Ville de RONCHIN

VILLE DE RONCHIN

Ecole maternelle Charles Perrault – Ronchin (59)

- Diagnostic complémentaire du milieu souterrain
- Mise à jour de l'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires

Rapport

Réf : NO2700578 / 25-NO-RC-325-01

MAH / CAL / EL

21/02/2025

GINGER BURGEAP Région Nord-Ouest (Arras) • 5, chemin des Filatiers – 62223 Sainte-Catherine
Tél : 03.21.24.38.00 • burgeap.arras@groupeginger.com

SIGNALETIQUE

CLIENT

RAISON SOCIALE	VILLE DE RONCHIN
COORDONNÉES	Ville de Ronchin 650 Av. Jean Jaurès, 59790 Ronchin
INTERLOCUTEUR *(nom et coordonnées)*	Xavier THIEBAULT Tél : 03 20 16 60 15 E-mail : xthiebault@ville-ronchin.fr

GINGER BURGEAP

ENTITE EN CHARGE DU DOSSIER	GINGER BURGEAP Région Nord-Ouest (Arras) 5, chemin des Filatiers – 62223 Sainte-Catherine Tél : 03.21.24.38.00 - burgeap.arras@groupeginger.com
CHEF DU PROJET	Camille DUVAL Tél : 06.82.58.33.01 E-mail : c.duval@groupeginger.com
COORDONNÉES Siège Social *SAS au capital de 1 200 000 euros dirigée par Claude MICHELOT* *SIRET 682 008 222 003 79 / RCS Nanterre B 682 008 222/ Code APE 7112B / CB BNP Neuilly – S/S 30004 01925 00010066129 29*	Siège Social 143, avenue de Verdun 92442 ISSY LES MOULINEAUX Tél : 01.46.10.25.70 E-mail : burgeap@groupeginger.com

RAPPORT

Offre de référence	CV_NO0003093 du 05/12/2025
Numéro et date de la commande	Marché 2024/14 – Bon de commande ST241160 du 20/12/2024
Numéro de projet / de rapport :	Réf : NO2700578 / 25-NO-RC-325-01
Num. du site d'intervention (GMP) :	GMP10158
Domaine technique :	27_2

SIGNATAIRES

DATE	Indice	Rédaction Nom / signature	Vérification Nom / signature	Supervision / validation Nom / signature
21/02/2025	01	M.HACHEMI 	C. DUVAL 	E.LANGARD

SOMMAIRE

Synthèse technique 5
1. Introduction 8
1.1 Objet de l'étude 8
1.2 Codification des prestations 9
1.3 Documents de référence et ressources documentaires 10
2. Localisation et environnement du site 10
3. Données sur la qualité du milieu souterrain 11
4. Investigations sur les sols (A200) 13
4.1 Stratégie d'investigations 13
4.2 Programme et stratégie d'investigations 16
4.3 Observations et mesures de terrain 17
4.3.1 Succession lithologique 18
4.3.2 Niveaux suspects et mesures PID 18
4.4 Stratégie et mode opératoire d'échantillonnage 20
4.5 Conservation des échantillons 20
4.6 Valeurs de référence pour les sols 20
4.7 Résultats et interprétation des analyses sur les sols 20
5. Synthèse des anomalies dans les sols et du schéma conceptuel 23
6. Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) 25
6.1 Contexte et méthodologie 25
6.2 Composés et concentrations retenues dans les différents milieux 25
6.3 Identification des dangers 26
6.4 Caractérisation des Relation dose-réponse 27
6.5 Estimation des expositions 29
6.5.1 Concentrations dans les milieux d'exposition 29
6.5.2 Estimation des expositions 30
6.6 Quantification des risques sanitaires 33
6.6.1 Méthodologie 33
6.6.2 Quantification des risques sanitaires résiduels au droit du site 34
6.7 Analyse des incertitudes 35
7. Synthèse et recommandations 38
7.1 Synthèse 38
7.2 Recommandations 39
8. Limites d'utilisation d'une étude de pollution 40

FIGURES

Figure 1 : Localisation du site d'étude (fond de plan : IGN topographie) 8
Figure 2 : Photographie aérienne de l'école maternelle Charles Perrault 10
Figure 3 : Cartographie des anomalies dans les sols – Ecole maternelle Charles Perrault (GINGER BURGEAP, août 2024) 12
Figure 4 : Schéma des notions de bioaccessibilité et biodisponibilité en cas d'ingestion d'une matrice contaminée (source : adapté de Caboche (2009), RECORD (2011), Pelfrêne (2016) et InVS-Ineris (2012)) 14
Figure 5 : Illustration schématique des étapes du test in vitro UBM (INERIS, 2021) 15
Figure 6 : Cartographie des anomalies dans les sols – Ecole maternelle Charles Perrault (GINGER BURGEAP, août 2024) 19

Figure 7 : Cartographie des teneurs en plomb mesurées dans les sols 22
Figure 8 : Schéma conceptuel (usage actuel) 24

TABLEAUX

Tableau 1 : Informations sur le site d'étude 10
Tableau 2 : Informations sur le site d'étude 11
Tableau 3 : Investigations et analyses réalisées sur les sols 16
Tableau 4 : Points de prélèvements réalisés 18
Tableau 5 : Résultats d'analyses sur les sols 21
Tableau 6 : Concentrations prises en compte dans les sols 26
Tableau 7 : Valeurs toxicologiques de référence retenues 28
Tableau 8 : Paramètres retenus liés au sol 29
Tableau 9 : Concentrations calculées dans poussières 29
Tableau 10 : Budgets espace/temps retenus 32
Tableau 11 : Synthèse des QD et ERI – Ecole maternelle Charles Perrault 34
Tableau 12 : Variables générant les incertitudes majeures de l'évaluation 36

ANNEXES

Annexe 1. Résultats des analyses antérieures (février 2019)
Annexe 2. Propriétés physico-chimiques
Annexe 3. Méthodes analytiques, LQ et flaconnage
Annexe 4. Fiches d'échantillonnage des sols
Annexe 5. Bordereaux d'analyse des sols
Annexe 6. Données toxicologiques
Annexe 7. Relations dose-réponse
Annexe 8. Estimation des concentrations dans les milieux d'exposition
Annexe 9. Paramètres d'exposition retenus
Annexe 10. Détails des calculs de dose et de risque
Annexe 11. Glossaire

Synthèse technique

CONTEXTE		
Client	VILLE DE RONCHIN	
Nom / adresse du site	Ecole maternelle Charles Perrault – Ronchin (59)	
Contexte de l'étude	Diagnostic de contrôle de la qualité des sols de surface.	
Projet d'aménagement	Maintien de l'usage (espaces verts école maternelle)	
Informations sur le site lui-même	Superficie totale	1 559 m²
	Parcelles cadastrales	Parcelle n°609 – Section AH
	Propriétaire	Ville de Ronchin
	Exploitant et usage actuel	Ville de Ronchin – Ecoles maternelle (espaces verts)
	Environnement proche	Logements individuels.
Statut réglementaire	Installation ICPE et régime	Non recensé.
Contexte géologique et hydrogéologique	• De la terre végétale a été retrouvée entre 0 et 0,1 m de profondeur lors des investigations. • La ville de Ronchin est située sur les limons des plateaux puis sur la Craie. La Craie peut être retrouvée à faible profondeur (2 m). La nappe de la craie est localisée vers 10 m de profondeur.	
Impacts connus sur le milieu souterrain	Etudes antérieures	• Rapport Gallia Sana référencé FS18/139/02/v1 du 22 février 2019 ; • Rapport GINGER BURGEAP « -Diagnostic environnemental du milieu souterrain & Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires » référencé NO2700503 / 1105497-01 et date 04/10/2024.
	Impacts milieu sols	Les investigations réalisées ont mis en évidence la présence de cuivre, de plomb et de zinc dans les sols superficiels (0-0,1 m) de l'école maternelle Charles Perrault. Les plus fortes concentrations observées pour ces 3 éléments sont retrouvés au droit du sondage C1 entre 0 et 1 m de profondeur (investigation Gallia sana de février 2019).
	EQRS	Dans le cadre de la mission qui nous a été confiée par la Ville de Ronchin, avec les conditions d'études retenues, et en l'état actuel des connaissances scientifiques, les niveaux de risques estimés sont supérieures aux critères d'acceptabilité tels que définis par la politique nationale de gestion des sites pollués pour les hypothèses considérées, notamment vis-à-vis des teneurs en plomb identifiées dans les sols superficiels de l'ensemble du site et de l'exposition par ingestion de sol des enfants en école maternelle. Plusieurs facteurs engendrent des incertitudes sur les risques évalués. Pour la majorité des facteurs engendrant ces incertitudes, l'approche adoptée a été « *sécuritaire* » notamment par l'utilisation des hypothèses relatives aux quantités de sols ingérés ou la durée d'exposition. La variation des paramètres dits « sécuritaires » tel que la réalisation de calculs sur la base de teneurs moyennes ne permet pas de rétablir des niveaux de risques acceptable pour les enfants en maternelle. Pour rétablir des niveaux de risques acceptables, une diminution du temps de présence en espaces verts à 2 jours/ semaines doit être considérée.

MISSION		
Intitulé et objectifs	Diagnostic complémentaire sur les sols et mise à jour de l'EQRS afin de confirmer la compatibilité d'usage du milieu sol de l'école maternelle Charles Perrault avec l'usage actuel (espaces verts école maternelle). Le présent diagnostic consiste : • au prélèvement de sol de surface, • au tamisage de ces sols pour réalisation des analyses sur les fractions granulométriques majoritairement inhalées/ ingérées (<2 mm) ; • à l'analyse plomb sur ces fractions granulométriques ; • à l'analyse de la bioaccessibilité orale du plomb selon différentes méthodes et en différents points afin de consolider la connaissance du comportement de plomb. L'EQRS sera ensuite actualisée à l'aide des nouvelles données acquises.	
Investigations réalisées	Sols	3 sondages de sols à la tarière manuelle (0,3m de profondeur).
Polluants recherchés	Sols	Mesure des concentrations totales en Pb puis prédiction des concentrations bio-accessibles oralement via un test simplifié à l'HCl (ISO DIS 7303) (x3) Test UBM (ISO 17924) (x1)
Résultats des investigations	Les investigations réalisées en décembre 2024, ont mis en évidence : • Des teneurs en plomb dans les sols de surfaces supérieures au seuil de vigilance HCSP mais conformes au seuil de dépistage sur l'ensemble des prélèvements (teneurs comprises entre 142,8 et 223,9 mg/kg MS) ; • Notons que ces teneurs restent du même ordre de grandeur que les teneurs détectées précédemment par GINGER BURGEAP (entre 210 et 270 mg/kg) ce qui est cohérent ; • Les bioaccessibilités calculées sont globalement du même ordre de grandeur (entre 104,6 et 199,9 mg/kg soit entre 73,3 et 89,3 %) ; • Une bonne corrélation est observable entre la bioaccessibilité calculée (tests simplifiés) et celle mesurée (172,4 mg/kg soit 77%) ; En considérant la bioaccessibilité mesurée, la biodisponibilité calculée est de 69,1%. Dans le cadre de la mission qui nous a été confiée par la Ville de Ronchin, avec les conditions d'études retenues, et en l'état actuel des connaissances scientifiques, les niveaux de risques estimés sont supérieures aux critères d'acceptabilité tels que définis par la politique nationale de gestion des sites pollués pour les hypothèses considérées, notamment vis-à-vis des teneurs en plomb identifiées dans les sols superficiels de l'ensemble du site et de l'exposition par ingestion de sol des enfants en école maternelle. Plusieurs facteurs engendrent des incertitudes sur les risques évalués. Pour la majorité des facteurs engendrant ces incertitudes, l'approche adoptée a été « *réaliste* » pour les durées d'exposition et bioaccessibilité du plomb, et « *sécuritaire* » pour les taux d'ingestion : • La quantité de sols ingérés : les taux d'ingestion journalier pris en compte ne tient pas compte de la durée de présence des usagés, et peut conduire à une surestimation des doses liées à l'ingestion de sols/poussières et ainsi des risques induits ; • La prise en compte du facteur de bioaccessibilité réelle du plomb mesuré sur site pour le calcul de risque ; • La considération d'une concentration en plomb maximale de la campagne de décembre 2024 uniquement (échantillons superficiels et analyses sur les fractions granulométriques réellement inhalées / ingérées) ; • Les durées d'exposition : surestimées dans le cadre de l'EQRS (non prise en compte d'une diminution du temps de présence lors de journée d'intempérie). Sur la base des maximum détectés, les niveaux de risques redeviennent acceptables pour une durée d'exposition en espace vert de 4 j/semaine (160 jours). Pour la majorité de ces paramètres, les connaissances actuelles ne permettent pas de réduire ces incertitudes.	

	Schéma conceptuel	• **Impacts identifiés :** cuivre, plomb et zinc dans les sols superficiels ; • **Enjeux à protéger :** usagers actuels (adultes travailleurs, enfants en maternelle) ; • **Voies d'expositions :** inhalation de poussières contaminées et ingestion de sols contaminés.

RECOMMANDATIONS

A la vue de ces résultats, GINGER BURGEAP recommande :

- La mise en place de mesures de gestion simples sur l'ensemble des espaces extérieurs de l'école maternelle avec la mise en place de 50 cm de terres d'apport saines afin de supprimer la possibilité d'un contact direct avec les sols en place ;
- Dans l'attente de mise en place des mesures de précaution citées ci-dessous, nous recommandons :
  - de limiter les accès des espaces verts aux jeunes enfants (matérialisation physique pour interdire l'accès) ;
  - de manière globale, en raison des concentrations en plomb supérieures au seuil du vigilance du HCSP sur l'ensemble du site, la mise en œuvre des recommandations de précaution et d'hygiène émises dans le « Guide pour l'élaboration d'une liste de mesures de prévention individuelles visant à limiter l'exposition des populations riveraines des sites et sols pollués », HCSP 2020 permettront un abattement conséquent du risque d'ingestion de particules de terre et de poussières, ceci dans une démarche ALARA (As Low As Reasonably Achievable = Aussi basse que raisonnablement possible).

1. Introduction

1.1 Objet de l'étude

La Ville de Ronchin souhaite confirmer la compatibilité d'usage sur des sites de lieux d'accueil de la petite enfance (écoles, halte-garderie, parcs publics).

Le site de l'école maternelle Charles Perrault est l'objet du présent rapport.

Dans ce contexte, la VILLE DE RONCHIN a missionné GINGER BURGEAP en juillet 2024 pour la réalisation de diagnostics de la qualité du milieu souterrain accompagnés d'une Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires. Les investigations réalisées ont mis en évidence la présence de cuivre, de plomb et de zinc dans les sols superficiels (0-0,1 m) de l'école maternelle Charles Perrault. Les plus fortes concentrations observées pour ces 3 éléments sont retrouvés au droit du sondage C1 entre 0 et 1 m de profondeur (investigation Gallia sana de février 2019). Avec les conditions d'études retenues, et en l'état actuel des connaissances scientifiques, les niveaux de risques estimés étaient supérieurs aux critères d'acceptabilité tels que définis par la politique nationale de gestion des sites pollués pour les hypothèses considérées, notamment vis-à-vis des teneurs en plomb identifiées dans les sols superficiels de l'ensemble du site et de l'exposition par ingestion de sol des enfants en école maternelle.

Considérant cela, la Ville de Ronchin souhaite actualiser l'EQRS sur la base de nouveaux prélèvements de sols de surface, en tenant compte des teneurs en plomb sur les fractions granulométriques majoritairement inhalées/ingérées (fraction fines), et en tenant compte dans les calculs de risques des dernières méthodes de calcul de dose journalière ajustée, basée sur la biodisponibilité, conformément aux recommandations du guide pratique sur la biodisponibilité du plomb de l'INERIS à paraitre au 1er semestre 2025.

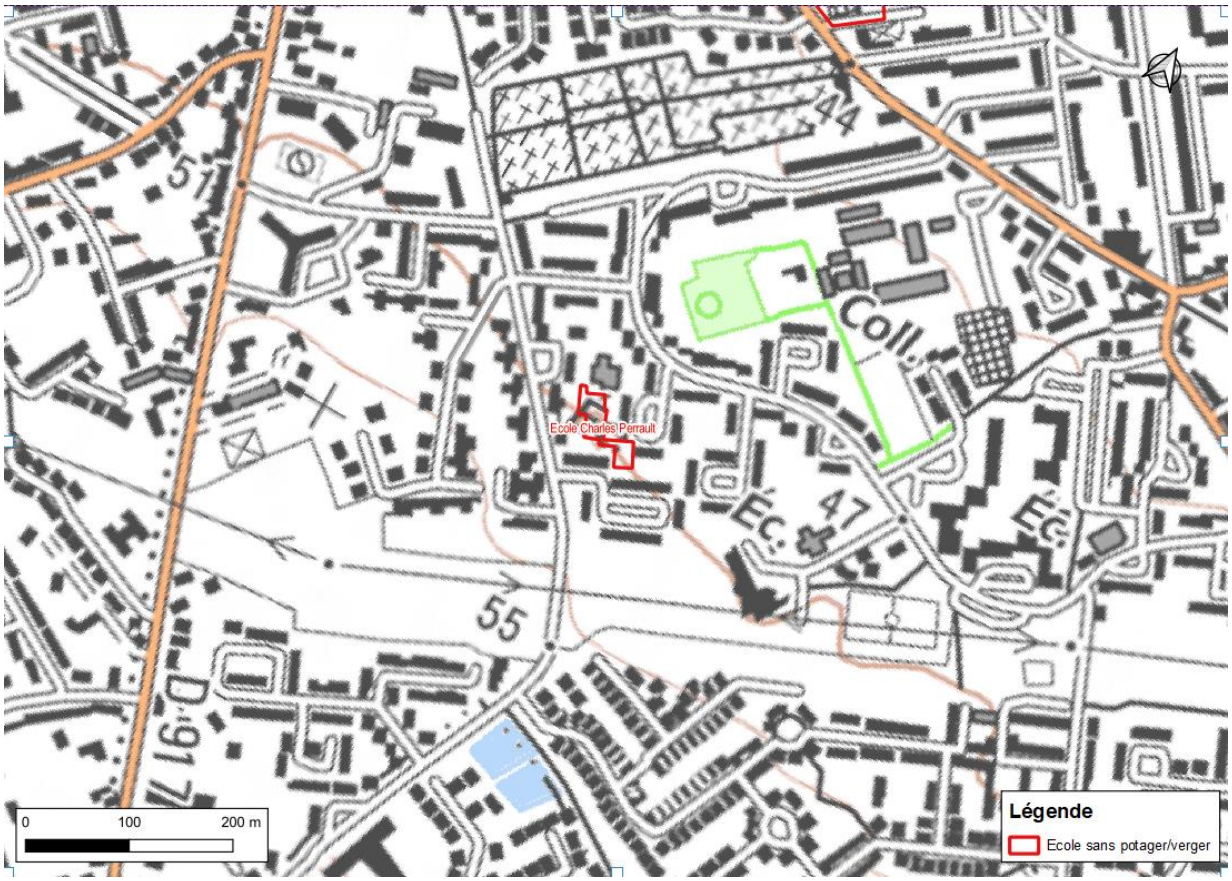

Figure 1 : Localisation du site d'étude (fond de plan : IGN topographie)

1.2 Codification des prestations

Le présent rapport est conforme à la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués d'avril 2017 et aux exigences de la **norme AFNOR NF X 31-620 1, 2 et 5 : décembre 2021 - « Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites et sols pollués** », pour le domaine A : « Etudes, assistance et contrôle » et le domaine D : « Attestation de prise en compte des mesures de gestion de la pollution des sols et des eaux souterraines dans la conception des projets de construction ou d'aménagement ».

