0.002	<0.02	-	-	0,0113 - 0,0119	0,0103 - 0,0502	0,0112 - 0,0155	0,0127 - 0,0169
Cadmium	mg/kg	<0.002	<0.002	0,005	0,007	<0.002	<0.002	0,004	<0.02	0,008	0,01	0,05 (1)	0,02	0,00245 - 0,0101	0,00089 - 0,0031	0,00086 - 0,00244	0,0045 - 0,00985
Chrome	mg/kg	<0.020	<0.020	<0.020	0,074	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	<0.020	-	-	0,0433 - 0,0953	0,0266 - 0,136	0,0392 - 0,254	0,0392 - 0,129
Chrome VI	mg/kg	<0.0065	<b>0,0201</b>	<0.073	-	-	<0.12	<0.12	<0.13	<0,081	0,0084	-	-	-	-	-	-
Cobalt	mg/kg	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	-	-	0,00181 - 0,00423	0,00287 - 0,0121	0,00214 - 0,00732	0,00837 - 0,0324
Manganèse	mg/kg	<b>1,99</b>	<b>0,502</b>	0,41	-	-	0,739	0,663	1,01	0,612	1,59	-	-	0,412 - 0,991	0,524 - 1,51	0,222 - 0,461	0,692 - 1,55
Mercure	mg/kg	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.02	<0.002	<0.02	-	-	ND	ND	ND	ND
Nickel	mg/kg	<0.1	<0.1	<0.1	<0.100	<0.1	<0.1	<0.1	<0.100	<0.1	<0.100	-	0,4	0,0557 - 0,364	0,0589 - 0,217	0,0593 - 0,235	0,0724 - 0,183
Plomb	mg/kg	<b>0,011</b>	<b>0,093</b>	0,002	<0.002	0,003	0,003	<0.002	<0.02	<0.002	0,002	0,1	0,05	0,006 - 0,033	0,00636 - 0,00915	0,00543 - 0,0155	0,00534 - 0,0121
HAP (µg/kg frais)																	
Benzo(ghi)Pérylène	µg/kg	<5	<5	-	<5	<5	-	-	-	<10	<5	-	-	-	-	-	-
Naphtalène	µg/kg	<20	<20	-	<20	<20	-	-	-	<20	<20	-	-	-	-	-	-
B[a]P+B[a]a+B[b]f+Chr	µg/kg	n.d	n.d	-	n.d	n.d	-	-	-	n.d	n.d	-	-	-	-	-	-
16 HAP	µg/kg	n.d	n.d	-	n.d	n.d	-	-	-	n.d	n.d	-	-	-	-	-	-

(1) 0,02 mg/kg dans le cas des agrumes, fruits à pépins (dont les pommes) et fruits à noyaux

**Valeur supérieure au témoïn**

**Valeur supérieure au témoïn et pas de valeur limite**

**Valeur supérieure au témoïn et valeur limite respectée**

**Valeur supérieure à la valeur réglementaire applicable**

**Tableau 26 : IEM Végétaux – Comparaison aux valeurs bruits de fond et aux valeurs de gestion – Cas des légumes-feuilles et des herbes aromatiques**

Zone		Zone d'étude			Témoïn		Valeur régl.		Valeur de référence - EAT ANSES		
Point de prélèvement		C-Méan-P	D-Gron	I-Montoir La Camé	J-Saint-Joachim	J-Saint-Joachim					
Référence échantillon		Méan_P_2	Gron_1	Montoir_1	St_Joachim_1	St_Joachim_3					
Fruits/légumes prélevés		Romarin	Laitue	Epinard	Blettes	Choux			Salade	Chou fleur	Condiments et sauces
Famille		Herbe	Leg. feuille	Leg. feuille	Leg. feuille	Leg. feuille	Leg. feuille	Herbes	Leg feuilles	Leg feuilles	Herbes
ETM (mg/kg frais)											
Antimoine	mg/kg	<0.01	0,013	<0.01	<0.01	<0.01	-	-	0,00106 - 0,00409	0,00147	0,95 - 0,0023
Arsenic	mg/kg	<0.1	0,058	0,031	0,005	<0.002	-	-	0,0144 - 0,0369	0,0101 - 0,0205	0,0165 - 0,47
Cadmium	mg/kg	<0.01	0,023	0,036	0,081	0,003	0,1	-	0,00655 - 0,0369	0,00334 - 0,00791	0,00492 - 0,112
Chrome	mg/kg	0,16	0,286	0,34	0,038	0,052	-	-	0,027 - 0,265	0,0408 - 0,15	0,0455 - 0,00142
Chrome VI	mg/kg	0,27	<0.12	<0.28	<0.3	<0.20	-	-	-	-	-
Cobalt	mg/kg	<0.050	0,031	0,05	0,02	<0.010	-	-	0,003 - 0,0234	0,00224 - 0,0154	0,6 - 0,0169
Manganèse	mg/kg	3,9	3,59	6,96	77,2	2,4	-	-	1,33 - 6,97	0,8 - 1,64	0,0807 - 4,91
Mercure	mg/kg	0,017	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	-	-	ND	ND	ND
Nickel	mg/kg	0,24	0,148	0,21	0,121	<0.1	0,5	1,2	0,0735 - 0,181	0,0546 - 0,355	0,0909 - 0,533
Plomb	mg/kg	0,25	0,376	0,116	0,021	<0.002	0,3	-	0,00562 - 0,0667	0,00635 - 0,0515	0,00853 - 0,0562
HAP (µg/kg frais)											
Benzo(ghi)Pérylène	µg/kg	34	-	-	<10	<10	-	-	-	-	0,007 - 0,134
Naphtalène	µg/kg	100	-	-	<20	<20	-	-	-	-	-
B[a]P+B[a]a+B[b]f+Chr	µg/kg	n.d	-	-	n.d	n.d	-	50	-	-	-
16 HAP	µg/kg	134	-	-	n.d	n.d	-	-	-	-	-

Valeur supérieure au témoïn

Valeur supérieure au témoïn et pas de valeur limite

Valeur supérieure au témoïn et valeur limite respectée

Valeur supérieure à la valeur réglementaire applicable

**Tableau 27 : IEM Végétaux – Comparaison aux valeurs bruits de fond et aux valeurs de gestion – Cas des légumes-racines et des tubercules**

Zone		Zone d'étude								Témoïn		Valeur de référence - EAT ANSES	
Point de prélèvement		D-Gron	D-Gron	E-SN_Ouest	F-Brais	F-Brais	I-Montoir La Camé	I-Montoir La Camé	J-Saint-Joachim	Valeur régl.		Carottes	Pommes de terres et app.
Référence échantillon		Gron_2	Gron_4	SN_Ouest_3	Brais_3	Brais_4	Montoir_2	Montoir_3	St_Joachim_2				
Fruits/légumes prélevés		Carottes	Pomme de t.	Pomme de t.	Pomme de t.	Carottes	Pomme de t.	Betteraves	Carottes				
Famille		Leg. racine	Tubercule	Tubercule	Tubercule	Leg. racine	Tubercule	Leg. racine	Leg. racine	Leg. racine	Tubercules	Leg racine	Tubercules
ETM (mg/kg frais)													
Antimoine	mg/kg	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.01	<0.010	-	-	0,00083 - 0,00206	0,001 - 0,00156
Arsenic	mg/kg	<b>0,03</b>	0,011	0,006	0,008	0,02	0,013	0,023	0,019	-	-	0,0119 - 0,0257	0,0106 - 0,0247
Cadmium	mg/kg	0,009	0,007	0,011	0,004	0,012	0,006	0,007	0,018	0,1	0,1	0,00764 - 0,0257	0,00371 - 0,044
Chromé	mg/kg	<b>0,631</b>	0,13	0,14	0,234	<b>0,296</b>	0,17	0,222	0,111	-	-	0,0321 - 0,232	0,0301 - 0,4
Chromé VI	mg/kg	<0.49	<0.61	-	<0.56	<0.39	<0.67	<0.34	<0.33	-	-	-	-
Cobalt	mg/kg	0,018	0,011	0,013	0,019	0,04	0,026	<b>0,041</b>	<0.010	-	-	0,00215 - 0,00696	0,0025 - 0,0298
Manganèse	mg/kg	1,38	1,42	-	1,91	2,59	<b>3,02</b>	<b>4,05</b>	3,14	-	-	0,607 - 3,26	0,406 - 2,15
Mercure	mg/kg	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	-	-	ND	ND
Nickel	mg/kg	0,312	<0.100	<0.1	<0.1	<b>0,11</b>	<0.100	0,114	<0.01	0,9	0,9	0,0608 - 0,19	0,0536 - 0,547
Plomb	mg/kg	<b>0,183</b>	<b>0,119</b>	0,036	<b>0,07</b>	<b>0,146</b>	<b>0,064</b>	<b>0,101</b>	0,098	0,1	0,1	0,00611 - 0,0201	0,00662 - 0,0477
HAP (µg/kg frais)													
Benzo(ghi)Pérylène	µg/kg	-	-	<10	-	-	-	-	<10	-	-	0,001 - 0,049	0,004 - 0,027
Naphtalène	µg/kg	-	-	<20	-	-	-	-	<40	-	-	-	-
B[a]P+B[a]a+B[b]f+Chr	µg/kg	-	-	n.d	-	-	-	-	n.d	-	-	-	-
16 HAP	µg/kg	-	-	n.d	-	-	-	-	n.d	-	-	-	-

Valeur supérieure au témoin

Valeur supérieure au témoin et pas de valeur limite

Valeur supérieure au témoin et valeur limite respectée

Valeur supérieure à la valeur réglementaire applicable

### 7.1 Etape 1 : Comparaison aux points témoins et aux valeurs de bruit de fond

Lors de cette étape, les données obtenues sont comparées aux données locales témoins (en l'occurrence les données de Saint-Joachim), mais aussi aux données témoins à l'échelle nationale, disponibles dans le cadre de l'étude EAT 2.

Il ressort de l'analyse des tableaux précédents que les niveaux observés en cadmium et en mercure sont inférieurs aux valeurs témoins. Aussi, ces deux composés ne présentent pas de dégradation et ne seront pas davantage étudiés dans le cadre de l'IEM.

Il en est de même pour le jardin de Donges, qui ne laisse apparaître aucune dégradation pour les analyses réalisées.

### 7.2 Etape 2 : Comparaison aux valeurs réglementaires

Concernant les valeurs réglementaires, celles-ci ne sont disponibles que pour le cadmium, le nickel et le plomb, ainsi que, pour le cas spécifique des herbes aromatiques, pour le benzo[a]pyrène, et la somme de 4 HAP.

Pour le cadmium, comme indiqué précédemment, aucune dégradation n'est observée. A noter que la valeur réglementaire pour ce composé n'est pas non plus dépassée.

Pour le nickel, toutes les analyses montrent également un respect des valeurs réglementaires.

Le benzo[a]pyrène et les 4 HAP réglementés ne sont pas non plus quantifiés dans l'échantillon d'herbes aromatiques.

Aussi, seul le plomb présente des dépassements des valeurs réglementaires applicables aux fruits et légumes destinés à être mis sur le marché. 1 échantillon de légumes-feuilles dépasse la valeur applicable, ainsi que 4 des 7 échantillons de légumes-racines et tubercules. Pour cette catégorie, la valeur observée sur le point témoin est également très proche de cette valeur réglementaire (0,098 mg/kg pour une valeur réglementaire de 0,1 mg/kg). A noter qu'aucune valeur ne dépasse plus de 2 fois la valeur réglementaire.

Concernant la méthodologie de l'IEM, et l'application des valeurs réglementaires associées aux fruits et légumes, le guide Ineris « Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires » dans sa version de septembre 2021 indique qu'« *Un dépassement de valeurs réglementaires découvert dans le cadre d'une évaluation de l'état des milieux n'implique pas directement de conséquences réglementaires (par exemple, le dépassement dans des aliments autoproduits de valeurs réglementaires applicables à la commercialisation d'aliments n'implique pas l'interdiction de la consommation de ces aliments)* ».

En complément, le guide de « Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués » dans sa version d'avril 2017 indique qu'« *en cas de dépassement des valeurs réglementaires, il convient d'examiner l'importance de ces dépassements. Lorsque ces derniers sont significatifs (plusieurs fois la valeur réglementaire), il est inutile d'approfondir l'interprétation des résultats pour justifier de recommander la non-consommation des denrées. À l'inverse, lorsque les dépassements sont peu marqués (par exemple lorsqu'ils se fondent avec les incertitudes d'échantillonnage et d'analyse), compte tenu des conséquences néfastes qui découlent souvent d'une recommandation de non consommation pour les personnes (budget alimentaire, anxiété, activité physique liée au jardinage ...), il est justifié de bien apprécier les pratiques, les habitudes de vie et de consommation des personnes concernées (...) pour conclure quant à la consommation de ces denrées. L'outil alors utilisable pour mieux apprécier le risque de consommation de ces produits est l'évaluation de risques sanitaires, particulièrement l'outil IEM* ».

Aussi, selon les recommandations des guides méthodologiques, une évaluation plus précise des risques associés au plomb sera réalisée dans la prochaine étape, sans s'arrêter à la comparaison *stricto sensu* aux valeurs réglementaires.

Enfin, il est à noter que pour le jardin E (Saint-Nazaire Ouest), seul le plomb faisait état d'une dégradation. Les valeurs réglementaires en plomb étant respectées sur ce point, il n'est pas nécessaire d'aller à l'étape suivante pour ce paramètre.

### 7.3 Etape 3 : Calcul de risques partiels

Le Tableau 28 présente les Valeurs Toxicologiques de Référence à seuil pour la voie Ingestion, ainsi que les calculs de Quotient de Danger (QD) pour les polluants et les jardins pour lesquels les deux premières étapes de l'IEM Végétaux n'ont pas été conclusives. Le détail des calculs est présenté en Annexe 5.

**Tableau 28 : Calcul des Quotients de Danger (QD) Ingestion pour le milieu Végétaux dans le cadre de l'étude de zone de la CARENE**

Composé	N°CAS	VTR à seuil - CHRONIQUE mg/kg/j	QD							
			C		D		F		I	
			Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Antimoine	7440-36-0	6,00E-03	-	-	1,20E-03	4,80E-04	-	-	-	-
Arsenic	7440-38-2	6,00E-05	1,37E-01	6,82E-02	8,72E-01	2,70E-01	-	-	-	-
Chrome	7440-47-3	5,00E-03	2,70E-04	5,48E-05	1,16E-01	2,67E-02	1,52E-02	2,52E-03	-	-
Chrome VI	18540-29-9	9,00E-04	1,27E-02	5,59E-03	-	-	-	-	-	-
Cobalt	7440-48-4	1,50E-03	-	-	1,95E-02	5,91E-03	6,86E-03	1,14E-03	1,42E-02	4,01E-03
Manganèse	7439-96-5	4,67E-02	4,08E-02	1,91E-02	-	-	-	-	7,14E-02	1,70E-02
Mercurure	7439-97-6	5,71E-04	2,51E-04	5,09E-05	-	-	-	-	-	-
Plomb	7439-92-1	6,30E-04	3,34E-03	6,79E-04	9,55E-01	2,81E-01	5,96E-02	9,88E-03	4,12E-02	6,83E-03
Benzo(ghi)Pérylène	191-24-2	3,00E-02	9,55E-06	1,94E-06	-	-	-	-	-	-
Naphtalène	91-20-3	2,00E-02	4,21E-05	8,56E-06	-	-	-	-	-	-
Limite Vulnérabilité			0,2							
Limite Incompatibilité			5,0							

Pour l'arsenic et le plomb, un QD entre 0,2 et 5 est calculé sur le jardin D-Gron pour les enfants et les adultes. Aussi, une vulnérabilité apparaît pour ces paramètres sur ce jardin.

Pour tous les autres lieux et/ou autres composés, les QD calculés sont inférieurs à la valeur de référence de 0,2 prise en compte pour la vulnérabilité pour tous les composés disposant d'une VTR à seuil par ingestion.

Le Tableau 29 présente les Valeurs Toxicologiques de Référence sans seuil pour la voie Ingestion, ainsi que les calculs d'Excès de Risque Individuel (ERI) pour les polluants pour lesquels les deux premières étapes de l'IEM n'ont pas été conclusives.

**Tableau 29 : Calcul des Excès de Risque Individuel (ERI) Ingestion pour le milieu Végétaux dans le cadre de l'étude de zone de la CARENE**

Composé	N°CAS	VTR sans seuil - CHRONIQUE (mg/kg/j) <sup>-1</sup>	ERI							
			C		D		F		I	
			Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte
Antimoine	7440-36-0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arsenic	7440-38-2	3,17E+01	2,23E-05	5,56E-05	1,42E-04	2,20E-04	-	-	-	-
Chrome	7440-47-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chrome VI	18540-29-9	2,60E-01	2,55E-07	5,61E-07	-	-	-	-	-	-
Cobalt	7440-48-4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Manganèse	7439-96-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mercurure	7439-97-6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Plomb	7439-92-1	8,50E-03	1,53E-09	1,56E-09	4,39E-07	6,45E-07	2,74E-08	2,27E-08	1,89E-08	1,57E-08
Benzo(ghi)Pérylène	191-24-2	1,00E-02	2,46E-10	2,49E-10	-	-	-	-	-	-
Naphtalène	91-20-3	1,20E-01	8,67E-09	8,80E-09	-	-	-	-	-	-
Limite Vulnérabilité			1,00E-06							
Limite Incompatibilité			1,00E-04							

En prenant en compte les ERI, une incompatibilité apparaît pour l'arsenic sur le jardin de Gron pour les adultes et les enfants, alors qu'une vulnérabilité apparaît pour ce composé sur le jardin de Méan-Penhoët.

Tous les autres ERI calculés sont inférieurs à 1<sup>E</sup>-6.

A noter que les dépassements de valeurs réglementaires ponctuels en plomb observés sur certains échantillons de végétaux sur les jardins F-Brais et I-Montoir se traduisent lors de l'étape de calculs de risques partiels par des QD < 0,2 et des ERI < 1<sup>E</sup>-6, ce qui permet de conclure à la compatibilité du milieu Végétaux pour ces jardins.

Dans le cas du jardin D-Gron, les dépassements des valeurs réglementaires en plomb, conjugués à un taux de consommation de légumes autoproduits plus élevé conduisent à une vulnérabilité pour ce paramètre lors de l'étape de calcul de risque partiel. Cela étant, le calcul avec le même taux de consommation de légumes autoproduits appliqué aux autres jardins a été testé (cf. scénario population générale Tableau 8 paragraphe 4.2.1.4). Il conduit également à une vulnérabilité pour le plomb. Cependant, l'incompatibilité associée à l'arsenic pour ce jardin devient une vulnérabilité lorsque ce taux de consommation plus faible est appliqué.

## 7.4 Récapitulatif de l'IEM Végétaux

Le Tableau 30 ci-dessous reprend en synthèse les conclusions de l'IEM Végétaux, sur la base des campagnes de mesures réalisées dans le cadre de l'étude de zone.

**Tableau 30 : Bilan de l'IEM Végétaux – Etude de zone de la CARENE**

Famille	Composé	N°CAS	C	D	E	K	F	I
Eléments traces métalliques	Antimoine	7440-36-0	Non dégradé	Compatible	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé
	Arsenic	7440-38-2	Vulnérable	Incompatible	Non dégradé	Non dégradé	Compatible	Compatible
	Cadmium	7440-43-9	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé
	Chrome	7440-47-3	Compatible	Compatible	Compatible	Non dégradé	Compatible	Compatible
	Chrome VI	18540-29-9	Compatible	Non dégradé	-	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé
	Cobalt	7440-48-4	Non dégradé	Compatible	Compatible	Non dégradé	Compatible	Compatible
	Manganèse	7439-96-5	Compatible	Non dégradé	-	Non dégradé	Non dégradé	Compatible
	Mercurure	7439-97-6	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé	Non dégradé
	Nickel	7440-02-0	Compatible	Compatible	Non dégradé	Non dégradé	Compatible	Compatible
	Plomb	7439-92-1	Compatible	Compatible	Vulnérable	Compatible	Non dégradé	Compatible
HAP	Acénaphène	83-32-9	Non dégradé	-	Non dégradé	Non dégradé	-	-
	Acénaphylène	208-96-8	Non dégradé	-	Non dégradé	Non dégradé	-	-
	Anthracène	120-12-7	Non dégradé	-	Non dégradé	Non dégradé	-	-
	Benzo(a)anthracène	56-55-3	Non dégradé	-	Non dégradé	Non dégradé	-	-
	Benzo(a)pyrène	50-32-8	Non dégradé	-	Non dégradé	Non dégradé	-	-
	Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	Non dégradé	-	Non dégradé	Non dégradé	-	-
	Benzo(ghi)Pérylène	191-24-2	Non dégradé	-	Non dégradé	Non dégradé	-	-
	Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	Non dégradé	-	Non dégradé	Non dégradé	-	-
	Chrysène	218-01-9	Non dégradé	-	Non dégradé	Non dégradé	-	-
	Dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	Non dégradé	-	Non dégradé	Non dégradé	-	-
	Fluoranthène	206-44-0	Non dégradé	-	Non dégradé	Non dégradé	-	-
	Fluorène	86-73-7	Non dégradé	-	Non dégradé	Non dégradé	-	-
	Indeno(123cd)pyrène	193-39-5	Non dégradé	-	Non dégradé	Non dégradé	-	-
	Naphtalène	91-20-3	Non dégradé	-	Non dégradé	Non dégradé	-	-
	Phénanthrène	85-01-8	Non dégradé	-	Non dégradé	Non dégradé	-	-
	Pyrene	129-00-0	Non dégradé	-	Non dégradé	Non dégradé	-	-

Il ressort de ce bilan :

- Une incompatibilité pour l'arsenic sur le jardin D-Gron et une vulnérabilité pour ce même paramètre sur le jardin C-Méan-Penhoët. A noter qu'en cas d'application d'un scénario de consommation de légumes autoproduits plus faible (i.e. le même que pour les autres jardins) sur le jardin de Gron, cette incompatibilité devient une vulnérabilité ;
- Une vulnérabilité au plomb pour le jardin D-Gron.

## 7.5 Cas spécifique de l'arsenic dans les végétaux

L'arsenic est un composé d'intérêt majeur d'un point de vue sanitaire dans l'alimentation. En effet, les VTR applicables à ce composé sont particulièrement contraignantes, et ce composé se retrouve en quantité non négligeable dans l'alimentation de la population générale, indépendamment de la présence de toute source locale. Ainsi, dans le cadre de l'étude EAT 2 précitée de l'Anses, et bien que la contamination des aliments en arsenic soit plus faible que lors de la précédente étude EAT 1, la conclusion de l'évaluation du risque en population générale indique que celui-ci ne peut être écarté pour certains groupes de consommateurs (en l'occurrence les adultes et les enfants les plus exposés). Aussi, il est intéressant de mettre en perspective les résultats obtenus dans le cadre de l'étude de zone avec l'exposition de la population générale estimée par l'Anses.

Par ailleurs, il convient de noter que dans l'IEM Etude de zone, comme dans les données prises en compte par l'Anses, seul l'arsenic total a été analysé. Or, comme indiqué dans le rapport de l'Anses, « la VTR définie pour l'arsenic total n'est plus retenue dans les évaluations des risques successives réalisées au niveau international. L'analyse du risque doit être conduite sur l'exposition à l'arsenic inorganique »<sup>20</sup>.

Ces deux points sont donc détaillés ci-après.

### 7.5.1 Mise en perspective des DJE en arsenic calculées dans l'étude de zone par rapport à la population générale

Le rapport de l'EAT 2 indique, dans son paragraphe 4.1, les Doses Journalières d'Exposition pour l'arsenic présentées dans le Tableau 31 ci-dessous.

**Tableau 31 : DJE en arsenic inorganique de la population générale issues de l'EAT 2**

(µg/kg pc/j)	Exposition moyenne	Percentile 95
Adultes	0,24 <sup>(1)</sup> -0,28 <sup>(2)</sup>	0,46 <sup>(1)</sup> -0,51 <sup>(2)</sup>
Enfants	0,30 <sup>(1)</sup> -0,39 <sup>(2)</sup>	0,61 <sup>(1)</sup> -0,77 <sup>(2)</sup>

(1) Hypothèses de spéciation (arsenic inorganique/arsenic total) basses

(2) Hypothèses de spéciation (arsenic inorganique/arsenic total) hautes

A noter également que « chez les adultes comme chez les enfants, les contributeurs majoritaires à l'exposition à l'arsenic total sont le poisson (30 % et 42 %, respectivement), et les mollusques et crustacés (17 % et 7 %, respectivement). L'eau apparaît aussi être un contributeur non négligeable (8 % chez les adultes et 6 % chez les enfants) ainsi que le lait chez les enfants (6 %). L'eau est le contributeur majoritaire à l'exposition à l'arsenic inorganique chez les adultes comme chez les enfants (≥19 % chez les adultes et les enfants quelle que soit l'hypothèse), suivie des boissons rafraîchissantes sans alcool (environ 10-15 %) et du lait chez les enfants (environ 15 %) »<sup>20</sup>.

Le calcul des DJE en arsenic pour les deux jardins pour lesquels une incompatibilité ou une vulnérabilité est identifiée est présenté dans le Tableau 32 suivant.

**Tableau 32 : DJE en arsenic total issues des consommations de fruits et de légumes dans le cadre de l'étude de zone**

(µg/kg pc/j)	C-Méan-Penhoët	D-Gron
Adultes	0,005	0,023
Enfants	0,01	0,077

<sup>20</sup> Extrait du rapport EAT 2 de l'Anses

Dans le cas le plus défavorable (Cas D-Gron), et sans prendre en compte d'hypothèse de spéciation de l'arsenic, la consommation de fruits et de légumes autoproduits représenterait 22 % de la DJE moyenne française en arsenic pour les enfants, et 11 % du percentile 95 pour ces mêmes enfants.

### 7.5.2 Cas de la spéciation de l'arsenic

Par analogie avec les travaux de l'Anses, pour les deux jardins présentant une vulnérabilité ou une incompatibilité pour l'arsenic (à savoir C-Méan-Penhoët et D-Gron), la part de l'arsenic inorganique a été estimée par des valeurs issues de l'étude de Yost et al (Yost, Tao *et al.* 2004). En l'absence de données dans cette étude, une hypothèse de 100 % d'arsenic inorganique a été prise en compte. Les hypothèses de spéciation sont présentées dans le Tableau 33 ci-dessous.

**Tableau 33 : Part d'arsenic inorganique dans l'arsenic total (selon Yost et al)**

	<b>As inorganique/As total</b>	<b>Commentaire</b>
Courgettes	43 %	Donnée du concombre
Pommes	38 %	-
Laitue	100 %	-
Carottes	54 %	-
Tomates	9 %	-
Pomme de terre	29 %	-

Les DJE présentées en arsenic présentées précédemment sont donc affinées sur la base de ces hypothèses et sont présentées dans le Tableau 34 suivant.

**Tableau 34 : DJE en arsenic inorganique issues des consommations de fruits et de légumes dans le cadre de l'étude de zone**

<b>(µg/kg pc/j)</b>	<b>C-Méan-Penhoët</b>	<b>D-Gron</b>
Adultes	0,002	0,017
Enfants	0,004	0,050

La prise en compte de ces données de spéciation permet d'affiner la DJE en arsenic inorganique, celle-ci diminuant de 60 % environ pour le jardin de Méan-Penhoët, et de 28 % à 35 % pour Gron (respectivement pour les adultes et les enfants). Sur cette base, et toujours dans le cas le plus défavorable, la DJE associée à la consommation de fruits et de légumes issus du jardin de Gron représente 15 % de la DJE moyenne en arsenic inorganique pour les enfants, et 7 % du percentile 95 pour ces mêmes enfants.

Ainsi, en conclusion, même si l'enjeu associé à l'incompatibilité et à la vulnérabilité en arsenic dans les végétaux ne doit pas être minimisé, il doit être mis en perspective des autres sources d'arsenic dans l'alimentation. A titre d'exemple, le cumul de la DJE moyenne estimée dans le cadre de l'EAT 2 avec la DJE maximale calculée dans cette étude serait de 0,30 µg/kg pc/j et de 0,47 µg/kg pc/jour respectivement pour les adultes et les enfants, soit bien inférieur aux percentiles 95 pour ces mêmes catégories.

## 8. INTERPRÉTATION DE L'ETAT DES MILIEUX – MILIEU EAUX SOUTERRAINES

Le descriptif et les résultats complets des campagnes de mesures d'eaux souterraines sont présentés dans le rapport REH2024N02062-RAM-RP-00003. Pour rappel, deux campagnes de prélèvement différentes ont été réalisées, l'une en période dite de hautes eaux (mars 2025), et la deuxième en période de basses eaux (septembre 2025). 15 puits ont été échantillonnés lors de chaque campagne, dont 14 communs aux deux campagnes. A noter que le plan d'échantillonnage des eaux souterraines est déconnecté des plans d'échantillonnage de la qualité de l'air, des sols et des végétaux, même si, ponctuellement, certains jardins investigués pour la partie Sols et Végétaux ont pu également faire l'objet de prélèvement d'eaux de puits.

Le Tableau 35 et le Tableau 36 présentent les résultats obtenus pour la campagne de mars 2025 (Hautes eaux) et leur comparaison avec les valeurs de référence disponibles. Le Tableau 37 et le Tableau 38 présentent ces mêmes résultats pour la campagne de septembre 2025 (Basses eaux).