Prestations élémentaires (A) concernées		Objectifs
☐	A100	Visite du site
☐	A110	Etudes historiques, documentaires et mémorielles
☐	A120	Etude de vulnérabilité des milieux
☐	A130	Elaboration d'un programme prévisionnel d'investigations
☒	A200	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les sols
☐	A210	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux souterraines
☐	A220	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux superficielles et/ou les sédiments
☐	A230	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les gaz du sol
☐	A240	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur l'air ambiant et les poussières atmosphériques
☐	A250	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les denrées alimentaires
☐	A260	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les terres excavées
☒	A270	Interprétation des résultats des investigations
☐	A300	Analyse des enjeux sur les ressources en eaux
☐	A310	Analyse des enjeux sur les ressources environnementales
☒	A320	Analyse des enjeux sanitaires
☐	A330	Identification des différentes options de gestion possibles et réalisation d'un bilan coûts/avantages
☐	A400	Dossiers de restriction d'usage, de servitudes

Prestations globales (A) concernées		Objectifs
☒	AMO AMO en phase études	Assister et conseiller son client pendant tout ou partie de la durée du projet, en phase études.
☐	LEVE Levée de doute	Le site relève-t-il de la politique nationale de gestion des sites pollués, ou bien est-il « banalisable » ?
☐	INFOS	Réaliser les études historiques, documentaires et de vulnérabilité, afin d'élaborer un schéma conceptuel et, le cas échéant, un programme prévisionnel d'investigations.
☒	DIAG	Investiguer des milieux (sols, eaux souterraines, eaux superficielles et sédiments, gaz du sol, air ambiant…) afin d'identifier et/ou caractériser les sources potentielles de pollution, l'environnement local témoin, les vecteurs de transfert, les milieux d'exposition des populations et identifier les opérations nécessaires pour mener à bien le projet
☐	PG Plan de gestion dans le cadre d'un projet de réhabilitation ou d'aménagement d'un site	Etudier, en priorité, les modalités de suppression des pollutions concentrées. Cette prestation s'attache également à maîtriser les impacts et les risques associés (y compris dans le cas où la suppression des pollutions concentrées s'avère techniquement complexe et financièrement disproportionnée) et à gérer les pollutions résiduelles et diffuses. Réalisation d'un bilan coûts-avantages (A330) qui permet un arbitrage entre les différents scénarios de gestion possibles (au moins deux), validés d'un point de vue sanitaire (A320). Préconisations sur la nécessité de réaliser, ou non, les prestations un plan de conception des travaux (PCT), un contrôle de la mise en œuvre des mesures (CONT), un suivi environnemental (SUIVI), la mise en place de restrictions d'usage et la définition des modalités de leur mise en œuvre. Précision des mécanismes de conservation de la mémoire en lien avec les scénarios de gestion proposés
☐	IEM Interprétation de l'Etat des Milieux	La prestation IEM est mise en œuvre en cas de la mise en évidence d'une pollution historique sur une zone où l'usage est fixé (installation en fonctionnement, quartier résidentiel, etc.), la mise en évidence d'une pollution hors des limites d'un site, un signal sanitaire Comparable à une photographie de l'état des milieux et des usages, la prestation IEM vise à s'assurer que l'état des milieux d'exposition est compatible avec les usages existants [9]. Elle permet de distinguer les situations qui ne nécessitent aucune action particulière, peuvent faire l'objet d'actions simples de gestion pour rétablir la compatibilité entre l'état des milieux et leurs usages constatés, nécessitent la mise en œuvre d'un plan de gestion
☐	SUIVI	Suivi environnemental
☐	BQ Bilan quadriennal	Interpréter les résultats des données recueillies au cours des quatre dernières années de suivi Mettre à jour l'analyse des enjeux concernés par le suivi sur la période sur les ressources en eau, environnementales et l'analyse des enjeux sanitaires
☐	CONT Contrôles	Vérifier la conformité des travaux d'investigation ou de surveillance Contrôler que les mesures de gestion sont réalisées conformément aux dispositions prévues
☐	XPER	Expertise dans le domaine des sites et sols pollués
☐	VERIF Evaluation du passif environnemental	Effectuer les vérifications en vue d'évaluer le passif environnemental lors d'un projet d'acquisition d'une entreprise
Prestations globales (D) concernées		Objectifs
☐	ATTES-ALUR	Attestation à joindre aux demandes de permis de construire (PC) ou d'aménager dans les secteurs d'information sur les sols (SIS) ou au second changement d'usage (loi ALUR).

1.3 Documents de référence et ressources documentaires

Cette étude se base sur les documents d'entrée suivant :

- Rapport Gallia Sana référencé FS18/139/02/v1 du 22 février 2019 ;
- Rapport GINGER BURGEAP « Diagnostic environnemental du milieu souterrain & Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires » référencé NO2700503 / 1105497-01 et date 04/10/2024.

2. Localisation et environnement du site

Tableau 1 : Informations sur le site d'étude

Adresse du site	Ecole maternelle Charles Perrault – Ronchin (59)
Superficie totale	1 559 m^2
Parcelles cadastrales	Parcelle n°609 – Section AH
Propriétaire du site	Ville de Ronchin
Exploitant du site (et activité de l'exploitant)	Ville de Ronchin – Espaces verts de l'école maternelle
Altitude moyenne / Topographie	+41 m NGF (Nivellement Général de la France) / terrain plat
Abords du site	Autour du site : logements individuels.

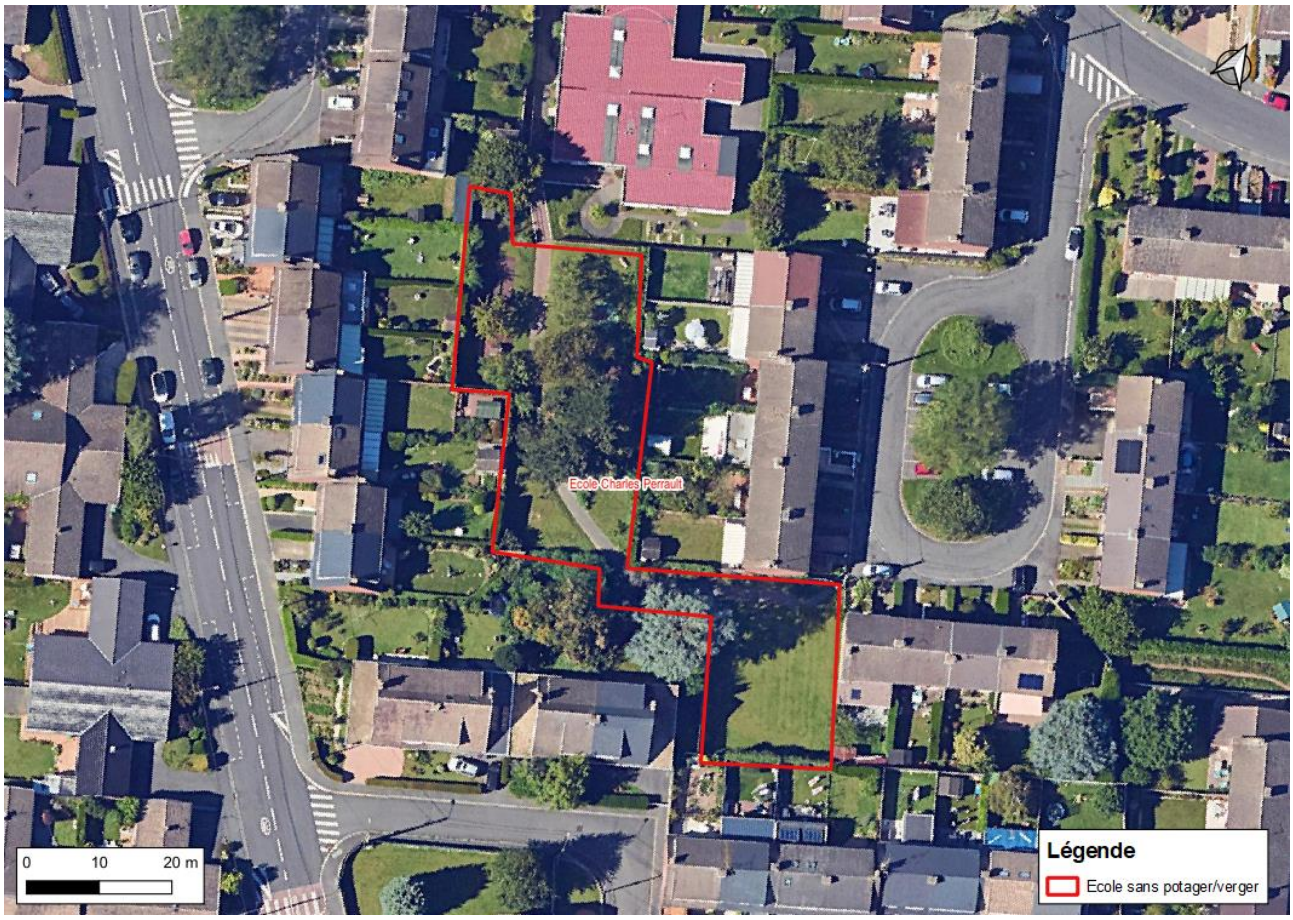

Figure 2 : Photographie aérienne de l'école maternelle Charles Perrault

3. Données sur la qualité du milieu souterrain

Le tableau suivant reprend les données antérieures disponibles (voir **Paragraphe 1.3**). Les résultats des analyses antérieures sont disponibles en **Annexe 1.**

Tableau 2 : Informations sur le site d'étude

Campagne	Investigations réalisées	Résultats obtenus
GALLIA SANA (02-19)	Réalisation de 3 échantillons moyens appelés C1, C2 et C3 et composés de 2 ou 3 échantillons composites chacun (C1-1, C1-2, C2-1, C2-2, C2-3 et C3-1 et C3-2). Les sondages ont été réalisés à 0,5 m ou 1 m de profondeur à la tarière manuelle.	Les investigations ont mis en évidence une lithologie assimilée à de la terre végétale. Les résultats d'analyses mettent en évidence la présence d'arsenic, de plomb, de cuivre et de zinc à des concentrations supérieures au bruit de fond de la Ville de Lille. La teneur en plomb sur C1 dépasse la valeur de dépistage du HCSP (531 mg/kg pour une valeur seuil à 300 mg/kg). Les teneurs en plomb sur C2 et C3 sont également élevées (250 et 252 mg/kg).
GINGER BURGEAP (08-24)	Réalisation de sondages à la tarière manuelle : 3 prélèvements de contrôle des sols de surface à 0,1 m de profondeur.	Les investigations réalisées ont mis en évidence la présence de cuivre, de plomb et de zinc dans les sols superficiels (0-0,1 m) de l'école maternelle Charles Perrault. Les plus fortes concentrations observées pour ces 3 éléments sont retrouvés au droit du sondage C1 entre 0 et 1 m de profondeur (investigation Gallia sana de février 2019).
	Evaluation quantitative des risques sanitaires	Dans le cadre de la mission qui nous a été confiée par la Ville de Ronchin, avec les conditions d'études retenues, et en l'état actuel des connaissances scientifiques, les niveaux de risques estimés sont supérieures aux critères d'acceptabilité tels que définis par la politique nationale de gestion des sites pollués pour les hypothèses considérées, notamment vis-à-vis des teneurs en plomb identifiées dans les sols superficiels de l'ensemble du site et de l'exposition par ingestion de sol des enfants en école maternelle. Plusieurs facteurs engendrent des incertitudes sur les risques évalués. Pour la majorité des facteurs engendrant ces incertitudes, l'approche adoptée a été « sécuritaire » notamment par l'utilisation des hypothèses relatives aux quantités de sols ingérés ou la durée d'exposition. La variation des paramètres dits « sécuritaires » tel que la réalisation de calculs sur la base de teneurs moyennes ne permet pas de rétablir des niveaux de risques acceptable pour les enfants en maternelle. Pour rétablir des niveaux de risques acceptables, une diminution du temps de présence en espaces verts à 2 jours/ semaines doit être considérée.

Figure 3 : Cartographie des anomalies dans les sols – Ecole maternelle Charles Perrault (GINGER BURGEAP, août 2024)

4. Investigations sur les sols (A200)

4.1 Stratégie d'investigations

Des anomalies en plomb ayant été mises en évidence lors des précédentes campagnes d'investigations, les investigations complémentaires réalisées ont pour objectif de quantifier la bioaccessibilité orale réelle du plomb dans les sols de surface, sur les fractions granulométriques fines, majoritairement ingérées.

◗ Rappel : Biodisponibilité/bioaccessibilité orale pour l'Homme en contexte d'ingestion directe de substrat contaminé

La **biodisponibilité** est la fraction de composé ingérée qui est absorbée et atteint la circulation systémique. En d'autres termes, la biodisponibilité absolue peut se définir comme le ratio de la dose absorbée sur la dose ingérée :

$$Biodisponibilité\ absolue\ (\%) = \frac{dose\ absorbée}{dose\ ingérée} \times 100$$

La biodisponibilité intègre la solubilisation du contaminant dans le système salivaire, le tube digestif et la lumière gastro-intestinale (bioaccessibilité), le transport du contaminant au travers de la barrière gastro-intestinale, et la fraction métabolisée du contaminant avant transmission à la circulation systémique.

La **bioaccessibilité** est la fraction de polluant qui est extraite (mise en solution) par les fluides digestifs au niveau du système salivaire et du tractus gastro-intestinal. La fraction bioaccessible du polluant d'un sol peut s'exprimer selon le ratio suivant :

$$Bioaccessibilité\ absolue\ (\%) = \frac{dose\ extraite\ de\ la\ matrice\ sol}{dose\ ingérée} \times 100$$

Le lien théorique entre biodisponibilité et bioaccessibilité peut s'exprimer selon l'équation suivante :

$$B = B_a \times F_A \times F_H$$

Avec :

B : biodisponibilité (absolue/ %),
B_a : bioaccessibilité (absolue/ %),
F_A : taux d'absorption par le système digestif de la fraction bioaccessible (extraite),
F_H : taux de transmission à la circulation systémique de la fraction absorbée.

La bioaccessibilité absolue peut prendre des valeurs allant de 0 à 100%. Lorsqu'elle est égale à 0%, aucune molécule de polluant n'est dissoute dans les fluides digestifs, tandis qu'une bioaccessibilité de 100% indique que l'ensemble de la dose administrée est dissout dans les sucs digestifs.

La fraction bioaccessible correspond à la quantité maximale d'une substance ingérée disponible à l'absorption et susceptible d'engendrer un effet toxique.

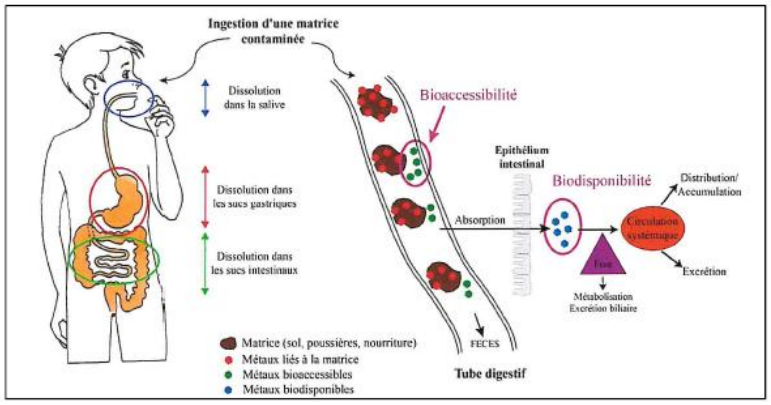

Figure 4 : Schéma des notions de bioaccessibilité et biodisponibilité en cas d'ingestion d'une matrice contaminée (source : adapté de Caboche (2009), RECORD (2011), Pelfrêne (2016) et InVS-Ineris (2012))

Ainsi, en absolu, la fraction biodisponible d'un contaminant est inférieure à la fraction bioaccessible de ce même contaminant. Dans le cas des métaux, il est souvent considéré que FA et FH sont égales à 1[1].

La notion de bioaccessibilité relative (BaR) vise à comparer l'extraction d'un composé sous deux spéciations (tel que le carbonate de plomb vs l'acétate de plomb), ou du même composé administré par différents milieux (tels que la nourriture, le sol ou l'eau). Cette notion est particulièrement importante pour l'utilisation de la bioaccessibilité dans un calcul de risque dans lequel il convient de distinguer la différence de bioaccessibilité entre le sol et la matrice utilisée pour l'établissement de la valeur toxicologique de référence[2].

La toxicocynétique et la toxicodynamique représentent respectivement le devenir d'un contaminant dans l'organisme après passage dans la circulation et l'effet de ce contaminant sur la cible.

Principe d'un test de bioaccessibilité

Test simplifié

La méthode d'analyse simplifiée au moyen d'acide chlorhydrique dilué (HCl 0,65 %) repose sur une extraction chimique simple. Elle s'inscrit dans une démarche exploratoire à moindre coût. Elle permet de choisir les échantillons dont les résultats seront validés par la méthode normalisée UBM. Plus spécifiquement, cette technique d'estimation de la bioaccessibilité orale a été validée pour des gammes de concentrations totales dans les sols en éléments métalliques variant de 2 à 2600 mg/kg pour l'As, de 0,2 à 480 mg/kg pour le Cd, et de 4 à 50 000 mg/kg pour le Pb. La méthode simplifiée à l'HCl permet une approche prospective de la bioaccessibilité orale des polluants au niveau de l'estomac (phase gastrique) mais aussi en considérant l'ensemble du tube digestif (phase gastro-intestinale). Le test UBM reste ensuite nécessaire sur quelques échantillons d'intérêt, sélectionnés grâce à la méthode simplifiée, afin de valider les résultats obtenus par une méthode normalisée et pour ajuster les doses d'expositions dans les évaluations des risques sanitaires.

La mesure de la bioaccessibilité avec la méthode simplifiée par HCl est donc utilisable lors de la caractérisation du site pour la qualité des milieux. Elle permet un screening avant de choisir les échantillons pour caractérisation avec le test UBM afin d'ajuster les doses d'exposition.

Le protocole simplifié peut être utilisé pour d'autres éléments métalliques comme le Co, le Cr, le Ni et le Zn mais les données obtenues ne peuvent être considérées qu'à titre indicatif et doivent être utilisées avec précaution pour l'interprétation des résultats. Les résultats ne peuvent pas être utilisés à l'heure actuelle pour ajuster la dose d'exposition dans les calculs de risques sanitaires.

[1] Denys S. et al., 2009. Biodisponibilité et bioaccessibilité des métaux et metalloïdes des sols pollués pour la voie orale chez l'homme - Définitions, protocoles de mesure et retour d'expérience international. Environnement, Risques & Santé – Vol. 8, n° 5, septembre-octobre 2009

[2] INERIS, 2021. Facteurs d'influence de la bioaccessibilité orale de métaux et métalloïdes dans les sols. Etat de l'art. Caractérisation des propriétés physico-chimiques des sols. Ineris-21-180783-08802-v3.0

Test UBM

La bioaccessibilité orale repose sur le test normalisé UBM[3] qui est considéré comme la méthode de référence pour évaluer la bioaccessibilité de l'As, du Cd et du Pb.

Le principe des tests de bioaccessibilité in vitro est de mimer les conditions physiologiques se déroulant dans le corps humain, en particulier chez les enfants considérés comme la population potentiellement la plus exposée, lors de l'ingestion de sols contaminés et des processus digestifs.

Le sol potentiellement contaminé, après préparation, est mis en contact avec des solutions digestives représentatives des différents segments (salive, estomac, intestin), aux pH physiologiques et sous agitation à 37°C.

La norme ISO 17924[4] simule des conditions à jeun, souvent reconnues comme les plus conservatoires pour l'étude de la bioaccessibilité des éléments inorganiques (dissolution plus importante aux pH plus faibles rencontrés à jeun). A noter que toutefois, des bioaccessibilités plus élevées ont été observées en présence de nourriture, y compris pour des contaminants inorganiques[5].

Au cours du test, des échantillons sont prélevés après les différentes étapes de digestion mises en œuvre (sauf après la phase salivaire) afin d'évaluer une bioaccessibilité stomacale (ou gastrique) et une bioaccessibilité intestinale (ou gastro-intestinale).

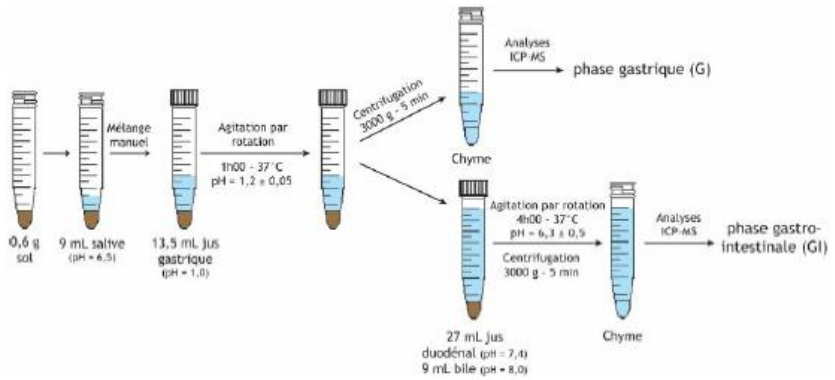

Figure 5 : Illustration schématique des étapes du test in vitro UBM (INERIS, 2021)

Les extraits ainsi obtenus sont analysés par ICP-AES. Les résultats issus des tests in vitro sont exprimés comme étant la fraction bioaccessible ou la bioaccessibilité en % selon l'équation :

$$FAB\ ou\ Bioaccessibilité\ (\%) = \frac{[Elément]_{Bioaccessible}}{[Elément]_{Total}} \times 100$$

Avec :

[Elément]$_{bioaccessible}$: concentration en élément ou substance extraite après la phase stomacale ou intestinale
[Elément]$_{total}$: concentration en élément ou substance présente initialement dans le sol

[3] test UBM normalisé pour Unified Bioaccessibility Method
[4] ISO 17924 :2018 Qualité du sol — Évaluation de l'exposition humaine par ingestion de sol et de matériaux du sol — Mode opératoire pour l'estimation de la bioaccessibilité/biodisponibilité pour l'homme de métaux dans le sol
[5] RECORD, Biodisponibilité et Bioaccessibilité des polluants dans le cas des sols pollués. Etat des connaissances et pistes de recherche, 2012, 259 p, n°10-0671/1A

4.2 Programme et stratégie d'investigations

Date d'intervention	16/12/2024
Prestataire de forage **Technique de forage**	Tarière manuelle.
Investigations menées	Cf. **Tableau 3** et **Figure 6.** Les sondages ont été suivis en continu par un collaborateur spécialisé de GINGER BURGEAP qui a effectué les prélèvements. L'objectif des essais simplifiés de bioaccessibilité, réalisés en systématique sur chaque échantillon, est de consolider l'ordre de grandeur de la biodisponibilité du plomb. Un Test UBM est réalisé en parallèle sur un échantillon ponctuel pour confirmer, à l'aide d'une méthode normalisée, les résultats des essais simplifiés.
Ecarts au programme prévisionnel	Sans objet.
Repli en fin de chantier	Sondages rebouchés avec les déblais de forage. Réfection des surfaces : non concerné. Déchets de chantier : évacués en filières spécifique en fin de chantier.
Laboratoire d'analyses	JUNIA-ISA Afin de réaliser l'ensemble des analyses sur un même échantillon, l'analyse de la concentration en plomb total et les analyses de bioaccessibilité ont été réalisée par le laboratoire JUNIA-ISA. En accord avec la Ville de Ronchin, l'analyse plomb total ne sera donc pas COFRAC.

Tableau 3 : Investigations et analyses réalisées sur les sols

	Investigations							Analyses laboratoire	
Milieu reconnu	**Méthode**	**Localisation**	**Objectifs**	**Qté**	**Prof. (ml)**	**Nom**	**Mesures in situ**	Mesure des concentrations totales en Pb puis prédiction des concentrations bio-accessibles via un test simplifié à l'HCl (ISO DIS 7303)	Test UBM (ISO 17924)
SOLS	Tarière manuelle – Echantillons moyens de surface	Ecole maternelle Charles-Perrault	Contrôle des sols de surface	2	0,3	CP4, CP5, CP6	PID	2	1 (CP4)

Chaque prélèvement a fait l'objet d'un séchage/tamisage avant la réalisation d'analyses. Seules les fractions fines <2 mm ont été analysées (fractions les plus représentatives de l'inhalation / ingestion).

Les propriétés chimiques des polluants recherchés, les méthodes analytiques, les limites de quantification et le descriptif du flaconnage utilisé figurent en **Annexe 3.**

Les paragraphes suivants présentent une description plus détaillée du programme analytique réalisé par le laboratoire JUNIA.

Protocole appliqué par le laboratoire JUNIA

Minéralisation à l'eau régale – mesure de la concentration pseudo-totale en métaux

A une prise d'essai de 0,3 g de terre sont ajoutés 4,5 mL d'HCl (37%) et 1,5 mL d'HNO3 (70%).

Après agitation manuelle, les tubes sont mis à chauffer à 95°C pendant 1h30 dans un bloc chauffant.

Après refroidissement, le volume est ajusté à 25 mL avec de l'eau bidistillée puis la solution est filtrée à 0,45 µm sur une membrane en acétate de cellulose. Les concentrations en Pb extraites à l'eau régale ont été analysées en spectrométrie d'absorption atomique en mode flamme.

Les valeurs obtenues ont été corrigées avec l'humidité résiduelle afin d'exprimer les résultats en mg/kg de poids sec.

Protocole simplifié de mesure de la bioaccessibilité orale des éléments métalliques

Une prise d'essai de 0,03 g de terre (tamisée à 250 µm sans avoir recours à un broyage mécanique) est ajoutée à 25 ml d'eau ultra-pure acidifiée à 0,65 % HCl dans des tubes en polyéthylène puis homogénéisée par ultrasons pendant 15 minutes.

La digestion est ensuite réalisée dans une enceinte thermostatée pendant 1 h à 37°C.

Après refroidissement, les échantillons digérés sont filtrés (filtre Millipore 0,45 µm) avant d'être analysés.

Pour assurer la qualité de la mesure, un blanc, un échantillon de référence et un dupliquât ont également été réalisés (référence NIST 2710a).

Les concentrations extraites à l'HCl ont été envoyées et analysées par Wessling en ICP-MS.

Protocole de mesure de la bioaccessibilité orale des éléments métalliques

Cette mesure est réalisée à partir d'une masse de 0,6 g de terre (< 250 µm). A cette masse est ajouté un volume de 9 mL de fluide salivaire. La suspension est homogénéisée manuellement puis 13,5 mL de fluide gastrique sont alors ajoutés à la suspension.

Après homogénéisation, le pH de la suspension est ajusté à 1,20 ± 0,05 par l'ajout d'HCl (37%). Après agitation pendant 1 h à 37°C, la phase gastrique est collectée par centrifugation de la suspension à 4500 g pendant 5 minutes.

Le surnageant est prélevé et acidifié (HNO_3 70%) et la concentration en Pb mesurée représente la fraction bioaccessible dans la phase gastrique.

Le protocole décrit dans la norme prévoit de mesurer ensuite la fraction intestinale en ajoutant un fluide simulant le fluide digestif intestinal, c'est-à-dire 27 mL de solution duodénale et 9 mL de solution biliaire. Le pH de la suspension est ajusté à 6,3 ± 0,5 par ajouts de NaOH (10 M).

La suspension est ensuite homogénéisée pendant 4 h à 37°C, centrifugée à 4500 g pendant 5 minutes. Le surnageant obtenu est acidifié (HNO_3 70%) et analysé en vue de déterminer les concentrations en éléments métalliques dans cette phase (gastro-intestinale).

Pour assurer la qualité de la mesure, un blanc, un échantillon de référence et un dupliquât ont également été réalisés (référence NIST 2710a).

4.3 Observations et mesures de terrain

Les terrains recoupés en sondage ont été décrits avant échantillonnage :

- Succession lithologique ;
- Présence ou non de niveaux jugés suspects (traces de souillures, caractéristiques organoleptiques anormales (odeur, couleur, texture), présence de matériaux de type déchets, mâchefers, verre, bois…) ;
- Présence ou non de composés organiques volatils dans les gaz des sols (évaluée au niveau de chaque échantillon prélevé au moyen d'un détecteur à photo-ionisation (PID) régulièrement calibré).

Les échantillons ont ensuite été sélectionnés pour analyses chimiques en laboratoire (cf. § 0).

4.3.1 Succession lithologique

Au regard des observations réalisées au cours des investigations, les sols superficiels au droit des espaces verts de l'école Charles Perrault correspondent à de la terre végétale.

Aucune venue d'eau n'a été identifiée lors des investigations.

4.3.2 Niveaux suspects et mesures PID

Les résultats des tests de terrain (mesures PID) sont tous inférieurs à 1 ppmV. L'intégralité des observations figure dans les fiches d'échantillonnage de sols rassemblées en **Annexe 4.**

Tableau 4 : Points de prélèvements réalisés

Site	Adresse	Nom point	Coordonnées		Projection	Photos
			x	y		
Ecole Charles Perrault	2 rue Millet	CP4	3.08801	50.5957	WGS84	
		CP5	3.08837	50.59551	WGS84	
		CP6	3.08881	50.59541	WGS84	

Figure 6 : Cartographie des anomalies dans les sols – Ecole maternelle Charles Perrault (GINGER BURGEAP, août 2024)

4.4 Stratégie et mode opératoire d'échantillonnage

Après le levé de la coupe du sondage, le collaborateur de GINGER BURGEAP a procédé au prélèvement ponctuel des sols de surfaces compris entre la surface et 0,3 m de profondeur (horizon de terre végétale).

Une fois prélevés, les échantillons ont été conditionnés dans des bocaux d'une contenance de 370 ml.

L'ensemble des échantillons ont été soumis à analyses en laboratoire.

4.5 Conservation des échantillons

Après description, conditionnement et étiquetage, les échantillons de sol ont été stockés en glacière jusqu'à leur arrivée au laboratoire ou au réfrigérateur dans les locaux de GINGER BURGEAP.

4.6 Valeurs de référence pour les sols

Les concentrations dans les sols au droit de la zone d'étude ont été comparées en premier lieu aux concentrations du bruit de fond définis par la Ville de Lille.

Ces valeurs de comparaison sont présentées dans les premières colonnes des tableaux de présentation des résultats d'analyse.

Métaux et métalloïdes sur sol brut	Concentrations inférieures au seuil de vigilance défini par le HCSP, à savoir : • Plomb : 100 mg/kg selon instruction du 21 septembre 2016. Pour le plomb, le Haut Conseil de Santé Publique (HCSP) mentionne une valeur de 300 mg (Pb)/kg sol, comme étant une valeur seuil entraînant un dépistage du saturnisme infantile.

4.7 Résultats et interprétation des analyses sur les sols

Les résultats d'analyse sont synthétisés dans le **Tableau 5** : **.** Les bordereaux des analyses réalisées dans le cadre de ce diagnostic sont présentés en **Annexe 5.**

Les résultats d'analyses obtenus lors de la présente étude mettent en évidence :

- Des teneurs en plomb dans les sols de surfaces supérieures au seuil de vigilance HCSP mais conformes au seuil de dépistage sur l'ensemble des prélèvements (teneurs comprises entre 142,8 et 223,9 mg/kg MS).

  Notons que ces teneurs restent du même ordre de grandeur que les teneurs détectées précédemment par GINGER BURGEAP (entre 210 et 270 mg/kg) ;
- Les bioaccessibilités calculées sont globalement du même ordre de grandeur (entre 104,6 et 199,9 mg/kg soit entre 73,3 et 89,3 %) ;
- Une bonne corrélation est observable entre la bioaccessibilité calculée (tests simplifiés) et celle mesurée (172,4 mg/kg soit 77%).

En considérant la bioaccessibilité mesurée, la biodisponibilité calculée est de 69,1%.

La cartographie des résultats obtenus est présentée en **Figure 7.**

Tableau 5 : Résultats d'analyses sur les sols

Site	Référence	Bruit de fond Ville de Lille	HCSP Seuil de vigilance / Seuil de dépistage	Concentration en Plomb total (en mg/kg de poids sec)	Concentrations en Pb extraites - Test simplifié à l'HCl (en mg/kg)		Bioaccessibilité orale de Pb prédite (BA) (HCl)		Bioaccessibilité orale de Pb mesurée moyenne (BAc) (UBM)		Biodisponibilité relative (RBD) de Pb calculée (UBM)
		mg/kg MS	mg/kg MS		Moyenne	Ecart-type	en mg/kg de poids sec	en %	en mg/kg de poids sec	en %	en %
CP	CP4	100	100/300	**223.9**	215.5	5.8	199.9	89.3%	172.4	77.0%	69.1%
	CP5			**156.5**	138	0.2	127.4	81.4%			
	CP6			**142.8**	113.6	10.5	104.6	73.3%			

Concentration supérieure au bruit de fond et seuil de vigilance du HCSP
Concentration supérieure au seuil de dépistage HCSP

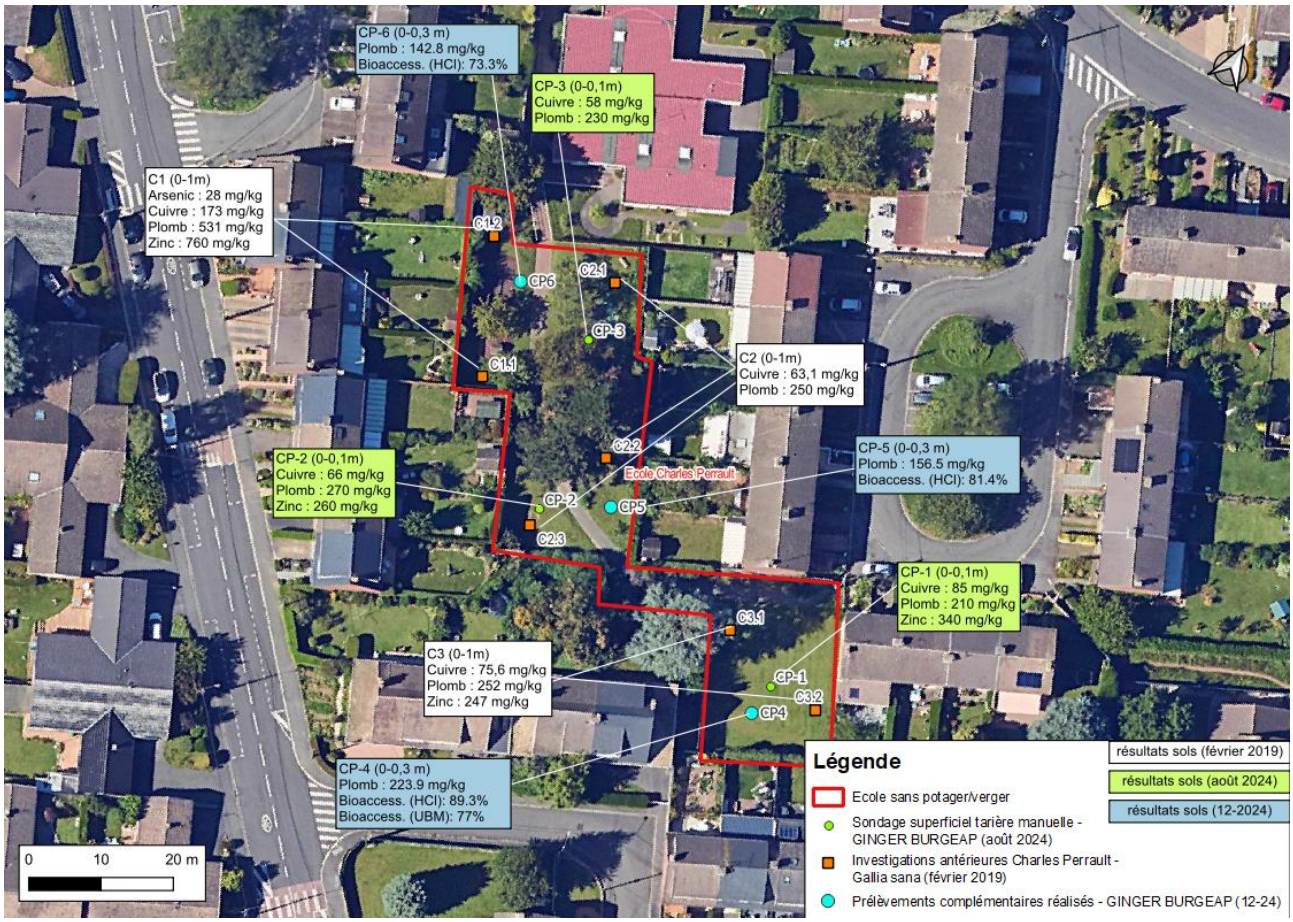

Figure 7 : Cartographie des teneurs en plomb mesurées dans les sols

5. Synthèse des anomalies dans les sols et du schéma conceptuel

Usage pris en compte	Ecole maternelle Charles Perrault (espaces verts)
Géologie et hydrogéologie	De la terre végétale a été retrouvée entre 0 et 0,1 m de profondeur lors des investigations. La Ville de Ronchin est située sur les limons des plateaux puis sur la Craie. La Craie peut être retrouvée à faible profondeur (2 m). La nappe de la craie est localisée vers 10 m de profondeur.
Anomalies identifiées	Les investigations réalisées ont mis en évidence la présence généralisée de dépassements des valeurs de référence en métaux (arsenic, cuivre, plomb et zinc) dans les sols superficiels (0-0,1 m) des espaces verts de l'école maternelle Charles Perrault. Les plus fortes concentrations ne sont pas retrouvées en surface mais observées plus en profondeur au droit du sondage C1 entre 0 et 1 m de profondeur (investigation Gallia sana de février 2019).
Cibles	Usagers des espaces verts (adultes enseignants et enfants en maternelle)
Voies de transfert	Les voies de transferts à considérées sur l'ensemble des espaces verts du site sont le contact direct avec des sols polluées et l'envol de poussières contaminées. En raison de la profondeur de la nappe et de la localisation des composés, en surface, le transfert vers les eaux souterraines n'est pas considéré.
Voies d'exposition	

VOIES D'EXPOSITION	Espaces vert Usagers adultes et enfants	RAISON DE LA SELECTION
Inhalation de polluant sous forme gazeuse	Non	Du fait de l'absence de composés volatils (hydrocarbures volatils ou naphtalène ponctuellement) dans les sols.
Inhalation de polluant adsorbé sur les poussières du sol	**Oui**	Les sols de surface non recouverts présentent des anomalies en métaux (cuivre, plomb, zinc)
Inhalation de vapeur d'eau polluée*	Non	Absence de canalisation AEP
Ingestion directe de sol et/ou de poussières	**Oui**	Les sols de surface non recouverts présentent des anomalies en métaux (cuivre, plomb, zinc)
Ingestion d'aliments d'origine végétale cultivés sur ou à proximité du site	Non	Absence d'usage.
Ingestion d'aliments d'origine animale à partir d'animaux élevées ou pêchés à proximité du site	Non	Absence d'élevage.
Ingestion d'eau contaminée	Non	Absence d'usage.
Absorption cutanée de sols et/ou de poussières	Non	Absence de relations dose-réponse dans la littérature scientifique**
Absorption cutanée d'eau contaminée (bain, douche, baignade en gravière)	Non	Absence de relations dose-réponse dans la littérature scientifique**
Absorption cutanée de polluant sous forme gazeuse	Non	Voie d'exposition négligeable devant la voie inhalation de vapeur. Absence de relations dose-réponse dans la littérature scientifique

* voie d'exposition considérée par la comparaison entre les concentrations dans les eaux utilisées et les concentrations maximales admissibles dans les eaux potables (voir paragraphe des investigations sur les eaux souterraines).