**Tableau 35 : Résultats des analyses dans les eaux de puits – Campagne mars 2025 – Partie 1/2**

Nom de l'échantillon			Normes de qualité des eaux souterraines (Valeurs seuils de l'arrêté du 09/10/2023)		Seuils de potabilité (Valeurs seuils de l'Annexe I de l'AM du 11/01/2007 (2))		Seuils de potabilisation (Valeurs seuils de l'Annexe II de l'AM du 11/01/2007 (3))		Eaux de boissons - Valeurs seuils recommandées par l'OMS(4)		P_SN-ouest-1_250305	P_SN-centre-1_250305	P_SN-nord-1_250305	P_Brais-1_250306	P_Gron-1_250305	P_Montoir-centre-2_250305	P_Montoir-est-3_250306
Date d'échantillonnage											05/03/2025	05/03/2025	05/03/2025	06/03/2025	05/03/2025	05/03/2025	06/03/2025
Paramètre	Unité	LQ															
<b>Métaux</b>																	
Chrome VI	µg/L	5	50	6	-	-	-	-	-	-	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Antimoine (Sb)	µg/L	0,1	5	10	-	-	-	-	20	-	0,22	<b>9,7</b>	0,18	0,31	0,79	1,4	<0,10
Arsenic (As)	µg/L	0,15	10	10	100	10	10	10	10	-	0,4	0,29	0,35	0,7	<b>19</b>	2,5	<0,15
Cadmium (Cd)	µg/L	0,1	5	5	5	3	3	3	3	-	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Chrome (Cr)	µg/L	0,15	50	50(5)	50	50	50	50	50	-	0,2	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	0,27	<0,15
Cobalt (Co)	µg/L	2	-	-	-	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Manganèse (Mn)	µg/L	1	50	50	-	-	-	-	-	-	<1,0	<1,0	<b>360</b>	5,5	21	7,3	<b>2100</b>
Mercurure	µg/L	0,03	1	1	1	1	1	1	1	-	<0,030	<0,030	<0,030	0,031	<0,030	<0,030	<0,030
Nickel (Ni)	µg/L	0,1	20	20	20	20	20	20	20	-	4,3	2,4	0,66	9,4	0,79	2,5	3,2
Plomb (Pb)	µg/L	0,12	10	10(6)	50	10	10	10	10	-	2,3	10	<0,12	0,17	<0,12	0,59	<0,12
<b>HAP</b>																	
Naphtalène	µg/L	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	<0,010	0,013	<0,010	<0,010	<0,010	0,01
Acénaphthène	µg/L	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Acénaphthène	µg/L	0,005	-	-	-	-	-	-	-	-	0,008	<0,0050	0,036	<0,0050	<0,0050	0,005	<0,0050
Fluorène	µg/L	0,005	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,0050	<0,0050	0,005	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Phénanthrène	µg/L	0,005	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Anthracène	µg/L	0,005	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Fluoranthène	µg/L	0,005	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,0050	<0,0050	0,022	<0,0050	<0,0050	0,005	<0,0050
Pyrène	µg/L	0,005	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,0050	<0,0050	0,007	<0,0050	<0,0050	0,005	<0,0050
Benzo(a)anthracène	µg/L	0,005	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,0050	<0,0050	<0,0050	0,005	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Chrysène	µg/L	0,005	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	0,007	<0,0050	<0,0050
Benzo(b)fluoranthène	µg/L	0,005	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,0050	0,005	<0,0050	<0,0050	0,01	<0,0050	<0,0050
Benzo(k)fluoranthène	µg/L	0,005	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Benzo(a)pyrène	µg/L	0,005	0,01	0,01	-	-	-	-	0,7	-	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Dibenzo(ah)anthracène	µg/L	0,005	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Benzo(g,h,i)peryène	µg/L	0,005	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	µg/L	0,005	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,0050	0,006	<0,0050	<0,0050	0,006	<0,0050	<0,0050
Somme 4 HAP*	µg/L	-	0,1	0,1	1	-	-	-	-	-	+/	0,011	0,022	+/	0,021	+/	+/
Somme 6 HAP**	µg/L	-	1	-	-	-	-	-	-	-	+/	0,013	0,035	0,01	0,011	+/	0,01
Somme HAP (16 EPA)	µg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	0,02	0,08	0,01	0,03	0,01	0,01

\* Somme de 4 HAP : benzo (b) fluoranthène, benzo (g, h, i) peryène, benzo (k) fluoranthène, indéno (1,2,3-cd) pyrène

\*\* Somme de 6 HAP : benzo (a) anthracène, benzo (a) pyrène, benzo (k) fluoranthène, naphtalène, fluoranthène, indéno (1,2,3-cd) pyrène

**Légende**

x	Valeur supérieure au seuil de référence Eaux souterraines (1)
x	Valeur supérieure au seuil de potabilité (2)
x	Valeur supérieure au seuil de potabilisation (3)

(1) Valeurs seuils issues de l'arrêté du 9 octobre 2023 modifiant l'arrêté du 17 décembre 2008 établissant les critères d'évaluation et les modalités de détermination de l'état des eaux souterraines et des tendances significatives et durables de dégradation de l'état chimique des eaux souterraines

(2) Annexe I de l'arrêté du 30 décembre 2022 modifiant l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine

(3) Annexe II de l'Arrêté du 30 décembre 2022 modifiant l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine

(4) Valeurs seuils recommandés par l'OMS pour l'eau destinée à la boisson

(5) 25 µg/l à partir de 2036

(6) 5 µg/l à partir de 2036

**Tableau 36 : Résultats des analyses dans les eaux de puits – Campagne mars 2025 – Partie 2/2**

Nom de l'échantillon	Normes de qualité des eaux souterraines (Valeurs seuils de l'arrêté du 09/10/2023)			Seuils de potabilité (Valeurs seuils de l'Annexe I de l'AM du 11/01/2007 (2))		Seuils de potabilisation (Valeurs seuils de l'Annexe II de l'AM du 11/01/2007 (3))		Eaux de boissons - Valeurs seuils recommandées par l'OMS (4)		P_Méan-P-1_250305	P_Méan-P-2_250305	P_Trignac-centre-1_250304	P_Trignac-Certé-1_250304	P_Donges-centre-1_250304	P_Donges-La_Sencle-1_250304	P_St-Malo-2_250304	P_St-Jachim-1_250304	
	Unité	LQ																
Date d'échantillonnage										05/03/2025	05/03/2025	04/03/2025	04/03/2025	04/03/2025	05/03/2025	04/03/2025	04/03/2025	
Paramètre																		
Unité																		
LQ																		
<b>Métaux</b>																		
Chrome VI	µg/L	5	50	6	-	-	-	-	-	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	
Antimoine (Sb)	µg/L	0,1	5	10	-	-	20	20	20	0,91	2,6	1,2	0,32	0,64	0,2	0,22	0,38	
Arsenic (As)	µg/L	0,15	10	10	100	100	10	10	10	27	9,7	8,1	1,1	0,47	0,33	1,2	2,5	
Cadmium (Cd)	µg/L	0,1	5	5	5	5	3	3	3	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	
Chrome (Cr)	µg/L	0,15	50	50 (5)	50	50	50	50	50	<0,15	0,22	3,3	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	0,4	
Cobalt (Co)	µg/L	2	-	-	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	
Manganèse (Mn)	µg/L	1	50	50	-	-	-	-	-	51	<1,0	<1,0	130	570	2,2	2	32	
Mercurure	µg/L	0,03	1	1	1	1	6	6	6	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	
Nickel (Ni)	µg/L	0,1	20	20	20	20	70	70	70	2,6	0,75	0,15	1,5	3,5	1,1	0,21	8,9	
Plomb (Pb)	µg/L	0,12	10	10 (6)	50	50	10	10	10	<0,12	0,23	<0,12	0,55	<0,12	0,46	<0,12	0,16	
<b>HAP</b>																		
Naphtalène	µg/L	0,01	-	-	-	-	-	-	-	0,011	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	
Acénaphthylène	µg/L	0,05	-	-	-	-	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	
Acénaphthène	µg/L	0,005	-	-	-	-	-	-	-	0,007	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	
Fluorène	µg/L	0,005	-	-	-	-	-	-	-	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	
Phénanthrène	µg/L	0,005	-	-	-	-	-	-	-	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	
Anthracène	µg/L	0,005	-	-	-	-	-	-	-	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	
Fluoranthène	µg/L	0,005	-	-	-	-	-	-	-	0,031	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	0,005	
Pyrène	µg/L	0,005	-	-	-	-	-	-	-	0,31	<0,0050	0,005	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	
Benzo(a)anthracène	µg/L	0,005	-	-	-	-	-	-	-	0,005	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	
Chrysène	µg/L	0,005	-	-	-	-	-	-	-	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	
Benzo(b)fluoranthène	µg/L	0,005	-	-	-	-	-	-	-	0,005	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	0,005	
Benzo(k)fluoranthène	µg/L	0,005	-	-	-	-	-	-	-	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	
Benzo(a)pyrène	µg/L	0,005	0,01	0,01	-	-	0,7	0,7	0,7	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	
Dibenzo(ah)anthracène	µg/L	0,005	-	-	-	-	-	-	-	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	
Benzo(g,h,i)pyrène	µg/L	0,005	-	-	-	-	-	-	-	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	µg/L	0,005	-	-	-	-	-	-	-	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	
Somme 4 HAP*	µg/L	-	0,1	0,1	1	1	-	-	-	0,036	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	0,01	
Somme 6 HAP**	µg/L	-	1	-	-	-	-	-	-	0,047	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	0,005	
Somme HAP (16 EPA)	µg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	0,37	+/-	0,01	+/-	+/-	+/-	+/-	0,01	

\* Somme de 4 HAP : benzo (b) fluoranthène, benzo (g, h, i) pérylène, benzo (k) fluoranthène, indéno (1,2,3-cd) pyrène

\*\* Somme de 6 HAP : benzo (a) anthracène, benzo (a) pyrène, benzo (k) fluoranthène, naphtalène, fluoranthène, indéno (1,2,3-cd) pyrène

**Légende**

x	Valeur supérieure au seuil de référence Eaux souterraines (1)
x	Valeur supérieure au seuil de potabilité (2)
x	Valeur supérieure au seuil de potabilisation (3)

(1) Valeurs seuils issues de l'arrêté du 9 octobre 2023 modifiant l'arrêté du 17 décembre 2008 établissant les critères d'évaluation et les modalités de détermination de l'état des eaux souterraines et des tendances significatives et durables de dégradation de l'état chimique des eaux souterraines

(2) Annexe I de l'arrêté du 30 décembre 2022 modifiant l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine

(3) Annexe II de l'Arrêté du 30 décembre 2022 modifiant l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine

(4) Valeurs seuils recommandés par l'OMS pour l'eau destinée à la boisson

(5) 25 µg/l à partir de 2036

(6) 5 µg/l à partir de 2036

**Tableau 37 : Résultats des analyses dans les eaux de puits – Campagne septembre 2025 – Partie 1/2**

Nom de l'échantillon			Normes de qualité des eaux souterraines (Valeurs seuils de l'arrêté du 09/10/2023)	Seuils de potabilité (Valeurs seuils de l'Annexe I de l'AM du 11/01/2007 (2))	Seuils de potabilisation (Valeurs seuils de l'Annexe II de l'AM du 11/01/2007 (3))	Eaux de boissons - Valeurs seuils recommandés par l'OMS(4)	P_SN-ouest-1_250902	P_SN-centre-1_250903	P_SN-nord-1_250902	P_Brais-1_250902	P_Gron-1_250903	P_Montoir-centre-1_250903	P_Montoir-est-3_250903
Date d'échantillonnage							02-09-2025	03-09-2025	02-09-2025	02-09-2025	03-09-2025	03-09-2025	03-09-2025
Paramètre	Unité	LQ											
<b>Métaux</b>													
Chrome VI	µg/L	5	50	6	-	-	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Antimoine (Sb)	µg/L	0,1	5	10	-	20	1,9	0,87	0,23	0,33	1,2	0,73	<0,10
Arsenic (As)	µg/L	0,15	10	10	100	10	2,3	2,8	0,5	1,3	35	1,5	0,25
Cadmium (Cd)	µg/L	0,1	5	5	5	3	<0,10	<0,10	<0,10	0,2	<0,10	<0,10	<0,10
Chrome (Cr)	µg/L	0,15	50	50 (5)	50	50	0,37	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
Cobalt (Co)	µg/L	2	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	2,4
Manganèse (Mn)	µg/L	1	50	50	-	-	160	<1,0	310	33	250	14	1800
Mercurure	µg/L	0,03	1	1	1	6	<0,030	<0,030	<0,030	0,055	<0,030	<0,030	<0,030
Nickel (Ni)	µg/L	0,1	20	20	20	70	5,2	2,7	0,81	15	1,4	1,6	4,9
Plomb (Pb)	µg/L	0,12	10	10 (6)	50	10	2	11	0,22	<0,12	<0,12	0,17	0,16
<b>HAP</b>													
Naphtalène	µg/L	0,01	-	-	-	-	<0,010	<0,010	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Acénaphthylène	µg/L	0,05	-	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Acénaphthène	µg/L	0,005	-	-	-	-	<0,0050	0,005	0,021	<0,0050	<0,0050	0,008	<0,0050
Fluorène	µg/L	0,005	-	-	-	-	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Phénanthrène	µg/L	0,005	-	-	-	-	0,005	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Anthracène	µg/L	0,005	-	-	-	-	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Fluoranthène	µg/L	0,005	-	-	-	-	0,005	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Pyrène	µg/L	0,005	-	-	-	-	<0,0050	<0,0050	0,007	<0,0050	0,005	0,007	0,021
Benzo(a)anthracène	µg/L	0,005	-	-	-	-	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Chrysène	µg/L	0,005	-	-	-	-	0,005	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Benzo(b)fluoranthène	µg/L	0,005	-	-	-	-	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Benzo(k)fluoranthène	µg/L	0,005	-	-	-	-	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	0,005	<0,0050	<0,0050
Benzo(a)pyrène	µg/L	0,005	0,01	0,01	-	0,7	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Dibenzo(ah)anthracène	µg/L	0,005	-	-	-	-	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Benzo(g,h,i)peryène	µg/L	0,005	-	-	-	-	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	µg/L	0,005	-	-	-	-	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Somme 4 HAP*	µg/L	-	0,1	0,1	1	-	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Somme 6 HAP**	µg/L	-	1	-	-	-	n.d.	n.d.	0,01	n.d.	0,005	n.d.	n.d.
Somme HAP (16 EPA)	µg/L	-	-	-	-	-	0,02	0,01	0,04	n.d.	0,01	0,02	0,02

\* Somme de 4 HAP: benzo (b) fluoranthène, benzo (g, h, i) péryène, benzo (k) fluoranthène, indéno (1,2,3-cd) pyrène

\*\* Somme de 6 HAP: benzo (a) anthracène, benzo (a) pyrène, benzo (k) fluoranthène, naphtalène, fluoranthène, indéno (1,2,3-cd) pyrène

**Légende**

x	Valeur supérieure au seuil de référence Eaux souterraines (1)
x	Valeur supérieure au seuil de potabilité (2)
x	Valeur supérieure au seuil de potabilisation (3)

(1) Valeurs seuils issues de l'arrêté du 9 octobre 2023 modifiant l'arrêté du 17 décembre 2008 établissant les critères d'évaluation et les modalités de détermination de l'état des eaux souterraines et des tendances significatives et durables de dégradation de l'état chimique des eaux souterraines

(2) Annexe I de l'arrêté du 30 décembre 2022 modifiant l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine

(3) Annexe II de l'arrêté du 30 décembre 2022 modifiant l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine

(4) Valeurs seuils recommandés par l'OMS pour l'eau destinée à la boisson

(5) 25 µg/l à partir de 2036

(6) 5 µg/l à partir de 2036

**Tableau 38 : Résultats des analyses dans les eaux de puits – Campagne septembre 2025 – Partie 2/2**

Nom de l'échantillon			Normes de qualité des eaux souterraines (Valeurs seuils de l'arrêté du 09/10/2023)	Seuils de potabilité (Valeurs seuils de l'Annexe I de l'AM du 11/01/2007 (2))	Seuils de potabilisation (Valeurs seuils de l'Annexe II de l'AM du 11/01/2007 (3))	Eaux de boissons - Valeurs seuils recommandés par l'OMS(4)	P_Montoir-est-4_250901	P_Méan-P-1_250903	P_Méan-P-2_250901	P_Trignac-Certé-1_250901	P_Donges-centre-1_250901	P_Donges-La_Sencie-1_250903	P_St-Malo-2_250902	P_St-Jbachim-1_250902
Date d'échantillonnage							01-09-2025	03-09-2025	01-09-2025	01-09-2025	01-09-2025	03-09-2025	02-09-2025	02-09-2025
Paramètre	Unité	LQ												
<b>Métaux</b>														
Chromé VI	µg/L	5	50	6	-	-	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Antimoine (Sb)	µg/L	0,1	5	10	-	20	0,13	0,26	1,9	0,41	0,29	0,15	0,24	0,13
Arsenic (As)	µg/L	0,15	10	10	100	10	0,94	32	6,9	1,3	0,46	0,5	1,4	2
Cadmium (Cd)	µg/L	0,1	5	5	5	3	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,19	0,23	<0,10
Chromé (Cr)	µg/L	0,15	50	50 (5)	50	50	0,29	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	0,17	0,82
Cobalt (Co)	µg/L	2	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	2,5
Manganèse (Mn)	µg/L	1	50	50	-	-	58	720	10	160	690	92	<1,0	92
Mercuré	µg/L	0,03	1	1	1	6	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
Nickel (Ni)	µg/L	0,1	20	20	20	70	1,4	3,5	0,55	2,6	2,4	0,8	<0,10	7,2
Plomb (Pb)	µg/L	0,12	10	10 (6)	50	10	0,15	0,53	0,39	0,86	0,66	0,72	<0,12	<0,12
<b>HAP</b>														
Naphtalène	µg/L	0,01	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Acénaphthylène	µg/L	0,05	-	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Acénaphthène	µg/L	0,005	-	-	-	-	<0,0050	<0,0050	0,005	0,012	<0,0050	<0,0050	0,005	0,008
Fluorène	µg/L	0,005	-	-	-	-	<0,0050	0,005	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Phénanthrène	µg/L	0,005	-	-	-	-	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Anthracène	µg/L	0,005	-	-	-	-	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Fluoranthène	µg/L	0,005	-	-	-	-	<0,0050	<0,0050	<0,0050	0,007	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Pyrène	µg/L	0,005	-	-	-	-	<0,0050	0,007	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Benzo(a)anthracène	µg/L	0,005	-	-	-	-	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	0,005	<0,0050
Chrysène	µg/L	0,005	-	-	-	-	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Benzo(b)fluoranthène	µg/L	0,005	-	-	-	-	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Benzo(k)fluoranthène	µg/L	0,005	-	-	-	-	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Benzo(a)pyrène	µg/L	0,005	0,01	0,01	-	0,7	<0,0050	0,005	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Dibenzo(ah)anthracène	µg/L	0,005	-	-	-	-	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Benzo(g,h,i)peryène	µg/L	0,005	-	-	-	-	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	µg/L	0,005	-	-	-	-	0,005	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Somme 4 HAP*	µg/L	-	0,1	0,1	1	-	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Somme 6 HAP**	µg/L	-	1	-	-	-	0,005	0,005	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Somme HAP (16 EPA)	µg/L	-	-	-	-	-	0,01	0,02	0,01	0,02	n.d.	n.d.	0,01	0,01

\* Somme de 4 HAP: benzo (b) fluoranthène, benzo (g, h, i) péryène, benzo (k) fluoranthène, indéno (1,2,3-cd) pyrène

\*\* Somme de 6 HAP: benzo (a) anthracène, benzo (a) pyrène, benzo (k) fluoranthène, naphtalène, fluoranthène, indéno (1,2,3-cd) pyrène

**Légende**

x	Valeur supérieure au seuil de référence Eaux souterraines (1)
X	Valeur supérieure au seuil de potabilité (2)
X	Valeur supérieure au seuil de potabilisation (3)

(1) Valeurs seuils issues de l'arrêté du 9 octobre 2023 modifiant l'arrêté du 17 décembre 2008 établissant les critères d'évaluation et les modalités de détermination de l'état des eaux souterraines et des tendances significatives et durables de dégradation de l'état chimique des eaux souterraines

(2) Annexe I de l'arrêté du 30 décembre 2022 modifiant l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine

(3) Annexe II de l'arrêté du 30 décembre 2022 modifiant l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine

(4) Valeurs seuils recommandés par l'OMS pour l'eau destinée à la boisson

(5) 25 µg/l à partir de 2036

(6) 5 µg/l à partir de 2036

Il est à noter que 6 des 16 HAP recherchés ne sont quantifiés sur aucun des puits. C'est également le cas du chrome VI. Pour ces composés, le milieu eaux de puits est considéré comme non dégradé.

**Tableau 39 : Récapitulatif des composés non quantifiés dans les eaux de puits sur la totalité des échantillons**

Famille	Composés
ETM	Chrome VI
HAP	Acénaphthylène
	Anthracène
	Benzo(k)fluoranthène
	Benzo(g,h,i)pérylène
	Dibenzo(a,h)anthracène
	Phénanthrène

### 8.1 Etape 1 : Comparaison aux points témoins et aux valeurs de bruit de fond

Comme précisé dans le Tableau 4, les deux puits utilisés en témoin sont les puits de Saint-Malo-de-Guersac et de Saint-Joachim.

Le cadmium et le cobalt n'ont été quantifiés sur aucun puits lors de la campagne de mars 2025. Ils ont été détectés sur un nombre limité de puits lors de la campagne de septembre 2025, mais les niveaux maximums ont été relevés sur le puits témoin de Saint-Joachim. Aussi, pour ces composés, le milieu Eaux souterraines est également considéré comme non dégradé.

### 8.2 Etape 2 : Comparaison aux valeurs réglementaires

La comparaison aux valeurs réglementaires appelle les commentaires suivants :

- Concernant 6 ETM sur 10, à savoir le chrome, le chrome VI, le cadmium, le cobalt, le mercure et le nickel, ainsi que pour les HAP, toutes les valeurs mesurées respectent les différentes valeurs de référence prises en considération ;
- Les seuils dits de potabilisation (à savoir à partir desquels il est possible d'utiliser une eau dans une usine de production d'eau potable) sont respectés pour tous les points de mesures ;
- 5 puits (dont 1 témoin) sur 16 respectent la totalité des seuils de potabilité pour les ETM et les HAP. Cela concerne les puits P\_Brais-1, P\_Montoir-centre-2, P\_Méan-P.-2, P\_Trignac-centre-1, et P\_St-Malo\_2 ;
- 11 puits (dont 1 témoin) ne respectent pas au moins un critère de potabilité sur une campagne. Dans le détail :
  - 2 puits sur 16 ne respectent pas le seuil de potabilité pour l'arsenic (1 sur Méan-Penhoët (P\_Méan-P-1) et 1 sur Gron (P\_Gron-1) ;
  - 10 puits sur 16 ne respectent pas le seuil de potabilité pour le manganèse, dont un des deux puits témoins. La plus forte concentration a été mesurée sur le prélèvement de P\_Montoir-Est\_3. Les autres puits présentant des dépassements sont les suivants : P\_Méan-P-1, P\_Donges Centre-1, P\_Saint-Nazaire Nord-1, P\_Gron-1, P\_Saint-Nazaire Ouest-1, P\_Trignac Certé-1, P\_Donges La Sencie-1, P\_Montoir Est-4, P\_Saint-Joachim-1 (point témoin) ;
  - 1 puits situé à Saint Nazaire (P\_SN Centre) dépasse de peu le seuil de potabilité en plomb sur une campagne ;
- En complément, un dépassement des normes de qualité d'eaux souterraines est observé pour l'antimoine sur le point P\_SN Ouest-1 lors de la première campagne, dépassement non observé en moyenne sur les deux campagnes.

Il est à noter que la comparaison aux seuils de potabilité reste indicative, dans la mesure où aucun usage en tant qu'eau de boisson n'a été recensé dans le cadre de l'étude.

### 8.3 Etape 3 : Calcul de risques partiels

Dans le cadre de l'IEM, l'étape de calcul de risques partiels doit se faire sur la base de schéma d'exposition directe, sans calcul de transfert d'une matrice à une autre.

Or, dans le cas des eaux de puits, aucun usage en tant qu'eau de boisson n'a été identifié, ni aucun autre usage d'ingestion directe de ces eaux de puits. Les seuls usages renseignés sont l'arrosage de potagers, de pelouse et le lavage de voiture. Aussi, aucun calcul de risques partiels ne peut être réalisé pour cette matrice.

La seule voie d'exposition indirecte pertinente est donc l'arrosage de potagers, gérée dans le cadre de l'IEM par l'étude du milieu Végétaux.

### 8.4 Approfondissement du cas particulier du manganèse

Concernant le manganèse, le seuil de potabilité est défini à 50 µg/L. Toutefois, il peut être noté que le seuil défini pour ce composé pour les eaux minérales est fixé à 500 µg/L<sup>21</sup>. De même, l'OMS a fixé en 2011 une valeur indicative pour le manganèse dans l'eau potable à 400 µg/L applicable aux adultes<sup>22</sup>. Cependant, cette valeur a été supprimée par l'OMS, au motif que « cette valeur sanitaire est bien supérieure aux concentrations de manganèse normalement présentes dans l'eau potable, il n'est donc pas jugé nécessaire d'établir une valeur indicative officielle ». De plus, dans la dernière édition de ses valeurs guides eau potable<sup>23</sup>, l'OMS indique qu'au-delà de 100 µg/L, le manganèse peut donner un goût désagréable aux boissons, colorer le linge et les sanitaires.

Dans son avis en date du 20 avril 2018<sup>24</sup>, l'Anses confirme en introduction que « l'arrêté du 11 janvier 2007 (...), fixe la référence de qualité (RQ) du manganèse à 50 µg/L dans les EDCH pour des raisons **organoleptiques et esthétiques** » et que cette valeur n'est pas une valeur sanitaire. Dans ce même avis, l'Anses indique que « le manganèse est le 11<sup>ème</sup> métal par ordre d'abondance dans la croûte terrestre, dont il constitue 0,1 % » et que « dans les eaux souterraines, il est présent en conditions réductrices généralement à des concentrations inférieures à 1 000 µg/L. Les plus fortes concentrations s'observent en nappes alluviales avec couverture limoneuse (...) ». Le tableau XII de cet avis regroupe les différentes valeurs recensées au niveau international pour l'Anses, en scindant les valeurs fixées sur des bases sanitaires, des valeurs fixées sur des bases esthétiques et/ou opérationnelles.

Les conclusions de l'Anses sont les suivantes :

- La proposition d'une valeur sanitaire maximale admissible de 60 µg/L pour le manganèse dans les EDCH. Basée sur un scénario « nourrisson », cette valeur est protectrice pour l'ensemble de la population ;
- Cependant, pour les adultes, les valeurs sanitaires de référence à considérer sont plutôt de l'ordre de 300 µg/L (US EPA) à 400 µg/L (OMS).

Aussi, et tout en gardant en tête qu'aucune utilisation en eau potable (ou Eau à Destination de la Consommation Humaine, EDCH) n'a été recensée sur les puits investigués, il est intéressant de noter que, en prenant la valeur de référence pour les adultes de 300 µg/L, seuls 3 puits (P\_Méan-P-

<sup>21</sup> Arrêté du 14 mars 2007 relatif aux critères de qualité des eaux conditionnées, aux traitements et mentions d'étiquetage particuliers des eaux minérales naturelles et de source, conditionnées ainsi que de l'eau minérale naturelle distribuée en buvette publique modifié par l'Arrêté du 10 janvier 2023

<sup>22</sup> <https://www.who.int/docs/default-source/wash-documents/wash-chemicals/manganese-background-document.pdf>

<sup>23</sup> [https://www.who.int/publications/m/item/guidelines-for-drinking-water-quality-4th-ed.-incorporating-the-1st-addendum-\(chapters\)](https://www.who.int/publications/m/item/guidelines-for-drinking-water-quality-4th-ed.-incorporating-the-1st-addendum-(chapters))

<sup>24</sup> AVIS de l'Anses relatif à la détermination d'une valeur sanitaire maximale admissible pour le manganèse dans l'eau destinée à la consommation humaine

1, P\_Donges Centre-1, P\_Saint-Nazaire Nord-1) dépassent cette valeur pour au moins une campagne.

### 8.5 Récapitulatif de l'IEM Eaux souterraines

Pour cette matrice, seule une comparaison indicative avec les seuils de potabilité a pu être réalisée, aucun usage en eau de boisson de ces puits n'étant avéré, ni aucune autre voie d'exposition directe<sup>25</sup>. La seule voie d'exposition indirecte pertinente identifiée est l'arrosage de potagers, elle-même traitée directement par l'IEM Végétaux.

Les quatre jardins pour lesquels des prélèvements colocalisés de végétaux et d'eaux de puits ont pu être réalisés sont listés dans le Tableau 40 suivant. Les enjeux qui y ont été identifiés dans le cadre de l'IEM Végétaux et l'IEM Eaux de puits y sont également listés.

**Tableau 40 : Croisement des informations IEM Végétaux et IEM Eaux de puits**

Secteur	Réf. Jardin	Réf. Puits	Enjeu Végétaux <sup>(1)</sup>	Enjeu Puits <sup>(2)</sup>
C	Méan-P.	P_Méan-P-1	As	As, Mn
F	Brais	P_Brais-1	Aucun	Aucun
I	Montoir-La Camé	P_Montoir Est-4	Aucun	Mn
J	Saint-Joachim	P_St Joachim	Mn	Mn

(1) Vulnérabilité et/ou incompatibilité

(2) Dépassement seuil potabilité

A noter que dans le cas du point témoin de Saint-Joachim, un enjeu en manganèse dans les végétaux est noté dans le tableau. En effet, lorsque l'on applique les scénarios d'exposition définis dans cette étude aux concentrations relevées dans les végétaux sur ce jardin, une vulnérabilité apparaît pour ce paramètre. Cette vulnérabilité n'est pas présentée dans le paragraphe 7.3, dans la mesure où, s'agissant du point témoin, ces calculs ne sont pas à réaliser sur ce jardin.

Il ressort donc que, sur les trois jardins pour lesquels des dépassements du seuil de potabilité en manganèse ont été détectés, seul un fait apparaît une vulnérabilité pour les végétaux. Il ne semble donc pas y avoir de corrélation directe entre les concentrations dans les eaux souterraines et les concentrations dans les végétaux. Cette observation est confortée par le fait que, sur le jardin de Méan-Penhoët, aucun enjeu en Mn n'apparaît sur les végétaux, alors que le puits associé présente la deuxième plus forte concentration en Mn des 16 puits investigués (720 µg/L). A l'inverse, le puits du jardin de Saint-Joachim, présente une concentration en Mn de 92 µg/L, soit 7 fois plus faible, et présente malgré tout une vulnérabilité pour les végétaux. Enfin, le jardin de Montoir-La Camé fait également apparaître un léger dépassement de la valeur de référence en Mn dans le puits, mais est également le jardin présentant la plus forte concentration en Mn dans les sols pendant cette campagne. Malgré cela, aucun enjeu en Mn n'est identifié pour ce jardin dans les végétaux.

Pour l'arsenic, l'enjeu est identifié de manière concomitante entre les végétaux et le puits (ainsi que, pour rappel, pour le sol de ce même jardin).

Aussi, sur les 4 différents enjeux identifiés sur les eaux souterraines :

- Le principal enjeu, associé au manganèse, ne semble pas pouvoir être directement corrélé aux enjeux végétaux, et peut donc être écarté ;

<sup>25</sup> A noter que chaque riverain ayant mis un puits à disposition dans le cadre de la campagne a reçu un courrier de l'ARS Pays-de-la-Loire récapitulant les résultats des analyses pour son puits et des recommandations adaptées

- Les dépassements en plomb et en antimoine sont observés sur un seul puits chacun, et à des valeurs très proches des valeurs de référence. Leur enjeu reste donc limité ;
- Seul l'enjeu arsenic, identifié sur deux puits (un à Méan-Penhoët, et un à Montoir-Gron) apparait comme un enjeu d'intérêt.

A noter que, dans le cas du quartier de Méan-Penhoët, une campagne d'envergure a d'ores et déjà été réalisée par l'ARS Pays-de-la-Loire sur 27 puits, et a conduit aux conclusions suivantes :

*« Cette campagne de mesure de la qualité de l'eau dans le quartier de Méan-Penhoët, mise en œuvre en mars 2023, a concerné 27 puits domestiques.*

*Engagée suite à un signalement à l'été 2023 de la présence très marquée d'arsenic dans 2 puits privés, les résultats de cette campagne ne témoignent pas de fortes teneurs en ce composé et ne confirment donc pas les premiers résultats. Pour 81 % des puits, l'eau respecte l'exigence de qualité pour les eaux destinées à la consommation humaine fixée pour ce paramètre ; des dépassements sont observés pour 19 % d'entre eux (5) et restent relativement modérés avec une teneur maximale mesurée 4 fois inférieure à celles signalées en 2023.*

*L'aluminium et le manganèse sont présents à des teneurs pouvant excéder la norme de qualité respectivement pour 26 et 15% des puits, avec une valeur atypique très élevée pour 1 puits.*

*Aucun dépassement de norme n'est observé pour les micropolluants organiques. Certains d'entre eux ont néanmoins été détectés mais à l'état de traces.*

*Cette campagne d'analyse ne témoigne donc pas d'une pollution marquée et généralisée de l'eau pour les composés recherchés. Qu'il s'agisse de l'arsenic, de l'aluminium et du manganèse, il n'est pas observé de secteurs dans le quartier de Méan-Penhoët qui seraient plus particulièrement concernés par des dépassements des normes. Ces 3 composés peuvent avoir une origine conjuguant des rejets liés aux activités humaines et un bruit de fond naturel.*

*Les résultats de cette campagne sont restitués aux particuliers concernés avec des recommandations sanitaires adaptées en fonction des résultats de l'analyse. Le remplissage des piscines est, dans tous les cas, déconseillé ; les pratiques d'arrosage du potager le sont également dans certaines situations pour éviter le transfert de polluants dans les légumes ou les fruits. Les usages d'arrosage des pelouses ou de nettoyage extérieur à l'habitat sont dans tous les cas possibles. »<sup>26</sup>.*

---

<sup>26</sup> « Campagne d'analyses des eaux des puits domestiques – Quartier de Méan-Penhoët - Synthèse des résultats » CARENE / ARS Pays de la Loire

## 9. ANALYSE DES INCERTITUDES

Il faut noter que chaque étape d'une IEM est associée à des incertitudes liées aux données d'entrée et aux hypothèses prises en compte. Les principales incertitudes identifiées dans le cadre de la présente étude sont les suivantes.

### 9.1 Les incertitudes relatives aux mesures réalisées

Elles sont liées à la représentativité des prélèvements, ainsi qu'aux conditions de prélèvement et d'analyses.

Concernant la représentativité des prélèvements, le plan d'échantillonnage des différents milieux a été défini afin d'inclure les principaux secteurs à enjeu identifiés à l'issue des phases 1 et 2 de l'étude de zone. Le nombre de points de prélèvements a été défini en prenant également en compte les contraintes techniques et économiques associées à un tel exercice, l'idée n'étant pas de démultiplier les points de mesure, mais d'identifier les enjeux principaux, dans un processus itératif.

Aussi, au niveau des prélèvements d'air ambiant, le nombre de points de prélèvements et le choix des composés apparaissent comme bien dimensionnés pour limiter les incertitudes. La durée des campagnes (4 campagnes de 2 semaines réalisées à différentes saisons) permet également de disposer de moyennes annuelles indicatives selon la réglementation en vigueur et limite ainsi l'incertitude associée. Concernant les sols de surface, au vu des multiples paramètres pouvant impacter la qualité des sols (y compris l'historique des sols, avec de potentiels enjeux de remblais), l'incertitude associée aux résultats de cette IEM est plus élevée, et il est évident que les résultats des prélèvements et analyses de sols réalisés dans le cadre de l'étude de zone n'ont pas la prétention de caractériser de manière globale la qualité des sols sur un aussi grand territoire que la CARENE.

D'un point de vue opérationnel, les conditions de prélèvements peuvent être influencées par l'opérateur, la méthode, les conditions météorologiques, par exemple, et les incertitudes qui en découlent sont difficilement quantifiables. Toutefois, aucun incident notable n'a été relevé lors des campagnes de terrain. Les prélèvements de sols de surface ont été réalisés sous forme d'échantillons composites pour limiter le risque d'effet-pépité et ainsi diminuer l'incertitude sur la représentativité des prélèvements. Pour limiter ces incertitudes, les prélèvements ont été réalisés selon les référentiels en vigueur.

Les incertitudes analytiques peuvent être liées aux conditions de transport et de stockage des échantillons et aux analyses elles-mêmes. Ces incertitudes sont estimées par les laboratoires et sont généralement entre 10 et 50 % selon les matrices et les composés recherchés.

### 9.2 Les incertitudes liées aux calculs de risques partiels

Les choix et les paramètres des scénarios d'exposition entraînent des conséquences importantes sur les résultats finaux. Les paramètres d'exposition retenus correspondent aux bonnes pratiques et aux connaissances actuelles.

Pour la partie inhalation, il a été considéré que les populations étaient présentes 100 % du temps dans la zone d'étude. Cette approche est sécuritaire car elle ne prend pas en compte le déplacement des populations hors de la zone d'étude (pour des vacances, par exemple). Il est également considéré qu'il n'y a pas de dilution entre l'intérieur et l'extérieur des habitations/établissements, ce qui est une approche majorante et conservatoire et limite ainsi les incertitudes.

Pour le scénario d'ingestion fortuite de sols, le nombre de jours d'exposition par an a été pris en compte à 365 jours (soit une activité quotidienne dans le jardin). Cette hypothèse est sécuritaire, et globalement majorante, en particulier pour les enfants, pour lesquels une activité extérieure dans le jardin tous les jours d'école reste peu probable.

Concernant les végétaux, certaines familles de fruits et légumes n'ont pu être prélevées et analysées dans certains jardins, faute de disponibilité. La méthodologie d'IEM SSP de 2017 ne permettant pas la transposition des résultats d'une famille à une autre, le risque partiel calculé peut donc être sous-évalué pour certains jardins. C'est particulièrement le cas pour le jardin K-Donges, pour lequel, au final, seul un prélèvement de tomates a pu être réalisé, alors que, lors de l'enquête préalable, la possibilité de prélever des tomates, des haricots verts, des salades et des poivrons avait été évoquée. La même problématique est apparue pour le jardin B-Saint-Nazaire centre où finalement, en raison de la sécheresse, aucun prélèvement de fruits et de légumes n'a pu être effectué. Dans le cas de Donges, au vu des résultats obtenus tant dans les sols que dans l'échantillon de tomates prélevés, l'impact de l'absence d'autres prélèvements sur les conclusions de l'IEM pour le secteur concerné apparaît limité, aucune valeur atypique n'étant identifiée. Dans le cas de Saint-Nazaire-Centre, au vu de la difficulté d'identifier des jardins potagers sur ce secteur malgré l'implication de la ville de Saint-Nazaire, des associations, et malgré le porte-à-porte réalisé à deux reprises sur le secteur, il s'avère que cette voie d'exposition sur ce secteur est marginale, ce qui, là encore, limite le risque d'impact potentiel sur les conclusions de l'étude.

Toujours concernant l'ingestion de végétaux, il faut noter que les données de consommation se basent sur les valeurs proposées par l'Ineris dans son logiciel MODUL'ERS pour la population générale, issues de l'étude INCA 2 et de la base CIBLEX. L'étude INCA 3 est parue en 2017<sup>27</sup> et les données brutes ont été mises à disposition en 2021<sup>28</sup>. Les taux de consommation de légumes autoproduits utilisés dans le cadre de l'IEM sont ceux définis dans la bibliographie, en considérant les pratiques sur les différents jardins. Ainsi, dans le cas du jardin D-Gron, au vu du nombre d'espèces et des quantités produites sur ce jardin, un taux de consommation de fruits et légumes autoproduits plus élevé que les autres jardins a été appliqué pour mieux refléter la réalité. Cela entraîne automatiquement une potentielle distorsion dans la comparaison des résultats des calculs de risque entre un jardin et un autre. L'impact de ce choix sur les conclusions de l'IEM a toutefois été étudié, *via* l'application d'un scénario alternatif.

Enfin, concernant les effets sans seuil, une durée d'exposition de 30 ans a été considérée, ce qui correspond au percentile 90 du temps moyen de résidence en France<sup>29</sup>, et correspond à la durée admise pour la population générale, par convention.

### 9.3 Le choix des valeurs toxicologiques de référence (VTR)

Les relations dose-effet des composés sont évaluées à l'aide de Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR), qui sont utilisées dans les calculs de risques partiels. Ces VTR sont fournies par des organismes reconnus internationalement et choisies conformément à la réglementation en vigueur, et correspondent aux meilleures données disponibles en l'état actuel des connaissances.

Les VTR sont établies pour l'ensemble de la population et intègrent des facteurs de sécurité (aussi appelés « facteurs d'incertitude »), appliqués aux données toxicologiques par les organismes à la base de l'élaboration des VTR. Des valeurs variant entre 1 et 10 sont généralement appliquées aux paramètres suivants, s'il y a lieu :

- La variabilité inter-espèces ;
- La variabilité intra-espèce ;
- Le coefficient d'absorption ;
- La durée d'exposition ;
- La durée de l'étude clé ;

<sup>27</sup>. <https://www.anses.fr/fr/content/inca-3-evolution-des-habitudes-et-modes-de-consommation-de-nouveaux-enjeux-enmatiere-de>

<sup>28</sup> <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/donnees-de-consommations-et-habitudes-alimentaires-de-letude-inca-3/>

<sup>29</sup> Percentile 90 de la durée de résidence d'après l'analyse des abonnements privés à EDF, explicité dans le Guide INERIS DRC-12-125929-13162B - 1<sup>ère</sup> édition - Aout 2013 – « Evaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires » et repris dans la version mise à jour de septembre 2021

- La sévérité de l'effet ;
- La fiabilité des données.

Dans le cas particulier de la silice cristalline, parmi les bases de données listées dans la note technique que 31 octobre 2014, seule l'OEHHA a défini une VTR par inhalation, fixée à  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et prise en compte dans cette étude. Cela étant, l'Anses a publié en août 2024 le rapport « Exposition des riverains de sites émetteurs dans l'air de silice cristalline – Avis de l'Anses - Rapport d'expertise collective »<sup>30</sup>. Dans ce rapport, deux VTR sont citées, à savoir celle de l'OEHHA, et celle définie par le TCEQ (Texas Commission on Environmental Quality) à  $0,27 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les effets long terme. Aucune de ces VTR n'est validée par l'Anses dans son avis qui indique que « *la valeur de l'OEHHA de 2005 ( $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), la plus couramment utilisée, est critiquable : d'une part pour son application à des valeurs mesurées des fractions  $\text{PM}_{2,5}$  ou  $\text{PM}_{10}$  alors qu'elle avait été établie pour une fraction  $\text{PM}_4$ , et d'autre part pour son établissement bien avant le confortement du caractère cancérigène de la silice cristalline* ». Le choix de la VTR du TCEQ n'est pas non plus conforme d'un point de vue méthodologique, cette base de données ne faisant pas partie de celles listées dans la note technique du 31 octobre 2014. L'Anses appuie dans ses conclusions les recommandations suivantes :

- « *Etablir une VTR (valeur toxicologique de référence) par inhalation pour la silice cristalline. Lors de l'établissement de cette VTR, la question de la ou des fractions granulométriques d'intérêt sera à prendre en considération ;*
- *Normaliser une méthode de mesure dans l'air ambiant, adaptée à la ou aux fractions granulométriques pertinentes.* »

Dans l'attente d'informations complémentaires de l'Anses, un test complémentaire de sensibilité a donc été réalisé en prenant en compte la VTR du TCEQ en lieu et place de celle de l'OEHHA. Les QD calculés à l'aide de cette VTR restent inférieurs à 0,2, synonymes d'un milieu Air ambiant compatible pour ces composés.

Enfin, les éventuelles interactions entre l'ensemble des substances émises, ainsi qu'avec les substances composant le bruit de fond local (« effets cocktails »), restent difficilement quantifiables à ce jour.

#### 9.4 Conclusion de l'analyse des incertitudes

L'analyse des incertitudes met en évidence que l'étude a été réalisée sur la base des données les plus adaptées selon les connaissances actuellement disponibles et d'hypothèses globalement majorantes. Les principales incertitudes identifiées concernent la représentativité des prélèvements et analyses de sols au vu de la taille de la zone d'étude, et la possibilité de réaliser un nombre représentatif de prélèvements de fruits et de légumes sur les différents jardins investigués.

L'impact de ces incertitudes sur les conclusions de l'étude reste malgré tout limité, d'autant plus en considérant le caractère itératif de la démarche de l'étude de zone, qui conduit à l'élaboration de propositions de suites à cette étude, visant pour certaines de ces suites à limiter ces incertitudes sur la base des premiers résultats obtenus.

---

<sup>30</sup> [https://www.anses.fr/system/files/AIR2023SA0052RA\\_0.pdf](https://www.anses.fr/system/files/AIR2023SA0052RA_0.pdf) en date du 22 août 2024

## 10. BILAN DE LA PHASE 4 D'INTERPRÉTATION DE L'ETAT DES MILIEUX

Le Tableau 41 présente de manière synthétique les substances à enjeu potentiel identifiées sur les différentes matrices investiguées dans le cadre de l'étude de zone sur le territoire de la CARENE, en prenant en compte les conclusions de chacun des précédents paragraphes de l'IEM.

**Tableau 41 : Récapitulatif des substances à enjeu potentiel identifiées lors de l'IEM dans les différentes matrices**

Secteur	Commune	Quartier / Zone	Air	Sols	Végétaux	Eaux souterraines <sup>(1)</sup>
A	Saint-Nazaire	Proche port	<i>Aucune substance</i>	-	-	-
B	Saint-Nazaire	Centre	<i>Aucune substance</i>	<i>Aucune substance</i>	-	<i>Mn</i>
C	Saint-Nazaire	Méan-Penhoët	<i>Aucune substance</i>	As, Hg, Pb, B[a]P	As	<i>As, Mn</i>
D	Montoir-de-Bretagne	Gron	<i>Aucune substance</i>	Pb	As, Pb	<i>As, Mn</i>
E	Saint-Nazaire	Ouest	<i>Aucune substance</i>	<i>Aucune substance</i>	<i>Aucune substance</i>	<i>Mn</i>
F	Saint-Nazaire	Quartier de Brais	Co	<i>Aucune substance</i>	<i>Aucune substance</i>	<i>Aucune substance</i>
G	Montoir-de-Bretagne	Centre	<i>Aucune substance</i>	-	-	<i>Aucune substance</i>
H	Donges	Centre	<i>Aucune substance</i>	-	-	-
I	Montoir-de-Bretagne	La Camé	<i>Aucune substance</i>	<i>Aucune substance</i>	<i>Aucune substance</i>	<i>Mn</i>
K	Donges	Stade	<i>Aucune substance</i>	<i>Aucune substance</i>	<i>Aucune substance</i>	<i>Mn</i>

- Matrice non investiguée sur ce secteur

(1) *Enjeu à titre indicatif, car basé sur les seuils de potabilité, et aucun usage en eau de boisson identifié, défini en prenant en compte le puits le plus pertinent, lorsque disponible*

Parmi les 46 substances investiguées en air ambiant, les 28 substances investiguées dans les sols, et les 26 substances investiguées dans les végétaux et les eaux souterraines, seules 6 substances présentent un enjeu potentiel, c'est-à-dire présentant une incompatibilité ou une vulnérabilité, voire un dépassement du seuil de potabilité pour les eaux de puits (cette observation étant présentée de manière indicative, aucun usage en eau de boisson n'étant recensé).

Ce tableau permet également de mettre en lumière que, sur la base des campagnes Air, Sols et Végétaux mises en œuvre dans le cadre de l'étude de zone, aucun enjeu n'a été identifié sur les secteurs A, B, E, G, H, I et K.

Pour la matrice Air ambiant, seul le paramètre cobalt présente une vulnérabilité sur le secteur F-Brais. Au vu de l'inventaire des données disponibles, la source la plus probable associée à cette vulnérabilité est l'industrie Ouest Coating, dont les émissions estimées lors de la phase 1 représentent 80 % des émissions totales de la zone d'étude pour ce paramètre.

Pour les matrices Sols et Végétaux :

- Des incompatibilités du sol (arsenic, mercure et plomb), et une vulnérabilité des végétaux (arsenic) ont été identifiées sur le jardin potager C-Méan Penhoët ;
- Une vulnérabilité du sol et des végétaux (plomb) et une incompatibilité des végétaux (arsenic) ont été identifiées sur le jardin potager D-Gron.

Dans les deux cas, les observations faites sur les sols dans les jardins ne se retrouvent pas au niveau des lieux publics investigués à proximité (en l'occurrence le stade de Méan-Penhoët et la salle Jean Moulin). Les concentrations observées dans les sols ne sont pas explicables par les analyses de retombées atmosphériques réalisées dans le cadre de l'étude de zone. Aussi, la qualité des sols, et en particulier la présence de remblais de mauvaise qualité est à ce stade l'hypothèse la plus plausible. Pour l'enjeu associé à l'arsenic dans les végétaux, il est à mentionner que, pour ce composé, les VTR prises en référence sont contraignantes, et selon les conclusions de l'Anses dans l'étude EAT 2, un enjeu existe pour la population générale française en lien avec la présence d'arsenic dans l'alimentation. L'exposition en arsenic estimée par la consommation de fruits et de légumes des secteurs concernés reste malgré tout inférieure à l'exposition moyenne de la population générale et n'entraîne pas une forte surexposition en arsenic des riverains concernés par rapport à la population générale.

Concernant la matrice Eaux souterraines, il faut noter que les résultats obtenus lors des campagnes ont été comparés de manière indicative aux seuils de potabilité, dans la mesure où aucun usage en tant qu'eau de boisson n'a été recensé dans le cadre de l'étude. Le principal enjeu identifié est associé à la présence de manganèse à des concentrations supérieures au seuil de potabilité pour 10 des 16 puits investigués (dont 1 des 2 puits témoins). Cependant, aucune corrélation n'a été mise en évidence entre la présence de manganèse dans les eaux de puits, et la mise en lumière d'un enjeu associé au manganèse dans les fruits et légumes, la seule voie d'exposition indirecte associée aux eaux de puits étant l'arrosage de potagers. Aussi, l'enjeu associé à la présence de manganèse dans les eaux souterraines reste limité d'un point de vue sanitaire au vu des voies d'exposition mises en œuvre dans l'étude.

Toujours pour les eaux de puits, les dépassements de valeurs de référence identifiées pour l'antimoine et le plomb sont également très limités, tant en concentration, qu'en nombre de puits concernés (un puits pour chaque paramètre) et en fréquence (une seule campagne sur les deux).

Le seul enjeu d'intérêt dans les eaux de puits semble donc la présence d'arsenic à des concentrations significatives sur deux puits, l'un à Méan-Penhoët, et l'autre à Gron, correspondant aux deux secteurs sur lesquels des enjeux arsenic ont été identifiés dans les sols et/ou les végétaux. Concernant Méan-Penhoët, la campagne réalisée par l'ARS en 2023 indique effectivement que, même si plusieurs puits présentent des concentrations supérieures au seuil de potabilité pour ce paramètre, ceci n'est pas généralisé sur le secteur, et une grande variabilité des résultats est observée.

## 11. PROPOSITION DE SUITES À L'IEM

Tout d'abord, pour les secteurs pour lesquels aucune substance à enjeu potentiel n'a été identifiée, aucune suite n'est proposée à l'IEM. Il en est de même pour les secteurs où le seul enjeu identifié est le dépassement du seuil de potabilité dans les eaux de puits pour le manganèse, cette observation n'étant qu'indicative (aucun usage en eau de boisson), et sans corrélation avec la présence d'un enjeu manganèse dans les autres matrices.

Pour les autres secteurs, à savoir C-Méan-Penhoët, D-Gron, et F-Brais, la démarche d'IEM ayant conduit à la mise en lumière de vulnérabilités, voire d'incompatibilités, il est proposé que cette IEM soit approfondie par une Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS), selon la méthodologie en vigueur.

Pour les secteurs C-Méan-Penhoët et D-Gron, au vu des variabilités observées dans les sols entre les jardins et les lieux publics investigués, il est recommandé de réaliser une campagne complémentaire d'analyses de sols et de végétaux ciblant *a minima* l'arsenic, le plomb, le mercure et le benzo[a]pyrène sur Méan-Penhoët, et l'arsenic et le plomb sur Gron. Sur ce secteur de Gron, il est également recommandé de réaliser des analyses en arsenic et en plomb dans les eaux de puits pour les jardins investigués qui en disposent, et ce, afin d'obtenir davantage de données sur ce secteur. Cette campagne « Eaux de puits » n'est pas suggérée sur le secteur de Méan-Penhoët, celui-ci ayant déjà fait l'objet de telles investigations par l'ARS Pays de la Loire en 2023. Pour la campagne complémentaire de sols et de végétaux, la faisabilité de réaliser la spéciation de l'arsenic entre la part inorganique et la part organique sur tout ou partie des échantillons pourra être étudiée, afin d'estimer l'exposition à l'arsenic inorganique de la manière la plus réaliste possible. A défaut, l'EQRS qui sera réalisée utilisera les données bibliographiques disponibles pour affiner l'exposition à ce paramètre.

Toujours sur ces secteurs, les actions recommandées par le HCSP en cas de dépassement de seuil de mise en vigilance et de valeurs d'actions rapides dans les sols devront également être mises en œuvre sur les jardins concernés. Ces actions sont présentées *in extenso* en Annexe 6 pour les composés concernés. Les actions spécifiques à appliquer sur ces deux jardins sont présentées en Annexe 7. Ces actions incluent la réalisation d'une EQRS (déjà prévue dans le cadre de l'étude de zone de manière optionnelle sur la base des résultats de l'IEM), la transmission de recommandations spécifiques aux propriétaires des jardins concernés, ainsi qu'une enquête plus précise des usages d'un point de vue autoconsommation. En complément, pour le cas d'un des jardins, la réalisation de dépistage en mercure et en plomb pour les riverains concernés apparaît comme une recommandation du HCSP. En fonction des résultats obtenus lors des campagnes complémentaires proposées, ces actions pourront le cas échéant être déclinées sur d'autres jardins.

Concernant le secteur F-Brais, en parallèle de la réalisation de l'EQRS associée aux mesures réalisées dans l'IEM, il est proposé de réaliser un travail spécifique d'identification des sources atmosphériques de cobalt dans ce secteur, avec un focus spécifique sur les émissions de l'entreprise Ouest coating. Une fois ce travail réalisé, le bilan des émissions mis à jour pourra être confronté à celui réalisé en phase 1 de l'étude de zone. En cas de différence significative, alors la réalisation d'une étude de dispersion atmosphérique spécifique serait nécessaire, afin d'identifier les zones d'exposition maximales, de confronter sur le point de mesures de Brais les résultats des mesures et de la modélisation et d'affiner l'évaluation quantitative des risques sanitaires sur ce secteur.

Ces actions recommandées sont synthétisées dans le Tableau 42 ci-après.

**Tableau 42 : Récapitulatif des actions recommandées pour la suite de l'étude de zone**

<b>Matrices</b>	<b>C-Méan-Penhoët</b>	<b>D-Gron</b>	<b>F-Brais</b>
Air	-	-	Affinage de l'inventaire des émissions de cobalt Réalisation d'une étude de dispersion atmosphérique le cas échéant
Sols & Végétaux	Campagne de mesures complémentaires Actions spécifiques au jardin investigué présentées en Annexe 7	Campagne de mesures complémentaires Actions spécifiques au jardin investigué présentées en Annexe 7	-
Eaux souterraines	-	Campagne de mesures complémentaires	-
Toutes	Réalisation d'une EQRS	Réalisation d'une EQRS	Réalisation d'une EQRS

## LIMITATIONS ET RESPONSABILITÉS

*Ramboll France SAS ("Ramboll") a rédigé ce document à l'usage exclusif du client selon l'accord entre Ramboll et le client qui établit, entre autres, l'objectif, le cadre et les termes et conditions de la mission. Aucune autre garantie, exprimée ou implicite, n'est donnée quant aux jugements professionnels inclus dans ce document, ou concernant tout sujet qui n'entrerait pas dans le cadre de la mission convenue avec le client ou qui ne répondrait pas aux objectifs visés par le document et le cahier des charges associé, ou concernant tout autre service fourni par Ramboll.*

*Afin de mener à bien sa mission et rédiger ce document, Ramboll s'est appuyé sur les données publiques disponibles et sur les informations fournies par le client et par des tiers. En conséquence, les conclusions présentées dans ce document ne sont valides que dans la mesure où les informations fournies à Ramboll étaient correctes, complètes et disponibles à la date d'émission du document.*

*La mission de Ramboll ne peut être considérée comme un conseil juridique, et ne représente pas une revue exhaustive des conditions ou de la conformité réglementaire des sites considérés. Le présent document et ceux qui l'accompagnent ont pour seul destinataire le client. Ils ne peuvent être utilisés ni divulgués à toute autre personne, en partie ou dans leur intégralité, sans l'autorisation écrite expresse préalable de Ramboll. Ramboll ne reconnaît aucune responsabilité envers un tiers, à moins d'un accord formel préalable, à la seule discrétion de Ramboll.*

*Sauf spécification contraire, l'étendue des services, les évaluations et conclusions présentées dans ce document supposent que le site continuera à être employé pour la même activité, sans changements majeurs sur site ou autour du site.*

*La mission de Ramboll ne comprenait pas la collecte d'échantillons dans quelque milieu environnemental que ce soit. De ce fait, cette étude ne peut exclure l'existence de conditions latentes incluant une contamination non identifiée par les données et informations disponibles au moment de l'audit réalisé par Ramboll. Plus précisément, cette évaluation ne doit en aucun cas être considérée comme un diagnostic amiante (que ce soit à l'intérieur des infrastructures, dans les déchets, les sols, etc.), même dans le cas où le sujet des matériaux contenant de l'amiante aurait été abordé dans ce rapport.*

*Les travaux d'investigation sur site ont été entrepris au cours d'une période déterminée. Les résultats et conclusions présentés dans le présent document sont donc limités dans les faits par ces circonstances, et, sauf spécification contraire, sont préliminaires. Les investigations sur site ont été restreintes au niveau de détail nécessaire à l'atteinte des objectifs établis. Tout résultat de mesure peut varier dans l'espace ou le temps et des mesures complémentaires doivent être réalisées après qu'une période de temps significative se soit écoulée depuis l'échantillonnage. L'interprétation des conditions géologiques et environnementales repose sur l'extrapolation de données ponctuelles dans un environnement hétérogène. En conséquence, des investigations plus détaillées peuvent être nécessaires en fonction des objectifs du client. Sauf indication contraire, les informations géologiques fournies le sont dans le cadre d'une interprétation environnementale générale et ne doivent pas être utilisées à des fins géotechniques et/ou de conception.*

## **ANNEXE 1**

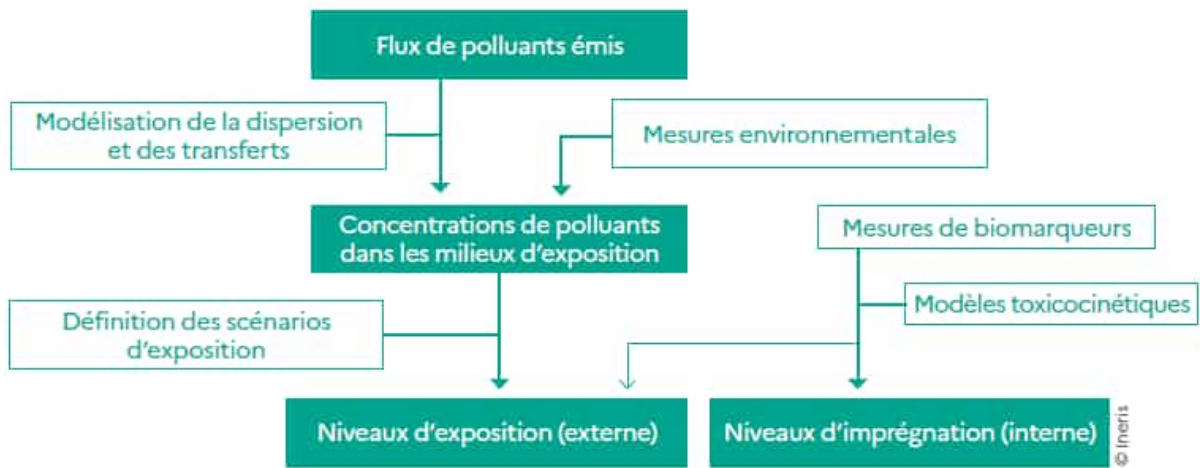
### **MÉTHODOLOGIE DES CALCULS DE RISQUES PARTIELS**

## METHODOLOGIE GENERALE

Conformément aux recommandations du guide de l’INERIS (Institut National de l’Environnement Industriel et des RISques) « *Évaluation de l’état des milieux et des risques sanitaires – démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées* » dans sa version de septembre 2021, la caractérisation des expositions consiste à :

- Déterminer les voies d’exposition ;
- Estimer les concentrations des substances dans les milieux d’exposition ;
- Caractériser les scénarios d’exposition (budget espace-temps, consommations alimentaires, etc...) ;
- Estimer l’intensité de l’exposition. Il s’agit d’une estimation quantitative si les connaissances disponibles le permettent.

La figure ci-après illustre les différentes méthodes d’estimation des niveaux d’exposition.



**Figure 8 : Schéma de principe de la démarche de quantification de l'exposition (INERIS, 2021)**

Dans le cadre des IEM/ERS, ce sont les niveaux d'exposition externe qui sont estimés pour être comparés aux VTR qui sont des doses externes (ou administrées).

Les voies et les scénarios d'exposition étudiés sont décrits dans le rapport. Ils concernent, pour l'IEM :

- L'inhalation de substances émises à l'atmosphère (gazeuses ou particulaires) par les populations habitant ou fréquentant la zone d'étude ;
- L'ingestion fortuite de sol sur lequel par les populations habitant ou fréquentant la zone d'étude ;
- L'ingestion de végétaux par les populations habitant la zone d'étude et cultivant leur potager.

Les principales équations et paramètres utilisés sont synthétisés dans cette annexe. Pour plus de détail, on peut se reporter aux documents suivants de l'INERIS :

- « *Jeux d'équations pour la modélisation des expositions liées à la contamination d'un sol ou aux émissions d'une installation industrielle* » mis à jour en août 2010 ;
- « *Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires – démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées* » publié en septembre 2021 ;
- « *Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel MODUL'ERS* » publié en février 2015 et mis à jour en juin 2017 ;
- « *L'interprétation de l'état des milieux - Description - Grille de calcul* », fichiers Excel publiés par le Ministère en charge de l'Environnement en 2007 (et 2017 pour la voie « Eau »).