** *Les expositions par contact cutané avec les sols ne sont pas considérées dans la présente étude compte tenu de l'absence de valeur toxicologique de référence pour cette voie d'exposition. En effet, comme cela est préconisé dans la note* d'information N°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014*, en l'absence de connaissance des effets potentiels des substances étudiées par voie cutanée, la transposition de la valeur toxicologique établie par voie orale n'est pas effectuée*

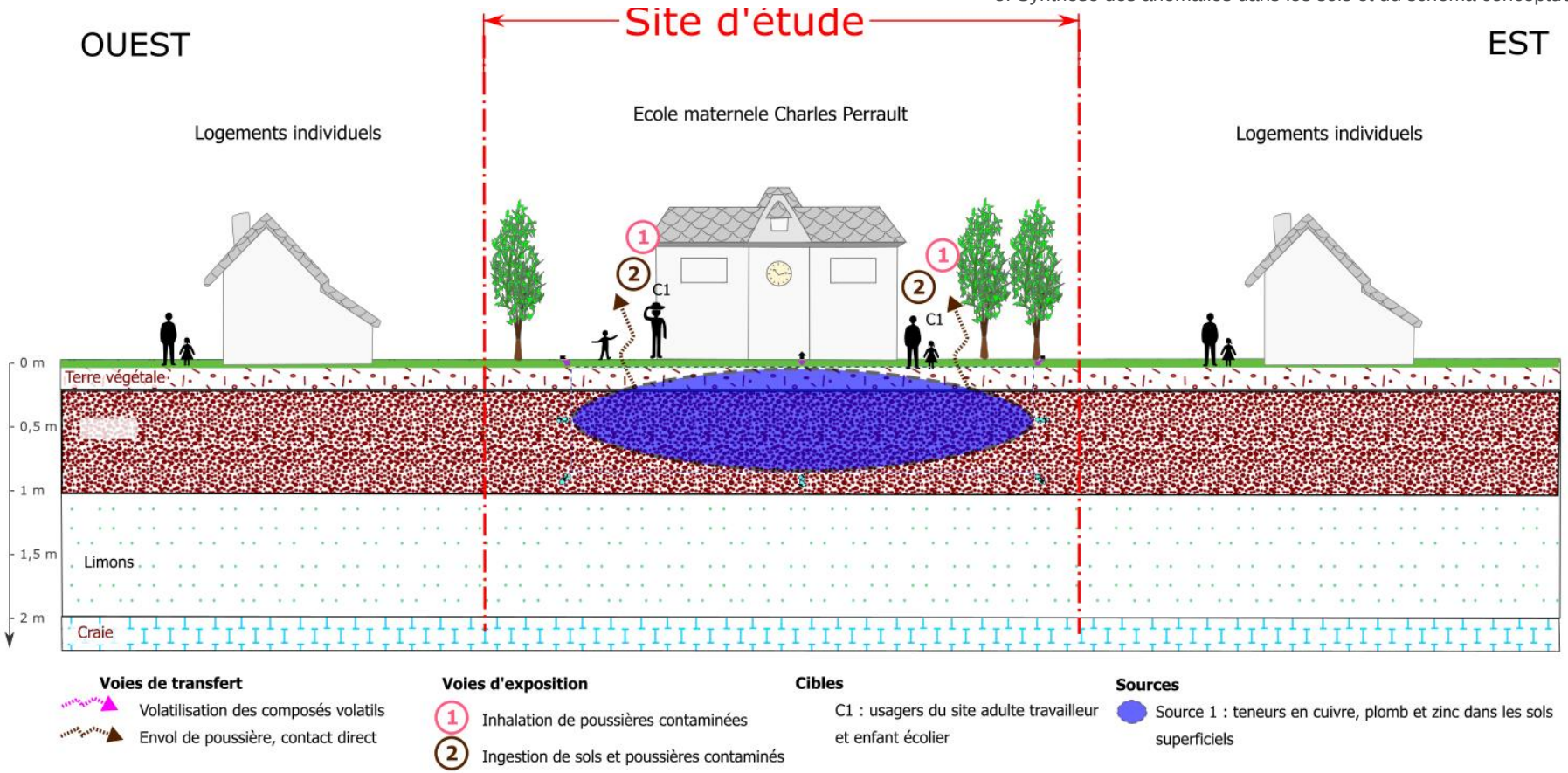

Figure 8 : Schéma conceptuel (usage actuel)

6. Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS)

L'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaire (EQRS) est mise à jour avec les nouvelles données acquises en 2025 concernant la bioaccessibilité du plomb.

6.1 Contexte et méthodologie

La Ville de Ronchin souhaite vérifier la compatibilité entre l'état des terrains et l'usage réel de l'école maternelle Charles Perrault.

L'étude quantitative des risques sanitaires (EQRS) consiste donc à vérifier que l'état des milieux en l'état actuel des sols est compatible avec les usages actuels (espaces verts et potagers).

L'EQRS est basée sur les concentrations maximales mesurées lors des prélèvements de sols réalisés en surface en décembre 2024.

La méthodologie appliquée est conduite en 4 étapes :

- Étape 1 : Identification des dangers ;
- Étape 2 : Caractérisation des relations dose-réponse ;
- Étape 3 : Estimation des expositions ;
- Étape 4 : Caractérisation des risques.

Cette méthodologie nécessite l'étape préalable de choix justifié et raisonné des composés et concentrations à prendre en compte.

6.2 Composés et concentrations retenues dans les différents milieux

La synthèse des investigations sur le site, combinée aux scénarios d'expositions retenus, permet de réaliser la sélection des composés à prendre en compte pour les milieux d'exposition considérés. Il ressort :

- Concernant les métaux, seuls ceux détectés dans les sols de surfaces en teneurs supérieures aux valeurs de bruit de fond seront retenus (zinc, plomb et cuivre) ;
- Les concentrations maximales dans les sols de surface 0-0,3m détectées lors de la campagne de prélèvement du 06/08/2024 et du 16/12/2024 sont retenues pour les voies d'ingestion de sols de surface contaminés et d'inhalation de poussières contaminées, excepté pour le plomb.
- Pour le plomb, on retient dans le calcul principal les teneurs maximales détectées sur les fractions granulométriques fines (<2 mm) plus représentative des fractions réellement ingérée / inhalée, soit les teneurs des échantillons prélevés le 16/12/2024. Dans une approche majorante c'est la teneur maximale qui est retenue.

  La prise en compte des teneurs maximales des campagnes aout et décembre 2024 sera étudiée en incertitude.
- Pour les HCT dans les sols de surface, dans une approche majorante nous prendrons la répartition détaillée du sondage CP2 (campagne 2024) présentant les teneurs maximales en hydrocarbures dans les sols de surface, en considérant 100% d'hydrocarbures aliphatiques, puis après test en 100% d'hydrocarbures aromatiques, nous garderons la valeur maximisant les risques.

Tableau 6 : Concentrations prises en compte dans les sols

	Concentrations à la source retenues en extérieur	
Substances	**Sols de surface (mg/kg)**	**Investigations correspondantes et critères de sélection**
METAUX ET METALLOIDES		
Cuivre (Cu)	85	CP1 (0-0,1m)
Zinc (Zn)	340	CP1 (0-0,1m)
Plomb (Pb)	223,9	CP4 (0-0,3m)
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES		
Phénanthrène	0,43	CP3 (0-0,1m)
Anthracène	0,14	CP3 (0-0,1m)
Fluoranthène	0,77	CP3 (0-0,1m)
Pyrène	0,63	CP3 (0-0,1m)
Benzo(a)anthracène	0,4	CP3 (0-0,1m)
Chrysène	0,4	CP3 (0-0,1m)
Benzo(b)fluoranthène	0,33	CP3 (0-0,1m)
Benzo(k)fluoranthène	0,19	CP3 (0-0,1m)
Benzo(a)pyrène	0,35	CP3 (0-0,1m)
Benzo(g,h,i) pérylène	0,22	CP3 (0-0,1m)
Indéno(1,2,3-c,d)pyrène	0,25	CP3 (0-0,1m)
HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH		
Aliphatic C_{16}-C_{35}	28,1	CP2 (0-0,1m)

6.3 Identification des dangers

En termes sanitaires, un danger désigne tout effet toxique, c'est-à-dire un dysfonctionnement cellulaire ou organique lié à l'interaction entre un organisme vivant et un agent chimique, physique ou biologique. La toxicité d'un composé dépend de la durée et de la voie d'exposition de l'organisme humain. Différents effets toxiques peuvent être considérés.

Pour les substances prises en compte dans le cadre de cette évaluation, les effets toxiques ont été collectés et notamment les effets cancérigènes (apparition de tumeurs), les effets mutagènes (altération du patrimoine génétique) ainsi que les effets sur la reproduction (reprotoxicité).

En ce qui concerne le potentiel cancérogène, différents organismes internationaux (l'OMS, l'Union Européenne et l'US-EPA) distinguent différentes catégories ou classes. Seule la classification de l'Union Européenne a un caractère réglementaire. C'est également la seule qui classe les substances chimiques quant à leur caractère mutagène et reprotoxique.

L'ensemble des voies d'exposition a été traité en effets chroniques, correspondant à de longues durées d'exposition (supérieures à 7 ans pour l'US-EPA et supérieures à 1 an pour l'ATSDR).

L'ensemble des informations concernant le potentiel toxique des substances retenues est reporté en **Annexe 6.**

6.4 Caractérisation des Relation dose-réponse

L'évaluation quantitative de la relation entre la dose (ou la concentration) et l'incidence de l'effet néfaste permet d'élaborer la **Valeur Toxicologique de Référence** (VTR). Des VTR sont établies par diverses instances internationales ou nationales[6] à partir de l'analyse des données toxicologiques expérimentales chez l'animal et/ou des données épidémiologiques. Ces VTR sont une appellation générique regroupant tous les types d'indices toxicologiques établissant une relation quantitative entre une dose et un effet (toxiques à seuil de dose) ou entre une dose et une probabilité d'effet (toxiques sans seuil de dose).

Selon les mécanismes toxicologiques en jeu, deux grands types d'effets toxiques peuvent être distingués :

- Les effets à seuil pour lesquels il existe un seuil d'exposition en dessous duquel l'effet néfaste n'est pas susceptible de se manifester,
- Les effets sans seuil pour lesquels la probabilité de survenue de l'effet néfaste croît avec l'augmentation de la dose.

La note d'information **N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014** relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués est prise en compte pour la sélection des VTR.

Les valeurs toxicologiques de référence sont synthétisées dans le **Tableau 7**. Les relations dose-réponse des composés retenus sont détaillées en **Annexe 7** et discutées dans les incertitudes au **paragraphe 6.7**.

[6] IRIS US-EPA (Integrated Risk Information System ; US Environmental Protection Agency)
ATSDR Toxicological Profiles (US Agency for Toxic Substances and Disease Registry)
OMS (Organisation Mondiale de la Santé)
Santé canada (Ministère Fédéral de la Santé – Canada),
RIVM (RijksInstituut voor Volksgezondheid en Milieu – Institut National de Santé Publique et de l'Environnement – Pays Bas),
OEHHA (Office of Environmental Health Hazard Assessment of California – Etats-Unis)
En France, l'ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement, du Travail) définies les VTR.

Tableau 7 : Valeurs toxicologiques de référence retenues

		Effets sans seuil						Effets à seuil							
Substance	**CAS N°**	**ERUo**	**TYPE CANCER**	**SOURCE**	**ERUi**	**TYPE CANCER**	**SOURCE**	**VTRo**	**ORGANE**	**SOURCE**	**SF**	**VTRi**	**ORGANE**	**SOURCE**	**SF**
		(mg/kg/j)$^{-1}$			**(µg/m^3)$^{-1}$**			**(mg/kg/j)**				**(µg/m^3)**			
METAUX ET METALLOIDES															
Cuivre (Cu)	multiple	**-**	-	-	**-**	-	-	**0.15**	*syst.digest.*	*EFSA, 2018*	*100*	**1**	*syst. Resp. et immunitaire*	*RIVM, 2001*	*600*
Plomb (Pb)	multiple	**8.5E-03**	*rein*	*OEHHA, 2002 retenu par INERIS, 2013*	**1.2E-05**	*rein*	*OEHHA, 2002 retenu par INERIS, 2013*	**0.00063**	*plombemie*	*Anses, 2013*	-	**-**	-	-	-
Zinc (Zn)	multiple	**-**	-	-	**-**	-	-	**0.3**	*sang*	*US-EPA, 2005*	*3*	**-**	-		-
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES															
Phénanthrène	85-01-8	**1.0E-03**	''	-	**6.0E-07**	''	-	**0.04**	*syst.hepatique*	*RIVM, 2000*	*3000*	**-**	-	-	-
Anthracène	120-12-7	**1.0E-02**	''	-	**6.0E-06**	''	-	**0.3**	-	*US-EPA, 1993*	*3000*	**-**	-	-	-
Fluoranthène	206-44-0	**1.0E-03**	''	-	**6.0E-07**	''	-	**0.04**	*syst.hepatique*	*US-EPA, 1993*	*3000*	**-**	-	-	-
Pyrène	129-00-0	**1.0E-03**	''	-	**6.0E-07**	''	-	**0.03**	*rein*	*US-EPA, 1989*	*3000*	**-**	-	-	-
Benzo(a)anthracène	56-55-3	**1.0E-01**	''	-	**6.0E-05**	''	-	**-**	-	-	-	-	-	-	-
Chrysene	218-01-9	**1.0E-02**	''	-	**6.0E-06**	''	-	**-**	-	-	-	-	-	-	-
benzo(b)fluoranthène	205-99-2	**1.0E-01**	''	-	**6.0E-05**	''	-	**-**	-	-	-	-	-	-	-
benzo(k)fluoranthène	207-08-9	**1.0E-01**	''	-	**6.0E-05**	''	-	**-**	-	-	-	-	-	-	-
Benzo(a)pyrène	50-32-8	**1.0E+00**	tractus respiratoire et tumeur gastrointestinale	US-EPA2017	**6.0E-04**	tractus respiratoire	US-EPA 2017	**0.0003**	*developpement*	*US-EPA 2017*	*300*	**0.002**	*developpement*	*US-EPA 2017*	*3000*
benzo(g,h,i) pérylène	191-24-2	**1.0E-02**	''	-	**6.0E-06**	''	-	**0.03**	*,néphrotoxique*	*RIVM -2001 (TDI), retenu par INERIS 2011*	*1000*	-	-	-	-
indéno(1,2,3-c,d)pyrène	193-39-5	**1.0E-01**	''	-	**6.0E-05**	''	-	**-**	-	-	-	-	-	-	-
HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH															
Aliphatic nC>16-nC35	non adéquat	-	-	-	-	-	-	**2**	*tumeurs hépatiques*	*TPHCWG & MADEP*	*100*	**-**	-	*TPHCWG & MADEP*	-

6.5 Estimation des expositions

6.5.1 Concentrations dans les milieux d'exposition

Hypothèses retenues – paramètres de transfert

Les hypothèses retenues pour les paramètres de transfert sont rappelées dans le **Tableau 8**.

Tableau 8 : Paramètres retenus liés au sol

Paramètre de transfert	Unités	Valeurs	Sources de données
TSPe=Concentration de particules en suspension dans l'air extérieur	kg/m^3	7E-08	HESP
TSPi=Concentration de particules en suspension dans l'air intérieur	kg/m^3	5,25E-08	HESP
frse = fraction de sol dans les poussières en extérieur	(-)	0,5	HESP
frsi = fraction de sol dans les poussières en intérieur	(-)	0,8	HESP

Concentrations dans les poussières inhalables (extérieur)

Le **Tableau 9** présente les concentrations estimées en poussières inhalables.

L'ensemble des équations utilisées pour l'évaluation des concentrations dans les poussières inhalables est présenté en **Annexe 8.**

Les teneurs sous forme particulaire calculées au droit de l'école maternelle Charles Perrault sont inférieures aux valeurs guides ou réglementaires.

Tableau 9 : Concentrations calculées dans poussières

				Concentrations calculées dans l'air extérieur
	AIR EXTERIEUR			Sans recouvrement
	(µg/m^3)	(µg/m^3)	(µg/m^3)	Adulte et enfants
Substances	Bruit de fond (source OQAI (P90) ou INERIS,2009 (urbain))	Valeurs réglementaires - décret n° 2010-1250 (valeur limite/valeur cible)	Valeurs guide OMS	Concentration de polluant sous forme particulaire calculée dans l'air extérieur (µg/m^3)
METAUX ET METALLOIDES				
Cuivre (Cu)	0.0279	-	-	2.98E-03
Plomb (Pb)	0.055	0.5	0.5	7.84E-03
Zinc (Zn)	0.0718	-	-	1.19E-02
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES				
Phénanthrène	0.0082	-	-	1.51E-05
Anthracène	0.0007	-	-	4.90E-06
Fluoranthène	0.003	-	-	2.70E-05
Pyrène	0.0025	-	-	2.21E-05
Benzo(a)anthracène	0.0032	-	-	1.40E-05
Chrysene	0.004	-	-	1.40E-05
benzo(b)fluoranthène	0.0043	-	-	1.16E-05
benzo(k)fluoranthène	0.0019	-	-	6.65E-06
Benzo(a)pyrène	0.00452	0.001	0.00012	1.23E-05
benzo(g,h,i) pérylène	0.0049	-	-	7.70E-06
indéno(1,2,3-c,d)pyrène	0.0027	-	-	8.75E-06
HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH				
Aliphatic nC>16-nC35	-	-	-	9.84E-04

6.5.2 Estimation des expositions

6.5.2.1 Exposition par inhalation

Le calcul de la concentration moyenne inhalée est réalisé avec l'équation générique suivante (guide EDR du Ministère en charge de l'environnement/BRGM/INERIS, version 2000) :

$$CI_j = [Cj \times t_j \times T \times F / Tm]$$

avec :
- CI_j : concentration moyenne inhalée du composé j (en mg/m^3).
- Cj : concentration du composé j dans l'air inhalé (mg/m^3).
- T : durée d'exposition (années).
- F : fréquence d'exposition : nombre de jours d'exposition par an (jours/an).
- t_j : fraction du temps d'exposition à la concentration Cj pendant une journée (-)
- T_m : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (jours).

Les concentrations moyennes inhalées sont calculées à partir des concentrations dans poussières présentées dans le **Tableau 9**.

Le détail des calculs est donné en **Annexe 10.**

6.5.2.2 Exposition par ingestion

Les quantités de polluant administrées, exprimées en dose journalière d'exposition, sont définies par l'équation générique suivante (guide EDR Ministère en charge de l'environnement/BRGM/INERIS, 2000) :

$$DJE_{ij} = \frac{C_i * Q_j * T * F}{P * T_m}$$

avec :

- DJE_{ij} : dose journalière d'exposition liée à une exposition au milieu i par la voie orale (en mg/kg/j)
- C_i : concentration d'exposition relative au milieu i (en mg/kg ou mg/l)
- Q_j : taux d'ingestion par la voie orale (en kg/j ou l/j)
- T : durée d'exposition (années)
- F : fréquence d'exposition : nombre de jours d'exposition par an (jours/an)
- P : poids corporel de la cible (kg)
- T_m : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (jours)

Les doses moyennes journalières induites par l'ingestion sont calculées à partir des concentrations dans les sols de surface présentées dans le **Tableau 6**.

Le poids corporel moyen d'un adulte est fixé à 60 kg pour les adultes à partir de 17 ans (INSERM et OMS). Cette valeur est cohérente avec la moyenne présentée dans le document de synthèse de l'INVS sur les variables humaines d'exposition (2012[1]) sur la base de l'enquête décennale santé 2002-2003 menée par l'INSEE, de 61 kg.

Pour les enfants d'âges compris entre 2-6 ans (enfants maternelle), nous retiendrons des valeurs issues de ce même document pour cette tranche d'âge, soit 10 kg.

Le détail des autres paramètres est donné en **Annexe 9.**

Le détail des calculs est donné en **Annexe 10.**

◗ Modalité d'intégration de la bioaccessibilité dans l'évaluation des risques sanitaires

L'utilisation de la biodisponibilité orale absolue en évaluation de risque imposerait que les VTR soient elles-mêmes construites à partir de doses absorbées (ou internes). Or les VTR sont établies principalement sur la base de doses externes, ce qui a pour conséquence que l'utilisation de la notion de biodisponibilité absolue est actuellement impossible. Néanmoins, il est envisageable d'utiliser un facteur de biodisponibilité relative

[1] Demeureaux C, Zeghnoun A. Synthèse des travaux du département santé environnement de l'institut de veille sanitaire sur les variables humaines d'exposition. Saint Maurice : Institut de veille sanitaire ; 2012. 28p.

(BDrel ou RBD), lequel permet de quantifier la différence de biodisponibilité d'une substance entre une matrice « terre » et la matrice de référence (fondant la VTR) utilisé pour le calcul de risque.

Dans le cas présent, la biodisponibilité relative (RBD) peut être calculée ainsi selon l'équation suivante issue des corrélations in vivo/in vitro ayant permis la validation du test UBM :

$$RBD\ Pb\ G = (0{,}92 \times BAc\ Pb\ G) - 1{,}69$$

RBD : biodisponibilité relative de Pb dans la phase gastrique (G) (exprimée en %)
BAc : bioaccessibilité absolue de Pb dans la phase G dans le sol (exprimée en %)

La biodisponibilité relative utilisée dans les calculs de risque est 69,1 %, soit la RBD calculée par le laboratoire JUNIA à partir de bioaccessibilité UBM.