## CALCUL DES NIVEAUX D'EXPOSITION

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

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

Avec :

- CI : concentration inhalée (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ;
- $C_i$  : concentration du polluant dans l'air inhalé pendant une fraction de temps  $i$  (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ;
- $t_i$  : durée d'exposition à la concentration  $C_i$  sur la période d'exposition (an) ;
- T : durée de la période d'exposition (an).

**Pour l'ingestion**, l'exposition est généralement exprimée par la dose journalière d'exposition (DJE) calculée en fonction des quantités de matrices (sol, produits alimentaires...) ingérées et potentiellement impactées par le site, des concentrations de polluants dans les matrices et du poids de l'individu considéré. La DJE est calculée, pour une période d'exposition donnée, selon l'équation suivante :

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

Avec :

- DJE : Dose Journalière d'Exposition liée à l'ingestion de la substance (en  $\text{mg}/\text{kg}/\text{jour}$ ) ;
- $C_i$  : concentration de la substance ingérée dans la matrice  $i$ , exprimée en  $\text{mg}/\text{kg}$  ;
- $Q_i$  : quantité de matrice  $i$  ingérée par jour, exprimée en  $\text{kg}/\text{j}$  ou  $\text{l}/\text{j}$  (moyenne annuelle) ;
- $f_i$  : fraction de la quantité de matrice  $i$  consommée et exposée à la contamination étudiée (assimilable à la part de consommation de produits locaux) ;
- P : masse corporelle de la personne (kg).

Les niveaux d'exposition sont calculés sur la base des concentrations mesurées dans les différents milieux.

## CALCUL DES INDICATEURS DE RISQUES

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

- Le Quotient de Danger (QD) pour les effets à seuil, exprimant la possibilité de survenue d'effets toxiques associés à la substance du fait de l'exposition considérée. L'apparition d'un effet toxique ne peut être exclue lorsque la valeur du QD excède 1 (valeur repère) ;
- L'Excès de Risque Individuel (ERI) pour les effets sans seuil, qui correspond à la probabilité supplémentaire que l'organisme humain a de développer l'effet associé à la substance du fait de l'exposition considérée. La valeur repère considérée est  $10^{-5}$  correspondant à la probabilité d'apparition d'un cas supplémentaire de cancer sur une population de 100 000 personnes exposées.

Dans le cas d'une Interprétation de l'Etat des Milieux (IEM), les indicateurs de risques (QD et ERI) sont calculés pour chaque substance, chaque voie d'exposition et chaque sous-population identifiée (adulte et enfant) séparément.

Les niveaux de risques pour les voies inhalation et ingestion ont été calculés comme suit :

	Effets à seuil	Effets sans seuil
Inhalation	$QD = \frac{CI}{VTR_{AS,inh}}$	$ERI = \sum CI_i \times \frac{T_i}{T_m} \times VTR_{SS,inh}$
Ingestion	$QD = \frac{DJE}{VTR_{AS,ing}}$	$ERI = \sum DJE_i \times \frac{T_i}{T_m} \times VTR_{SS,ing}$

Avec :

- CI : concentration inhalée, calculée à l'étape précédente (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ;
- DJE : dose journalière d'exposition, calculée à l'étape précédente (mg/kg pc/j) ;
- $VTR_{AS,inh/ing}$  : Valeur Toxicologique de Référence à seuil pour la voie inhalation/ingestion et la durée d'exposition correspondant au scénario considéré ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ou mg/kg/j) ;
- $VTR_{SS,inh/ing}$  : VTR sans seuil pour la voie inhalation/ingestion correspondant au scénario considéré [ $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$  ou  $(\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$ ];
- $T_i$  : durée de la période d'exposition i (en années) sur laquelle l'exposition ( $CI_i$  ou  $DJE_i$ ) est calculée ;
- $T_m$  : durée de temps sur laquelle l'exposition est rapportée (en années).

Pour les effets sans seuil (cancérogènes génotoxiques en général), les expositions sont moyennées sur la vie entière ( $T = 70$  ans, par convention). Pour le scénario chronique, une durée d'exposition de 30 ans est retenue pour l'adulte. Elle correspond approximativement au percentile 90 de la durée de résidence en France.

Pour les effets à seuil, cette durée T est égale à la période d'exposition ( $T = t_i$ ).

## **ANNEXE 2**

### **MÉTHODOLOGIE ET RÉSULTATS DE LA SÉLECTION DES VTR**

Une Valeur Toxicologique de Référence (VTR) est un repère toxicologique qui permet de quantifier un risque pour la santé humaine. Elle exprime la relation dose-réponse, c'est-à-dire la relation quantitative entre un niveau d'exposition à un agent dangereux (« dose ») et l'incidence observée d'un effet indésirable donné (« réponse »). Cette appellation VTR regroupe toutes les relations quantitatives entre une dose et l'apparition d'un effet lié à une exposition aiguë ou à une exposition chronique continue ou répétée dans le temps (effets à seuil) ; ou entre une dose et une probabilité d'effet (effets sans seuil).

Chaque VTR est définie pour une substance individuelle, un type d'effet (à seuil ou sans seuil), une voie d'exposition (inhalation, ingestion) et une durée d'exposition (aiguë, subchronique ou chronique).

Les VTR sont nommées :

- Pour les effets à seuil : Concentrations Admissibles dans l'Air (CAA) exprimées en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour l'inhalation, et Doses Journalières Admissibles (DJA) exprimées en  $\text{mg}/\text{kg}_{\text{p.c.}}/\text{j}$ <sup>31</sup> pour l'ingestion ;
- Pour les effets sans seuil : Excès de Risque Unitaire pour l'inhalation ( $\text{ERU}_I$ ) et pour la voie orale ( $\text{ERU}_O$ ), exprimés respectivement en  $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$  et en  $(\text{mg}/\text{kg}_{\text{p.c.}}/\text{j})^{-1}$ .

Les VTR ont été recherchées, selon les recommandations de la note d'information de la Direction Générale de la Santé (DGS) et de la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR) n° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31/10/2014<sup>32</sup>, dans les bases de données toxicologiques d'organismes de référence français (ANSES<sup>33</sup>, INERIS<sup>34</sup>) et internationaux (IRIS/US-EPA<sup>35</sup>, ATSDR<sup>36</sup>, OMS/IPCS<sup>37</sup>, Santé Canada, RIVM<sup>38</sup>, OEHHA<sup>39</sup> et EFSA<sup>40</sup>).

Dans le cas présent, les VTR définies pour des expositions chroniques par inhalation et par ingestion sont recherchées.

Dans le cas où plusieurs VTR sont disponibles pour une même voie et une même durée d'exposition, le choix a été basé sur le logigramme présenté page suivante.

---

<sup>31</sup>  $\text{mg}/\text{kg}$  de poids corporel/jour

<sup>32</sup> Note 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.

<sup>33</sup> Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

<sup>34</sup> Institut National de l'Environnement industriel et des RISques

<sup>35</sup> Integrated Risk Information System / United-States Environmental Protection Agency

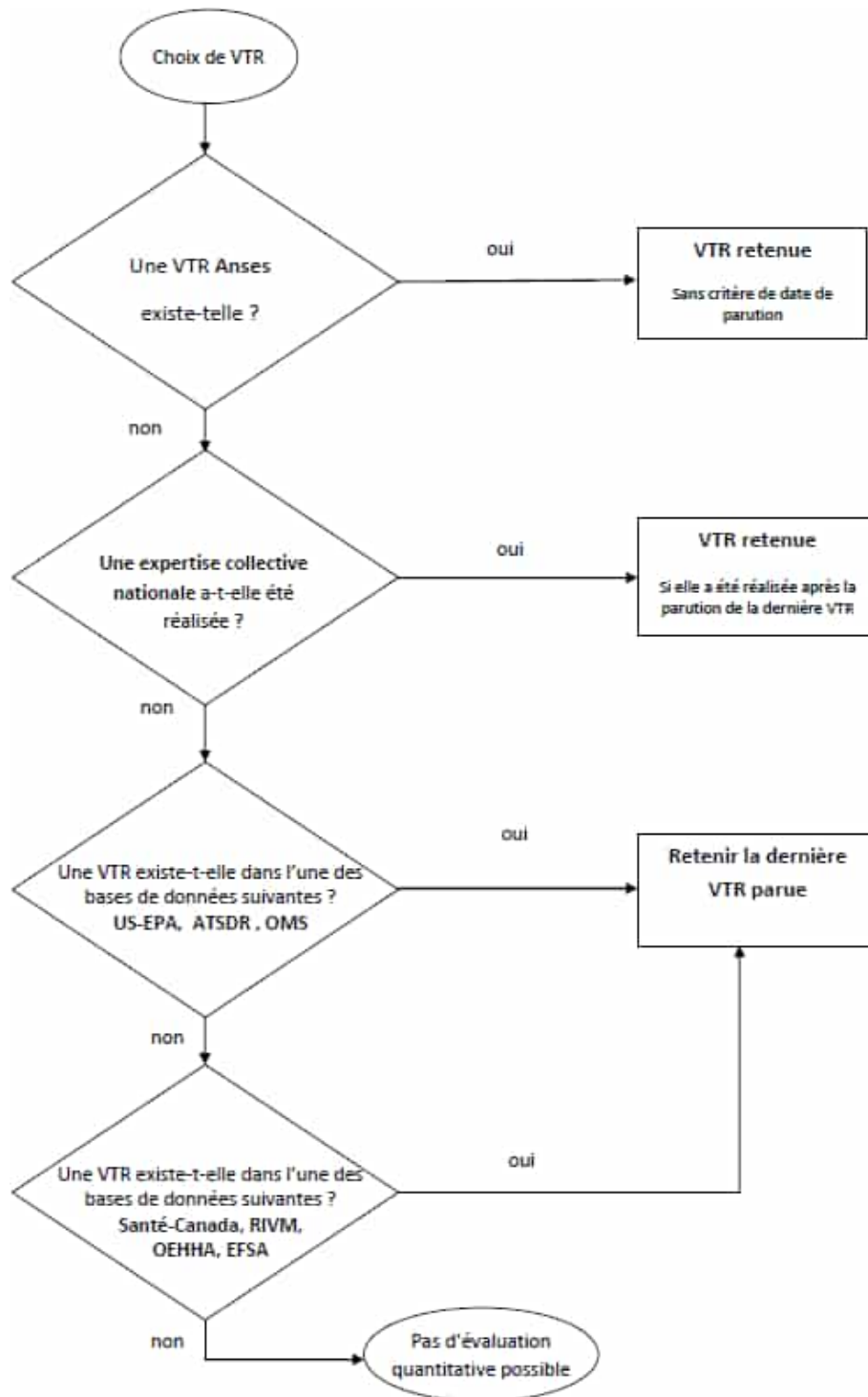
<sup>36</sup> Agency for Toxic Substances and Disease Registry

<sup>37</sup> Organisation Mondiale de la Santé / International Programme on Chemical Safety

<sup>38</sup> Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (*National Institute of Public Health and the Environment - Netherlands*)

<sup>39</sup> Office of Environmental Health Hazard Assessment

<sup>40</sup> European Food Safety Authority (*Autorité européenne de sécurité des aliments*)



**Schéma 1 : Logigramme de choix des VTR lorsqu'il existe plusieurs VTR pour une voie et une durée d'exposition**

Selon ce logigramme, trois cas de figure se présentent pour la sélection des VTR :

- Aucune VTR validée n'est présentée dans les bases de données des organismes nationaux et internationaux reconnus par la note présentée précédemment pour la substance et la voie d'exposition considérée (ingestion ou inhalation) : en première approche, aucune quantification des niveaux de risques (pour la substance et la voie d'exposition considérée) n'est réalisée. Par défaut, aucune dérivation voie à voie n'est effectuée ;
- Une seule VTR est présentée dans l'une des bases de données présentées ci-avant pour la substance et la voie d'exposition considérée (ingestion ou inhalation) : cette valeur est donc retenue pour la quantification des niveaux de risques ;
- Plusieurs VTR sont disponibles pour une même substance et une même voie d'exposition. Les VTR seront alors sélectionnés selon les critères de hiérarchisation suivants :
  - Sélection, en premier lieu, des VTR construites par l'ANSES ;
  - A défaut, sélection des VTR préconisées suite à des expertises nationales (ANSES, INERIS), sous réserve que ces expertises aient été réalisées postérieurement à la date de parution de la VTR la plus récente. Il convient de noter que Ramboll considère que l'organisme national qui émet une recommandation sur une VTR donnée, a pris en compte dans son expertise, l'ensemble des VTR disponibles au moment (*i.e.* à la date de sa recommandation). En d'autres termes, Ramboll ne vérifie pas systématiquement la prise en considération exhaustive des VTR disponibles à date dans la cadre des expertises nationales. Les documents et sites consultés sont les suivants :
    - Le site internet de l'ANSES : <https://www.anses.fr/fr/content/valeurs-toxicologiques-de-reference-vtr> ;
    - La base de données de l'ANSES regroupant les VTR construites par d'autres organismes que l'ANSES utilise dans ses expertises ;
    - Le portail des substances chimiques (<https://substances.ineris.fr/fr/>) et les fiches de données environnementales et toxicologiques de l'INERIS ;
    - Le document INERIS-204119-2730827-v1.0 « *Bilan des choix de VTR disponibles sur le portail des substances chimiques de l'INERIS – Mise à jour fin 2022* » daté du 13 mars 2023 ;
    - Dans une certaine mesure, les documents INERIS : DRC-18-173500-10929A « *Guide de gestion des résultats des diagnostics réalisés dans les lieux accueillant des enfants et adolescents – Choix des valeurs permettant la construction des repères R1, R2 et R3* » daté du 30 novembre 2018, n°20-200358-2173530-v1.0 « *Mise à jour des valeurs repères R1, R2 et R3 dans le cadre de la méthodologie de gestion des sites et sols pollués – Actualisation 2020* » daté du 2 juin 2020, n° 20-200358-2177864-v1.0 « *Mise à jour des valeurs toxicologiques de référence pour la voie ingestion dans le cadre de la démarche de diagnostics réalisés dans les lieux accueillant des enfants & adolescents (démarche « établissements sensibles ») – Actualisation 2020* » daté du 2 juin 2020 (lorsqu'aucune autre expertise nationale n'est disponible ou qu'il y a consensus) et n°207006-2746219-v2.0 du 5 janvier 2023 « *Méthode d'élaboration des valeurs d'analyse de la situation et choix des valeurs toxicologiques de référence pour la voir ingestion dans le cadre de la démarche de diagnostics réalisés dans les lieux accueillant des enfants & adolescents (démarche « établissements sensibles »)* » ;
  - A défaut, sélection de la VTR la plus récente parmi celles référencées par l'US-EPA, l'ATSDR et l'OMS ;
  - A défaut, sélection de la VTR la plus récente parmi celles référencées par Santé Canada, le RIVM, l'OEHHA et l'EFSA.

Les tableaux suivants synthétisent les VTR identifiées et retenues le cas échéant pour une exposition chronique par inhalation et par ingestion aux substances étudiées dans cette IEM, pour les effets à seuil et pour les effets sans seuil.

*Date de la recherche : Octobre 2025*

Famille de substances	Substance	N° CAS	CAA chronique (µg/m³)	Effet critique ou organe cible	Source	Date	Etude de référence	Note / Justification																																																																					
Polluants réglementés	Dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> )	10102-44-9	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible																																																																					
	Dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> )	7446-09-5	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible																																																																					
	Poussières de taille inférieure à 10 µm (PM <sub>10</sub> )	PM10	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible																																																																					
	Poussières de taille inférieure à 2,5 µm (PM <sub>2.5</sub> )	PM2.5	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible																																																																					
	Benzène	71-43-2	9,7	Système immunologique (effet critique : diminution du nombre de lymphocytes B)	ATSDR	2007	Lan Q, Zhang L, Li G, et al. (2004), étude de 6 à 8 ans sur des travailleurs	Avis de l'AFSSET/ANSES de mai 2008 (et rapport d'expertise de janvier 2008) Valeur parfois arrondie à 10 µg/m³ Choix INERIS 2019 (doc ETS 20-200358-2173530-v1.0 : RI/R2/R3)																																																																					
									6,4	Système immunologique (effet critique : diminution du nombre de lymphocytes B)	ATSDR	2024	VTR Draft																																																																
									30,0	Système immunologique (diminution du nombre de lymphocytes)	IRIS	2014																																																																	
									3,0	Effets hématologiques	OEHA	2014																																																																	
									2,0	Réglementation française		2011	VGAI pour une exposition de longue durée à compter du 1er janvier 2016, décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène																																																																
									5,0	Réglementation française		2011	VGAI pour une exposition de longue durée, décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène																																																																
Arsenic	7440-38-2	0,015	Développement, système cardio-vasculaire, système nerveux, poulmon, peau Effet critique : diminution de la fonction intestinale	OEHA	2008	Wasserman et al. (2004) ; Tsai et al. (2003) ; études de 9,5 à 10,5 ans sur 201 enfants de 10 ans	Choix INERIS 2021 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022) La valeur OEHA a été confirmée en 2014																																																																						
								1,0	Cancer du poulmon	RIVM	2001	Pas d'information																																																																	
								0,084	Effets respiratoires	ATSDR	1919	Valeur pour l'antimoine particulaire, VTR la plus récente Choix INERIS 2022																																																																	
								0,084	Système respiratoire (et cutané)	IRIS	2015	Valeur pour le trioxyle d'antimoine, susceptible d'être émis lors de la combustion et convertie en SO <sub>2</sub> à l'aide du ratio des masses molaires																																																																	
								0,45	Système rénal	ANSES	2012	ANSES, 12/2011 pour les effets cancérigènes du cadmium																																																																	
								0,01	Système rénal	ATSDR	2012	Choix INERIS (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 Bilan 2022)																																																																	
Antimoine	7440-36-0	0,30	Effets respiratoires	ATSDR	1919	Newton et al., 1994, étude d'1 an sur des rats	VTR établie par l'ANSES Choix INERIS (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 Bilan 2022)																																																																						
								0,02	Système rénal	OEHA	2001																																																																		
								0,01	Système rénal	ATSDR	2012																																																																		
								0,02	Système rénal	OEHA	2001																																																																		
								0,01	Système rénal	ATSDR	2012																																																																		
								0,02	Système rénal	OEHA	2001																																																																		
Cadmium	7440-43-9	0,30	Incidence combinée des tumeurs pulmonaires	ANSES	2012	Takenaka et al. (1983), étude de 18 mois sur des rats	VTR établie par l'ANSES Choix INERIS (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 Bilan 2022)																																																																						
								0,01	Système rénal	ATSDR	2012																																																																		
								0,02	Système rénal	OEHA	2001																																																																		
								0,01	Système rénal	ATSDR	2012																																																																		
								0,02	Système rénal	OEHA	2001																																																																		
								0,01	Système rénal	ATSDR	2012																																																																		
Chrome total	Crtot	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible																																																																						
								Document Santé Canada 2021																																																																					
									Valeur ATSDR 2012, niveau de risque minimal (MRL) pour une durée moyenne et des particules solubles de Cr(III) Choix INERIS 2022 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022) pour les composés insolubles																																																																				
										OMS, CICAID 76, 2009 (composés solubles du Cr III, en µg Cr <sup>3+</sup> /m <sup>3</sup> , basé sur le sulfate de Cr III)																																																																			
											OMS, CICAID n°76, 2009 (composés solubles du Cr III, en µg Cr <sup>3+</sup> /m <sup>3</sup> , basé sur le sulfate de Cr(III))																																																																		
												OMS, CICAID n°76, 2009 (composés insolubles du Cr III, en µg Cr <sup>3+</sup> /m <sup>3</sup> , basé sur l'oxyde de Cr(III), pour une exposition professionnelle)																																																																	
OMS, CICAID n°76, 2009 (composés solubles du Cr III, en µg Cr <sup>3+</sup> /m <sup>3</sup> , basé sur le sulfate de Cr(III), pour une exposition professionnelle)																																																																													
	Sels insolubles et métal Choix INERIS 2009																																																																												
		Choix INERIS 2022 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022) pour les composés insolubles du chrome - L'INERIS propose la CAA de l'ATSDR établie en 2012 pour une exposition subchronique (5 µg/m <sup>3</sup> ) à laquelle un facteur de 3 est appliqué (soit 1,6 µg/m <sup>3</sup> arrondie à 2 µg/m <sup>3</sup> )																																																																											
			Dereńankó M, Rinehart WE, Hillakki R, et al. (1999), étude de 13 semaines sur des rats																																																																										
				Gibb et al., 2000																																																																									
					Glaser et al. (1990), étude de 90 jours sur des rats																																																																								
Choix INERIS 2022 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022) pour le Cr VI sous forme de particules																																																																													
	Choix INERIS 2022 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022) pour le Cr VI sous forme d'aérosols (et de brumes acides)																																																																												
		Cr VI sous forme de brumes																																																																											
			Valeur pour les brumes et les aérosols																																																																										
				Document Santé Canada 2021, valeur IRIS 1998																																																																									
					Cobalt	7440-48-4	0,10	Système respiratoire	OMS (CICAD)	2006	Nemery et al. (1992), étude sur des tailleurs de diamants	VTR la plus récente																																																																	
0,10													Effets respiratoires	ATSDR	2004																																																														
0,50	Maladies pulmonaires (alvéolaires)												RIVM	2001	Source et al., 1988																																																														
0,10	Effets respiratoires	ATSDR											2023																																																																
0,04	Effets neurologiques	ATSDR	2010																																																																										
0,05	Altiération de la fonction neuro-comportementale	IRIS	1993																																																																										
Manganèse	7439-96-5	0,30	Effets neurologiques (effet critique : altération de la coordination main-yeux)	ATSDR	2012	Roels HA, Ghyssels P, Buchet JP, et al. (1992), étude de 5 ans sur des travailleurs	VTR dérivée à partir d'études épidémiologiques et de la formule de Carlsie et al. (1992) pour une plombémie critique de 15 µg/l Cette valeur peut être considérée comme protectrice vis-à-vis des effets sur le système nerveux central chez l'enfant																																																																						
								0,04	Effets neurologiques	ATSDR	2010																																																																		
								0,05	Système nerveux	OEHA	2008																																																																		
								0,05	Effets neurologiques	ATSDR	2024																																																																		
								0,03	Système nerveux, foie, développement Effet critique : neurotoxicité	OEHA	2008	Pikkvi and Hanninen (1989) ; Fawer et al. (1983) ; Pikkvi and Tolonen (1989) ; Pikkvi (1989) ; Ngim et al. (1992), étude de 13 à 16 ans sur des travailleurs																																																																	
								0,20	Système nerveux	OMS	2003																																																																		
Mercure	7439-97-6	0,30	Effets neurologiques	ATSDR	2024	Pikkvi and Hanninen (1989) ; Fawer et al. (1983) ; Pikkvi and Tolonen (1989) ; Pikkvi (1989) ; Ngim et al. (1992), étude de 13 à 16 ans sur des travailleurs	VTR établie par l'OMS pour les vapeurs de mercure élémentaire Choix INERIS de 2009 (A noter : l'INERIS cite également une expertise de 2014, mais les documents associés ne sont pas disponibles)																																																																						
								0,20	Effets neurologiques	ATSDR	1999																																																																		
								0,23	Effets neurologiques	TCEQ	2011																																																																		
								0,09	Système respiratoire (inflammation chronique et fibrose pulmonaire)	ATSDR	2005	NTP (1996), étude de 2 ans sur des rats																																																																	
								0,05	Effets respiratoires	RIVM	2001																																																																		
								0,01	Effets respiratoires	ATSDR	2023																																																																		
Nickel	7440-02-0	0,23	Système respiratoire (inflammation chronique et fibrose pulmonaire)	ATSDR	2005	NTP (1996), étude de 2 ans sur des rats	VTR dérivée à partir d'études épidémiologiques et de la formule de Carlsie et al. (1992) pour une plombémie critique de 15 µg/l Cette valeur peut être considérée comme protectrice vis-à-vis des effets sur le système nerveux central chez l'enfant																																																																						
								0,05	Effets respiratoires	RIVM	2001																																																																		
								0,01	Effets respiratoires	ATSDR	2023																																																																		
								0,014	Changements pathologiques au niveau des poulmons, des ganglions lymphatiques et de l'épithélium nasal : (1) inflammation pulmonaire active, (2) hyperplasie des macrophages, (3) protéinose pulmonaire alvéolaire, (4) fibrose, (5) hyperplasie des ganglions lymphatiques, (6) atrophie de l'épithélium olfactif	OEHA	2012																																																																		
								0,02	Toxicité de l'appareil respiratoire (effets morphologiques et biologiques sur les cellules alvéolaires)	Santé Canada	1993																																																																		
								0,50	Niveau critique de plomb dans le sang	OMS	2000																																																																		
Plomb	7439-92-1	0,90	Système rénal (augmentation de 10% de la prévalence de la maladie rénale chronique)	EFA ANSES	2010 2012	NTP (1997), étude subchronique chez le rat et la souris exposés par inhalation	ANSES 2012 et EFA, 2010 Choix INERIS 2013 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)																																																																						
								12,0	Effets sur le poids du corps	RIVM	2001																																																																		
								0,05	Effets respiratoires	RIVM	2001																																																																		
								0,01	Effets respiratoires	ATSDR	2023																																																																		
								0,014	Changements pathologiques au niveau des poulmons, des ganglions lymphatiques et de l'épithélium nasal : (1) inflammation pulmonaire active, (2) hyperplasie des macrophages, (3) protéinose pulmonaire alvéolaire, (4) fibrose, (5) hyperplasie des ganglions lymphatiques, (6) atrophie de l'épithélium olfactif	OEHA	2012																																																																		
								0,02	Toxicité de l'appareil respiratoire (effets morphologiques et biologiques sur les cellules alvéolaires)	Santé Canada	1993																																																																		
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)	Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	-	-	-	-	Pas de VTR disponible																																																																						
								Benzo(a)anthracène	191-24-2	-	-	-	-	Pas de VTR disponible																																																															
															Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	-	-	-	-	Pas de VTR disponible																																																								
	Benzo(a)pyrène	50-32-8	0,002	Développement : diminution de la survie des embryons et fœtus	IRIS	2017	Archibong et al., 2002, étude de toxicité sur le développement sur des rats															Seule VTR disponible Choix INERIS 2018 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)																																																							
								0,002	Toxicité développementale (diminution de la survie embryon-fœtal)	Santé Canada	2021	Document Santé Canada 2021, valeur IRIS																																																																	
								0,003	Réduction du taux d'ovulation et du poids des ovaires	IRIS	2012	Archibong et al., 2012, Actions perturbatrices endocriniennes du benzo(a)pyrène inhalé sur la fonction ovarienne et la survie fœtale chez des rats adultes Eicher F-144																																																																	
	Indénol(1,2,3-cd)lovène	193-39-5	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible																																																																					
									Benzo(e)anthracène	56-55-3	-	-	-	-	Pas de VTR disponible																																																														
																Dibenz(a,h)anthracène	53-70-3	-	-	-	-	Pas de VTR disponible																																																							
																							Fluoranthène	206-44-0	-	-	-	-	Pas de VTR disponible																																																
																														Pyrène	129-00-9	-	-	-	-	Pas de VTR disponible																																									
																																					Chrysaène	218-01-9	-	-	-	-	Pas de VTR disponible																																		
																																												Benzo(e)lovène	192-97-2	-	-	-	-	Pas de VTR disponible																											
																																																			Acénaphthylène	208-96-8	-	-	-	-	Pas de VTR disponible																				
																																																										Acénaphthène	83-32-9	-	-	-	-	Pas de VTR disponible													
Fluorène																																																																	86-73-7	-	-	-	-	Pas de VTR disponible							
																																																																							Phénanthrène	85-01-8	-	-	-	-	Pas de VTR disponible
	3,0	Effets sur la cavité nasale : hyperplasie et métaplasie des épithéliums respiratoires et olfactifs, respectivement	IRIS	1998	NTP (1992), étude chronique sur des souris (inhalation)																																																																								
	3,7	Effets respiratoires	ATSDR	2005																																																																									
	9,0	Inflammation nasale, métaplasie de l'épithélium olfactif, hyperplasie de l'épithélium respiratoire	OEHA	2000																																																																									
	10	Inflammation nasale et métaplasie de l'épithélium olfactif	OMS	2010																																																																									
	10	Toxicité de l'appareil respiratoire (lésions nasales (neuroblastomes de l'épithélium olfactif et adénomes de l'épithélium respiratoire du nez))	Santé Canada	2021																																																																									
	Anthracène	120-12-7	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible																																																																					

Famille de substances	Substance	N° CAS	CAA chronique (µg/m³)	Effet critique ou organe cible	Source	Date	Etude de référence	Note / Justification
Composés Organiques Volatils (COV)	m-xylène	108-38-3	100	Effets neurologiques (troubles de la coordination motrice)	IRIS	2003	Korsak et al. (1994), étude subchronique (90 jours) sur des rats exposés par inhalation	Choix ANSES 2020
	p-xylène	106-42-3	100	Effets neurologiques (troubles de la coordination motrice)	IRIS	2003	Korsak et al. (1994), étude subchronique (90 jours) sur des rats exposés par inhalation	Choix ANSES 2020
	o-xylène	95-47-6	100	Effets neurologiques (troubles de la coordination motrice)	IRIS	2003	Korsak et al. (1994), étude subchronique (90 jours) sur des rats exposés par inhalation	Choix ANSES 2020
	Xylènes	1330-20-7	100	Effets neurologiques (troubles de la coordination motrice)	IRIS	2003	Korsak et al. (1994), étude subchronique (90 jours) sur des rats exposés par inhalation	Choix ANSES 2020
			200	Systèmes nerveux (anxiété, ouïe, sensation de flottement) et respiratoire (irritation du nez et de la gorge)	ATSDR	2007	Uchida Y, Nakatsuka H, Ukai H, et al. (1993), étude sur des travailleurs	Choix ANSES 2010 (valeur arrondie à 200 µg/m³)
			217	Système nerveux	ATSDR	2007		
			870	Effets sur le développement et neurotoxicité	RIVM	2001		Choix INERIS 2019 (doc ETS 20-200358-2173530-v1.0 : R1/R2/R3)
			878	Neurotoxicité	OMS	1997		OMS, 1997 (doc 2000, 2e édition), valeur guide
			700	Augmentation de la prévalence d'irritation oculaire, angines, sensation de flottement et faible appétit	OEHA	2000		
			180	Retard fœtal	Santé Canada	1991		Valeur provisoire
			180	Retard fœtal	Santé Canada	1991		Valeur provisoire
	Toluène	108-88-3	19 000	Neurotoxicité (effet critique : troubles de la vision des couleurs)	ANSES	2017	Zavalic et al. (1998), étude épidémiologique de 16 à 18 ans chez des travailleurs	VTR établie par l'ANSES INERIS 2017 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)
			3 000	Effets neurologiques (troubles de la vision des couleurs)	ANSES	2011		ANSES, 01/2011 (Avis de l'ANSES de juin 2011) (0,8 ppm), pour les effets neurotoxiques du toluène (Choix INERIS 2014 (doc 177741-2035498-v1.0 : bilan 2019))
			3 769	Effets neurologiques	ATSDR	2017		
			3 000	Effets neurologiques	IRIS	2005		Plusieurs études sur l'Homme
			3 750	Effets neurologiques	Santé Canada	1991		
			400		RIVM	2001		
			300		OEHA	2000		Ancienne valeur OEHA
			420	Altération de la vision des couleurs acquise (dyschromatopsie)	OEHA	2020		
	Ethylbenzène	100-41-4	1 500	Effet ototoxique (perte de cellules ciliées externes dans l'organe de Corti)	ANSES	2016	Gagnaire et al. (2007), étude de 13 semaines chez le rat	VTR établie par l'ANSES
			1 000	Effets sur le développement	IRIS	1991	Andrew et al., 1981 ; Hardin et al., 191, études de développement sur des rats et des lapins	
			265	Effets rénaux	ATSDR	2010	NTP, 1999, étude sur des rats	
			27 000	Augmentation du poids des organes	OMS	1996		OMS 1996 (doc de 2000, 2e édition), valeur guide
			1 000	Effets sur la foie, les reins et la rate	Santé Canada	2010		
			770	Reins, Foie	RIVM	2000	NTP, 1996, étude sur des rats et des souris	
			2 000	Néphrotoxicité, réduction du poids corporel, hypertrophie de la glande pituitaire, altérations des cellules hépatiques et nécrrose	OEHA	2000		
	Styrène	100-42-5	852,4	Effets neurologiques	ATSDR	2010	Benignus VA, Geller AM, Boyes WK, et al. (2005), étude chronique sur l'Homme	Choix INERIS 2011 (doc 177741-2035498-v1.0 : bilan 2019)
			1 000	Effets sur le SNC	IRIS	1993	Mutti et al. (1994), étude sur des travailleurs	Valeur arrondie à 860 µg/m³ par l'INERIS
			92		Santé Canada	1993		
			900	Effets mineurs sur le système nerveux central	RIVM	2001	Kishi et al., 1992	
			900	Effets sur le système nerveux central	OEHA	2000	Mutti et al., 1994	
	1,3-Butadiène	106-99-0	2,0	Atrophie ovarienne	ANSES	2022	NTP (1993), étude de 2 ans sur des souris	Valeur identique à celles de l'IRIS et de l'OEHA. Valeur reconstruite par l'ANSES en octobre 2022 (Avis du 17 octobre 2022 suite à saisine n°2019-SA-0073)
			2,0	Atrophie ovarienne	OEHA	2013	NTP (1993), supported by Doerr et al. (1996), étude de 2 ans sur des souris	Choix INERIS 2019 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)
	n-Hexane (C6)	110-54-3	3 000	Neurotoxicité (diminution de la vitesse de conduction de l'influx nerveux dans les nerfs moteurs)	ANSES	2014	Huang et al. (1989), étude de 16 semaines sur des rats	VTR construite par l'ANSES Choix INERIS (doc Ineris - 204119 - 2730827 - v1.0 : bilan 2021)
			700	Neuropathie périphérique	IRIS	2005	Huang et al. (1989), étude de 16 semaines sur des rats	
		2 115	Effets neurologiques	ATSDR	1999	Sanagi S, Seki Y, Sugimoto K, Hirata M (1980), étude de 2 ans sur des travailleurs		
		7 000	Neuropathie périphérique (altérations de l'électromyogramme, postures anormales et atrophie musculaire, dose-dépendantes)	OEHA	2000	Myagaki (1967), étude d'1 an sur des souris		
		700	Neuropathie périphérique	Santé Canada	2010	IRIS, 2005 (basé sur Huang et al., 1989)	Valeur provisoire	
Tétrachloroéthylène	127-18-4	400	Diminution de la vision des couleurs	ANSES	2017	Cavalleri et al., 1994, Echeverria et al., 1995, études sur des travailleurs	VTR construite par l'ANSES, Choix INERIS 2018 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)	
		40	Neurotoxicité (altération des temps de réaction, de la fonction cognitive et de la vision des couleurs)	IRIS	2012	Cavalleri et al., 1994, Echeverria et al., 1995, études sur des travailleurs		
		41	Effets neurologiques	ATSDR	2019	Cavalleri et al., 1994, Echeverria et al., 1995, études sur des travailleurs		
		40	Neurotoxicité (altération des temps de réaction, de la fonction cognitive et de la vision des couleurs)	Santé Canada	2021	Cavalleri et al., 1994, Echeverria et al., 1995, études sur des travailleurs	Même Valeur que l'US-EPA	
		35	Système alimentaire (foie) et rein	OEHA	1991		Valeur reconstruite sur une ancienne valeur de l'US-EPA	
		250	Effets rénaux	RIVM	2001	Mutti et al., 1992, étude sur des travailleurs	Valeur guide OMS 2000	
Trichloroéthylène	79-01-6	3 200	Effet rénal (caryomégalie et cytomégalie des cellules tubulaires rénales)	ANSES	2018	Maltoni et al., 1986 (Etude sur des rats mâles)	Choix INERIS 2022 (portail)	
		2		ATSDR	2019		Même valeur que pour la VTR intermédiaire	
		2		IRIS	2011			
		600	Système nerveux et yeux	OEHA	2000			
		200	Effets hépatiques	RIVM	2001	Baars et al., 2001	VTR draft pour cause de données insuffisantes	
		2	Toxicité développementale (malformations cardiaques fœtales) et immunotoxicité (diminution du poids du thymus)	Santé Canada	2011	Keil et al., 2009 ; Johnson et al., 2003	Même Valeur que l'US-EPA	
Dichlorométhane	75-09-2	600	Effets hépatiques	IRIS	2011	Nitschke et al., 1988, étude sur des rats	Choix INERIS 2023 (portail)	
		1 042	Effets hépatiques	ATSDR	2000	Nitschke et al., 1988, étude sur des rats	Choix INERIS 2011 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)	
		600	Hépatotoxicité (vacuolisation hépatique)	Santé Canada	2021	Nitschke et al., 1988, étude sur des rats	Même Valeur que l'US-EPA	
		400	Systèmes cardiovasculaires et nerveux	OEHA	2000	DIVINCENZO et Kaplan, 1981, étude sur des travailleurs		
		3 000	Neurotoxicité et augmentation du niveau de COHB dans le sang	RIVM	2001	Etude de l'OMS sur des humains volontaires	Valeur guide OMS 2000	
1,1,2-Trichloroéthane	107-06-2	400	Hépatotoxicité (système alimentaire, foie)	OEHA	2000	Spreafico et al., 1980 étude sur des rats		
	79-00-5	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible	
Quartz	14808-60-7	3	Silicose	OEHA	2005	Hnizdo et Sliuz-Cremer (1993) (études sur des mineurs d'or blanc)	Seule VTR dans les bases de données de référence - Valeur non validée par l'ANSES dans son rapport d'expertise	
Silice cristalline		0,27	Prise en compte de l'effet cancérogène	TCEQ	2022	Steenland et al. (2001)	Valeur créée par l'ANSES dans son rapport d'expertise (mais non validée). Valeur prise en compte en incertitude	
Tridymite	15468-32-3	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible	
Cristobalite	14464-46-1	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible	

Famille de substances	Substance	N° CAS	ERU inhalation ((µg/m³)⁻¹)	Effet critique ou organe cible	Source	Date	Etude de référence	Note / Justification
Polluants réglementés	Dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> )	10102-44-0	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible
	Dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> )	7446-09-5	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible
	Poussières de taille inférieure à 10 µm (PM <sub>10</sub> )	PM10	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible
	Poussières de taille inférieure à 2,5 µm (PM <sub>2,5</sub> )	PM2,5	-	-	-	-	-	Pas de VTR retenue
	Benzène	71-43-2	1,60E-06	Leucémie aiguë myéloïde	ANSES	2024	Scholten et al. 2022	VTR établie par l'ANSES Avis de l'ANSES - Rapport d'expertise collective Le benzène - Juillet 2024
			2,60E-05	Leucémies aiguës	ANSES	2013	Richardson (2008), sur la base de Rinsky et al. (2002), étude de cohorte sur des travailleurs	VTR établie par l'ANSES Choix INERIS 2019 (doc ETS 20-200358-2173530-v1.0 : R1/R2/R3)
			6,00E-06	Leucémie	OMS	2000		AFSSET/ANSES, 05/2008, rapport "Valeurs guides de la qualité de l'air intérieur - Le benzène" (valeur de l'OMS, 2000 et 2010)
			7,80E-06	Leucémie	IRIS	2000		
			2,20E-06	Leucémie	IRIS	2000		
			2,90E-05	Leucémie	OEHA Santé Canada	1985 1991		CRInhal = 20 µg/m³
		3,30E-06					Santé Canada, 10/1991 (docs 1996 et 2010) #, CT <sub>05</sub> = 15 mg/m3	
Eléments Traces Métalliques (ETM)	Arsenic	7440-38-2	1,50E-04	Cancer pulmonaire, cancer respiratoire (chez des travailleurs)	TCEQ	2012	Etude chez des travailleurs	Choix ANSES 2015 (plus récent que le choix INERIS 2010 indiqué dans le bilan 2022)
			4,30E-03	Cancer du poumon	IRIS	1995	Brown et Chu, 1983, a, b, c, Lee-Feldstein, 1983; Higgins, 1982; Enterline et Marsh, 1982	Choix INERIS 2010 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)
			3,30E-03	Cancer du poumon	OEHA Canada	1990 1993	Higgins et al., 1986; Enterline et al., 1987; Jarup et al., 1989	Choix INERIS 2009, As inorganique CT <sub>05</sub> = 7,8 µg/m³, pour l'As et composés inorganiques Document Santé Canada 2021
			6,40E-03	Cancer du poumon	Santé Canada	1993		
			1,50E-03		OMS			
	Antimoine	7440-36-0	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible
	Cadmium	7440-43-9	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible
			3,33E-05					L'ANSES, dans son rapport "Valeur toxicologique de référence pour le cadmium et ses composés - Avis de l'ANSES - Rapport d'expertise collective" de juillet 2012, établit que le cadmium est un génotoxique indirect et qu'il existe un seuil de dose. La CAA élaborée par l'ANSES pour les effets cancérigènes est retenue et aucun ERUI n'est retenu. L'INERIS valide également cette annonce
			4,20E-03	Cancer (poumon)	OEHA Santé Canada	1987 2021		L'ANSES, dans son rapport "Valeur toxicologique de référence pour le cadmium et ses composés - Avis de l'ANSES - Rapport d'expertise collective" de juillet 2012, établit que le cadmium est un génotoxique indirect et qu'il existe un seuil de dose. La CAA élaborée par l'ANSES pour les effets cancérigènes est retenue et aucun ERUI n'est retenu
			4,20E-03	Cancer (poumon)	Santé Canada	2021		Document Santé Canada 2021 Valeur OEHA 2021
Chrome total	Crtot	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible	
Chrome (III)	7440-47-3	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible	
		0,0109		Santé Canada	1999		Pointe Canada, 07/1993 (doc 1996) #, CT <sub>05</sub> = 4,6 mg/m³ Cette valeur est applicable au chrome total contenant du chrome trivalent (Cr(III)) et du chrome hexavalent (Cr(VI)) A consulter exclusivement dans le bilan 2024	
Chrome (VI)	18540-29-9	1,80E-02	Cancer du poumon	IRIS	2024	Gibb et al. (2020), étude sur des travailleurs	Valeur considérant l'ADAF (age-dépendant adjustment factors)	
		4,00E-02	Cancer du poumon	OMS (IARC)	2013	Gibb et al. (2020), étude sur des travailleurs	Choix INERIS 2022 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)	
		6,00E-03		IRIS	2013		Choix ANSES 2015	
		1,50E-01		OEHA Santé Canada	1986 2021		Document Santé Canada 2021	
		7,60E-02	Cancer (poumon)	Santé Canada	2021			
Cobalt	7440-48-4	7,70E-03	Tumeurs pulmonaires	OEHA	2020		Valeur pour le cobalt métallique et les composés insolubles de cobalt	
		1,00E-02	Tumeurs pulmonaires et médullaires (modèle surrénales)	OEHA	2023		Valeur pour les composés solubles de cobalt	
Manganèse	7439-96-5	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible	
Mercure	7439-97-6	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible	
Nickel	7440-02-0	1,70E-04	-	TCEQ	2011		Choix de l'ANSES de 2015 Choix INERIS 2023 (actuel)	
		2,60E-04	Cancer du poumon	OEHA	2011	Chovil et al. (1981); Roberts et al. (1984); Muir et al. (1985), études sur des employés de raffineries	Choix INERIS 2017 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)	
		1,70E-04		TCEQ	2011		Choix de l'ANSES de 2015	
		3,80E-04	Cancer du poumon	OMS	2000		OMS, 2000, 8002 (2nd ed), rhox INERIS 2009	
		2,40E-04	Cancer du poumon	IRIS	1991	Huntington, WV (Enterline and Marsh, 1982), étude sur des employés de raffinerie; modèle d'extrapolation additif et multiplicatif	Refinery dust, choix ANSES 2010 ??	
		7,10E-04	Décès par cancer du poumon	Santé Canada	2006	Doll et al., 1990	Nickel soluble	
		1,30E-03	Cancer (poumon, nez, reins, prostate et cavité buccale)	Santé Canada	?	EC et SC (1994) et SC (1996, basé sur Doll et coll., 1990), étude épidémiologique en milieu professionnel	Document Santé Canada 2021	
		1,00E-02	Tumeurs rénales chez le rat	OEHA	1997	Azar et al. (1973), étude de 2 ans sur des rats (ingestion)	Choix INERIS 2013 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)	
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)	Naphtalène	91-20-3	5,60E-06	Neuroblastomes de l'épithélium olfactif	ANSES	2013	NTP (2000), étude chronique (2 ans) sur des rats exposés par inhalation	ANSES, 05/2013 (Avis de l'ANSES d'octobre 2013) Choix INERIS 2014 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022) et 2019 (doc ETS 20-200358-2173530-v1.0 : R1/R2/R3)
			6,00E-07		IRIS, INERIS	2017, 2006		Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur la VTR du benzo(a)pyrène établie par l'IRIS en 2017
			1,10E-06		OEHA, INERIS	1999, 2006		INERIS, 12/2003, document "HAPS" (MAJ 01/2006), anciennement basée sur l'ancienne VTR OEHA du B(a)P + FET
			3,40E-05	Adénomes de l'épithélium respiratoire et neuroblastomes de l'épithélium olfactif	OEHA	2004		Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur la VTR du benzo(a)pyrène établie par l'IRIS en 2017
	Acénaphthène	83-32-9	6,00E-07	-	IRIS, INERIS	2017, 2006		Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur la VTR du benzo(a)pyrène établie par l'IRIS en 2017
			1,10E-06		OEHA, INERIS	1999, 2006		INERIS, 12/2003, document "HAPS" (MAJ 01/2006), anciennement basée sur l'ancienne VTR OEHA du B(a)P + FET
	Acénaphthylène	208-96-8	6,00E-07	-	IRIS, INERIS	2017, 2006		Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur la VTR du benzo(a)pyrène établie par l'IRIS en 2017
			1,10E-06		OEHA, INERIS	1999, 2006		INERIS, 12/2003, document "HAPS" (MAJ 01/2006), anciennement basée sur l'ancienne VTR OEHA du B(a)P + FET
	Anthracène	120-12-7	6,00E-06	-	IRIS, INERIS	2017, 2006		Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur la VTR du benzo(a)pyrène établie par l'IRIS en 2017
			1,10E-05		OEHA, INERIS	1999, 2006		INERIS, 12/2003, document "HAPS" (MAJ 01/2006), anciennement basée sur l'ancienne VTR OEHA du B(a)P + FET
Benzo(a)anthracène	56-55-3	6,00E-05	-	IRIS, INERIS	2017, 2006		Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur la VTR du benzo(a)pyrène établie par l'IRIS en 2017	
		1,10E-04		OEHA	1999		Choix INERIS 2018 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)	
		1,10E-04		OEHA, INERIS	1999, 2006		INERIS, 12/2003, document "HAPS" (MAJ 01/2006), anciennement basée sur l'ancienne VTR OEHA du B(a)P + FET	
		7,10E-04	Cancers du poumon	OMS	1999		OMS, 1999 (doc 2000, 2e édition, moyenne arithmétique [(1,2-13)-10-4])	
Benzo(a)pyrène	50-32-8	6,00E-04	Systèmes gastro-intestinal et respiratoire (néoplasies des cellules squameuses dans le larynx, le pharynx, la trachée, la cavité nasale, l'estomac et l'oesophage)	IRIS	2017	Thyssen et al., 1981, étude de 130 semaines sur des hamsters	Choix INERIS 2018 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)	
		8,70E-02	Cancers du poumon	OMS	1999		OMS, 1999, valeur guide (doc 2000, 2e édition)	
		1,10E-03	Tumeurs du tractus respiratoire	OEHA	1999		Choix ANSES 2010, antérieur à la partition de la VTR IRIS	
		3,33E-05		Santé Canada	1993		Santé Canada, 07/1993 (doc 1996), CT <sub>05</sub> = 1,4 mg/m³	
		6,00E-04	Cancer (voies gastro-intestinales supérieures et voies respiratoires supérieures (néoplasie des cellules squameuses du larynx, du pharynx, de la trachée, de la cavité nasale, de l'oesophage et du sub-estomac))	Santé Canada	2021		Document Santé Canada 2021, valeur IRIS	
		1,10E-03		OEHA, INERIS	1999, 2006		INERIS, 12/2003, document "HAPS" (MAJ 01/2006), anciennement basée sur l'ancienne VTR OEHA du B(a)P + FET	
Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	6,00E-05	-	IRIS, INERIS	2017, 2006		Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur la VTR du benzo(a)pyrène établie par l'IRIS en 2017	
		1,10E-04		OEHA, INERIS	1999, 2006		INERIS, 12/2003, document "HAPS" (MAJ 01/2006), anciennement basée sur l'ancienne VTR OEHA du B(a)P + FET	
		1,10E-04		OEHA, INERIS	1999, 2006		INERIS, 12/2003, document "HAPS" (MAJ 01/2006), anciennement basée sur l'ancienne VTR OEHA du B(a)P + FET	
		1,04E-02	Cancers du poumon	OMS	1999		OMS, 1999 (doc 2000, 2e édition, moyenne arithmétique [(0,87-1,2)-10-2])	
		1,87E-06		Santé Canada	1993		Santé Canada, 07/1993 (doc 1996) #, CT <sub>05</sub> = 26,7 mg/m³	
Benzo(g,h,i)peryène	191-24-2	6,00E-06	-	IRIS, INERIS	2017, 2006		Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur la VTR du benzo(a)pyrène établie par l'IRIS en 2017	
		1,10E-05		OEHA, INERIS	1999, 2006		INERIS, 12/2003, document "HAPS" (MAJ 01/2006), anciennement basée sur l'ancienne VTR OEHA du B(a)P + FET et choix INERIS 2011 (DRC-18-170856-116274)	
Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	6,00E-05	-	IRIS, INERIS	2017, 2006		Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur la VTR du benzo(a)pyrène établie par l'IRIS en 2017	
		1,10E-04		OEHA	1999		Choix INERIS 2018 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)	
		1,10E-04		OEHA, INERIS	1999, 2006		INERIS, 12/2003, document "HAPS" (MAJ 01/2006), anciennement basée sur l'ancienne VTR OEHA du B(a)P + FET	
		4,79E-03	Cancers du poumon	OMS	1999		OMS, 1999 (doc 2000, 2e édition, moyenne arithmétique [(8,7-87)-10-4])	
		1,25E-06		Santé Canada	1993		Santé Canada, 07/1993 (doc 1996) #, CT <sub>05</sub> = 40 mg/m³	
Chrysène	218-01-9	6,00E-06	-	IRIS, INERIS	2017, 2006		Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur la VTR du benzo(a)pyrène établie par l'IRIS en 2017	
		1,10E-05		OEHA	1999		Choix INERIS 2018 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)	
		1,10E-05		INERIS, OEHA	2006, 2009		INERIS 12/2003, document "HAPS" (MAJ 01/2006), anciennement basée sur l'ancienne VTR OEHA du B(a)P + FET et choix INERIS 2011 (DRC-18-170856-116274)	
Dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	6,00E-04	-	IRIS, INERIS	2017, 2006		Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur la VTR du benzo(a)pyrène établie par l'IRIS en 2017	
		1,20E-03	Carcinomes pulmonaires alvéolaires	OEHA	1999		Choix INERIS 2018 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)	
		1,10E-03		INERIS, OEHA	2006, 2009		INERIS 12/2003, document "HAPS" (MAJ 01/2006), anciennement basée sur l'ancienne VTR OEHA du B(a)P + FET	
		2,56E-01	Cancers du poumon	OMS	1999		OMS, 1999 (doc 2000, 2e édition, moyenne arithmétique [(1,7-4,5)-10-2])	
Fluoranthène	206-44-0	6,00E-07	-	IRIS, INERIS	2017, 2006	Nisbet & LaGoy (1992) revu par INERIS (2003 - rev. 2006)	Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur la VTR du benzo(a)pyrène établie par l'IRIS en 2017	
							Choix INERIS 2018 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)	

Famille de substances	Substance	N° CAS	ERU inhalation ((µg/m³)⁻¹)	Effet critique ou organe cible	Source	Date	Etude de référence	Note / Justification
Familie de substances			1,10E-06		INERIS OEHA	2006 2009		INERIS 12/2003, document "HAPs" (MAJ 01/2006), anciennement basée sur l'ancienne VTR (GVAI du B/aIP + FET)
			4,79E-04	Cancers du poulmon	OMS	1999		OMS, 1999 (doc 2000, 2e édition), moyenne arithmétique [(8,7-87).10-5]
	Fluorène	86-73-7	6,00E-07	-	IRIS, INERIS	2017, 2006		Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur la VTR du benzo(a)pyrène établie par l'IRIS en 2017 Choix INERIS 2018 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)
			1,10E-06		INERIS OEHA	2006 2009		INERIS 12/2003, document "HAPs" (MAJ 01/2006), anciennement basée sur l'ancienne VTR (GVAI du B/aIP + FET)
	Indéno(1,2,3)pyrène	193-39-5	6,00E-05	-	IRIS, INERIS	2017, 2006		Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur la VTR du benzo(a)pyrène établie par l'IRIS en 2017 Choix INERIS 2018 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)
			1,10E-04		OEHA	1999		INERIS 12/2003, document "HAPs" (MAJ 01/2006), anciennement basée sur l'ancienne VTR (GVAI du B/aIP + FET)
			1,10E-04		OEHA	2009		INERIS 12/2003, document "HAPs" (MAJ 01/2006), anciennement basée sur l'ancienne VTR (GVAI du B/aIP + FET)
			1,30E-02	Cancers du poulmon	OMS	1999		OMS, 1999 (doc 2000, 2e édition), moyenne arithmétique [(5,8-20,2).10-3]
			3,76E-06		Santé Canada	1993		Santé Canada, 07/1993 (doc 1996) *, CT <sub>100</sub> = 13,3 mg/m³
	Phénanthrène	85-01-8	6,00E-07	-	IRIS, INERIS	2017, 2006		Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur la VTR du benzo(a)pyrène établie par l'IRIS en 2017 Choix INERIS 2018 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)
			1,10E-06		INERIS OEHA	2006 2009		INERIS 12/2003, document "HAPs" (MAJ 01/2006), anciennement basée sur l'ancienne VTR (GVAI du B/aIP + FET)
	Pyrène	129-00-0	6,00E-07	-	IRIS, INERIS	2017, 2006		Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur la VTR du benzo(a)pyrène établie par l'IRIS en 2017 Choix INERIS 2018 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)
			1,10E-06		INERIS OEHA	2006 2009		INERIS 12/2003, document "HAPs" (MAJ 01/2006), anciennement basée sur l'ancienne VTR (GVAI du B/aIP + FET)
	Benzo(e)pyrène	192-97-2	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible
	HAP totaux	HAP	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible
Mélange HAP		8,70E-05	Cancer du poulmon	OMS	2010		OMS, valeurs guides pour la qualité de l'air intérieur, 2010 : ERU exprimé en B/aIP	
Composés Organiques Volatils (COV)	Toluène	108-88-3	2,50E-06	Tumeurs rénales	OEHA	2007	NTP (1999) étude sur des rats	Pas de VTR disponible
	Éthylbenzène	100-41-4	2,50E-06	Tumeurs rénales	OEHA	2007	NTP (1999) étude sur des rats	Pas de VTR disponible
			-	-	-	-	-	Pas de valeur retenue par l'INERIS 2017 et 2019 - La VGAI de l'ANSES est construite pour des effets à seuil
	m+p-Xylènes	108-38-3	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible
	o-Xylène	95-47-6	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible
	Xylènes	1330-20-7	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible
	Styrène	100-42-5	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible
	1,3-Butadiène	106-99-0	2,43E-07	Mortalité par leucémies lymphoïdes chroniques ; tumeurs lymphoïdes ; leucémies totales	ANSES	2022	Sathikumar et al. 2005	Choix ANSES, Avis du 17 octobre 2022 suite à saisine n°2019-SA-0073
			3,00E-05	Leucémie	IRIS	2002		Choix INERIS 2019 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022 et doc ETS 20-200358-2173530-v1.0 : R1/R2/R3)
			1,70E-04	Tumeurs du poulmon avéolaires et bronchiolaires	OEHA	2008	Melnick et al. (1990), étude de 60 ou 61 semaines sur des souris	Choix INERIS 2011
			5,88E-06	Leucémie	OMS	2001		OMS, CICAD n°30, 2001, TC <sub>10</sub> = 1,7 mg/m³
			5,88E-06	Leucémie	(CCAC) Santé Canada	1998		Santé Canada, 04/1998 (doc 2004), CT <sub>100</sub> = 1,7 mg/m³
			1,30E-05	Leucémie	IRIS, INERIS	2002, 2009		INERIS 03/2009 "Point sur les Valeurs Toxicologiques de Référence" : étape 1 de la démarche de l'USEPA (IRIS, 11/2009) p
	n-Hexane (C6)	110-54-3	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible
	Tétrachloroéthylène	127-18-4	2,60E-07	Adénomes et carcinomes hépatocellulaires	ANSES	2017	JISA 1993, étude sur des souris	VTR construite par l'ANSES, Choix INERIS 2018 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)
			2,60E-07	Adénomes et carcinomes hépatocellulaires	ANSES	2017	JISA 1993, étude sur des souris	
			6,10E-06	Adénomes et carcinomes hépatocellulaires	OEHA	2016	NTP 1986 et JISA 1993, études sur des rats et des souris	
	Trichloroéthylène	79-01-6	1,00E-06	Effets hématologiques, népatiques et urinaires	ANSES	2018		Choix INERIS 2023 (portail)
			4,80E-06	Effets hématologiques, népatiques et urinaires	IRIS	2011	Charbotel et al., 2006, EPA, 2011, Raaschou-Nielsen et al., 2003	Même valeur que l'US-EPA
			2,00E-06	Effets hépatiques et respiratoires	OEHA	1990		
	Dichlorométhane	75-09-2	1,70E-08	Effets hépatiques et respiratoires	IRIS	2011	Menear et al., 1988, NTP 1986	
			1,00E-06	Tumeurs pulmonaires	Santé Canada	2021	Menear et al., 1988, NTP 1986	
			1,00E-06	Tumeurs pulmonaires	OEHA	1989	NTP 1986, étude sur des souris	
	1,2-Dichloroéthane	107-06-2	3,40E-06	Augmentation des incidences des tumeurs des glandes mammaires	ANSES	2009	Nagano et al., 2006, étude sur des rats et souris	VTR construite par l'ANSES, Elaboration des VTR cancérogène par voie inhalée pour le 1,2-dichloroéthane, 2017 Choix de l'INERIS 2009
			2,10E-05	Effets hépatiques	OEHA	1985		
1,1,2-Trichloroéthane	79-09-5	1,60E-05	Effets hépatiques - Carcinome hépatocellulaire	IRIS	1988	NCI 1978		
		1,60E-05	Effets hépatiques	OEHA	1999	Etude sur des souris		
Silice cristalline	Quartz	14808-60-7	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible
	Tridymite	15468-32-3	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible
	Cristobalite	14464-46-1	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible

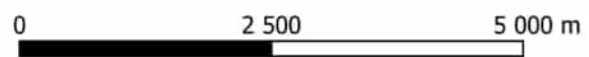
Famille de substances	Substance	N° CAS	ERU inhalation ((µg/m <sup>3</sup> )*h)	Effet critique ou organe cible	Source	Date	Etude de référence	Note / Justification
Composés de combustion	Dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> )	7446-09-5	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible
	Monoxyde de carbone (CO)	630-08-0	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible
	Dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> )	10102-44-0	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible
	Poussières de taille inférieure à 10 µm (PM <sub>10</sub> )	PM10	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible
	Poussières de taille inférieure à 2,5 µm (PM <sub>2,5</sub> )	PM2,5	1,28E-02	Décès toutes causes non accidentelles	ANSES	2024	Strak et al. : Analyse poolée de 8 cohortes européennes réalisée dans le cadre du projet ELAPSE	VTR établie par l'ANSES - Avis complété de l'Anses - Rapport actualisé d'expertise collective - Les particules de l'air ambiant extérieur - Septembre 2024