Le facteur de biodisponibilité relative peut donc être utilisé pour le calcul de la dose d'exposition ajustée ($DJE_{ajustée}$) :

$$DJE_{ajustée} = DJE \times RBD$$

Initialement il était retenu pour le plomb, l'utilisation de la bioaccessibilité avec un facteur d'ajustement de 2 pour tenir compte d'un part de la fraction absorbée du plomb qui est comprise entre 20 à 80% chez l'enfant selon son âge (80% retenu dans le calcul) et de l'autre de la biodisponibilité absolue de plomb dans la matrice de référence (celle de l'étude ayant servi à établir la VTR) qui peut être estimée à 40% en moyenne (fraction absorbée = fraction biodisponible du fait d'une absence de métabolisation du plomb) (INERIS, 2020).

Conformément aux résultats du groupe de travail « Bioaccessibilité des métaux/métalloïdes dans les sols » piloté par l'Ineris à la demande du MTES et aux futures recommandations de son guide pratique sur la biodisponibilité du plomb à paraitre au 1er semestre 2025, la formule de la $DJE_{ajustée}$ selon la formule évoquée ci-dessus sera considérée.

Pour la suite des calculs de risques, c'est la DJE ajustée qui est prise en compte, sur la base des résultats de biodisponibilité calculé depuis les résultats des essais UMB, sans facteur d'ajustement.

Conformément aux résultats du groupe de travail sur la bioaccessibilité des métaux/métalloïdes, la bioaccessibilité retenue est celle gastrique (et non la bioaccessibilité maximale entre celle gastrique et gastro-intestinale comme initialement recommandé par le rapport INVS-Ineris (2012)) car elle est considérée comme la plus représentative.

L'utilisation d'une DJE ajustée sur la base des résultats simplifiés HCl sera prise en compte en analyse des incertitudes.

6.5.2.3 Budget espace-temps (BET)

Le budget espace-temps des cibles considérées est présenté dans le **Tableau 10**.

Tableau 10 : Budgets espace/temps retenus

Scénario	Cibles		Période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée
	Adultes travailleurs (enseignants)	Enfants maternelle	
Ecole maternelle Charles Perrault Espaces verts	T = 42 ans 176 jours par an 5,0E-05 kg/j de de sols et poussières ingérées en extérieur	T = 4 ans 176 jours par an 9,1E-05 kg/j de de sols et poussières ingérées en extérieur	- 70 ans (correspondant à la durée de vie considérée par l'ensemble des organismes nationaux et internationaux pour l'établissement de valeurs toxicologiques et l'évaluation des risques) pour les effets cancérigènes quelle que soit la cible considérée - T (correspondant à durée d'exposition) pour les effets toxiques non cancérigènes quelle que soit la cible considérée

Les données utilisées sont issues de la synthèse des travaux du département santé environnement de l'institut de veille sanitaire sur les variables humaines d'exposition[1] d'une part, de l'Exposure Factor Handbook (US-EPA, EFH, 1997 et 2001) d'autre part, de la règlementation du travail en France et du BRGM dans le cadre des diagnostics de la pollution du milieu souterrain sur les « Établissements sensibles » pour les écoles.

Pour les durées d'exposition dans le contexte du travail, le cas le plus défavorable a été considéré pour les adultes qui travailleraient pendant 42 ans au même endroit (correspondant à la durée totale de la période de travail) ; cependant la variabilité de cette durée d'exposition est importante. Les durées de 220 jours/an correspondent aux durées « classiques » du travail en France. Cette durée est très majorante pour ce scénario. Pour le contexte travailleur enseignant, la fréquence de travail de 176 jours/an dont 4h/jour en extérieur a été calquée sur celle des enfants (scénario réaliste).

Concernant les taux d'ingestion de sols, pour les adultes, aucune donnée n'étant disponible dans le document de l'INVS, nous retiendrons la valeur sécuritaire couramment utilisée dans les études françaises et d'autres pays de **50 mg/jour** pour les adultes sans travail du sol.

[1] Demeureaux C, Zeghnoun A. Synthèse des travaux du département santé environnement de l'institut de veille sanitaire sur les variables humaines d'exposition. Saint Maurice : Institut de veille sanitaire ; 2012. 28p.

La fréquence de bêchage en jardin pédagogique est jugée limitée. La prise en compte d'un taux d'ingestion par un adulte travailleur travaillant le sol (200 mg/j) sera étudiée en analyse des incertitudes.

Pour les enfants, nous nous baserons sur les travaux de synthèse de l'INVS sur les variables humaines d'exposition (2012), basés pour ce paramètre sur l'étude de Stanek et al. (2001), qui donne un percentile 95 de **91 mg/jour**.

6.6 Quantification des risques sanitaires

6.6.1 Méthodologie

6.6.1.1 Estimation du risque pour les effets toxiques sans seuil

Pour les effets toxiques sans seuil, et pour des faibles expositions, l'excès de risque individuel (ERI) est calculé de la façon suivante :

ERI (inhalation) = CI x ERUi

ERI (ingestion) = DJE x ERU_o

Les ERI s'expriment sous la forme mathématique 10^{-n}. Par exemple, un excès de risque de 10^{-5} présente la probabilité supplémentaire, par rapport à une personne non exposée, de développer un cancer pour 100 000 personnes exposées durant la vie entière.

Pour chaque scénario d'exposition, un ERI global est ensuite calculé en faisant :

- Pour chaque composé, la somme des risques liés à chacune des voies d'exposition,
- La somme des risques liés à chacun des composés cancérogènes.

Il n'existe pas de niveau d'excès de risque individuel universellement acceptable. Les documents du ministère en charge de l'environnement de février 2007, confirmés par ceux de 2017, relatifs aux sites et sols pollués et aux modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués, considèrent que le niveau de risque « usuellement [retenue] au niveau international par les organismes en charge de la protection de la santé », de 10^{-5} est acceptable.

En cas d'exposition conjointe à plusieurs agents dangereux, l'Environmental Protection Agency des États-Unis (US-EPA) recommande de sommer l'ensemble des excès de risque individuels (ERI), quels que soient le type de cancer et l'organe touché, de manière à apprécier le risque cancérigène global qui pèse sur la population exposée.

6.6.1.2 Estimation du risque pour les effets toxiques à seuil

Pour les effets toxiques à seuil, un quotient de danger (QD) est défini pour chaque voie d'exposition de la manière suivante :

$$QD_{i,INH} = \frac{CI_{i,INH}}{RfCi}$$

$$QD_{i,ING} = \frac{DJE_{i,S}}{RfDi}$$

Un QD inférieur ou égal à 1 signifie que l'exposition de la population n'atteint pas le seuil de dose à partir duquel peuvent apparaître des effets indésirables pour la santé humaine. A l'inverse, un ratio supérieur à 1 signifie que l'effet toxique peut se déclarer dans la population, sans qu'il soit possible d'estimer la probabilité de survenue de cet événement.

En l'absence de doctrine unique sur l'additivité des risques et compte tenu de la méconnaissance à l'heure actuelle des mécanismes d'action pour la majorité des substances, nous procéderons à l'additivité des quotients de danger en **premier niveau d'approche**.

6.6.2 Quantification des risques sanitaires résiduels au droit du site

Les quotients de danger et excès de risques individuels liés aux différentes expositions ont été calculés à partir des valeurs toxicologiques et des niveaux d'exposition estimés au paragraphe précédent. Ils sont présentés dans les tableaux **6** et **Tableau 7**.

La méthodologie adoptée est celle préconisée par les circulaires ministérielles de février 2007 reprise dans les textes d'avril 2017. L'évaluation du risque nécessite la prise en compte simultanée d'expositions par différentes voies et concerne l'ensemble des substances pour lesquelles on considérera ici l'additivité des risques.

Le détail du calcul est donné en **Annexe 10.**

Tableau 11 : Synthèse des QD et ERI – Ecole maternelle Charles Perrault

	Effets toxiques sans seuil Excès de risques individuels (ERI)			Effets toxiques à seuil non cancérigènes Quotient de danger (QD)		
	Adulte Travailleur	Enfant maternelle	Composés tirant le risque	Adulte Travailleur	Enfant maternelle	Composés tirant le risque
INHALATION de poussières (intérieur + extérieur)	7.53E-09	3.58E-10	Plomb (Pb)	1.10E-03	5.48E-04	Benzo(a)pyrène
INGESTION de sol et poussières (intérieur + extérieur)	4.32E-07	4.49E-07	Plomb (Pb)	9.99E-02	1.09E+00	Plomb (Pb)
TOTAL	**4.4E-07**	**4.5E-07**		**1.01E-01**	**1.09E+00**	

Risques non significatifs
Risques significatifs

Dans le cadre de la mission qui nous a été confiée par la Ville de Ronchin, avec les conditions d'études retenues, et en l'état actuel des connaissances scientifiques, les niveaux de risques estimés sont supérieurs aux critères d'acceptabilité tels que définis par la politique nationale de gestion des sites pollués pour les hypothèses considérées, notamment vis-à-vis des teneurs en plomb identifiées dans les sols superficiels de l'ensemble du site et de l'exposition par ingestion de sol des enfants en école maternelle.

6.7 Analyse des incertitudes

L'analyse des incertitudes d'une évaluation des risques et la sensibilité des paramètres retenus pour cette évaluation est une partie intégrante d'un calcul de risque sanitaire.

Afin de ne pas alourdir cette analyse les paramètres clés de l'évaluation réalisée sont ici discutés, ainsi que leurs incidences sur les résultats de l'évaluation. Ces paramètres clés sont dépendants des scénarios d'exposition et des substances retenues.

Plusieurs facteurs engendrent des incertitudes sur les risques évalués. Pour la majorité des facteurs engendrant ces incertitudes, l'approche adoptée a été « *réaliste* » pour les durées d'exposition et bioaccessibilité du plomb, et « *sécuritaire* » pour les taux d'ingestion :

- La quantité de sols ingérés : les taux d'ingestion journalier pris en compte ne tient pas compte de la durée de présence des usagés, et peut conduire à une surestimation des doses liées à l'ingestion de sols/poussières et ainsi des risques induits ;
- La prise en compte du facteur de bioaccessibilité réelle du plomb mesuré sur site pour le calcul de risque ;
- La considération d'une concentration en plomb maximale de la campagne de décembre 2024 uniquement (échantillons superficiels et analyses sur les fractions granulométriques réellement inhalées / ingérées) ;
- Les durées d'exposition : surestimées dans le cadre de l'EQRS (non prise en compte d'une diminution du temps de présence lors de journée d'intempérie). Sur la base des maximum détectés, les niveaux de risques redeviennent acceptables pour une durée d'exposition en espace vert de 4 j/semaine (160 jours).

Pour la majorité de ces paramètres, les connaissances actuelles ne permettent pas de réduire ces incertitudes.

Tableau 12 : Variables générant les incertitudes majeures de l'évaluation

<table>
<tr><th>Variable</th><th>Voie d'exposition touchée</th><th>Poids dans l'évaluation</th><th>Approche retenue</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>Non prise en compte de l'exposition au bruit de fond</td></tr>
<tr><td>Bruit de fond</td><td>Inhalation et ingestion de sols et/ou poussières</td><td>Faible</td><td>Dans la mesure où le bruit de fond et ses incidences sanitaires n'ont pas à ce jour fait l'objet d'une procédure de gestion nationale, la présente étude a été menée en ne considérant que la compatibilité vis-à-vis des composés présents en concentrations supérieures au bruit de fond sur le site. Cette pratique correspond à ce qui est couramment réalisé dans ce type d'étude. Cependant, il faut rappeler que :
Certains métaux n'ont pas été retenus, car les concentrations dans les sols sont jugées appartenir au bruit de fond. Leur présence sur site et hors site pourrait dans certains cas induire des niveaux de risques qui seraient jugés inacceptables (c'est le cas en particulier de l'arsenic) ;
Pour les métaux et métalloïdes présents dans les sols à des concentrations supérieures à la gamme du bruit de fond et pris en compte dans la présente étude, une part du risque évalué est lié à un bruit de fond régional ou national ;
La présence potentielle de composés organiques volatils (benzène, solvants, etc.) ou de poussières dans l'air atmosphérique de certaines agglomérations (suivis parfois par les réseaux de surveillance de la qualité de l'air), non liée au site, n'est pas prise en compte.</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>Choix et caractéristiques des composés</td></tr>
<tr><td>Valeurs Toxicologiques de référence</td><td>Ingestion</td><td>Faible</td><td>Les VTR ont été retenues conformément à la note d'information N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des VTR pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués.
Malgré l'existence d'incertitudes sur les VTR (concernant le degré de confiance accordées aux études, les facteurs de sécurité, les désaccords entre experts toxicologues), l'approche que nous avons retenue rend compte des connaissances scientifiques et techniques du moment et n'engendre pas d'incertitude majeure sur les conclusions formulées quant à l'acceptabilité des risques.
Dans notre cas, en accord avec la Ville de Ronchin, il a été décidé de recalculer la DJE pour le plomb à partir des analyses de biodisponibilité en phase gastrique calculée sur les tests UBM.

En considérant la méthodologie actuelle (avec un DJE ajustée = DJE x bioaccessibilité x2) les niveaux de risques sont inacceptables.
<table>
<tr><th></th><th colspan="3">Effets toxiques sans seuil
Excès de risques individuels (ERI)</th><th colspan="3">Effets toxiques à seuil non cancérigènes
Quotient de danger (QD)</th></tr>
<tr><th></th><th>Adulte Travailleur</th><th>Enfant maternelle</th><th>Composés tirant le risque</th><th>Adulte Travailleur</th><th>Enfant maternelle</th><th>Composés tirant le risque</th></tr>
<tr><td>INHALATION de poussières (intérieur + extérieur)</td><td>7.53E-09</td><td>3.58E-10</td><td>Plomb (Pb)</td><td>0.001</td><td>0.0005</td><td>Benzo(a)pyrène</td></tr>
<tr><td>INGESTION de sol et poussières (intérieur + extérieur)</td><td>7.49E-07</td><td>7.79E-07</td><td>Plomb (Pb)</td><td>0.20</td><td>2.17</td><td>Plomb (Pb)</td></tr>
<tr><td>TOTAL</td><td>7.6E-07</td><td>7.8E-07</td><td></td><td>0.20</td><td>2.17</td><td></td></tr>
</table>
Risques non significatifs
Risques significatifs
En considérant la biodisponibilité maximale calculée à partir des tests HCL (80,47%) les niveaux de risques restent inacceptables. Notons que les résultats sont donnés à titre indicatif, le calcul de la biodisponibilité sur la base de test HCL n'étant pas encore validé par les guides en cours.
<table>
<tr><th></th><th colspan="3">Effets toxiques sans seuil
Excès de risques individuels (ERI)</th><th colspan="3">Effets toxiques à seuil non cancérigènes
Quotient de danger (QD)</th></tr>
<tr><th></th><th>Adulte Travailleur</th><th>Enfant maternelle</th><th>Composés tirant le risque</th><th>Adulte Travailleur</th><th>Enfant maternelle</th><th>Composés tirant le risque</th></tr>
<tr><td>INHALATION de poussières (intérieur + extérieur)</td><td>7.53E-09</td><td>3.58E-10</td><td>Plomb (Pb)</td><td>0.001</td><td>0.0005</td><td>Benzo(a)pyrène</td></tr>
<tr><td>INGESTION de sol et poussières (intérieur + extérieur)</td><td>4.84E-07</td><td>5.03E-07</td><td>Plomb (Pb)</td><td>0.12</td><td>1.27</td><td>Plomb (Pb)</td></tr>
<tr><td>TOTAL</td><td>4.9E-07</td><td>5.0E-07</td><td></td><td>0.12</td><td>1.27</td><td></td></tr>
</table>
Risques non significatifs
Risques significatifs</td></tr>
<tr><td>Cumul des QD et des ERI</td><td>Toutes</td><td>Faible</td><td>Il convient de rappeler la limite méthodologique des évaluations de risques sanitaires lorsque plusieurs substances peuvent avoir entre elles des effets synergiques ou antagonistes.
A l'heure actuelle, les éléments qui permettraient de déterminer si les effets se cumulent ou non ne sont pas disponibles et il n'y a pas de consensus sur une méthode pour prendre en compte les effets de mélanges.
<table>
<tr><th></th><th>Somme des ERI ou QD</th><th>Justification</th><th>Consensus</th></tr>
<tr><td>ERI</td><td>Oui, quels que soient les organes cibles, les types de cancer et les voies d'exposition.</td><td>On parle de cancer en général quelle que soit la cause ou le mécanisme.</td><td>Oui, internationaux</td></tr>
<tr><td>QD</td><td>Discutable</td><td>Approche par organe cible</td><td>Proche des consensus nationaux et internationaux</td></tr>
<tr><td>Si Somme QD >1</td><td>Faire la somme par organe cible</td><td>-</td><td>-</td></tr>
</table>
La sommation des QD n'est pas de nature à modifier les conclusions de l'étude.</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>Caractéristiques des sources de pollution et concentrations dans les différents milieux</td></tr>
<tr><td>Source « sols de surface »</td><td>Inhalation et ingestion de sols et/ou poussières</td><td>Fort</td><td>Réaliste : teneurs maximales des campagnes du 06/08/2024 et du 16/12/2024 (pour l'ensemble des paramètres excepté le plomb) retenues en supposant que ces teneurs sont identiques sur l'ensemble du site. Pour le plomb, on retient la teneur maximale mesurée le 16/12/2024.
Le site a fait l'objet d'un échantillon composite à partir des différents points de prélèvements. Les analyses sont donc jugées représentatives de l'ensemble du site.
Les résultats d'analyses de l'étude antérieure réalisée par Gallia Sana indiquent des teneurs dans les sols entre 0 et 1 m de profondeur, par conséquent, ils ne sont pas représentatifs des sols de surface. C'est pourquoi seules les teneurs des campagnes du 06/08/2024 et du 16/12/2024 ont été prise en considération (entre 0 et 0,1 m à 0,3 m de profondeur).</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>Variable</th><th>Voie d'exposition touchée</th><th>Poids dans l'évaluation</th><th>Approche retenue</th></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>En calculant les niveaux de risques en prenant en compte la teneur maximale en plomb mesurée lors des 2 campagnes de 2024, les niveaux de risques sont toujours inacceptables.
<table>
<tr><th></th><th colspan="3">Effets toxiques sans seuil
Excès de risques individuels (ERI)</th><th colspan="3">Effets toxiques à seuil non cancérigènes
Quotient de danger (QD)</th></tr>
<tr><th></th><th>Adulte Travailleur</th><th>Enfant maternelle</th><th>Composés tirant le risque</th><th>Adulte Travailleur</th><th>Enfant maternelle</th><th>Composés tirant le risque</th></tr>
<tr><td>INHALATION de poussières (intérieur + extérieur)</td><td>8.93E-09</td><td>4.25E-10</td><td>Plomb (Pb)</td><td>0.001</td><td>0.0005</td><td>Benzo(a)pyrène</td></tr>
<tr><td>INGESTION de sol et poussières (intérieur + extérieur)</td><td>4.97E-07</td><td>5.17E-07</td><td>Plomb (Pb)</td><td>0.12</td><td>1.31</td><td>Plomb (Pb)</td></tr>
<tr><td>TOTAL</td><td>5.1E-07</td><td>5.2E-07</td><td></td><td>0.12</td><td>1.31</td><td></td></tr>
</table>
Risques non significatifs
Risques significatifs
En calculant les niveaux de risques en prenant en compte la teneur moyenne en plomb mesurée lors des 2 campagnes de 2024, les niveaux de risques sont toujours inacceptables.
<table>
<tr><th></th><th colspan="3">Effets toxiques sans seuil
Excès de risques individuels (ERI)</th><th colspan="3">Effets toxiques à seuil non cancérigènes
Quotient de danger (QD)</th></tr>
<tr><th></th><th>Adulte Travailleur</th><th>Enfant maternelle</th><th>Composés tirant le risque</th><th>Adulte Travailleur</th><th>Enfant maternelle</th><th>Composés tirant le risque</th></tr>
<tr><td>INHALATION de poussières (intérieur + extérieur)</td><td>8.37E-09</td><td>3.99E-10</td><td>Plomb (Pb)</td><td>0.001</td><td>0.0005</td><td>Benzo(a)pyrène</td></tr>
<tr><td>INGESTION de sol et poussières (intérieur + extérieur)</td><td>4.71E-07</td><td>4.90E-07</td><td>Plomb (Pb)</td><td>0.11</td><td>1.22</td><td>Plomb (Pb)</td></tr>
<tr><td>TOTAL</td><td>4.8E-07</td><td>4.9E-07</td><td></td><td>0.11</td><td>1.23</td><td></td></tr>
</table>
Risques non significatifs
Risques significatifs</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>Paramètres liés aux usagés/cibles</td></tr>
<tr><td>Durée d'exposition des cibles</td><td>Inhalation intérieure et extérieur
Ingestion de sols et/ou poussières</td><td>Faible</td><td>Sécuritaire : pour le cas des espaces verts de l'école, il est considéré sur ce site un enseignant à temps plein (176 jours). Les niveaux de risques deviennent acceptables pour l'ensemble des cibles en ne considérant 4 jours de présence en espaces vert / semaine (soit 160 jours).
<table>
<tr><th></th><th colspan="3">Effets toxiques sans seuil
Excès de risques individuels (ERI)</th><th colspan="3">Effets toxiques à seuil non cancérigènes
Quotient de danger (QD)</th></tr>
<tr><th></th><th>Adulte Travailleur</th><th>Enfant maternelle</th><th>Composés tirant le risque</th><th>Adulte Travailleur</th><th>Enfant maternelle</th><th>Composés tirant le risque</th></tr>
<tr><td>INHALATION de poussières (intérieur + extérieur)</td><td>6.84E-09</td><td>3.26E-10</td><td>Plomb (Pb)</td><td>0.0010</td><td>0.0005</td><td>Benzo(a)pyrène</td></tr>
<tr><td>INGESTION de sol et poussières (intérieur + extérieur)</td><td>3.93E-07</td><td>4.08E-07</td><td>Plomb (Pb)</td><td>9.08E-02</td><td>0.99</td><td>Plomb (Pb)</td></tr>
<tr><td>TOTAL</td><td>4.0E-07</td><td>4.1E-07</td><td></td><td>9.18E-02</td><td>0.99</td><td></td></tr>
</table>
Risques non significatifs
Risques significatifs</td></tr>
<tr><td>Aménagements</td><td>Taux d'inhalation de poussières en bâtiment intérieur</td><td>Faible</td><td>L'inhalation de poussières extérieurs importées en intérieur des bâtiments n'a pas été considérée, car la voie et jugée minoritaire en comparaison de la voie d'ingestion de sol.</td></tr>
<tr><td>Quantité de sols ingérés</td><td>Ingestion de sols et/ou poussières</td><td>Fort</td><td>Sécuritaire : prise en compte des quantités de sols ingérées par jour de présence en intérieur (débit de 0,05 mg/évènement) et sur les jardins du site étudié (respectivement pour les adultes et enfants : débits de 50 et 91 mg/évènement), ne tenant pas compte de la durée de présence des usagés. Il s'agit d'une approche sécuritaire et généralement adoptée pour la modélisation des quantités de sols/poussières ingérés. Compte tenu de la non prise en compte de la variabilité temporelle de l'ingestion, il apparaît que l'utilisation de ces valeurs génériques conduit à une surestimation des doses liées à l'ingestion de sols/poussières et ainsi des risques induits (explication et réduction d'incertitude liée à l'ingestion de sols en évaluation des expositions environnementales, Ph. Glorennec (ERS, 2005)).
L'application d'un facteur d'abattement permettrait de tenir compte du temps d'exposition en espaces-verts. La prise en compte d'une durée de base de 4 heures au lieu de 8 heures engendre potentiellement une surestimation d'un facteur 2. En outre, l'incertitude quant à la majoration des expositions par la prise en compte de ces facteurs, peut atteindre un facteur 2 à 4 (correspondant à l'écart entre les médianes et les centiles élevés des mesures des marqueurs de cette ingestion chez les enfants (Stanek, 2001)).
Si dans des contextes particuliers, des informations complémentaires pourraient venir préciser le budget espace-temps des populations et leurs âges et ainsi réduire les incertitudes associées à l'évaluation, dans la majorité des cas, à l'heure actuelle, la variabilité des données et l'absence de consensus clair pour l'estimation des expositions potentielles, nous conduit à conserver cette approche suivant le principe de précaution.</td></tr>
</table>