Famille de substances	Substance particulaire	N° CAS	DJA chronique (mg/kg/j)	Effet critique ou organe cible	Source	Date	Etude de référence	Note / Justification							
Éléments Traces Métalliques (ETM)	Antimoine	7440-36-0	0,006	Effet critique : diminution du poids corporel et de l'appétit	OMS	2003	Poon et al. (1998), étude de 90 jours sur des rats	Choix ANSES 2016 (Etude de l'Alimentation Totale Infantile, 2016) Choix INERIS 2021 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)							
			0,0004	Longévité, glycémie et cholestérol	IRIS	1991	Schroeder et al. (1970), étude chronique sur des rats	Choix INERIS 2009 (fiche tox) et 2019 (doc ETS 20-200358-2177864-v1.0) et valeur la plus néalisante							
			0,006	Effet critique : diminution du poids corporel et de l'appétit	OMS	2003	Poon et al. (1998), étude de 90 jours sur des rats	Choix ANSES 2016 (Etude de l'Alimentation Totale Infantile, 2016)							
			0,0005	Effets sur le métabolisme	ATSDR	2019		VTR subchronique pour des expositions de 14 à 365 jours							
			1,0	Effets hépatotoxiques	ATSDR	2019		VTR aiguë pour des expositions de 1 à 14 jours							
			0,0060	Effets sur la prise de poids et la consommation d'eau et de nourriture	RIVM	2009		VTR valable pour les composés solubles de l'antimoine (les composés insolubles de l'antimoine sont significativement moins toxiques)							
			0,00006	Maladie cardiaque ischémique et diabète de type 2	IRIS	2025		Plusieurs études sur des humains							
			0,0005	Système cutané	FoBiG	2007	FoBiG (Institut de recherche et de conseil pour les substances dangereuses, Allemagne), étude de transverse de plus de 10 000 personnes	VTR pour l'arsenic inorganique							
			0,0003	Effets cutanés	ATSDR	2007	Tseng (1977) et Tseng et al. (1968)	OMS; JECFA; 1988; (PMTI) = 0,015 mg/kg/semaine; valeur provisoire, supprimée en 2011							
			0,0003	Hyperpigmentation, kératose et complications vasculaires nosibles	IRIS	1991	Tseng (1977) et Tseng et al. (1968)	VTR pour l'As inorganique							
	0,0003		OMS- (JECFA)	1988											
	0,0010		RIVM	2001		VTR pour l'As inorganique									
	0,000035	Diminution des fonctions intellectuelles chez des enfants de 10 ans	OEHA	2008											
	Cadmium	7440-43-9	0,00035	Risque d'ostéoporose ou de fractures osseuses	ANSES	2017/2019	Engström et coll. (2011 et 2012) et modélisation PBPK	ANSES, rapport de novembre 2017 "Propositions de valeurs toxicologiques de référence par ingestion, de valeurs sanitaires repères dans les milieux biologiques (sang, urines, ...)" -> VTR construite par ANSES et remplacé le choix de l'ANSES de 2016 (VTR EFSA : 0,00035 mg/kg/j) Choix INERIS 2020 (doc ETS 20-200358-2177864-v1.0) Choix INERIS 2014 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022) et 2018 (DRC-18-18-173500-10929A : R1/R2/R3, non retenu en 2019 car valeur ANSES) (2,5 µg/kg/semaine) Choix ANSES (Etude de l'Alimentation Totale Infantile, 2016)							
				0,00036	Système rénal (effets tubulaires)	EFSA	2009	Amzal et coll., 2009	VTR chronique pour des expositions > 365 jours						
				0,0001	Effets rénaux	ATSDR	2012	Kielstrom et Nordhara (1978)	VTR subchronique pour des expositions de 14 à 365 jours						
				0,0005	Effets musculo-squelettiques	ATSDR	2012		Choix INERIS 2013 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022) pour une exposition subchronique						
				0,0010	Système rénal (néphrotoxicité)	IRIS	1991		VTR pour une exposition sur ingestion d'eau						
				0,0005	Système rénal (néphrotoxicité)	IRIS	1991		VTR pour une exposition sur ingestion d'eau						
				0,00050	Effets rénaux	RIVM	2001		Choix INERIS 2009						
				0,00001		OEHA	2005		VTR pour les enfants (Child-Specific Reference Dose)						
				0,00083	Valeur basée sur la relation entre l'excrétion dans l'urine de la β2-microglobuline et du cadmium	OMS (JECFA)	2010	Amzal et coll. (2009) adapté (demi-vie Cd)	OMS, GDWQ, 2011 (PMTI = 25 µg/kg/mois), valeur provisoire						
				0,0010		OMS- (JECFA)	2005		OMS- JECFA- 2005; (PMTI) (7 µg/kg/semaine); retirée (cf. doc GDWQ-2021)						
	0,00080		Santé Canada	2005		Valeur provisoire, valeur OMS 2011									
	Chrome total	Crot	-	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible						
				Chrome (III)	7440-47-3	0,005	Absence d'effet	RIVM	2001	Baars et al. (2001) ; ATSDR (1998), étude sur des rats (et Vermeire et al. (1991))	Choix INERIS 2022 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022) pour les composés insolubles du chrome - Choix le plus pénalisant parmi les valeurs sélectionnées par l'INERIS dans son expertise de 2017 (entre sels solubles et insolubles)				
							0,30		EFSA	2014		Choix ANSES 2016 (Etude de l'Alimentation Totale Infantile, 2016) Choix INERIS 2022 pour les sels insolubles du chrome III (doc Ineris-206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)			
							1,50	Absence d'effet	IRIS	1998		Choix INERIS de 2017 pour les sels insolubles du chrome (DRC-18-170856-11674A) et ex-2018 (DRC-18-18-173500-10929A : R1/R2/R3)			
							5,00		RIVM	2001		Cr métal et sels insolubles			
							0,001		Santé Canada	2006		Valeur pour le chrome total			
							1,50	Aucun effet observé quelle que soit la dose	Santé Canada	2021		Document Santé Canada 2021, valeur IRIS 1998			
							Chrome VI	18540-29-9	0,0009	Système gastrique (effet critique : hyperplasie diffuse de l'épithélium du duodénum)	ATSDR	2012	NTP (2008), étude de 2 ans sur des rats et des souris	Choix INERIS 2017 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022) et 2019 (doc ETS 20-200358-2177864-v1.0)	
										0,001		ATSDR	2008		Choix ANSES 2012 (BOD) = ancienne valeur ATSDR
										0,005	Pas d'effets	RIVM	2001		Choix INERIS 2009
	0,020	Pas d'effets (une autre étude a montré des effets sur les globules rouges : diminution du volume nichulatoire et de l'hémoglobine)	OEHA							2000		Valeur pour les composés solubles du CrVI			
	0,001		Santé Canada	2006											
	0,002	Toxicité gastrointestinale (hyperplasie épithéliale diffuse de l'intestin grêle)	Santé Canada	2021		Document Santé Canada 2021									
	Cobalt	7440-48-4	0,0015	Effets sur le muscle cardiaque	AFSSA (ANSES)	2010					Choix ANSES 2016 (Etude de l'Alimentation Totale Infantile, 2016) et INERIS 2019 (doc ETS 20-200358-2177864-v1.0)				
				0,0014	Cardiomyopathie	RIVM				2001	Multiplés études	Ancien choix INERIS 2018 (DRC-18-18-173500-10929A : R1/R2/R3) et valeur la plus néalisante			
				0,010	Rétention du cuivre par le foie et hépatotoxicité	ATSDR				2004		VTR subchronique pour des expositions de 14 à 365 jours			
				0,43	Toxicité gastrointestinale et hépatotoxicité (fonction hépatique)	Santé Canada				2021	SC, 2019a (basé sur Olivares et coll., 1998)	Document Santé Canada 2021			
				0,15		EFSA	2008/2018	Etude subchronique sur des rats	Choix INERIS 2019 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022) et doc ETS 20-200358-2177864-v1.0)						
				0,14	Système hépatique	RIVM	2001	Baars et al. (2001) ; ATSDR (1990), étude chronique sur des souris (et Vermeire et al. (1991))	Choix INERIS 2009 et ex-2018 (DRC-18-18-173500-10929A : R1/R2/R3) une valeur OMS existe mais elle est provisoire						
				0,50		OMS (JECFA)			OMS, JECFA, 1982, (PMTD1), valeur provisoire						
				0,02	Effets gastroentérologiques chez les femmes	ATSDR	2022	Pizarro et al. 1999, étude menée sur des Hommes	VTR subchronique pour des expositions de 14 à 365 jours, valeur provisoire						
				0,02	Effets gastroentérologiques chez les femmes	ATSDR	2022	Pizarro et al. 1999, étude menée sur des Hommes	VTR aiguë pour des expositions de 1 à 14 jours, valeur provisoire						
				Manganèse	7439-96-5	0,047	Nécroses cellulaires	IRIS	1995	NRC (1989) ; Freeland-Graves et al. (1987) ; WHO, 1973, études chroniques sur l'homme	Choix ANSES 2016 (Etude de l'Alimentation Totale Infantile, 2016) et INERIS 2019 (doc ETS 20-200358-2177864-v1.0)				
	0,140	Nécroses cellulaires ; effets sur le système nerveux central	IRIS				1995		Ancien choix INERIS 2018 (DRC-18-18-173500-10929A : R1/R2/R3) et valeur la plus néalisante						
	0,055	Effets sur le développement du système nerveux	INSPQ (Canada)				2017	Kern, Stanwood, et Smith (2010) ; Kern et Smith (2011), Beaudin, Nisam, et Smith (2013) ; Beaudin et al. (2017), études d'exposition prénatale sur le rat	Choix INERIS 2011 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022) Valeur pour une exposition alimentaire						
	0,06	Valeur basée sur la neurotoxicité basée de l'appétit-quotidien en manganèse, égal à 11 mg/kg-jour d'apport de consommation et basé sur la toxicité neuro-développementale	OMS				2003		Valeur supprimée dans le GDWQ 2011 Choix INERIS 2011						
	0,03		OEHA				2006		Valeur définie pour l'enfant (Child-Specific Reference Dose)						
	0,01	Effets sur le développement du système nerveux	Santé Canada				2010		0-6 ans - 0,136 mg/kg/j 6-6 ans - 0,136 mg/kg/j 6-11 ans - 0,132 mg/kg/j 11-16 ans - 0,132 mg/kg/j 16-18 ans - 0,132 mg/kg/j 18-24 ans - 0,132 mg/kg/j						
	0,025	Toxicité neurodéveloppementale	Santé Canada				2021		Document Santé Canada 2021						
	Mercure	7439-97-6	0,00057				Systèmes rénal, hépatique, immunologique, nerveux, reproductif et développement	OMS (JECFA) EFSA	2011 2012	NTP (1993), étude sur des rats	Choix ANSES 2016 (Etude de l'Alimentation Totale Infantile, 2016) - Valeur OMS : 4 µg/kg/semaine pour le mercure inorganique				
							0,002	Troubles rénaux	OMS (CICAD et GDWQ)	2003	Etude subchronique sur des rats	A noter que l'INERIS a construit une DIA pour le mercure inorganique (0,0106 mg/kg/j) mais le document source est introuvable			
							0,0002		ATSDR	1999		Valeur pour le mercure inorganique (TDI également valable pour le mercure élémentaire)			
				0,30	Effets neurologiques	ATSDR	2022		Choix INERIS 2009						
				0,0007		OMS (JECFA)	1978		Valeur provisoire (PTWI = 5 µg/kg/semaine) pour le mercure total						
				0,00016	Effets auto-immuns au niveau du rein	OEHA	2008		VTR dérivée de la valeur de notabilité						
				0,00056		INERIS	2013		Portail, doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022 et document ETS 20-200358-2177864-v1.0 pour le mercure inorganique - Document source introuvable						
				0,0003	Effets immunitaires (effets auto-immuns)	IRIS	1995	US-EPA (1987), étude subchronique pour des rats	Valeur pour le chlore de mercure (HgCl2, CAS : 7487-94-7) Choix INERIS 2018, VTR la plus pénalisante (doc ETS 20-200358-2177864-v1.0)						
				0,0003	Effets rénaux	Santé Canada	1999	Druet et al. (1978), Bernaudin et al. (1981), études subchroniques sur des rats	Document Santé Canada 2021, valeur IRIS 1995						
				0,0020		RIVM	2001		Valeur pour le mercure inorganique						
	Nickel	7440-02-0	0,0130	Dermatite de contact systémique	EFSA	2020	Update of the risk assessment of nickel in food and drinking water	Valeur pour le mercure inorganique							
				0,003	Système reproducteur et développemental (pertes de foetus)	EFSA	2015	Revue de plusieurs études	Dernière valeur tenue - Choix de l'OMS dans la mise à jour des valeurs guides pour la qualité de l'air notable						
				0,012	LOAL établie après provocation orale chez des patients ayant subi un dosage immunoenzymatique (FAST) et avant l'estomac vide	OMS (GDWQ)	2005		Choix INERIS 2017 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022) et 2019 (doc ETS 20-200358-2177864-v1.0)						
				0,020	Diminution du poids du corps et des organes	IRIS	1996	Ambrose et al., 1976	Choix ANSES 2016 (Etude de l'Alimentation Totale Infantile, 2016)						
				0,050		RIVM	2001	Ambrose et al., 1976	GDWQ 2017						
				0,011	Mortalité prénatale sur 2 générations	OEHA	2005		Valeur pour les sels solubles						
				0,011	Effets sur le développement	OEHA	2012		Choix INERIS 2009						
				0,011		Santé Canada	2010		Valeur développée pour les enfants (Child-Specific Reference Dose)						
				0,011		Santé Canada	2010		Valeur pour le nickel soluble						

Famille de substances	Substance particulaire	N° CAS	DJA chronique (mg/kg/j)	Effet critique ou organe cible	Source	Date	Etude de référence	Note / Justification
	Plomb	7439-92-1	0,00063	Système rénal (augmentation de 10% de la prévalence de la maladie rénale chronique)	Efsa ANSES	2010 2013	VTR dérivée à partir d'études épidémiologiques et du modèle Integrated Exposure Uptake Biokinetic (IEUBK) développé par l'US-EPA (1994) pour l'enfant, et de la formule de Carlisle et al. (1992) pour l'adulte, une plombémie critique de 15 µg/l Cette valeur peut être considérée comme protectrice vis-à-vis des effets sur le système nerveux central chez l'enfant.	ANSES, 2013 Choix INERIS 2013 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)
			0,00050		DGS / HSCP / Efsa	2010		Efsa, 2010, « Scientific Opinion on Lead in Food » Anden choix INERIS 2018 (doc ETS 20-200358-2177864-v1.0)
			1,0 µg/dL sang		OEHA	2007		Child-Specific Reference Dose
			0,00357		GMS- (HECFA)	1999		Choix INERIS 03/2000 (Rapport d'étude: "Point sur les Valeurs Toxicologiques de Référence") Valeur expositive: RfWM = 35 µg/kg/semaine
			0,0036		RIVM	2001		Valeur basée sur une valeur d'apport maximal de 25 µg/kg par semaine
	Zinc	7440-66-6	0,30	Effets hématologiques	IRIS	2005	Yadrick et al. (1989) ; Fischer et al. (1984) ; Davis et al. (2000) ; Milne et al. (2001). études sur l'homme	Choix INERIS 2019 (doc ETS 20-200358-2177864-v1.0) Valeur chronique et subchronique
				Pas d'effet	GMS (JECPA et GDWQ)	1982	Brewer et al. (1967), étude de 4 mois sur des patients souffrant d'escarres	GMS, JECPA, 1982 et GDWQ, 2017 (PMTDI : 0,3-1 mg/kg/j)
					RIVM	2001		
				Diminution de l'activité SODE (indicateur sensible de la teneur en cuivre, reflétant l'utilisation du cuivre et le risque de carence en cuivre) Aucun effet du zinc sur les concentrations sériques de cuivre ou de cholestérol ou autre effet néphrotoxique non testé observé.	Santé Canada	2006/ 2021		Document Santé Canada 2021, 2 études 0-5 ans : 0,49 mg/kg/j 6-4 ans : 0,48 mg/kg/j 5-11 ans : 0,51 mg/kg/j 12-19 ans : 0,54 mg/kg/j 20+ ans : 0,57 mg/kg/j
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)	Naphtalène	91-20-3	0,02	Diminution du poids moyen	IRIS	1998	BCL (1980), étude subchronique sur des rats	Choix INERIS 2014 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022) et 2019 (doc ETS 20-200358-2177864-v1.0)
			0,50	Effets neurologiques	ATSDR	2005		VTR subchronique pour des expositions de 14 à 365 jours
			0,50	Effets neurologiques	ATSDR	2005		VTR aiguë pour des expositions de 1 à 14 jours
			0,04	Perte de poids	RIVM	2001		
	Acénaphthène	83-32-9	0,06	Hépatotoxicité	IRIS	1990		Document Santé Canada 2021, valeur IRIS 1998
								Choix INERIS 2018 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022) et 2019 (doc ETS 20-200358-2177864-v1.0)
	Acénaphthylène	208-96-8	-	-	-	-	Pas de VTR disponible	
	Anthracène	120-12-7	0,30	Pas d'effet observé	IRIS	1990		Choix INERIS 2018 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022) et 2019 (doc ETS 20-200358-2177864-v1.0)
	Benzo(a)anthracène	56-55-3	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible
	Benzo(a)pyrène	50-32-8	0,0003	Développement / changements neuro-comportementaux	IRIS	2017	Chen et al., 2012, étude de toxicité neuro-développementale sur des rats	Choix ANSES 2019 et INERIS 2018 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022) et 2019 (doc ETS 20-200358-2177864-v1.0)
			0,000067	Toxicité neurodéveloppementale	Santé Canada	2021		Document Santé Canada 2021
	Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible
	Benzo(g,h,i)perylene	191-24-2	0,03	Néphrotoxicité	RIVM	2001	Baars et al. (2001) ; TPHCWG (1997)	Choix INERIS 2018 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022) et 2019 (doc ETS 20-200358-2177864-v1.0)
	Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible
	Chrysène	218-01-9	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible
	Dibenzo(a,h)anthracène	53-79-3	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible
	Fluoranthène	206-44-0	0,04	Néphropathie, augmentation du poids du foie, altérations hématologiques et effets cliniques	IRIS	1990	US-EPA (1988), étude de 13 semaines sur des souris	Choix INERIS 2018 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022) et 2019 (doc ETS 20-200358-2177864-v1.0)
	Fluorène	86-73-7	0,04	Diminution des érythrocytes, de l'hémoglobine et de l'hématocrite	IRIS	1990		Choix INERIS 2018 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022) et 2019 (doc ETS 20-200358-2177864-v1.0)
	Indéno(1,2,3-c)pyrène	193-39-5	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible
	Phénanthrène	85-01-8	0,04		RIVM	2001		Choix INERIS 2018 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022) et 2019 (doc ETS 20-200358-2177864-v1.0)
	Pyrène	129-00-0	0,03	Effets rénaux	Santé Canada	2010		Choix INERIS 2018 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022) et 2019 (doc ETS 20-200358-2177864-v1.0) VTR rensee dans le document Santé Canada de 2021
			0,03	Effets rénaux	IRIS	1993		
	Benzo(e)pyrène	192-97-2	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible
	HAP - Mélange de 4 composés	HAP	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible
	HAP - Mélange de 11 composés	HAP	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible

Famille de substances	Substance particulière	N° CAS	ERU ingestion (mg/kg/j) <sup>1</sup>	Effet critique ou organe cible	Source	Date	Etude de référence	Note / Justification
Éléments Traces Métalliques (ETM)	Antimoine	7440-36-0	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible
	Arsenic	7440-38-2	3,17E+01	Cancer de la vessie et du poulmon	IRIS	2025	Plusieurs études sur des humains	VTR Arsenic inorganique
		1,50E+00	Cancer cutané	IRIS	1998	Tseng, 1977 ; Tseng et al., 1968 ; U.S. EPA, 1988. études sur des humains	Choix INERIS 2010 (Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)	
		9,50E+00	-	OEHHH	2000	-	-	
		1,80E+00	-	OEHHH	2009	-	-	
	Cadmium	7440-43-9	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible (Les organismes de référence dont l'ANSES considère que l'action cancérigène du cadmium est liée à un mécanisme à seuil)
	Chrome total	Crot	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible
	Chrome (III)	7440-47-3	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible
	Chrome VI	18540-29-9	2,60E-01	Carcinome épidermoïde ou papillome épidermoïde.	IRIS	2024	Etude sur des rats et souris	Valeur considérant l'ADAF (age-dependent adjustment factors)
		5,00E-01	Adénomes et carcinomes intestinaux	OEHHH	2011/2014	Borneff et al. (1966), étude sur des souris (3 générations)	Choix INERIS 2022 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022) Choix ANSES 2012	
	Cobalt	7440-48-4	-	-	-	-	-	# L'USEPA précise que la cancérogénicité du chrome VI par voie orale ne peut pas être déterminée. Actuellement, aucune donnée dans la littérature ne suggère que le chrome VI est cancérigène par ingestion. En conséquence, aucune dérivation à partir de la VTR "inhalation" n'est faite. Par ailleurs, la valeur de l'OEHHH, choisie par l'INERIS en 2004 et 2007, a été accrue.
	Cuivre	7440-50-8	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible
	Manganèse	7439-96-5	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible
	Mercur	7439-97-6	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible
	Nickel	7440-02-0	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible
Piom	7439-92-1	8,50E-03	Cancers rénaux	OEHHH	2000	Azar et al. (1973), étude de 2 ans sur des rats	Choix INERIS 2013 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022) et 2019 (doc ETS 20-200358-2177864-v1.0)	
Zinc	7440-66-6	-	-	-	-	-	Pas de VTR disponible	
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)	Naphthalène	91-20-3	1,20E-01	Adénome de l'épithéliome respiratoire et neuroblastome de l'épithéliome olfactif	OEHHH	2004	-	Choix INERIS 2014 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022) et 2019 (doc ETS 20-200358-2177864-v1.0) (valeur crête dans la TCDB OEHHH uniquement)
		1,00E-03	-	IRIS, INERIS	2017, 2006	-	-	
	2,00E-04	-	RIVM, INERIS	2001, 2006	-	-	Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur l'ancienne VTR du B(a)P du RIVM 2001	
	Acénaphthène	83-32-9	1,00E-03	-	IRIS, INERIS	2017, 2006	-	Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur la VTR du benzo(a)pyrène établie par l'IRIS en 2017
		2,00E-04	-	RIVM, INERIS	2001, 2006	-	-	Choix INERIS 2018 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)
	2,00E-04	-	RIVM, INERIS	2001, 2006	-	-	Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur l'ancienne VTR du B(a)P du RIVM 2001	
	Acénaphthylène	208-96-8	1,00E-03	-	IRIS, INERIS	2017, 2006	-	Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur la VTR du benzo(a)pyrène établie par l'IRIS en 2017
		2,00E-03	-	RIVM, INERIS	2001, 2006	-	-	Choix INERIS 2018 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)
	2,00E-04	-	RIVM, INERIS	2001, 2006	-	-	Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur l'ancienne VTR du B(a)P du RIVM 2001	
	Anthracène	120-12-7	1,00E-02	-	IRIS, INERIS	2017, 2006	-	Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur la VTR du benzo(a)pyrène établie par l'IRIS en 2017
		2,00E-03	-	RIVM, INERIS	2001, 2006	-	-	Choix INERIS 2018 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)
	2,00E-04	-	RIVM, INERIS	2001, 2006	-	-	Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur l'ancienne VTR du B(a)P du RIVM 2001	
	Benzo(a)anthracène	56-55-3	1,00E-01	-	IRIS, INERIS	2017, 2006	-	Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur la VTR du benzo(a)pyrène établie par l'IRIS en 2017
		2,00E-02	-	RIVM, INERIS	2001, 2006	-	-	Choix INERIS 2018 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)
	1,20E+00	-	OEHHH	2000	-	-	Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur l'ancienne VTR du B(a)P du RIVM 2001	
	2,00E-02	-	RIVM, INERIS	2001, 2006	-	-	C(oral) = 5 µg/ka/l	
	Benzo(a)pyrène	50-32-8	1,00E+00	Système gastro-intestinal (tumeurs de l'estomac, de l'oesophage, de la langue et du larynx)	IRIS	2017	Kroese et al. 2001; Beland and Culp, 1998 ; études de 2 ans sur des animaux	Choix ANSES 2019 et INERIS 2018 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022 et DRC-18-173500-10929A : R1/R2/R3)
		2,00E-01	-	RIVM, INERIS	2001, 2006	-	-	Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur l'ancienne VTR du B(a)P du RIVM 2001
		1,20E+01	Tumeurs gastriques (papillomes et carcinomes malins) (hépato)	OEHHH	1999	-	-	Contable
		2,90E+00	-	OEHHH	2009	-	-	TCDB
		2,00E-01	-	RIVM, INERIS	2001, 2006	-	-	C(oral) = 0,5 µg/ka/l
	2,30E+00	-	Santé Canada	2006	-	-	Santé Canada, 09/2006 (RQEP)	
	1,29E+00	Toxicité du tractus digestif (tumeurs du pré-estomac)	Santé Canada	2021	-	-	Document Santé Canada 2021	
	Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	1,00E-01	-	IRIS, INERIS	2017, 2006	-	Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur la VTR du benzo(a)pyrène établie par l'IRIS en 2017
		2,00E-02	-	RIVM, INERIS	2001, 2006	-	-	Choix INERIS 2018 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)
	1,20E+00	-	OEHHH	2000	-	-	Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur l'ancienne VTR du B(a)P du RIVM 2001	
	2,00E-02	-	RIVM, INERIS	2001, 2006	-	-	C(oral) = 5 µg/ka/l	
	Benzo(g,h,i)peryène	191-24-2	1,00E-02	-	IRIS, INERIS	2017, 2006	-	Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur la VTR du benzo(a)pyrène établie par l'IRIS en 2017
		2,00E-03	-	RIVM, INERIS	2001, 2006	-	-	Choix INERIS 2018 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)
	2,00E-04	-	RIVM, INERIS	2001, 2006	-	-	Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur l'ancienne VTR du B(a)P du RIVM 2001	
	Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	1,00E-01	-	IRIS, INERIS	2017, 2006	-	Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur la VTR du benzo(a)pyrène établie par l'IRIS en 2017
		2,00E-02	-	RIVM, INERIS	2001, 2006	-	-	Choix INERIS 2018 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)
	1,20E+00	-	OEHHH	2000	-	-	Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur l'ancienne VTR du B(a)P du RIVM 2001	
	2,00E-02	-	RIVM, INERIS	2001, 2006	-	-	C(oral) = 5 µg/ka/l	
	Chrysène	218-01-9	1,00E-02	-	IRIS, INERIS	2017, 2006	-	Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur la VTR du benzo(a)pyrène établie par l'IRIS en 2017
		2,00E-03	-	INERIS, RIVM	2006, 2001	-	-	Choix INERIS 2018 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022) repris dans la fiche de données toxicologiques et environnementales du Chrysène (Ineris - 204119 - 2431318 - v1.018/01/2022)
		2,00E-03	-	RIVM, INERIS	2001, 2006	-	-	Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur l'ancienne VTR du B(a)P du RIVM 2001 et Choix INERIS 2011 (DRC-18-170856-11674A)
	1,20E-01	-	OEHHH	2000	-	-	C(oral) = 50 µg/ka/l	
	Dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	1,00E+00	-	IRIS, INERIS	2017, 2006	-	Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur la VTR du benzo(a)pyrène établie par l'IRIS en 2017
		2,00E-01	-	RIVM, INERIS	2001, 2006	-	-	Choix INERIS 2018 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)
	4,10E+00	-	OEHHH	2000	-	-	Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur l'ancienne VTR du B(a)P du RIVM 2001	
	2,00E-01	-	RIVM, INERIS	2001, 2006	-	-	C(oral) = 0,5 µg/ka/l	
	Fluoranthène	206-44-0	1,00E-03	-	IRIS, INERIS	2017, 2006	-	Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur la VTR du benzo(a)pyrène établie par l'IRIS en 2017
		2,00E-04	-	RIVM, INERIS	2001, 2006	-	-	Choix INERIS 2018 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)
	2,00E-03	-	RIVM, INERIS	2001, 2006	-	-	Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur l'ancienne VTR du B(a)P du RIVM 2001	
2,00E-03	-	RIVM, INERIS	2001, 2006	-	-	C(oral) = 50 µg/ka/l		
Fluorène	86-73-7	1,00E-03	-	IRIS, INERIS	2017, 2006	-	Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur la VTR du benzo(a)pyrène établie par l'IRIS en 2017	
	2,00E-04	-	RIVM, INERIS	2001, 2006	-	-	Choix INERIS 2018 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)	
2,00E-04	-	RIVM, INERIS	2001, 2006	-	-	Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur l'ancienne VTR du B(a)P du RIVM 2001		
Indéno(1,2,3)pyrène	193-39-5	1,00E-01	-	IRIS, INERIS	2017, 2006	-	Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur la VTR du benzo(a)pyrène établie par l'IRIS en 2017	
	2,00E-02	-	RIVM, INERIS	2001, 2006	-	-	Choix INERIS 2018 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)	
	1,20E+00	-	OEHHH	2000	-	-	Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur l'ancienne VTR du B(a)P du RIVM 2001	
2,00E-02	-	RIVM, INERIS	2001, 2006	-	-	C(oral) = 5 µg/ka/l		
Phénanthrène	85-01-8	1,00E-03	-	IRIS, INERIS	2017, 2006	-	Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur la VTR du benzo(a)pyrène établie par l'IRIS en 2017	
	2,00E-04	-	RIVM, INERIS	2001, 2006	-	-	Choix INERIS 2018 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)	
2,00E-04	-	RIVM, INERIS	2001, 2006	-	-	Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur l'ancienne VTR du B(a)P du RIVM 2001		
Pyrène	129-00-0	1,00E-03	-	IRIS, INERIS	2017, 2006	-	Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur la VTR du benzo(a)pyrène établie par l'IRIS en 2017	
	2,00E-04	-	RIVM, INERIS	2001, 2006	-	-	Choix INERIS 2018 (doc Ineris - 206779 - 2760836 - v1.0 : Bilan 2022)	
2,00E-04	-	RIVM, INERIS	2001, 2006	-	-	Application du FET recommandé par l'INERIS (2006) sur l'ancienne VTR du B(a)P du RIVM 2001		
2,00E-04	-	RIVM, INERIS	2001, 2006	-	-	C(oral) = 500 µg/ka/l		
Benzo(a)pyrène	192-97-2	?	-	EFSA	2008	-	Pas de VTR disponible	
HAP - Mélange de 4 composés	HAP	0,02	-	RIVM	2001 /	-	Choix ANSES 2016 (Etude de l'Alimentation Totale Infantile, 2016)	
HAP - Mélange de 11 composés	HAP	0,02	-	RIVM / AFESSA	2001 / 2003	-	Choix ANSES 2016 (Etude de l'Alimentation Totale Infantile, 2016)	

## **ANNEXE 3 CARTOGRAPHIE DE LA DISPERSION DU COBALT ISSUE DE LA PHASE 2 DE L'ÉTUDE DE ZONE**



**Légende**

▭ Limite de commune

**Indice moyen ERP/Logement**

▭ 5 - 15

▭ 15 - 25

▭ 25 - 50

▭ 50 - 75

▭ 75 - 100

**Concentration moyenne annuelle en cobalt modélisée (µg/m<sup>3</sup>)**

< 0.005 (5% de la VTR)

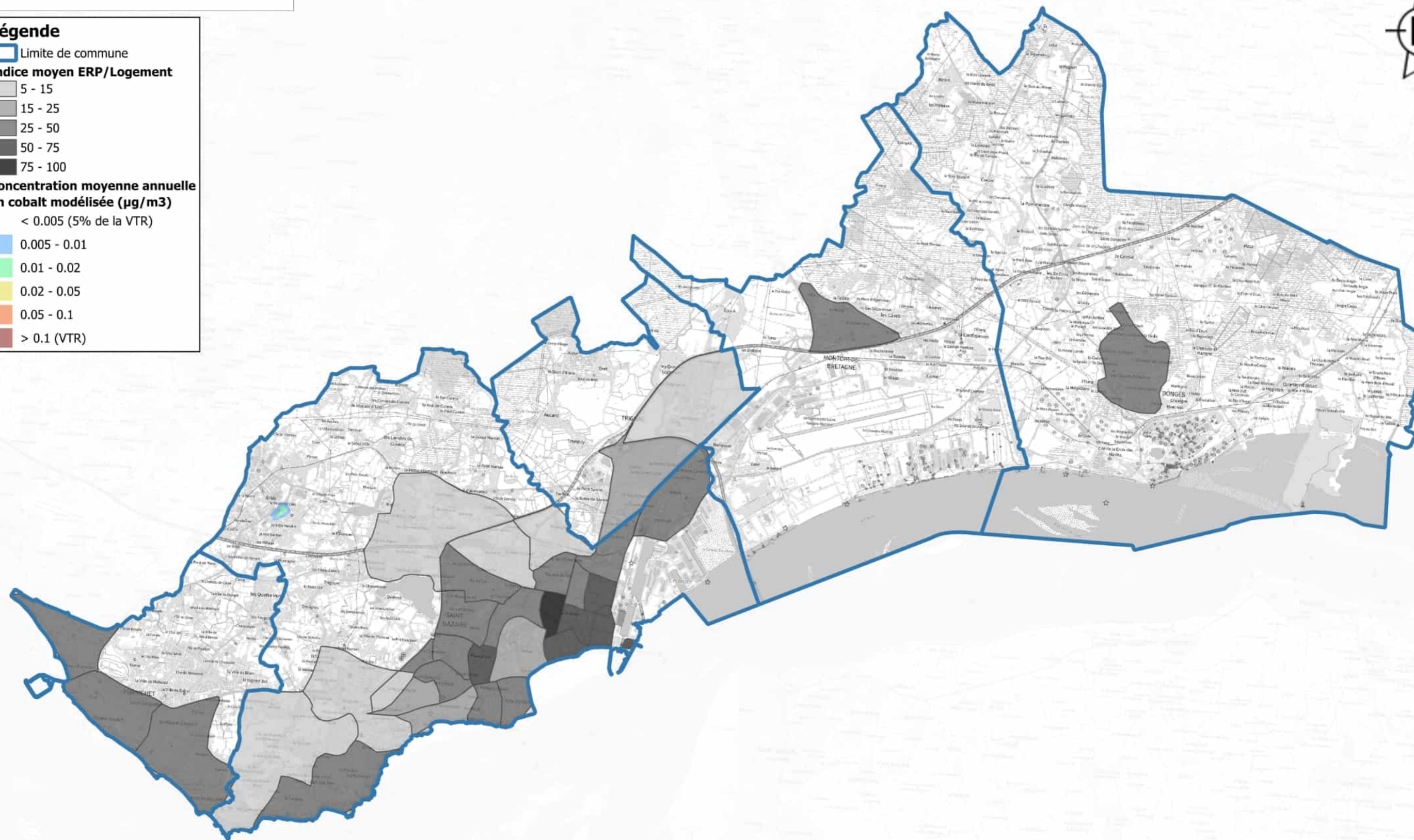
▭ 0.005 - 0.01

▭ 0.01 - 0.02

▭ 0.02 - 0.05

▭ 0.05 - 0.1

▭ > 0.1 (VTR)





**Légende**

● Points de mesures des concentrations dans l'air ambiant

**Concentrations ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

- < 0,001
- 0,001 - 0,005
- 0,005 - 0,01
- 0,01 - 0,02
- 0,02 - 0,05
- 0,05 - 0,1
- >0,1

0 25 50 100 Meters

**ETUDE DE ZONE DE LA CARENE**  
CONCENTRATIONS MOYENNES  
ANNUELLES MODELISEES EN  
COBALT

Saint-Nazaire  
Loire-Atlantique (44)

## **ANNEXE 4**

### **DÉTAIL DES CALCULS DE RISQUE PARTIEL – IEM SOLS**

**RAMBOLL** Interprétation de l'état des milieux - Ingestion de sol de surface

Famille	Composé	N°CAS	B		J		Valeur bruit de fond de référence	Valeurs de gestion		VTR à seuil - CHRONIQUE	VTR sans seuil - CHRONIQUE	QD - Enfant		QD - Adulte		ERI - Enfant		ERI - Adulte		
			0-5 cm	0-30 cm	0-5 cm	0-30 cm		Seuil de mise en vigilance	Valeur d'action rapide			mg/kg/j	(mg/kg/j) <sup>-1</sup>	0-5 cm	0-30 cm	0-5 cm	0-30 cm	0-5 cm	0-30 cm	0-5 cm
Eléments traces métalliques (mg/kg MS)	Antimoine	7440-36-0	<0,5	-	<0,5	0,8	1	-	-	6,00E-03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Arsenic	7440-38-2	6,6	-	7,2	6,2	25	25	70	6,00E-05	3,17E+01	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Cadmium	7440-43-9	0,1	-	0,1	0,1	0,45	0,5	2	3,50E-04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Chrome	7440-47-3	22	-	16	6,2	90	-	-	5,00E-03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Chrome VI	18540-29-9	<0,50	-	<0,50	<0,50	-	-	-	9,00E-04	2,60E-01	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Cobalt	7440-48-4	7,3	-	5,1	1,1	23	-	-	1,50E-03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Cuivre	7440-50-8	16	-	19	9,5	20	-	-	7,00E-02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Manganèse	7439-96-5	230	-	300	220	1500	-	-	4,67E-02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Mercuré	7439-97-6	<0,05	-	<0,05	<0,05	0,1	0,5	3	5,71E-04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Nickel	7440-02-0	12	-	9,5	2,4	60	-	-	1,30E-02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Plomb	7439-92-1	57	-	40	26	50	100	300	6,30E-04	8,50E-03	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Zinc	7440-66-6	140	-	92	53	100	-	-	3,00E-01	-	2,97E-03	-	3,31E-04	-	-	-	-	-	
HAP (mg/kg MS)	Naphtalène	91-20-3	<0,050	-	<0,050	<0,050	0,002	-	-	2,00E-02	1,20E-01	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Acénaphthylène	208-96-8	<0,050	-	<0,050	<0,050	-	-	-	-	1,00E-03	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Acénaphthène	83-32-9	<0,050	-	<0,050	<0,050	-	-	-	6,00E-02	1,00E-03	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Fluorène	86-73-7	<0,050	-	<0,050	<0,050	0,005	-	-	4,00E-02	1,00E-03	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Phénanthrène	85-01-8	0,22	-	0,15	<0,050	0,02	-	-	4,00E-02	1,00E-03	3,50E-05	-	3,91E-06	-	1,20E-10	-	6,70E-11	-	
	Anthracène	120-12-7	<0,050	-	<0,050	<0,050	0,01	-	-	3,00E-01	1,00E-02	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Fluoranthène	206-44-0	0,75	-	0,44	0,073	0,04	-	-	4,00E-02	1,00E-03	1,19E-04	-	1,33E-05	-	4,09E-10	-	2,28E-10	-	
	Pyrène	129-00-0	0,68	-	0,33	<0,050	0,02	-	-	3,00E-02	1,00E-03	1,44E-04	-	1,61E-05	-	3,71E-10	-	2,07E-10	-	
	Benzo(a)anthracène	56-55-3	0,39	-	0,23	<0,050	-	-	-	-	1,00E-01	-	-	-	-	2,13E-08	-	1,19E-08	-	
	Chrysène	218-01-9	0,36	-	0,23	<0,050	0,05	-	-	-	1,00E-02	-	-	-	-	1,96E-09	-	1,10E-09	-	
	Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	0,4	-	0,29	<0,050	0,1	-	-	-	1,00E-01	-	-	-	-	2,18E-08	-	1,22E-08	-	
	Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	0,19	-	0,14	<0,050	0,05	-	-	-	1,00E-01	-	-	-	-	1,04E-08	-	5,78E-09	-	
	Benzo(a)pyrène	50-32-8	0,36	-	0,27	<0,050	0,002	-	-	3,00E-04	1,00E+00	7,64E-03	-	8,52E-04	-	1,96E-07	-	1,10E-07	-	
	Dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	<0,050	-	<0,050	<0,050	0,01	-	-	-	1,00E+00	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Benzo(g,h,i)peryène	191-24-2	0,29	-	0,21	<0,050	0,07	-	-	3,00E-02	1,00E-02	6,15E-05	-	6,87E-06	-	1,58E-09	-	8,83E-10	-	
	Indéno(1,2,3-cd)pyrène	193-39-5	0,33	-	0,21	<0,050	0,015	-	-	-	1,00E-01	-	-	-	-	1,80E-08	-	1,00E-08	-	
													<b>Limite Vulnérabilité</b>		<b>0,2</b>		<b>1,00E-06</b>			
													<b>Limite Incompatibilité</b>		<b>5,0</b>		<b>1,00E-04</b>			

RAMBOLL Interprétation de l'état des milieux - Ingestion de sol de surface

Famille	Composé	N°CAS	C		J		Valeur bruit de fond de référence	Valeurs de gestion		VTR à seuil - CHRONIQUE	VTR sans seuil - CHRONIQUE	QD - Enfant		QD - Adulte		ERI - Enfant		ERI - Adulte		
			0-5 cm	0-30 cm	0-5 cm	0-30 cm		Seuil de mise en vigilance	Valeur d'action rapide			mg/kg/j	(mg/kg/j) <sup>-1</sup>	0-5 cm	0-30 cm	0-5 cm	0-30 cm	0-5 cm	0-30 cm	0-5 cm
Eléments traces métalliques (mg/kg MS)	Antimoine	7440-36-0	<0,5	3,7	<0,5	0,8	1	-	-	6,00E-03	-	-	3,92E-03	-	4,38E-04	-	-	-	-	-
	Arsenic	7440-38-2	4,7	52	7,2	6,2	25	25	70	6,00E-05	3,17E+01	-	5,52E+00	-	6,16E-01	-	8,99E-04	-	5,02E-04	
	Cadmium	7440-43-9	0,1	1,6	0,1	0,1	0,45	0,5	2	3,50E-04	-	-	2,91E-02	-	3,25E-03	-	-	-	-	-
	Chrome	7440-47-3	17	30	16	6,2	90	-	-	5,00E-03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Chrome VI	18540-29-9	<0,50	<0,5	<0,50	<0,50	-	-	-	9,00E-04	2,60E-01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cobalt	7440-48-4	7,6	12	5,1	1,1	23	-	-	1,50E-03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuivre	7440-50-8	16	300	19	9,5	20	-	-	7,00E-02	-	-	-	-	3,04E-03	-	-	-	-	-
	Manganèse	7439-96-5	260	550	300	220	1500	-	-	4,67E-02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Mercuré	7439-97-6	<0,05	10,4	<0,05	<0,05	0,1	0,5	3	5,71E-04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nickel	7440-02-0	9,7	34	9,5	2,4	60	-	-	1,30E-02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Plomb	7439-92-1	13	1100	40	26	50	100	300	6,30E-04	8,50E-03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zinc	7440-66-6	65	1200	92	53	100	-	-	3,00E-01	-	-	-	-	2,55E-02	-	2,84E-03	-	-	-	
HAP (mg/kg MS)	Naphtalène	91-20-3	<0,050	0,34	<0,050	<0,050	0,002	-	-	2,00E-02	1,20E-01	-	1,08E-04	-	1,21E-05	-	2,23E-08	-	1,24E-08	
	Acénaphthylène	208-96-8	<0,050	<0,20	<0,050	<0,050	-	-	-	1,00E-03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Acénaphthène	83-32-9	<0,050	0,49	<0,050	<0,050	-	-	-	6,00E-02	1,00E-03	-	5,20E-05	-	5,80E-06	-	2,67E-10	-	1,49E-10	
	Fluorène	86-73-7	<0,050	0,25	<0,050	<0,050	0,005	-	-	4,00E-02	1,00E-03	-	3,98E-05	-	4,44E-06	-	1,36E-10	-	7,61E-11	
	Phénanthrène	85-01-8	<0,050	2,5	0,15	<0,050	0,02	-	-	4,00E-02	1,00E-03	-	3,98E-04	-	4,44E-05	-	1,36E-09	-	7,61E-10	
	Anthracène	120-12-7	<0,050	0,48	<0,050	<0,050	0,01	-	-	3,00E-01	1,00E-02	-	1,02E-05	-	1,14E-06	-	2,62E-09	-	1,46E-09	
	Fluoranthène	206-44-0	<0,050	8,2	0,44	0,073	0,04	-	-	4,00E-02	1,00E-03	-	1,30E-03	-	1,46E-04	-	4,47E-09	-	2,50E-09	
	Pyrène	129-00-0	<0,050	7,8	0,33	<0,050	0,02	-	-	3,00E-02	1,00E-03	-	1,65E-03	-	1,85E-04	-	4,25E-09	-	2,37E-09	
	Benzo(a)anthracène	56-55-3	<0,050	4,2	0,23	<0,050	-	-	-	1,00E-01	-	-	-	-	-	-	2,29E-07	-	1,28E-07	
	Chrysène	218-01-9	<0,050	5,5	0,23	<0,050	0,05	-	-	-	1,00E-02	-	-	-	-	-	3,00E-08	-	1,67E-08	
	Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	<0,050	6,1	0,29	<0,050	0,1	-	-	-	1,00E-01	-	-	-	-	-	3,33E-07	-	1,86E-07	
	Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	<0,050	2,9	0,14	<0,050	0,05	-	-	-	1,00E-01	-	-	-	-	-	1,58E-07	-	8,83E-08	
	Benzo(a)pyrène	50-32-8	<0,050	4,9	0,27	<0,050	0,002	-	-	3,00E-04	1,00E+00	-	1,04E-01	-	1,16E-02	-	2,67E-06	-	1,49E-06	
	Dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	<0,050	0,48	<0,050	<0,050	0,01	-	-	-	1,00E+00	-	-	-	-	-	2,62E-07	-	1,46E-07	
	Benzo(g,h,i)peryène	191-24-2	<0,050	4	0,21	<0,050	0,07	-	-	3,00E-02	1,00E-02	-	8,48E-04	-	9,47E-05	-	2,18E-08	-	1,22E-08	
	Indéno(1,2,3-cd)pyrène	193-39-5	<0,050	3,6	0,21	<0,050	0,015	-	-	-	1,00E-01	-	-	-	-	-	1,96E-07	-	1,10E-07	
													Limite Vulnérabilité		0,2		1,00E-06			
												Limite Incompatibilité		5,0		1,00E-04				

RAMBOLL Interprétation de l'état des milieux - Ingestion de sol de surface

Famille	Composé	N°CAS	D		J		Valeur bruit de fond de référence	Valeurs de gestion		VTR à seuil - CHRONIQUE	VTR sans seuil - CHRONIQUE	QD - Enfant		QD - Adulte		ERI - Enfant		ERI - Adulte	
			0-5 cm	0-30 cm	0-5 cm	0-30 cm		Seuil de mise en vigilance	Valeur d'action rapide			mg/kg/j	(mg/kg/j) <sup>-1</sup>	0-5 cm	0-30 cm	0-5 cm	0-30 cm	0-5 cm	0-30 cm
Eléments traces métalliques (mg/kg MS)	Antimoine	7440-36-0	<0,5	<1,0	<0,5	0,8	1	-	-	6,00E-03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Arsenic	7440-38-2	4,2	14	7,2	6,2	25	25	70	6,00E-05	3,17E+01	-	-	-	-	-	-	-	
	Cadmium	7440-43-9	<0,1	0,8	0,1	0,1	0,45	0,5	2	3,50E-04	-	-	1,45E-02	-	1,62E-03	-	-	-	
	Chrome	7440-47-3	18	33	16	6,2	90	-	-	5,00E-03	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Chrome VI	18540-29-9	<0,50	0,62	<0,50	<0,50	-	-	-	9,00E-04	2,60E-01	-	4,38E-03	-	4,89E-04	-	8,79E-08	-	4,91E-08
	Cobalt	7440-48-4	6,2	8,6	5,1	1,1	23	-	-	1,50E-03	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Cuivre	7440-50-8	20	63	19	9,5	20	-	-	7,00E-02	-	-	5,73E-03	-	6,39E-04	-	-	-	
	Manganèse	7439-96-5	350	520	300	220	1500	-	-	4,67E-02	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Mercuré	7439-97-6	<0,05	0,21	<0,05	<0,05	0,1	0,5	3	5,71E-04	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Nickel	7440-02-0	8,9	20	9,5	2,4	60	-	-	1,30E-02	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Plomb	7439-92-1	22	110	40	26	50	100	300	6,30E-04	8,50E-03	-	1,11E+00	-	1,24E-01	-	5,10E-07	-	2,85E-07
	Zinc	7440-66-6	71	300	92	53	100	-	-	3,00E-01	-	-	6,36E-03	-	7,10E-04	-	-	-	
HAP (mg/kg MS)	Naphtalène	91-20-3	-	-	<0,050	<0,050	0,002	-	-	2,00E-02	-	1,20E-01	-	-	-	-	-	-	
	Acénaphthylène	208-96-8	-	-	<0,050	<0,050	-	-	-	-	-	1,00E-03	-	-	-	-	-	-	
	Acénaphthène	83-32-9	-	-	<0,050	<0,050	-	-	-	6,00E-02	-	1,00E-03	-	-	-	-	-	-	
	Fluorène	86-73-7	-	-	<0,050	<0,050	0,005	-	-	4,00E-02	-	1,00E-03	-	-	-	-	-	-	
	Phénanthrène	85-01-8	-	-	0,15	<0,050	0,02	-	-	4,00E-02	-	1,00E-03	-	-	-	-	-	-	
	Anthracène	120-12-7	-	-	<0,050	<0,050	0,01	-	-	3,00E-01	-	1,00E-02	-	-	-	-	-	-	
	Fluoranthène	206-44-0	-	-	0,44	0,073	0,04	-	-	4,00E-02	-	1,00E-03	-	-	-	-	-	-	
	Pyrrène	129-00-0	-	-	0,33	<0,050	0,02	-	-	3,00E-02	-	1,00E-03	-	-	-	-	-	-	
	Benzo(a)anthracène	56-55-3	-	-	0,23	<0,050	-	-	-	-	-	1,00E-01	-	-	-	-	-	-	
	Chryssène	218-01-9	-	-	0,23	<0,050	0,05	-	-	-	-	1,00E-02	-	-	-	-	-	-	
	Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	-	-	0,29	<0,050	0,1	-	-	-	-	1,00E-01	-	-	-	-	-	-	
	Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	-	-	0,14	<0,050	0,05	-	-	-	-	1,00E-01	-	-	-	-	-	-	
	Benzo(a)pyrrène	50-32-8	-	-	0,27	<0,050	0,002	-	-	3,00E-04	-	1,00E+00	-	-	-	-	-	-	
	Dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	-	-	<0,050	<0,050	0,01	-	-	-	-	1,00E+00	-	-	-	-	-	-	
	Benzo(g,h,i)pérylène	191-24-2	-	-	0,21	<0,050	0,07	-	-	3,00E-02	-	1,00E-02	-	-	-	-	-	-	
	Indéno(1,2,3-cd)pyrrène	193-39-5	-	-	0,21	<0,050	0,015	-	-	-	-	1,00E-01	-	-	-	-	-	-	
													Limite Vulnérabilité		0,2		1,00E-06		
												Limite Incompatibilité		5,0		1,00E-04			

RAMBOLL Interprétation de l'état des milieux - Ingestion de sol de surface

Famille	Composé	N°CAS	E		J		Valeur bruit de fond de référence	Valeurs de gestion		VTR à seuil - CHRONIQUE	VTR sans seuil - CHRONIQUE	QD - Enfant		QD - Adulte		ERI - Enfant		ERI - Adulte	
			0-5 cm	0-30 cm	0-5 cm	0-30 cm		Seuil de mise en vigilance	Valeur d'action rapide			mg/kg/j	(mg/kg/j) <sup>-1</sup>	0-5 cm	0-30 cm	0-5 cm	0-30 cm	0-5 cm	0-30 cm
Eléments traces métalliques (mg/kg MS)	Antimoine	7440-36-0	-	-	<0,5	0,8	1	-	-	6,00E-03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Arsenic	7440-38-2	-	-	7,2	6,2	25	25	70	6,00E-05	3,17E+01	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cadmium	7440-43-9	-	-	0,1	0,1	0,45	0,5	2	3,50E-04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Chrome	7440-47-3	-	-	16	6,2	90	-	-	5,00E-03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Chrome VI	18540-29-9	-	-	<0,50	<0,50	-	-	-	9,00E-04	2,60E-01	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cobalt	7440-48-4	-	-	5,1	1,1	23	-	-	1,50E-03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuivre	7440-50-8	-	-	19	9,5	20	-	-	7,00E-02	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Manganèse	7439-96-5	-	-	300	220	1500	-	-	4,67E-02	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Mercuré	7439-97-6	-	-	<0,05	<0,05	0,1	0,5	3	5,71E-04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nickel	7440-02-0	-	-	9,5	2,4	60	-	-	1,30E-02	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Plomb	7439-92-1	-	-	40	26	50	100	300	6,30E-04	8,50E-03	-	-	-	-	-	-	-	-
	Zinc	7440-66-6	-	-	92	53	100	-	-	3,00E-01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HAP (mg/kg MS)	Naphtalène	91-20-3	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,002	-	-	2,00E-02	1,20E-01	-	-	-	-	-	-	-	-
	Acénaphthylène	208-96-8	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	-	-	-	1,00E-03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Acénaphthène	83-32-9	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	-	-	-	6,00E-02	1,00E-03	-	-	-	-	-	-	-	-
	Fluorène	86-73-7	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,005	-	-	4,00E-02	1,00E-03	-	-	-	-	-	-	-	-
	Phénanthrène	85-01-8	<0,050	0,15	0,15	<0,050	0,02	-	-	4,00E-02	1,00E-03	-	2,39E-05	-	2,66E-06	-	8,18E-11	-	4,57E-11
	Anthracène	120-12-7	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,01	-	-	3,00E-01	1,00E-02	-	-	-	-	-	-	-	-
	Fluoranthène	206-44-0	0,093	0,43	0,44	0,073	0,04	-	-	4,00E-02	1,00E-03	-	6,84E-05	-	7,63E-06	-	2,35E-10	-	1,31E-10
	Pyrrène	129-00-0	0,089	0,36	0,33	<0,050	0,02	-	-	3,00E-02	1,00E-03	-	7,64E-05	-	8,52E-06	-	1,96E-10	-	1,10E-10
	Benzo(a)anthracène	56-55-3	<0,050	0,28	0,23	<0,050	-	-	-	1,00E-01	-	-	-	-	-	-	1,53E-08	-	8,52E-09
	Chrysène	218-01-9	<0,050	0,24	0,23	<0,050	0,05	-	-	-	1,00E-02	-	-	-	-	-	1,31E-09	-	7,31E-10
	Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	<0,050	0,3	0,29	<0,050	0,1	-	-	-	1,00E-01	-	-	-	-	-	1,64E-08	-	9,13E-09
	Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	<0,050	0,14	0,14	<0,050	0,05	-	-	-	1,00E-01	-	-	-	-	-	7,64E-09	-	4,26E-09
	Benzo(a)pyrrène	50-32-8	<0,050	0,26	0,27	<0,050	0,002	-	-	3,00E-04	1,00E+00	-	5,52E-03	-	6,16E-04	-	1,42E-07	-	7,91E-08
	Dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,01	-	-	-	1,00E+00	-	-	-	-	-	-	-	-
	Benzo(g,h,i)pérylène	191-24-2	<0,050	0,22	0,21	<0,050	0,07	-	-	3,00E-02	1,00E-02	-	4,67E-05	-	5,21E-06	-	1,20E-09	-	6,70E-10
	Indéno(1,2,3-cd)pyrrène	193-39-5	<0,050	0,22	0,21	<0,050	0,015	-	-	-	1,00E-01	-	-	-	-	-	1,20E-08	-	6,70E-09
													Limite Vulnérabilité		0,2		1,00E-06		
													Limite Incompatibilité		5,0		1,00E-04		

RAMBOLL Interprétation de l'état des milieux - Ingestion de sol de surface

Famille	Composé	N°CAS	K		J		Valeur bruit de fond de référence	Valeurs de gestion		VTR à seuil - CHRONIQUE	VTR sans seuil - CHRONIQUE	QD - Enfant		QD - Adulte		ERI - Enfant		ERI - Adulte	
			0-5 cm	0-30 cm	0-5 cm	0-30 cm		Seuil de mise en vigilance	Valeur d'action rapide			mg/kg/j	(mg/kg/j) <sup>-1</sup>	0-5 cm	0-30 cm	0-5 cm	0-30 cm	0-5 cm	0-30 cm
Eléments traces métalliques (mg/kg MS)	Antimoine	7440-36-0	<0,5	<0,5	<0,5	0,8	1	-	-	6,00E-03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Arsenic	7440-38-2	5,1	6,9	7,2	6,2	25	25	70	6,00E-05	3,17E+01	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cadmium	7440-43-9	0,1	0,4	0,1	0,1	0,45	0,5	2	3,50E-04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Chrome	7440-47-3	23	25	16	6,2	90	-	-	5,00E-03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Chrome VI	18540-29-9	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	-	-	-	9,00E-04	2,60E-01	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cobalt	7440-48-4	9	5,4	5,1	1,1	23	-	-	1,50E-03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuivre	7440-50-8	14	57	19	9,5	20	-	-	7,00E-02	-	-	5,18E-03	-	5,78E-04	-	-	-	-
	Manganèse	7439-96-5	370	230	300	220	1500	-	-	4,67E-02	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Mercuré	7439-97-6	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1	0,5	3	5,71E-04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Nickel	7440-02-0	11	12	9,5	2,4	60	-	-	1,30E-02	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Plomb	7439-92-1	21	48	40	26	50	100	300	6,30E-04	8,50E-03	-	-	-	-	-	-	-	-
	Zinc	7440-66-6	51	190	92	53	100	-	-	3,00E-01	-	-	4,03E-03	-	4,50E-04	-	-	-	-
	HAP (mg/kg MS)	Naphtalène	91-20-3	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,002	-	-	2,00E-02	1,20E-01	-	-	-	-	-	-	-
Acénaphthylène		208-96-8	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	-	-	-	-	1,00E-03	-	-	-	-	-	-	-	-
Acénaphthène		83-32-9	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	-	-	-	6,00E-02	1,00E-03	-	-	-	-	-	-	-	-
Fluorène		86-73-7	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,005	-	-	4,00E-02	1,00E-03	-	-	-	-	-	-	-	-
Phénanthrène		85-01-8	<0,050	0,11	0,15	<0,050	0,02	-	-	4,00E-02	1,00E-03	-	1,75E-05	-	1,95E-06	-	6,00E-11	-	3,35E-11
Anthracène		120-12-7	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,01	-	-	3,00E-01	1,00E-02	-	-	-	-	-	-	-	-
Fluoranthène		206-44-0	<0,050	0,31	0,44	0,073	0,04	-	-	4,00E-02	1,00E-03	-	4,93E-05	-	5,50E-06	-	1,69E-10	-	9,44E-11
Pyrrène		129-00-0	0,071	0,39	0,33	<0,050	0,02	-	-	3,00E-02	1,00E-03	-	8,27E-05	-	9,23E-06	-	2,13E-10	-	1,19E-10
Benzo(a)anthracène		56-55-3	<0,050	0,33	0,23	<0,050	-	-	-	-	1,00E-01	-	-	-	-	-	1,80E-08	-	1,00E-08
Chrysène		218-01-9	<0,050	0,33	0,23	<0,050	0,05	-	-	-	1,00E-02	-	-	-	-	-	1,80E-09	-	1,00E-09
Benzo(b)fluoranthène		205-99-2	<0,050	0,45	0,29	<0,050	0,1	-	-	-	1,00E-01	-	-	-	-	-	2,45E-08	-	1,37E-08
Benzo(k)fluoranthène		207-08-9	<0,050	0,2	0,14	<0,050	0,05	-	-	-	1,00E-01	-	-	-	-	-	1,09E-08	-	6,09E-09
Benzo(a)pyrrène		50-32-8	<0,050	0,35	0,27	<0,050	0,002	-	-	3,00E-04	1,00E+00	-	7,42E-03	-	8,29E-04	-	1,91E-07	-	1,07E-07
Dibenzo(a,h)anthracène		53-70-3	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,01	-	-	-	1,00E+00	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzo(g,h,i)pyrrène		191-24-2	<0,050	0,33	0,21	<0,050	0,07	-	-	3,00E-02	1,00E-02	-	7,00E-05	-	7,81E-06	-	1,80E-09	-	1,00E-09
Indéno(1,2,3-cd)pyrrène		193-39-5	<0,050	0,34	0,21	<0,050	0,015	-	-	-	1,00E-01	-	-	-	-	-	1,85E-08	-	1,03E-08
												Limite Vulnérabilité		0,2		1,00E-06			
												Limite Incompatibilité		5,0		1,00E-04			

**RAMBOLL** Interprétation de l'état des milieux - Ingestion de sol de surface

Famille	Composé	N°CAS	F		J		Valeur bruit de fond de référence	Valeurs de gestion		VTR à seuil - CHRONIQUE mg/kg/j	VTR sans seuil - CHRONIQUE (mg/kg/j) <sup>-1</sup>	QD - Enfant		QD - Adulte		ERI - Enfant		ERI - Adulte			
			0-5 cm	0-30 cm	0-5 cm	0-30 cm		Seuil de mise en vigilance	Valeur d'action rapide			0-5 cm	0-30 cm	0-5 cm	0-30 cm	0-5 cm	0-30 cm	0-5 cm	0-30 cm		
Eléments traces métalliques (mg/kg MS)	Antimoine	7440-36-0	-	0,6	<0,5	0,8	1	-	-	6,00E-03	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Arsenic	7440-38-2	-	5,6	7,2	6,2	25	25	70	6,00E-05	3,17E+01	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Cadmium	7440-43-9	-	0,2	0,1	0,1	0,45	0,5	2	3,50E-04	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Chrome	7440-47-3	-	30	16	6,2	90	-	-	5,00E-03	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Chrome VI	18540-29-9	-	<0,50	<0,50	<0,50	-	-	-	9,00E-04	2,60E-01	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Cobalt	7440-48-4	-	13	5,1	1,1	23	-	-	1,50E-03	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Cuivre	7440-50-8	-	33	19	9,5	20	-	-	7,00E-02	-	-	3,00E-03	-	3,35E-04	-	-	-	-		
	Manganèse	7439-96-5	-	470	300	220	1500	-	-	4,67E-02	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Mercuré	7439-97-6	-	0,08	<0,05	<0,05	0,1	0,5	3	5,71E-04	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Nickel	7440-02-0	-	16	9,5	2,4	60	-	-	1,30E-02	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Plomb	7439-92-1	-	41	40	26	50	100	300	6,30E-04	8,50E-03	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Zinc	7440-66-6	-	120	92	53	100	-	-	3,00E-01	-	-	2,55E-03	-	2,84E-04	-	-	-	-		
HAP (mg/kg MS)	Naphtalène	91-20-3	-	-	<0,050	<0,050	0,002	-	-	2,00E-02	1,20E-01	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Acénaphthylène	208-96-8	-	-	<0,050	<0,050	-	-	-	-	1,00E-03	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Acénaphthène	83-32-9	-	-	<0,050	<0,050	-	-	-	6,00E-02	1,00E-03	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Fluorène	86-73-7	-	-	<0,050	<0,050	0,005	-	-	4,00E-02	1,00E-03	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Phénanthrène	85-01-8	-	-	0,15	<0,050	0,02	-	-	4,00E-02	1,00E-03	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Anthracène	120-12-7	-	-	<0,050	<0,050	0,01	-	-	3,00E-01	1,00E-02	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Fluoranthène	206-44-0	-	-	0,44	0,073	0,04	-	-	4,00E-02	1,00E-03	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Pyrrène	129-00-0	-	-	0,33	<0,050	0,02	-	-	3,00E-02	1,00E-03	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Benzo(a)anthracène	56-55-3	-	-	0,23	<0,050	-	-	-	-	1,00E-01	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Chrysène	218-01-9	-	-	0,23	<0,050	0,05	-	-	-	1,00E-02	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	-	-	0,29	<0,050	0,1	-	-	-	1,00E-01	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	-	-	0,14	<0,050	0,05	-	-	-	1,00E-01	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Benzo(a)pyrrène	50-32-8	-	-	0,27	<0,050	0,002	-	-	3,00E-04	1,00E+00	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	-	-	<0,050	<0,050	0,01	-	-	-	1,00E+00	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Benzo(g,h,i)pérylène	191-24-2	-	-	0,21	<0,050	0,07	-	-	3,00E-02	1,00E-02	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Indéno(1,2,3-cd)pyrrène	193-39-5	-	-	0,21	<0,050	0,015	-	-	-	1,00E-01	-	-	-	-	-	-	-	-		
													<b>Limite Vulnérabilité</b>		<b>0,2</b>		<b>1,00E-06</b>				
												<b>Limite Incompatibilité</b>		<b>5,0</b>		<b>1,00E-04</b>					