7. Synthèse et recommandations

7.1 Synthèse

La Ville de Ronchin souhaite confirmer la compatibilité d'usage sur des sites de lieux d'accueil de la petite enfance (écoles, halte-garderie, parcs publics). Le site de l'école maternelle Charles Perrault est l'objet du présent rapport.

Dans ce contexte, la VILLE DE RONCHIN a missionné GINGER BURGEAP en juillet 2024 pour la réalisation de diagnostics de la qualité du milieu souterrain accompagnés d'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires. Les investigations réalisées ont mis en évidence la présence de cuivre, de plomb et de zinc dans les sols superficiels (0-0,1 m) de l'école maternelle Charles Perrault. Les plus fortes concentrations observées pour ces 3 éléments sont retrouvés au droit du sondage C1 entre 0 et 1 m de profondeur (investigation Gallia sana de février 2019). Avec les conditions d'études retenues, et en l'état actuel des connaissances scientifiques, les niveaux de risques estimés étaient supérieurs aux critères d'acceptabilité tels que définis par la politique nationale de gestion des sites pollués pour les hypothèses considérées, notamment vis-à-vis des teneurs en plomb identifiées dans les sols superficiels de l'ensemble du site et de l'exposition par ingestion de sol des enfants en école maternelle.

Considérant cela, la Ville de Ronchin souhaite actualiser l'EQRS sur la base de nouveaux prélèvements de sols de surface, en tenant compte des teneurs en plomb sur les fractions granulométriques majoritairement inhalées/ingérées (fraction fines), et en tenant compte dans les calculs de risques des dernières méthodes de calcul de dose journalière ajustée, basée sur la biodisponibilité, conformément aux recommandations du guide pratique sur la biodisponibilité du plomb de l'INERIS à paraitre au 1er semestre 2025.

Les investigations réalisées en décembre 2024, ont mis en évidence :

- Des teneurs en plomb dans les sols de surfaces supérieures au seuil de vigilance HCSP mais conformes au seuil de dépistage sur l'ensemble des prélèvements (teneurs comprises entre 142,8 et 223,9 mg/kg MS).

  Notons que ces teneurs restent du même ordre de grandeur que les teneurs détectées précédemment par GINGER BURGEAP (entre 210 et 270 mg/kg) ce qui est cohérent ;
- Les bioaccessibilités calculées sont globalement du même ordre de grandeur (entre 104,6 et 199,9 mg/kg soit entre 73,3 et 89,3 %) ;
- Une bonne corrélation est observable entre la bioaccessibilité calculée (tests simplifiés) et celle mesurée (172,4 mg/kg soit 77%) ;

En considérant la bioaccessibilité mesurée, la biodisponibilité calculée est de 69,1%.

Dans le cadre de la mission qui nous a été confiée par la Ville de Ronchin, avec les conditions d'études retenues, et en l'état actuel des connaissances scientifiques, les niveaux de risques estimés sont supérieures aux critères d'acceptabilité tels que définis par la politique nationale de gestion des sites pollués pour les hypothèses considérées, notamment vis-à-vis des teneurs en plomb identifiées dans les sols superficiels de l'ensemble du site et de l'exposition par ingestion de sol des enfants en école maternelle.

Plusieurs facteurs engendrent des incertitudes sur les risques évalués. Pour la majorité des facteurs engendrant ces incertitudes, l'approche adoptée a été « *réaliste* » pour les durées d'exposition et bioaccessibilité du plomb, et « *sécuritaire* » pour les taux d'ingestion :

- La quantité de sols ingérés : les taux d'ingestion journalier pris en compte ne tient pas compte de la durée de présence des usagés, et peut conduire à une surestimation des doses liées à l'ingestion de sols/poussières et ainsi des risques induits ;
- La prise en compte du facteur de bioaccessibilité réelle du plomb mesuré sur site pour le calcul de risque ;
- La considération d'une concentration en plomb maximale de la campagne de décembre 2024 uniquement (échantillons superficiels et analyses sur les fractions granulométriques réellement inhalées / ingérées) ;
- Les durées d'exposition : surestimées dans le cadre de l'EQRS (non prise en compte d'une diminution du temps de présence lors de journée d'intempérie). Sur la base des maximum détectés, les niveaux de risques redeviennent acceptables pour une durée d'exposition en espace vert de 4 j/semaine (160 jours).

Pour la majorité de ces paramètres, les connaissances actuelles ne permettent pas de réduire ces incertitudes.

7.2 Recommandations

A la vue de ces résultats, GINGER BURGEAP recommande :

- La mise en place de mesures de gestion simples sur l'ensemble des espaces extérieurs de l'école maternelle avec la mise en place de 50 cm de terres d'apport saines afin de supprimer la possibilité d'un contact direct avec les sols en place ;
- Dans l'attente de mise en place des mesures de précaution citées ci-dessous, nous recommandons :
  - de limiter les accès des espaces verts aux jeunes enfants (matérialisation physique pour interdire l'accès) ;
  - de manière globale, en raison des concentrations en plomb supérieures au seuil du vigilance du HCSP sur l'ensemble du site, la mise en œuvre des recommandations de précaution et d'hygiène émises dans le « Guide pour l'élaboration d'une liste de mesures de prévention individuelles visant à limiter l'exposition des populations riveraines des sites et sols pollués », HCSP 2020 permettront un abattement conséquent du risque d'ingestion de particules de terre et de poussières, ceci dans une démarche ALARA (As Low As Reasonably Achievable = Aussi basse que raisonnablement possible).

8. Limites d'utilisation d'une étude de pollution

1- Une étude de la pollution du milieu souterrain a pour seule fonction de renseigner sur la qualité des sols, des eaux ou des déchets contenus dans le milieu souterrain. Toute utilisation en dehors de ce contexte, dans un but géotechnique par exemple, ne saurait engager la responsabilité de GINGER BURGEAP.

2- Il est précisé que le diagnostic repose sur une reconnaissance du sous-sol réalisée au moyen de sondages répartis sur le site, soit selon un maillage régulier, soit de façon orientée en fonction des informations historiques ou bien encore en fonction de la localisation des installations qui ont été indiquées par l'exploitant comme pouvant être à l'origine d'une pollution. Ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas, dont l'extension possible est en relation inverse de la densité du maillage de sondages, et qui sont liés à des hétérogénéités toujours possibles en milieu naturel ou artificiel. Par ailleurs, l'inaccessibilité de certaines zones peut entraîner un défaut d'observation non imputable à notre société.

3- Le diagnostic rend compte d'un état du milieu à un instant donné. Des évènements ultérieurs au diagnostic (interventions humaines, traitement des terres pour améliorer leurs caractéristiques mécaniques, ou phénomènes naturels) peuvent modifier la situation observée à cet instant.

4- La responsabilité de GINGER BURGEAP ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes et/ou erronées et en cas d'omission, de défaillance et/ou erreur dans les informations communiquées.

5- Un rapport d'étude de pollution et toutes ses annexes identifiées constituent un ensemble indissociable. Dans ce cadre, toute autre interprétation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle ne saurait engager la responsabilité de GINGER BURGEAP. En particulier l'utilisation même partielle de ces résultats et conclusions par un autre maître d'Ouvrage ou pour un autre projet que celui objet de la mission confiée ne pourra en aucun cas engager la responsabilité de GINGER BURGEAP

La responsabilité de GINGER BURGEAP ne pourra être engagée en dehors du cadre de la mission objet du présent mémoire si les préconisations ne sont pas mises en œuvre.

ANNEXES

Annexe 1.
Résultats des analyses antérieures

Cette annexe contient 2 pages.

			Campagne	Campagne du 07/08/2024		
			Localisation	Ecole Charles Perrault		
			Sondage	CP-1	CP-2	CP-3
			Echantillon	CP-1 (0-0.1m)	CP-2 (0-0.1m)	CP-3 (0-0.1m)
			Profondeur (m)	0-0.1m	0-0.1m	0-0.1m
			Valeur PID (ppmV)	<1 ppmV	<1 ppmV	<1 ppmV
			Indice organoleptique	-	-	-
			Lithologie	Terre végétale	Terre végétale	Terre végétale
BGP323_A-V5		Bruit de fond - Ville de Lille (1)	HCSP Seuil vigilance / Seuil dépistage			
ANALYSES SUR SOL BRUT						
Matière sèche	%	-	-	79.1	77.2	80.6
COT						
COT Carbone Organique Total (2)	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-
Métaux et métalloïdes						
Arsenic (As)	mg/kg M.S.	**25**	25	13	14	12
Cadmium (Cd)	mg/kg M.S.	**1**	1	0.6	0.9	0.5
Chrome (Cr)	mg/kg M.S.	**77**	-	30	31	30
Cuivre (Cu)	mg/kg M.S.	**35**	-	**85**	**66**	**58**
Mercure (Hg)	mg/kg M.S.	**1**	1	0.17	0.3	0.19
Nickel (Ni)	mg/kg M.S.	**41**	-	22	25	26
Plomb (Pb)	mg/kg M.S.	**100**	100 / 300	**210**	**270**	**230**
Zinc (Zn)	mg/kg M.S.	**225**	-	**340**	**260**	220
Hydrocarbures volatils C5-C10						
Fraction > C6 - C8 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	*<0,40*	*<0,40*	*<0,40*
Fraction > C8 - C10 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	*<0,40*	*<0,40*	*<0,40*
Fraction C5-C6 Aliphatiques	mg/kg M.S.	LQ	-	*<0,40*	*<0,40*	*<0,40*
Fraction > C6-C8 Aliphatiques	mg/kg M.S.	LQ	-	*<0,20*	*<0,20*	*<0,20*
Fraction > C8-C10 Aliphatiques	mg/kg M.S.	LQ	-	*<0,20*	*<0,20*	*<0,20*
Fraction aromatique >C6-C8	mg/kg M.S.	LQ	-	*<0,20*	*<0,20*	*<0,20*
Fraction aromatique >C8-C10	mg/kg M.S.	LQ	-	*<0,20*	*<0,20*	*<0,20*
Somme des hydrocarbures C5-C10	mg/kg M.S.	LQ	-	*<1,0*	*<1,0*	*<1,0*
Indice hydrocarbure C10-C40						
Fraction > C10 - C12 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	*<4,0*	*<4,0*	*<4,0*
Fraction > C12 - C16 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	*<4,0*	*<4,0*	*<4,0*
Fraction > C16 - C20 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	*<2,0*	*<2,0*	*<2,0*
Fraction > C20 - C24 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	*<2,0*	3.2	*<2,0*
Fraction > C24 - C28 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	2.8	6.1	3.2
Fraction > C28 - C32 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	4.6	7.9	4.6
Fraction > C32 - C36 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	*<2,0*	4.7	*<2,0*
Fraction > C36 - C40 exclus	mg/kg M.S.	LQ	-	*<2,0*	*<2,0*	*<2,0*
Somme des hydrocarbures C10-C40	mg/kg M.S.	75	-	*<20,0*	28.1	*<20,0*
HAP						
Naphtalène	mg/kg M.S.	0.15	-	*<0,050*	*<0,050*	*<0,050*
Acénaphtylène	mg/kg M.S.	-	-	*<0,050*	*<0,050*	*<0,050*
Acénaphtène	mg/kg M.S.	-	-	*<0,050*	*<0,050*	*<0,050*
Fluorène	mg/kg M.S.	-	-	*<0,050*	*<0,050*	*<0,050*
Phénanthrène	mg/kg M.S.	-	-	*<0,050*	*<0,050*	0.43
Anthracène	mg/kg M.S.	-	-	*<0,050*	*<0,050*	0.14
Fluoranthène	mg/kg M.S.	-	-	0.08	0.12	0.77
Pyrène	mg/kg M.S.	-	-	0.07	0.1	0.63
Benzo(a)anthracène	mg/kg M.S.	-	-	*<0,050*	0.09	0.4
Chrysène	mg/kg M.S.	-	-	*<0,050*	0.09	0.4
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg M.S.	-	-	*<0,050*	0.08	0.33
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg M.S.	-	-	*<0,050*	*<0,050*	0.19
Benzo(a)pyrène	mg/kg M.S.	0.91	-	*<0,050*	0.08	0.35
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg M.S.	-	-	*<0,050*	*<0,050*	*<0,050*
Benzo(g,h,i)pérylène	mg/kg M.S.	-	-	*<0,050*	0.09	0.22
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg M.S.	-	-	*<0,050*	0.07	0.25
Somme des HAP	mg/kg M.S.	9.86	-	0.15	0.71	4.11
BTEX						
Benzène	mg/kg M.S.	0.055	-	*<0,05*	*<0,05*	*<0,05*
Toluène	mg/kg M.S.	LQ	-	*<0,05*	*<0,05*	*<0,05*
Ethylbenzène	mg/kg M.S.	LQ	-	*<0,05*	*<0,05*	*<0,05*
m,p-Xylène	mg/kg M.S.	LQ	-	*<0,10*	*<0,10*	*<0,10*
o-Xylène	mg/kg M.S.	LQ	-	*<0,050*	*<0,050*	*<0,050*
Somme des BTEX	mg/kg M.S.	0.28	-	n.d.	n.d.	n.d.
COHV						
Tétrachloroéthylène (PCE)	mg/kg M.S.	LQ	-	*<0,05*	*<0,05*	*<0,05*
Trichloroéthylène (TCE)	mg/kg M.S.	LQ	-	*<0,05*	*<0,05*	*<0,05*
Cis-1,2-dichloroéthylène	mg/kg M.S.	LQ	-	*<0,025*	*<0,025*	*<0,025*
Trans-1,2-dichloroéthylène	mg/kg M.S.	LQ	-	*<0,025*	*<0,025*	*<0,025*
1,1-dichloroéthylène	mg/kg M.S.	LQ	-	*<0,10*	*<0,10*	*<0,10*
Chlorure de Vinyle	mg/kg M.S.	LQ	-	*<0,02*	*<0,02*	*<0,02*
1,1,2-trichloroéthane	mg/kg M.S.	LQ	-	*<0,05*	*<0,05*	*<0,05*
1,1,1-trichloroéthane	mg/kg M.S.	LQ	-	*<0,05*	*<0,05*	*<0,05*
1,2-dichloroéthane	mg/kg M.S.	LQ	-	*<0,05*	*<0,05*	*<0,05*
1,1-dichloroéthane	mg/kg M.S.	LQ	-	*<0,10*	*<0,10*	*<0,10*
Tétrachlorométhane (tétrachlorure de carbone)	mg/kg M.S.	LQ	-	*<0,05*	*<0,05*	*<0,05*
Trichlorométhane (chloroforme)	mg/kg M.S.	LQ	-	*<0,05*	*<0,05*	*<0,05*
Dichlorométhane	mg/kg M.S.	LQ	-	*<0,05*	*<0,05*	*<0,05*
Somme des COHV (3)	mg/kg M.S.	0.8	-	n.d.	n.d.	n.d.
PCB						
PCB (28)	mg/kg M.S.	LQ	-	*<0,001*	*<0,001*	*<0,001*
PCB (52)	mg/kg M.S.	LQ	-	*<0,001*	*<0,001*	*<0,001*
PCB (101)	mg/kg M.S.	LQ	-	*<0,001*	*<0,001*	*<0,001*
PCB (118)	mg/kg M.S.	LQ	-	*<0,001*	*<0,001*	*<0,001*
PCB (138)	mg/kg M.S.	LQ	-	*<0,001*	*<0,001*	*<0,001*
PCB (153)	mg/kg M.S.	LQ	-	*<0,001*	*<0,001*	*<0,001*
PCB (180)	mg/kg M.S.	LQ	-	*<0,001*	*<0,001*	*<0,001*
Somme des PCB	mg/kg M.S.	0.07	-	n.d.	n.d.	n.d.