**RAMBOLL** Interprétation de l'état des milieux - Ingestion de sol de surface

Famille	Composé	N°CAS	I		J		Valeur bruit de fond de référence	Valeurs de gestion		VTR à seuil - CHRONIQUE	VTR sans seuil - CHRONIQUE	QD - Enfant		QD - Adulte		ERI - Enfant		ERI - Adulte	
			0-5 cm	0-30 cm	0-5 cm	0-30 cm		Seuil de mise en vigilance	Valeur d'action rapide			mg/kg/j	(mg/kg/j) <sup>-1</sup>	0-5 cm	0-30 cm	0-5 cm	0-30 cm	0-5 cm	0-30 cm
Eléments traces métalliques (mg/kg MS)	Antimoine	7440-36-0	-	0,6	<0,5	0,8	1	-	-	6,00E-03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Arsenic	7440-38-2	-	6,5	7,2	6,2	25	25	70	6,00E-05	3,17E+01	-	-	-	-	-	-	-	
	Cadmium	7440-43-9	-	0,2	0,1	0,1	0,45	0,5	2	3,50E-04	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Chrome	7440-47-3	-	26	16	6,2	90	-	-	5,00E-03	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Chrome VI	18540-29-9	-	<0,50	<0,50	<0,50	-	-	-	9,00E-04	2,60E-01	-	-	-	-	-	-	-	
	Cobalt	7440-48-4	-	10	5,1	1,1	23	-	-	1,50E-03	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Cuivre	7440-50-8	-	31	19	9,5	20	-	-	7,00E-02	-	-	2,82E-03	-	3,15E-04	-	-	-	
	Manganèse	7439-96-5	-	760	300	220	1500	-	-	4,67E-02	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Mercuré	7439-97-6	-	<0,05	<0,05	<0,05	0,1	0,5	3	5,71E-04	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Nickel	7440-02-0	-	16	9,5	2,4	60	-	-	1,30E-02	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Plomb	7439-92-1	-	32	40	26	50	100	300	6,30E-04	8,50E-03	-	-	-	-	-	-	-	
	Zinc	7440-66-6	-	130	92	53	100	-	-	3,00E-01	-	-	2,76E-03	-	3,08E-04	-	-	-	
HAP (mg/kg MS)	Naphtalène	91-20-3	-	-	<0,050	<0,050	0,002	-	-	2,00E-02	1,20E-01	-	-	-	-	-	-	-	
	Acénaphthylène	208-96-8	-	-	<0,050	<0,050	-	-	-	-	1,00E-03	-	-	-	-	-	-	-	
	Acénaphthène	83-32-9	-	-	<0,050	<0,050	-	-	-	6,00E-02	1,00E-03	-	-	-	-	-	-	-	
	Fluorène	86-73-7	-	-	<0,050	<0,050	0,005	-	-	4,00E-02	1,00E-03	-	-	-	-	-	-	-	
	Phénanthrène	85-01-8	-	-	0,15	<0,050	0,02	-	-	4,00E-02	1,00E-03	-	-	-	-	-	-	-	
	Anthracène	120-12-7	-	-	<0,050	<0,050	0,01	-	-	3,00E-01	1,00E-02	-	-	-	-	-	-	-	
	Fluoranthène	206-44-0	-	-	0,44	0,073	0,04	-	-	4,00E-02	1,00E-03	-	-	-	-	-	-	-	
	Pyrrène	129-00-0	-	-	0,33	<0,050	0,02	-	-	3,00E-02	1,00E-03	-	-	-	-	-	-	-	
	Benzo(a)anthracène	56-55-3	-	-	0,23	<0,050	-	-	-	-	1,00E-01	-	-	-	-	-	-	-	
	Chrysène	218-01-9	-	-	0,23	<0,050	0,05	-	-	-	1,00E-02	-	-	-	-	-	-	-	
	Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	-	-	0,29	<0,050	0,1	-	-	-	1,00E-01	-	-	-	-	-	-	-	
	Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	-	-	0,14	<0,050	0,05	-	-	-	1,00E-01	-	-	-	-	-	-	-	
	Benzo(a)pyrrène	50-32-8	-	-	0,27	<0,050	0,002	-	-	3,00E-04	1,00E+00	-	-	-	-	-	-	-	
	Dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	-	-	<0,050	<0,050	0,01	-	-	-	1,00E+00	-	-	-	-	-	-	-	
	Benzo(g,h,i)pérylène	191-24-2	-	-	0,21	<0,050	0,07	-	-	3,00E-02	1,00E-02	-	-	-	-	-	-	-	
	Indéno(1,2,3-cd)pyrrène	193-39-5	-	-	0,21	<0,050	0,015	-	-	-	1,00E-01	-	-	-	-	-	-	-	
													<b>Limite Vulnérabilité</b>		<b>0,2</b>		<b>1,00E-06</b>		
												<b>Limite Incompatibilité</b>		<b>5,0</b>		<b>1,00E-04</b>			

## **ANNEXE 5**

### **DÉTAIL DES CALCULS DE RISQUE PARTIEL – IEM VÉGÉTAUX**



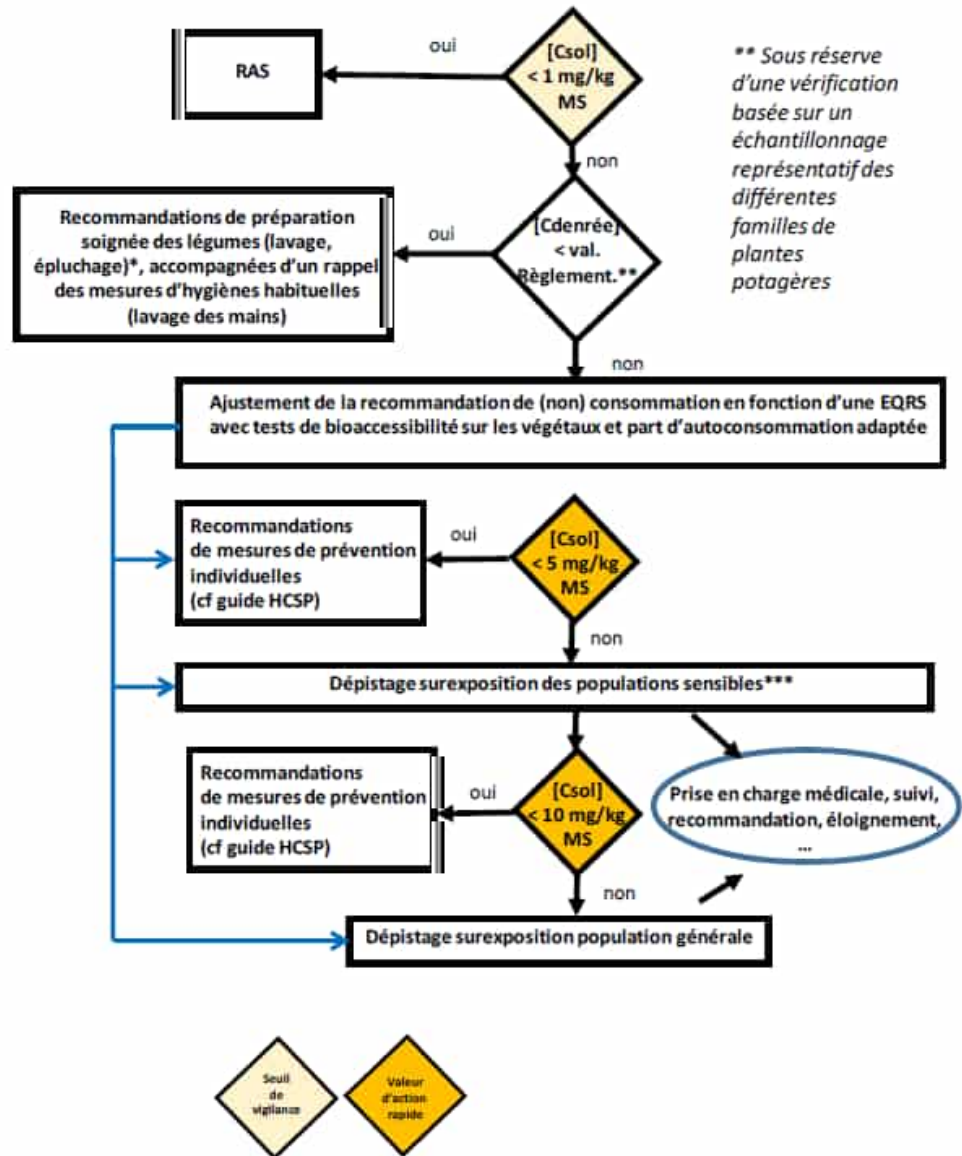
**ANNEXE 6**  
**ACTIONS RECOMMANDÉES ISSUES DES AVIS HCSP POUR L'ARSENIC, LE**  
**CADMIUM, LE MERCURE ET LE PLOMB EN CAS DE DÉPASSEMENT DE**  
**VALEUR DE RÉFÉRENCE DANS LES SOLS**

# LOGIGRAMMES ISSUS DE L'AVIS HCSP (AOÛT 2022) - DÉFINITION DE VALEURS REPÈRES POUR LES CONTAMINANTS DES SOLS POLLUÉS : LE CADMIUM

\* Il est considéré que tout respect des valeurs réglementaires dans les végétaux permet d'écarter l'hypothèse de fortes concentrations dans les sols. Cette hypothèse ne vaut que pour le cadmium et n'est pas transposable à d'autres métaux en l'état.

\*\*\* confère texte du rapport

## Scénario « Résidentiel avec potager » - autoconsommation de 50 %

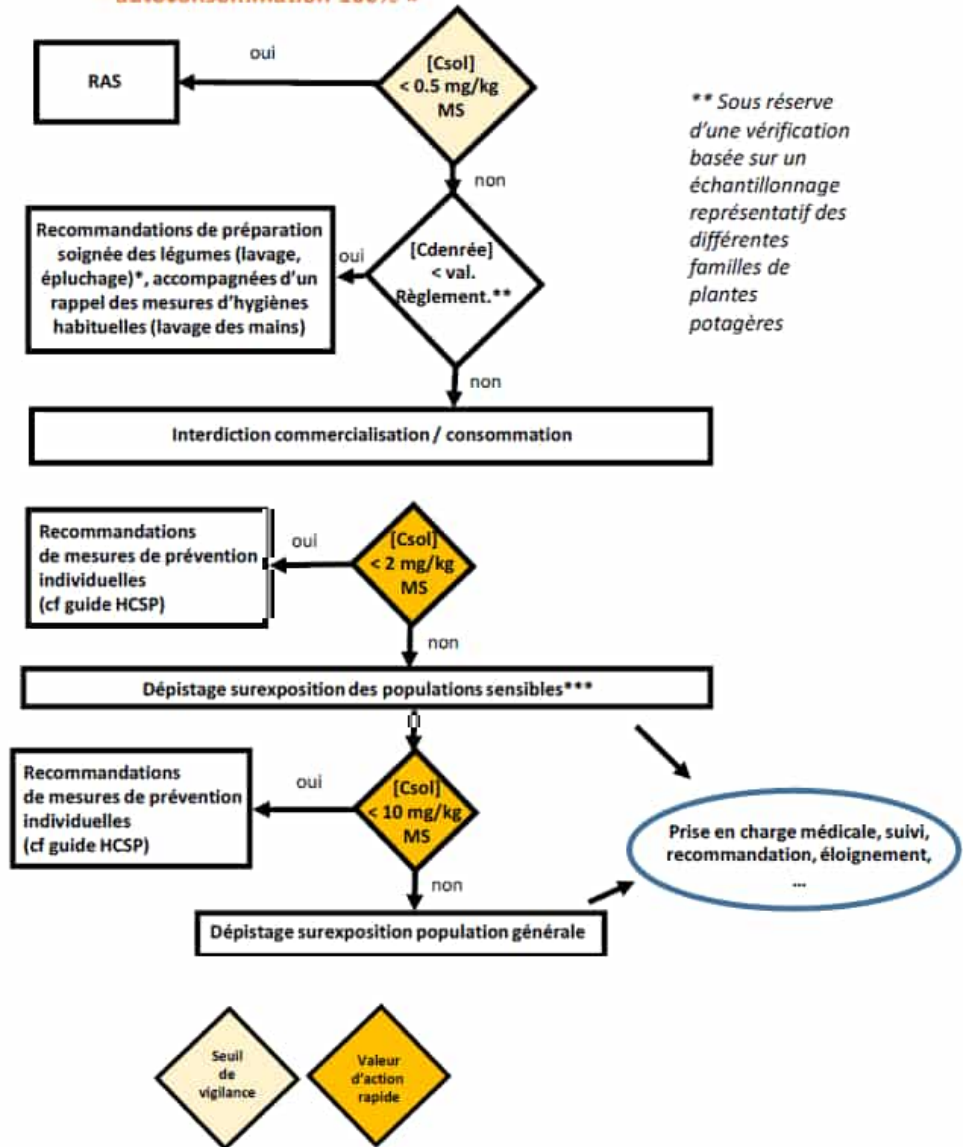


\*\* Sous réserve d'une vérification basée sur un échantillonnage représentatif des différentes familles de plantes potagères

\* Il est considéré que tout respect des valeurs réglementaires dans les végétaux permet d'écarter l'hypothèse de fortes concentrations dans les sols. Cette hypothèse ne vaut que pour le cadmium et n'est pas transposable à d'autres métaux en l'état.

\*\*\* confère texte du rapport

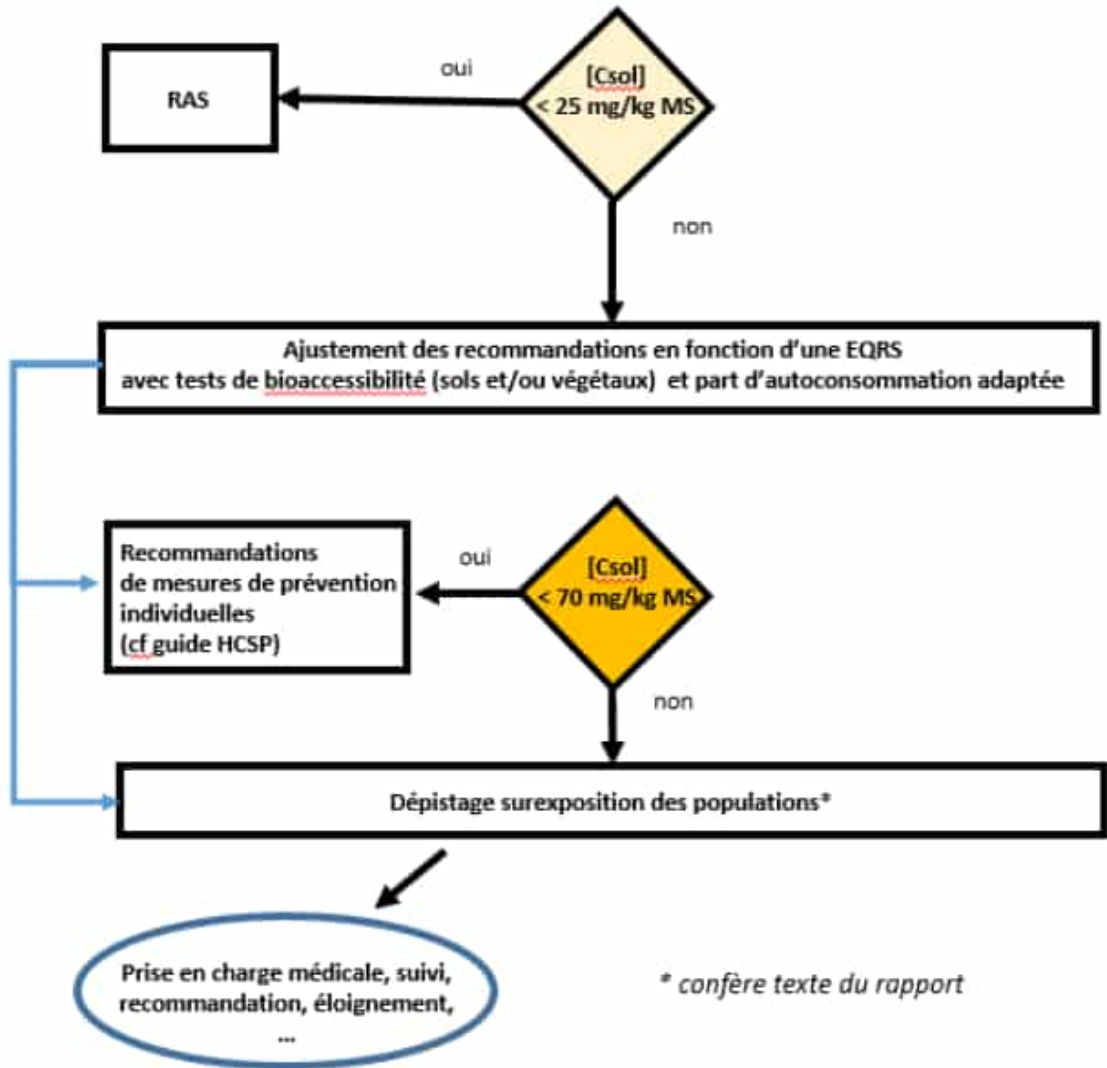
**Scénario « Agriculture, urbaine et rurale - autoconsommation 100% »**



\*\* Sous réserve d'une vérification basée sur un échantillonnage représentatif des différentes familles de plantes potagères

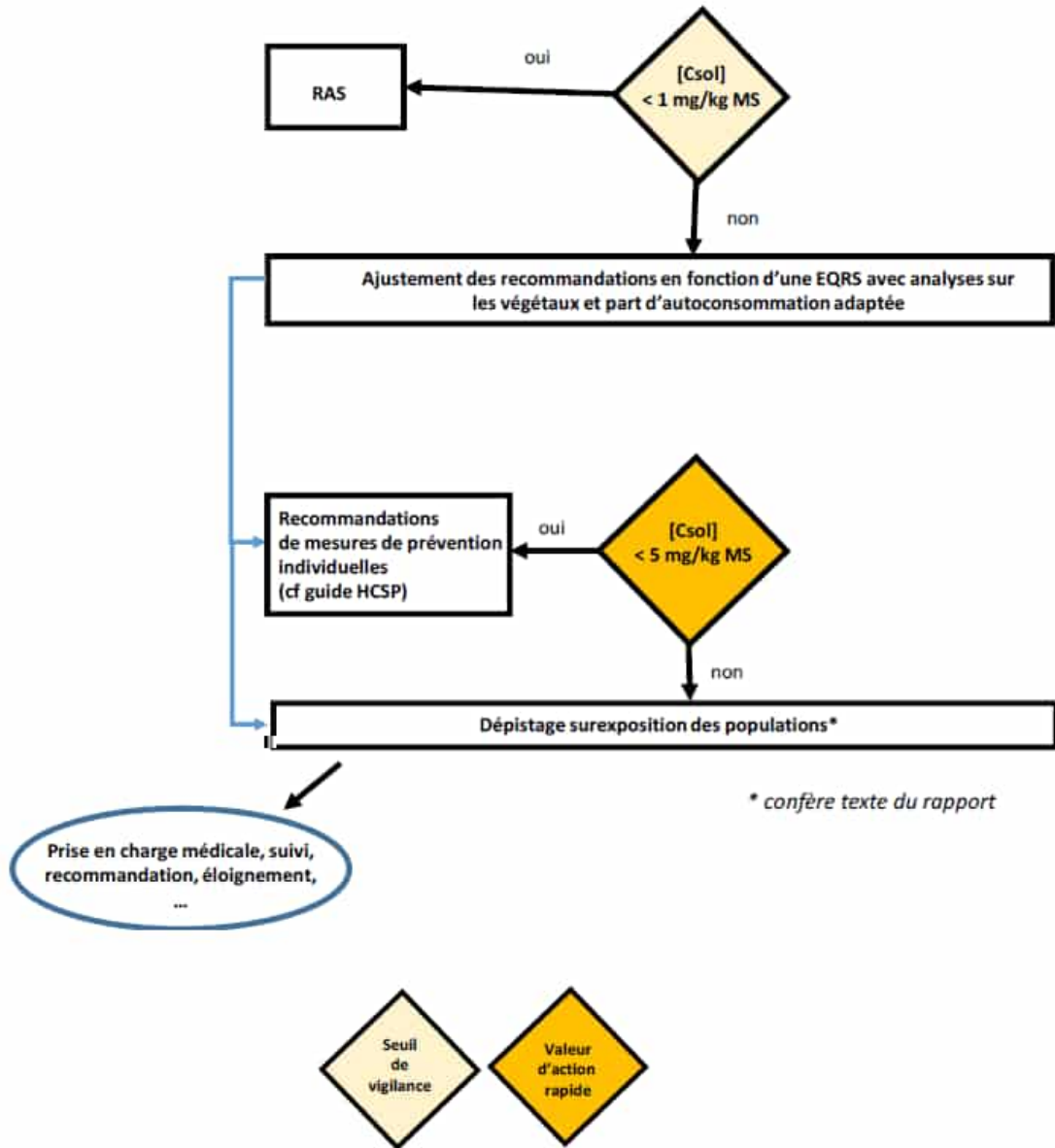
# LOGIGRAMME ISSU DE L'AVIS HCSP (AOÛT 2022) DÉFINITION DE VALEURS REPÈRES POUR LES CONTAMINANTS DES SOLS POLLUÉS : L'ARSENIC

## Ensemble des scénarios d'usage des sols

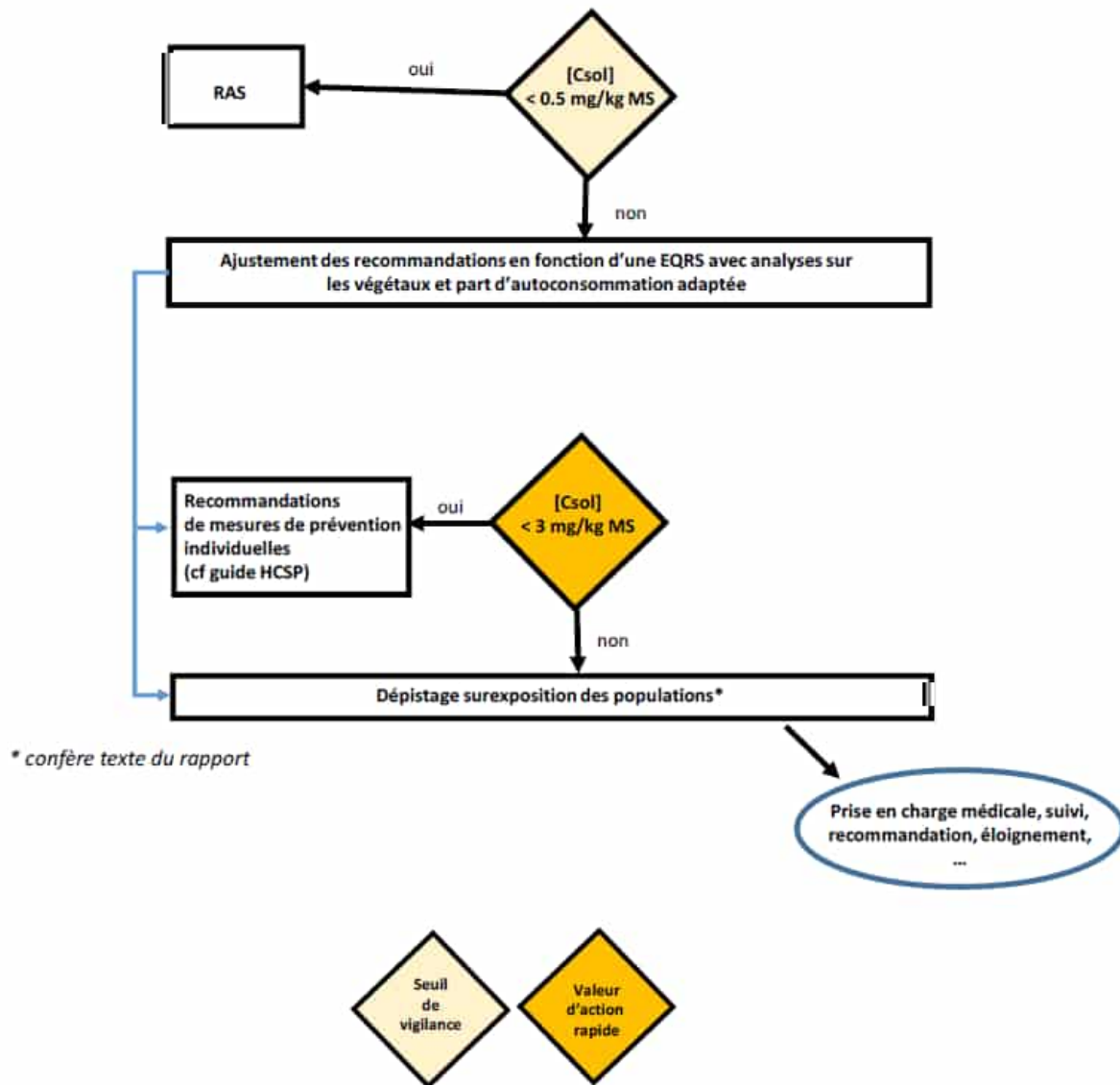


# LOGIGRAMMES ISSUS DE L'AVIS HCSP (AOÛT 2022) DÉFINITION DE VALEURS REPÈRES POUR LES CONTAMINANTS DES SOLS POLLUÉS : LE MERCURE

Scénario « Résidentiel avec potager »  
- autoconsommation de 50 %



Scénario « Agriculture, urbaine et rurale  
- autoconsommation 100% »



## AVIS HCSP (FÉVRIER 2021) (EXTRAIT) DÉFINITION DE VALEURS REPÈRES POUR LES CONTAMINANTS DES SOLS POLLUÉS : LE PLOMB

Lorsque les concentrations moyennes dans les milieux dépassent les valeurs indiquées dans le tableau 6, le HCSP, dans son avis de juin 2014, recommande que soit réalisé un dépistage du saturnisme dans la population des enfants de moins de 7 ans et chez les femmes enceintes ou envisageant une grossesse dans les 6 mois.

**Tableau 6 :** Valeurs de contamination des milieux par le plomb devant conduire à la recherche de cas de saturnisme chez les enfants âgés de 6 mois à 6 ans [1]

	Poussières et sols extérieurs	Poussières des espaces intérieurs	Eau de boisson
Concentration entraînant un dépassement du seuil de 50 µg/L chez environ 5 % des enfants	300 mg/kg	70 µg/m <sup>2</sup> 300 mg/kg	20 µg/L

Ces valeurs sont exprimées en plomb total

**Tableau 7 :** Valeurs de contamination des milieux par le plomb correspondant à un risque de dépassement du seuil de vigilance de 25 µg/L chez 5 % des enfants âgés de 6 mois à 6 ans [1]

	Poussières et sols extérieurs	Poussières des espaces intérieurs
Concentration entraînant un dépassement du seuil de 25 µg/L chez environ 5 % des enfants	100 mg/kg	25 µg/m <sup>2</sup>

Ces valeurs sont exprimées en plomb total

Le seuil de 25 µg/L, quand il est atteint, indique la probable existence d'une ou plusieurs sources d'exposition au plomb dans l'environnement d'un enfant de moins de 7 ans, ce qui justifie une information des familles sur les dangers du plomb et les sources usuelles d'exposition, ainsi qu'une surveillance de la plombémie et des conseils hygiéno-diététiques visant à diminuer l'exposition.

## **ANNEXE 7**

### **ACTIONS APPLICABLES AUX RÉSULTATS DE LA CAMPAGNE SOLS**

**Déclinaison des actions recommandées par le HCSP aux jardins investigués dans le cadre de l’étude de zone et présentant des dépassements de valeurs de gestion dans les sols**

<b>Jardin C-Méan-Penhoët</b>		<b>Jardin D-Gron</b>
Arsenic	<p><u>Dépassement du seuil de mise en vigilance dans les sols</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ajustement des recommandations en fonction d’une EQRS avec tests de bioaccessibilité (sols et/ou végétaux) et part d’autoconsommation adaptée</li> </ul>	Rien à signaler
Cadmium	<p><u>Dépassement du seuil de mise en vigilance dans les sols / Pas de dépassement des valeurs réglementaires dans les végétaux</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Recommandations de préparation soignée des légumes (lavage, épluchage), accompagnées d’un rappel des mesures d’hygiènes habituelles (lavage des mains)</li> </ul>	<p><u>Dépassement du seuil de mise en vigilance dans les sols / Pas de dépassement des valeurs réglementaires dans les végétaux</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Recommandations de préparation soignée des légumes (lavage, épluchage), accompagnées d’un rappel des mesures d’hygiènes habituelles (lavage des mains)</li> </ul>
Mercuré	<p><u>Dépassement de la valeur d’action rapide dans les sols</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dépistage surexposition des populations</li> </ul>	Rien à signaler
Plomb	<p><u>Dépassement de la valeur d’action rapide</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Dépistage de la plombémie dans la population des enfants de moins de 7 ans et chez les femmes enceintes ou envisageant une grossesse dans les 6 mois</li> </ul>	<p><u>Dépassement du seuil de mise en vigilance</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Réalisation d’une évaluation des risques sanitaires</li> </ul>

Situation

- Action à mettre en œuvre