LQ : Limite de quantification du laboratoire / n.d. : Non détecté
(1) Valeurs **en gras** : source = Bruit de fond Ville de Lille.
(2) [Pour l'acceptation en ISDI], une valeur limite plus élevée peut être admise, à condition que la valeur limite de 500 mg/kg de matière sèche soit respectée pour le carbone organique total sur éluat, soit au pH du sol, soit pour un pH situé entre 7,5 et 8,0.
(3) Valeur limite des ISDI : valeur non réglementaire mais parfois appliquée par les gestionnaires d'ISDI
(4) Si le déchet ne respecte pas au moins une des valeurs fixées pour le chlorure, le sulfate ou la fraction soluble, le déchet peut être encore jugé conforme aux critères d'admission [en ISDI] s'il respecte soit les valeurs associées au chlorure et au sulfate, soit celle associée à la fraction soluble.

Concentration supérieure au bruit de fond
Concentration supérieure au seuil de vigilance du HCSP
Concentration supérieure au seuil de dépistage du HCSP

Annexe 2.
Propriétés physico-chimiques

Cette annexe contient 6 pages.

LEGENDE Volatilité :			**LEGENDE Solubilité :**
++ :Pv > 1000 PA (COV)	*- : 10 >P> 10-2 Pa (non COV)*		*++ : S>100 mg/l* *- : 1>S>0.01 mg/l*
+ : 1000 > Pv > 10 Pa (COV)	*-- : 10-2 >P> 10-5 Pa (non COV)*		*+ : 100>S>1 mg/l* *-- : S<0.01 mg/l*

	Volatilité	solubilité	Classement	Mention de danger	classement cancérogénicité		
CAS n°R	Pv	S	symboles		UE	CIRC (IARC)	EPA
METAUX ET METALLOIDES							
Antimoine (Sb)	7440-36-0	non adéquat	non adéquat	SGH07, SGH09	H332, H302, H411	C2	-	-
Arsenic (As)	7440-38-2	non adéquat	non adéquat	SGH06, SGH09	H331, H301, H400, H410	C1A	1	A
Baryum (Ba)	non adéquat	non adéquat	Soluble dans l'éthanol ?	-	-	-	-	D
Cadmium (Cd)	7440-43-9	non adéquat	non adéquat	SGH06, SGH08, SGH09	H350, H341, H361fd, H330, H372, H400, H410	C1B/C2 M1B/M2 R1B/R2	1	prob canc
Chrome III (CrIII)	1308-38-9	non adéquat	non adéquat	-	-	-	3	D
Chrome VI (CrVI)	trioxyde de Cr 1333-82-0	non adéquat	non adéquat	SGH03, SGH05, SGH06, SGH08, SGH09	H271, H350, H340, H361f, H330, H311, H301, H372, H314, H334, H317, H410	C1A M1B R2	1	A (inh°) D (oral)
Cobalt (Co)	7440-48-4	non adéquat	non adéquat	SGH08	H334, H317, H413	C1B M2 R1B	2B	-
Cuivre (Cu)	7440-50-8	non adéquat	non adéquat	-	-	-	3	D
Etain (Sn)	non adéquat	non adéquat	non adéquat	-	-	-	-	-
Manganèse (Mn)	non adéquat	non adéquat	non adéquat	SGH07 (dioxyde)	H332, H302 (dioxyde)	-	-	D
Mercure (Hg)	7439-97-6	non adéquat	non adéquat	SGH06, SGH08, SGH09	H360D, H330, H372, H400, H410	R1B	3	C à D
Molybdène (Mo)	7439-98-7	non adéquat	non adéquat	trioxyde : SGH07, SGH08	Trioxyde : H351, H319, H335	trioxyde : C2	-	-
Nickel (Ni)	7440-02-0	non adéquat	non adéquat	SGH07, SGH08	H351, H372, H317, H412	C2	2B	A
Plomb (Pb)	7439-92-1	non adéquat	non adéquat	SGH07, SGH08, SGH09	H360Df, H332, H373, H400, H410	R1A	2B	B2
Sélénium (Se)	7782-49-2	non adéquat	non adéquat	SGH06, SGH08	H331, H301, H373, H413	-	3	D
Thallium (Tl)	7440-28-0	non adéquat	non adéquat	SGH06, SGH08	H330, H300, H373, H413	-	-	D
Vanadium (Va)	7440-62-2	non adéquat	non adéquat	-	-	-	3	D
Zinc (Zn)	7440-66-6 (poudre)	non adéquat	non adéquat	SGH02 (pyrophorique) SGH09	H250, H260 (pyrophorique) H400, H410	-	-	D
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES							
Naphtalène	91-20-3	+	+	SGH07, SGH08, SGH09	H351, H302, H400, H410	C2	2B	C
Acénaphtylène	208-96-8	-	+	-	-	-	-	D
Acénaphtène	83-29-9	-	+	-	-	-	-	-
Fluorène	86-73-7	-	+	-	-	-	3	D

	LEGENDE Volatilité :					**LEGENDE Solubilité :**		
	++ :Pv > 1000 PA (COV)			*- : 10 >P> 10-2 Pa (non COV)*		*++ : S>100 mg/l*		*- : 1>S>0.01 mg/l*
	+ : 1000 > Pv > 10 Pa (COV)			*-- : 10-2 >P> 10-5 Pa (non COV)*		*+ : 100>S>1 mg/l*		*-- : S<0.01 mg/l*
		Volatilité	solubilité	Classement	Mention de danger	classement cancérogénicité		
	CAS n°R	Pv	S	symboles		UE	CIRC (IARC)	EPA
Phénanthrène	85-01-8	-	+	-	-	-	3	D
Anthracène	120-12-7	--	-	-	-	-	3	D
Fluoranthène	206-44-0	--	-	-	-	-	3	D
Pyrène	129-00-0	--	-	-	-	-	3	D
Benzo(a)anthracène	56-55-3	--	--	SGH08, SGH09	H350, H400, H410	C1B	2B	B2
Chrysène	218-01-9	--	-	SGH08, SGH09	H350, H341, H400, H410	C1B M2	3	B2
Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	--	--	SGH08, SGH09	H350, H400, H410	C1B	2B	B2
Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	--	--	SGH08, SGH09	H350, H400, H410	C1B	2B	B2
Benzo(a)pyrène	50-32-8	--	--	SGH07, SGH08, SGH09	H340, H350, H360FD, H317, H400, H410	C1B M1B R1B	1	A
Dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	--	--	SGH08, SGH09	H350, H400, H410	C1B	2A	B2
Benzo(g,h,i) pérylène	191-24-2	--	--	-	-	-	3	D
Indéno(1,2,3-c,d)pyrène	193-39-5	--	-	-	-	-	2B	B2

LEGENDE Volatilité :		**LEGENDE Solubilité :**	
++ :Pv > 1000 PA (COV)	*- : 10 >P> 10-2 Pa (non COV)*	*++ : S>100 mg/l*	*- : 1>S>0.01 mg/l*
+ : 1000 > Pv > 10 Pa (COV)	*-- : 10-2 >P> 10-5 Pa (non COV)*	*+ : 100>S>1 mg/l*	*-- : S<0.01 mg/l*

CAS n°R	Volatilité Pv	solubilité S	Classement symboles	Mention de danger	classement cancérogénicité UE	CIRC (IARC)	EPA
COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES							
benzène	71-43-2	++	++	SGH02, SGH07, SGH08	H225, H350, H340, H372, H304, H319, H315	C1A M1B	1	A
toluène	108-88-3	++	++	SGH02, SGH07, SGH08	H225, H361d, H304, H373, H315, H336	R2	3	D
éthylbenzène	100-41-4	+	++	SGH02, SGH07	H225, H332	-	2B	-
xylènes	1330-20-7	+	++	SGH02, SGH07	H226, H332, H312, H315	-	3	-
styrène	100-42-5	+	++	SGH02, SGH07	H226, H332, H319, H315	-	2B	-
cumène (isopropylbenzène)	98-82-8	+	+	SGH02, SGH07, SGH08, SGH09	H226, H304, H335, H411	-	2B	D
mésitylène (1,3,5 Triméthylbenzène)	108-67-8	+	+	SGH02, SGH07, SGH09	H226, H335, H411	-		-
pseudocumène (1,2,4 Triméthylbenzène)	95-63-6	+	+	SGH02, SGH07, SGH09	H226, H332, H319, H335, H315, H411	-	-	-
COMPOSES ORGANO-HALOGENES VOLATILS							
PCE (tétrachloroéthylène)	127-18-4	++	++	SGH08, SGH09	H351, H411	C2	2A	B1
TCE (trichloroéthylène)	79-01-6	++	++	SGH07, SGH08	H350, H341, H319, H315, H336, H412	C1B M2	1	A
cis 1,2DCE (dichloroéthylène)	156-59-2	++	++	SGH02, SGH07	H225, H335, H412	-	-	D
trans 1,2DCE (dichloroéthylène)	156-60-5		++	SGH02, SGH07	H225, H335, H412	-	-	D
1,1 DCE (1,1 dichloroéthylène)	75-35-4	++	++	SGH02, SGH07, SGH08	H224, H351, H332	C2	3	C
VC (chlorure de vinyle)	75-01-4	++	++	SGH02, SGH08	H220, H350	C1A	1	A
1,1,2 trichloroéthane	79-00-5	++	++	SGH07, SGH08	H351, H332, H312, EUH066	C2	3	C
1,1,1 trichloroéthane	71-55-6	++	++	SGH07	H332, EUH059	-	3	D
1,2 dichloroéthane	107-06-2	++	++	SGH02, SGH07, SGH08.	H225, H350, H302, H319, H335, H315	C1B	2B	B2
1,1 dichloroéthane	75-34-3	++	++	SGH02, SGH07	H225, H302, H319, H335, H412	-	-	C
Tétrachlorométhane	56-23-5	++	++	SGH06, SGH08	H351, H331, H311, H301, H372, H412, EUH059	C2	2B	B2
TCmA (trichlorométhane ou chloroforme)	67-66-3	++	++	SGH07, SGH08	H351, H302, H373, H315	C2	2B	B2
dichlorométhane	75-09-2	++	++	SGH08, SGH09	H351	C2	2B	B2
trichlorobenzènes	87-61-1 **120-82-1** 108-70-3	+	+	SGH07, SGH09	H302, H315, H400, H410	-	-	(1,2,4) D
1,2 dichlorobenzène	95-50-1	+	+	SGH07, SGH09	H302, H319, H335, H315, H400, H410	-	3	D
1,3 dichlorobenzène	541-73-1	+	++	-	-	-	3	D
1,4 dichlorobenzène	106-46-7	+	+	SGH08, SGH09	H351, H319, H400, H410	C2	2B	-

		LEGENDE Volatilité :				LEGENDE Solubilité :		
		++ :Pv > 1000 PA (COV)		*- : 10 >P> 10-2 Pa (non COV)*		*++ : S>100 mg/l*		*- : 1>S>0.01 mg/l*
		+ : 1000 > Pv > 10 Pa (COV)		*-- : 10-2 >P> 10-5 Pa (non COV)*		*+ : 100>S>1 mg/l*		*-- : S<0.01 mg/l*
	CAS n°R	Volatilité Pv	solubilité S	Classement symboles	Mention de danger	classement cancérogénicité UE	CIRC (IARC)	EPA
chlorobenzène	108-90-7	++	++	SGH02, SGH07, SGH09	H226, H332, H411	-	-	D
HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH								
Aliphatic nC>5-nC6	non adéquat	++	+	white spirit, essences spéciales, solvants aromatiques légers, pétroles lampants (kérosène) : **SGH08**	tout type d'hydrocarbures : **H350, H340, H304**	classement fonction des hydrocarbures		
Aliphatic nC>6-nC8	"	++	+					
Aliphatic nC>8-nC10	"	+	-					
Aliphatic nC>10-nC12	"	+	-					
Aliphatic nC>12-nC16	"	-	--					
Aliphatic nC>16-nC35	"	-	--					
Aliphatic nC>35	"	--	--					
Aromatic nC>5-nC7 benzène	"	++	++					
Aromatic nC>7-nC8 toluène	"	++	++					
Aromatic nC>8-nC10	"	+	+					
Aromatic nC>10-nC12	"	+	+					
Aromatic nC>12-nC16	"	-	+					
Aromatic nC>16-nC21	"	-	-					
Aromatic nC>21-nC35	"	--	--					

MENTIONS DE DANGER

◗ 28 mentions de danger physique

- H200 : Explosif instable
- H201 : Explosif ; danger d'explosion en masse
- H202 : Explosif ; danger sérieux de projection
- H203 : Explosif ; danger d'incendie, d'effet de souffle ou de projection
- H204 : Danger d'incendie ou de projection
- H205 : Danger d'explosion en masse en cas d'incendie
- H220 : Gaz extrêmement inflammable
- H221 : Gaz inflammable
- H222 : Aérosol extrêmement inflammable
- H223 : Aérosol inflammable
- H224 : Liquide et vapeurs extrêmement inflammables
- H225 : Liquide et vapeurs très inflammables
- H226 : Liquide et vapeurs inflammables
- H228 : Matière solide inflammable
- H240 : Peut exploser sous l'effet de la chaleur
- H241 : Peut s'enflammer ou exploser sous l'effet de la chaleur
- H242 : Peut s'enflammer sous l'effet de la chaleur
- H250 : S'enflamme spontanément au contact de l'air
- H251 : Matière auto-échauffante ; peut s'enflammer
- H252 : Matière auto-échauffante en grandes quantités ; peut s'enflammer
- H260 : Dégage au contact de l'eau des gaz inflammables qui peuvent s'enflammer spontanément
- H261 : Dégage au contact de l'eau des gaz
- H270 : Peut provoquer ou aggraver un incendie ; comburant
- H271 : Peut provoquer un incendie ou une explosion ; comburant puissant
- H272 : Peut aggraver un incendie ; comburant
- H280 : Contient un gaz sous pression ; peut exploser sous l'effet de la chaleur
- H281 : Contient un gaz réfrigéré ; peut causer des brûlures ou blessures cryogéniques
- H290 : Peut être corrosif pour les métaux

◗ 38 mentions de danger pour la santé

- H300 : Mortel en cas d'ingestion
- H301 : Toxique en cas d'ingestion
- H302 : Nocif en cas d'ingestion
- H304 : Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires
- H310 : Mortel par contact cutané
- H311 : Toxique par contact cutané
- H312 : Nocif par contact cutané
- H314 : Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves
- H315 : Provoque une irritation cutanée
- H317 : Peut provoquer une allergie cutanée
- H318 : Provoque des lésions oculaires graves
- H319 : Provoque une sévère irritation des yeux
- H330 : Mortel par inhalation
- H331 : Toxique par inhalation
- H332 : Nocif par inhalation
- H334 : Peut provoquer des symptômes allergiques ou d'asthme ou des difficultés respiratoires par inhalation
- H335 : Peut irriter les voies respiratoires
- H336 : Peut provoquer somnolence ou vertiges

- H340 : Peut induire des anomalies génétiques *<indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>*
- H341 : Susceptible d'induire des anomalies génétiques *<indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même dangert>*
- H350 : Peut provoquer le cancer <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H351 : Susceptible de provoquer le cancer <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H360 : Peut nuire à la fertilité ou au foetus <indiquer l'effet spécifique s'il est connu> <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H361 : Susceptible de nuire à la fertilité ou au foetus <indiquer l'effet s'il est connu> <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H362 : Peut être nocif pour les bébés nourris au lait maternel
- H370 : Risque avéré d'effets graves pour les organes <ou indiquer tous les organes affectés, s'ils sont connus> <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H371 : Risque présumé d'effets graves pour les organes <ou indiquer tous les organes affectés, s'ils sont connus> <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H372 : Risque avéré d'effets graves pour les organes <indiquer tous les organes affectés, s'ils sont connus> à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H373 : Risque présumé d'effets graves pour les organes <indiquer tous les organes affectés, s'ils sont connus> à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>

◗ Pour certaines mentions de danger pour la santé des lettres sont ajoutées au code à 3 chiffres :

- H350i : Peut provoquer le cancer par inhalation
- H360F : Peut nuire à la fertilité
- H360D : Peut nuire au foetus
- H361f : Susceptible de nuire à la fertilité
- H361d : Susceptible de nuire au foetus
- H360FD : Peut nuire à la fertilité. Peut nuire au foetus
- H361fd : Susceptible de nuire à la fertilité. Susceptible de nuire au foetus
- H360Fd : Peut nuire à la fertilité. Susceptible de nuire au foetus
- H360Df : Peut nuire au foetus. Susceptible de nuire à la fertilité.

◗ 5 mentions de danger pour l'environnement

- H400 : Très toxique pour les organismes aquatiques
- H410 : Très toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme
- H411 : Toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme
- H412 : Nocif pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme
- H413 : Peut être nocif à long terme pour les organismes aquatiques

◗ Symboles de danger

- **SHG01 : Explosif** (ce produit peut exploser au contact d'une flamme, d'une étincelle, d'électricité statique, sous l'effet de la chaleur, d'un choc ou de frottements).
- **SGH02 : Inflammable** (Le produit peut s'enflammer au contact d'une flamme, d'une étincelle, d'électricité statique, sous l'effet de la chaleur, de frottements, au contact de l'air ou au contact de l'eau en dégageant des gaz inflammables).
- **SGH03 : Comburant** (peut provoquer ou aggraver un incendie – peut provoquer une explosion en présence de produit inflammable).
- **SGH04 : Gaz sous pression** (peut exploser sous l'effet de la chaleur (gaz comprimé, liquéfié et dissous) – peut causer des brûlures ou blessures liées au froid (gaz liquéfiés réfrigérés).
- **SGH05 : Corrosif** (produit qui ronge et peut attaquer ou détruire des métaux – peut provoquer des brûlures de la peau et des lésions aux yeux en cas de contact ou de projection).
- **SGH06 : Toxique ou mortel** (le produit peut tuer rapidement – empoisonne rapidement même à faible dose).
- **SGH07 : Dangereux pour la santé** (peut empoisonner à forte dose – peut irriter la peau, les yeux, les voies respiratoires – peut provoquer des allergies cutanées – peut provoquer somnolence ou vertige – produit qui détruit la couche d'ozone).
- **SGH08 : Nuit gravement pour la santé** (peut provoquer le cancer, modifier l'ADN, nuire à la fertilité ou au fœtus, altérer le fonctionnement de certains organes – peut être mortele en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires – peut provoquer des difficultés respiratoires ou des allergies respiratoires).
- **SGH09 : Dangereux pour l'environnement** (produit polluant – provoque des effets néfastes à court et/ou long terme sur les organismes des milieux aquatiques).

◗ Classification en termes de cancérogénicité

UE	US-EPA	CIRC
C1 (H350 ou H350i) : cancérogène avéré ou présumé l'être : **C1A** : Substance dont le potentiel cancérogène pour l'être humain est avéré **C1B** : Substance dont le potentiel cancérogène pour l'être humain est supposé	**A** : Preuves suffisantes chez l'homme	**1** : Agent ou mélange cancérigène pour l'homme
C2 : Substance suspectée d'être cancérogène pour l'homme	**B1** : Preuves limitées chez l'homme **B2** : Preuves non adéquates chez l'homme et preuves suffisantes chez l'animal	**2A** : Agent ou mélange probablement cancérigène pour l'homme
Carc.3 : **Substance préoccupante** pour l'homme en raison d'effets cancérogènes possibles (R40)	**C** : Preuves inadéquates chez l'homme et preuves limitées chez l'animal	**2B** : Agent ou mélange peut-être cancérigène pour l'homme
	D : Preuves insuffisantes chez l'homme et l'animal **E** : Indications d'absence de cancérogénicité chez l'homme et chez l'animal	**3** : Agent ou mélange inclassables quant-à sa cancérogénicité pour l'homme **4** : Agent ou mélange probablement non cancérigène chez l'homme

◗ Classification en termes de mutagénicité

UE	
M1 (H340) : Substance dont la capacité d'induire des mutations héréditaires est avérée ou qui sont à considérer comme induisant des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains. Substance dont la capacité d'induire des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains est avérée.	**M1A** : Classification fondée sur des résultats positifs d'études épidémiologiques humaines. Substance considérée comme induisant des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains.
	M1B : Classification fondée sur des essais in vivo de mutagénicité sur des cellules germinales et somatiques et qui ont donné un ou des résultats positifs et sur des essais qui ont montré que la substance a des effets mutagènes sur les cellules germinales humaines, sans que la transmission de ces mutations à la descendance n'ait été établie.
M2 (H341) : Substance préoccupantes du fait qu'elle pourrait induire des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains.	

◗ Classification en termes d'effets reprotoxiques

UE	
R1 (H360 ou H360F ou H360D ou H360FD ou H360Fd ou H360fD) : Reprotoxique avéré ou présumé	**R1A** : Substance dont la toxicité pour la reproduction humaine est avérée. La classification d'une substance dans cette catégorie s'appuie largement sur des études humaines.
	R1B : Substance présumée toxique pour la reproduction humaine. La classification d'une substance dans cette catégorie s'appuie largement sur des données provenant d'études animales.
R2 (H361 ou H361f ou H361d ou H361fd) : Substance suspectée d'être toxique pour la reproduction humaine. Les substances sont classées dans cette catégorie lorsque les résultats des études ne sont pas suffisamment probants pour justifier une classification dans la catégorie 1 mais qui font apparaître un effet indésirable sur la fonction sexuelle et la fertilité ou sur le développement.	

Annexe 3.
Méthodes analytiques, LQ et flaconnage

Cette annexe contient 2 pages.

AGROLAB
Flaconnage

Nom Hollandais	**Aromatische en chloorhoudende oplosmiddelen**	**Waterdampvluchtige fenolen**	**Cyanide**	**Methaan/ethaan/etheen CKW-afbraak**	**pH/Ec**	**Blanco**
Equivalence Française	**BTEX, COHV**	**Indice phénols**	**Cyanures**	**Méthane/éthane/éthylène biodégradation, paquet étendu**	**pH/Conductivité**	**Blanc**
Contenance	**100 mL**	**100 mL**	**100 mL**	**100 mL**	**100 mL**	**500 mL**
Conservateur	**HNO3**	**H3PO4/CuSO4**	**NaOH**	**HNO3**	**sans**	**sans**
Analyses	HCT méthode interne - 100 mL BTEX et COHV - 100 mL Chlorobenzènes volatils - 80 mL GC-MS volatils - 100 mL Hydrocarbures volatils C6-C10 - 80 mL Solvants bromés - 80 mL	Indice phénols - 40 mL	Cyanures libres - 40 mL Cyanures totaux - 40 mL	Méthane/éthane/éthylène biodégradation, paquet étendu - 100 mL	Chrome VI - 100 mL Conductivité - 50 mL Fluorures - 20 mL Métaux lourds avec filtration au labo - 100 mL Nitrate - 40 mL Nitrite - 40 mL pH - 40 mL Sulfate - 60 mL	Alcools et solvants polaires - 100 mL AOX - 500 mL Biphényl et biphényléthers - x 2 bouteilles Bromures - 60 mL Chlorobenzènes non volatils - x 2 bouteilles Chlorures - 40 mL Couleur - 100 mL DBO5 - x 2 bouteilles Dioxines - x 2 bouteilles GC-MS non volatils - x 2 bouteilles HAP Interne - 100 mL HAP ISO - x 2 bouteilles Huiles et graisses - x 2 bouteilles Matières inhibitrices - x 2 bouteilles MES - 500 mL Organoétains - 500 mL Orthophosphates - 60 mL PCB - 100 mL Pesticides organo-N et P - x 2 bouteilles Pesticides organochlorés - 100 mL Sulfures - 400 mL
Quantité						
Nom Hollandais	**stikstof ammonium /stikstof Kjeldahl/CZV**	**Zware metalen**	**TPH**	**chloor - en alkylfenolen**		
Equivalence Française	**DCO /azote ammoniacal/azote Kjeldahl/phosphore total**	**Métaux lourds**	**EOX HCT ISO HCT 10 µg/L**	**Phénols et chlorophénols**		
Contenance	**250 mL**	**100 mL**	**500 mL**	**500 mL**		
Conservateur	**H2SO4**	**HNO3**	**HNO3**	**H3PO4**		
Code étiquette	**41-8-250 / LV2490**	**2-39-8 / LV2265**	**945-5 / LV2634**	**23-55-5 / LV2600**		
Analyses	Ammonium NH4+ - 50 mL Azote Kjeldhal - 100 mL COT - 200 mL CIT - 200 mL DCO - 80 mL Phosphore total - 60 Ml	Métaux lourds - 100 mL	EOX - x 2 bouteilles HCT ISO - x 2 bouteilles HCT seuil 10 µg/l - x 2 bouteilles TPH-MADEP - x 2 bouteilles	Phénols et chlorophénols - x 2 bouteilles		

Matrice sols

Désignation	Catégorie d'article	Méthode	LOUII EF	Unités
Cyanures libres	Autres/Sols & Déchets/Analyses	NEN 6655 eq. ISO/DIS 17380	1	mg CN/kg
Cyanures totaux	Autres/Sols & Déchets/Analyses	NEN 6655 eq. ISO/DIS 17380 - DIN ISO 11262	1	mg CN/kg
Indice phénols	Autres/Sols & Déchets/Analyses	EN ISO 14402	0,1	mg/kg
Hydrocarbures totaux par CPG, fraction C10-C40 ; PROFIL ORGANIQUE QUALITATIF (C10 - C40)	Hydrocarbures & COHV/Sols & Déchets/Analyses	CPG/FID Méthode interne, nC10 à nC40 (>C10-C12, >C12-C16, >C16-C20, >C20-C24, >C24-C28, >C28-C32, >C32-C36, >C36-C40) chromatogramme fourni	20	mg/kg
Hydrocarbures totaux par CPG, fraction C10-C40 ; PROFIL ORGANIQUE QUALITATIF (C10 - C40)	Hydrocarbures & COHV/Sols & Déchets/Analyses	CPG/FID Méthode ISO 16703, nC10 à nC40 (>C10-C12, >C12-C16, >C16-C20, >C20-C24, >C24-C28, >C28-C32, >C32-C36, >C36-C40) , chromatogramme fourni	20	mg/kg
Hydrocarbures totaux volatils (C6 - C10) découpage fractions C6-C8 et >C8-C10	Hydrocarbures & COHV/Sols & Déchets/Analyses	HS/CPG/MS méthode interne basé sur ISO 22155 (Head-Space) : Somme des C6 - C10 et découpage fractions C6-C8 et >C8-C10	1	mg/kg
Solvants chlorés (13 composés, chlorure de vinyle inclus)	Hydrocarbures & COHV/Sols & Déchets/Analyses	Méthode interne basé sur ISO 22155 (Head-Space) : 1,1,1-Trichloroéthane, 1,1,2-Trichloroéthane, 1,1-Dichloroéthane, 1,1-Dichloroéthylène, 1,2 Cis-Dichloroéthylène, 1,2 Trans-Dichloroéthylène, 1,2-Dichloroéthane, Chloroforme, Chlorure de vinyle, Dichlorométhane, Tétrachloréthylène, Tetrachlorure de Carbone, Trichloréthylène	0,02 à 0,1	mg/kg
Solvants chlorés (19 composés MACAOH)	Hydrocarbures & COHV/Sols & Déchets/Analyses	Méthode interne basé sur ISO 22155 (Head-Space) : 1,1,1-Trichloroéthane, 1,1,2-Trichloroéthane, 1,1-Dichloroéthane, 1,1-Dichloroéthylène, 1,2 Cis-Dichloroéthylène, 1,2 Trans-Dichloroéthylène, 1,2-Dichloroéthane, Chloroforme, Chlorure de vinyle, Dichlorométhane, Tétrachloréthylène, Tetrachlorure de Carbone, Trichloréthylène + extension MACAOH : Chlorométhane, Chloroéthane, Pentachloroéthane, Hexachloroéthane, 1,1,1,2-Tétrachloroéthane, 1,1,2,2-Tétrachloroéthane	0,02 à 0,5	mg/kg
BTEX (5 composés)	Hydrocarbures & COHV/Sols & Déchets/Analyses	Méthode interne basé sur ISO 22155 (Head-Space) : Benzène, Toluène, Ethyl benzène, m+p Xylène, o-Xylène	0,05-0,1	mg/kg
BTEX bilan étendu (13 composés)	Hydrocarbures & COHV/Sols & Déchets/Analyses	Méthode interne basé sur ISO 22155 (Head-Space) : Benzène, Toluène, Ethyl benzène, m+p Xylène, o-Xylène, Naphtalène, Styrène, a-Méthylstyrène, Propylbenzène, iso-Propylbenzène, 1,2,3-Triméthylbenzène, 1,2,4-Triméthylbenzène, 1,3,5-Triméthylbenzène	0,05-0,1	mg/kg
Chlorobenzènes volatils (7 composés)	Hydrocarbures & COHV/Sols & Déchets/Analyses	par HS /GC/MS , basé sur ISO 22155 : Chlorobenzènes volatils :monochlorobenzène ; 1,2-dichlorobenzène ; 1,3-dichlorobenzène ;1,4-dichlorobenzène ; 1,2,3-trichlorobenzène ; 1,2,4-trichlorobenzène ; 1,2,5-trichlorobenzène	0,1	mg/kg MS
Chlorobenzènes non-volatils (4 composés)	Hydrocarbures & COHV/Sols & Déchets/Analyses	méthode interne, analyse selon ISO 10382 : 1,2,3,4-tétrachlorobenzène ; 1,2,3,5/1,2,4,5-tétrachlorobenzène ; pentachlorobenzène ; hexachlorobenzène	1	µg/kg MS
COV bromés	Hydrocarbures & COHV/Sols & Déchets/Analyses	Méthode interne basé sur ISO 22155 (HS) : Bromochlorométhane, Dibromochlorométhane, Dichlorobromométhane, Dibromoethane, Tribromométhane (Bromoforme)	0,1	mg/kg
Hydrocarbures par TPH (Liste réduite)	Hydrocarbures & COHV/Sols & Déchets/Analyses	8 fractions aliphatiques + 8 fractions aromatiques (Cf Annexe 1). Analyse par GC/MS - méthode interne	-	voir Annexe 1
HAP (16 - liste EPA)	Hydrocarbures & COHV/Sols & Déchets/Analyses	méthode interne : Naphtalène, Acénaphtène, Acénaphtylène, Anthracène, Benzo(a)anthracène, Benzo(a)pyrène, Benzo(b) fluoranthène, Benzo(g,h,i)pérylène, Benzo(k) fluoranthène, Chrysène, Dibenzo(a,h)anthracène, Fluoranthène, Fluorène, Indéno (1,2,3) pyrène, Phénanthrène, Pyrène	0,05	mg/kg
HAP (16 - liste EPA)	Hydrocarbures & COHV/Sols & Déchets/Analyses	ISO 13877 : Naphtalène, Acénaphtène, Acénaphtylène, Anthracène, Benzo(a)anthracène, Benzo(a)pyrène, Benzo(b) fluoranthène, Benzo(g,h,i)pérylène, Benzo(k) fluoranthène, Chrysène, Dibenzo(a,h)anthracène, Fluoranthène, Fluorène, Indéno (1,2,3) pyrène, Phénanthrène, Pyrène	0,05	mg/kg
PCB congénères réglementaires (7 composés)	PCB Dioxines et furanes/Sols & Déchets/Analyses	EN ISO 10382 par GC/ECD (ou méthode interne par GC/MS suivant capacité laboratoire) : PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180	1	µg/kg
PCB de type dioxine (12 congénères)	PCB Dioxines et furanes/Sols & Déchets/Analyses	Méthode dériveée de la méthode EPA 1613, par CPG SM-HR (PCB n° 77, 81, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169, 189)	1 à 10	ng//kg
Dioxines et furanes (17 congénères)	PCB Dioxines et furanes/Sols & Déchets/Analyses	selon la NF EN 1948 , GC-SM haute résolution -	1	ng//kg
Pesticides organochlorés (21 composés)	Pesticides/Sols & Déchets/Analyses	EN ISO 10382 par GC/ECD (ou méthode interne par GC/MS suivant capacité laboratoire) : HCH alpha, HCH béta, HCB, Lindane, HCH delta, Heptachlore, cis-Heptachlore époxyde, Endosulfan alpha, Aldrine, Dieldrine, Endrine, Isodrine, Telodrine, Endosulfan alpha, o,p'-DDE, p,p'-DDE, o,p'-DDD, p,p'-DDD, o,p'-DDT, p,p'-DDT, trans-chlordane	1	µg/kg
Pesticides Organo-Azotés	Pesticides/Sols & Déchets/Analyses	Organo-N-pesticides par CPG/SM : Atrazine, Cyanazine, Desméthrine, Prométhrine, Propazine, Simazine, Terbutrine, Terbutylazine	0,1 à 0,2	mg/kg
Pesticides Organo-Phosphorés	Pesticides/Sols & Déchets/Analyses	Organo-N-pesticides par CPG/SM : Azinphos-éthyle, Azinphos-méthyle, Bromophos-éthyle, Bromophos-méthyle, Chloropyrophos-éthyle, Coumaphos, diazinon, Diméthoate, Disulphoton, Ethion, Fénitrothion, Fenthion, Malathion, Méthidathon, Mévinphos, Parathion-méthyle, Parathion-éthyle, Pyrazophos, Triazophos, Trifluralin.	0,1 à 0,5	mg/kg
Arsenic	Métaux/Sols & Déchets/Analyses	ICP-AES NF EN ISO 11 885	1	mg As/kg
Baryum	Métaux/Sols & Déchets/Analyses	ICP-AES NF EN ISO 11 885	1	mg Ba/kg
Cadmium	Métaux/Sols & Déchets/Analyses	ICP-AES NF EN ISO 11 885	0,1	mg Cd/kg
Chrome total	Métaux/Sols & Déchets/Analyses	ICP-AES NF EN ISO 11 885	0,2	mg Cr/kg
Chrome hexavalent	Métaux/Sols & Déchets/Analyses	DIN 38405-D24	1	mg CrVI/kg
Cobalt	Métaux/Sols & Déchets/Analyses	ICP-AES NF EN ISO 11 885 (rajouter une minéralisation)	0,5	mg Co/kg
Cuivre	Métaux/Sols & Déchets/Analyses	ICP-AES NF EN ISO 11 885	0,2	mg Cu/kg
Mercure	Métaux/Sols & Déchets/Analyses	ISO 16772	0,05	mg Hg/kg
Nickel	Métaux/Sols & Déchets/Analyses	ICP-AES NF EN ISO 11 885	0,5	mg Ni/kg
Plomb	Métaux/Sols & Déchets/Analyses	ICP-AES NF EN ISO 11 885	0,5	mg Pb/kg
Sélénium	Métaux/Sols & Déchets/Analyses	ICP-AES NF EN ISO 11 885 (rajouter une minéralisation)	1	mg Se/kg
Zinc	Métaux/Sols & Déchets/Analyses	ICP-AES NF EN ISO 11 885	1	mg Zn/kg
Antimoine	Métaux/Sols & Déchets/Analyses	ICP-AES NF EN ISO 11 885	0,5	mg Sb/kg

Annexe 4.
Fiches d'échantillonnage des sols

Cette annexe contient 3 pages.

GINGER BURGEAP

Ville de Ronchin / - / Ronchin

FICHE D'ECHANTILLONNAGE DES SOLS

Annexe 1
-
NO2700578

BGP 105/10

Sondage n° : CP4
Intervenant BURGEAP : NOS
Date : 16/12/2024 Heure : 14h20
Condition météorologique : Couvert

Sous-traitant : 0
Technique de forage : TARRIERE
Profondeur atteinte (m/sol) : 0.3
Diamètre de forage (mm) et gaine : 80/60

Confection d'échantillon :
composite
Sous échantillons : -

Localisation du sondage
X : 3.08801 Y : 50.5957
Projection : WGS84
Z (sol) - m NGF : -

Analyses de terrain : PID
Réf. Matériel : PID ARRAS n°4
*mesure PID de l'air ambiant
au poste d'échantillonnage : 0 ppm

Préparation de l'échantillon :
homogénéisation

Méthode d'échantillonnage :
truelle / pelle à main /autre

Niveau de la nappe d'un piézomètre proche
Pz n° : - NS (m/sol) : -

Doublons : non

Conditionnement des échantillons :
pot sol brut (PE / verre)

Sondage pour échantillons témoins : non

Laboratoire : JUNIA

Conservation des échantillons :
glacière

Remarques :

Date d'envoi au laboratoire : 16/12/2024

Prof. (m)	COUPE GEOLOGIQUE			OBSERVATIONS ET MESURES		
	Lithologie	Description	Venues d'eau / humidité des sols	Observations Corps étrangers	Analyses de terrain	N°
0.00 – 0.30		terre vegetale			0 ppm	CP4(0-0.3m)
0.30						

GINGER BURGEAP

Ville de Ronchin / - / Ronchin

Annexe 1
-
NO2700578

FICHE D'ECHANTILLONNAGE DES SOLS

BGP 105/10

Sondage n° : CP5
Intervenant BURGEAP : NOS
Date : 16/12/2024 Heure : 14h15
Condition météorologique : Couvert

Sous-traitant : 0
Technique de forage : TARRIERE
Profondeur atteinte (m/sol) : 0.3
Diamètre de forage (mm) et gaine : 80/60

Confection d'échantillon :
composite
Sous échantillons : -

Localisation du sondage
X : 3.08837 Y : 50.59551
Projection : WGS84
Z (sol) - m NGF : -

Analyses de terrain : PID
Réf. Matériel : PID ARRAS n°4
*mesure PID de l'air ambiant
au poste d'échantillonnage : 0 ppm

Préparation de l'échantillon :
homogénéisation

Méthode d'échantillonnage :
truelle / pelle à main /autre

Niveau de la nappe d'un piézomètre proche
Pz n° : - NS (m/sol) : -

Doublons : non

Conditionnement des échantillons :
pot sol brut (PE / verre)

Sondage pour échantillons témoins : non

Laboratoire : JUNIA

Conservation des échantillons :
glacière

Remarques :

Date d'envoi au laboratoire : 16/12/2024

Prof. (m)	COUPE GEOLOGIQUE			OBSERVATIONS ET MESURES		
	Lithologie	Description	Venues d'eau / humidité des sols	Observations Corps étrangers	Analyses de terrain	N°
0.00 – 0.30		terre vegetale			0 ppm	CP5(0-0.3m)
0.30						

GINGER BURGEAP

Ville de Ronchin / - / Ronchin

FICHE D'ECHANTILLONNAGE DES SOLS

Annexe 1
-
NO2700578

BGP 105/10

Sondage n° : CP6
Intervenant BURGEAP : NOS
Date : 16/12/2024 Heure : 14h10
Condition météorologique : Couvert

Sous-traitant : 0
Technique de forage : TARRIERE
Profondeur atteinte (m/sol) : 0.3
Diamètre de forage (mm) et gaine : 80/60

Confection d'échantillon :
composite
Sous échantillons : -

Localisation du sondage
X : 3.08881 Y : 50.59541
Projection : WGS84
Z (sol) - m NGF : -

Analyses de terrain : PID
Réf. Matériel : PID ARRAS n°4
*mesure PID de l'air ambiant au poste d'échantillonnage : 0 ppm

Préparation de l'échantillon :
homogénéisation

Méthode d'échantillonnage :
truelle / pelle à main /autre

Niveau de la nappe d'un piézomètre proche
Pz n° : - NS (m/sol) : -

Doublons : non

Conditionnement des échantillons :
pot sol brut (PE / verre)

Sondage pour échantillons témoins : non

Laboratoire : JUNIA

Conservation des échantillons :
glacière

Remarques :

Date d'envoi au laboratoire : 16/12/2024

Prof. (m)	COUPE GEOLOGIQUE			OBSERVATIONS ET MESURES		
	Lithologie	Description	Venues d'eau / humidité des sols	Observations Corps étrangers	Analyses de terrain	N°
0.00 – 0.30		terre vegetale			0 ppm	CP6(0-0.3m)
0.30						

Annexe 5.
Bordereaux d'analyse des sols

Cette annexe contient 152 pages.

Le 21 janvier 2025

Analyses de 21 terres pour BURGEAP – Mesure de la bioaccessibilité orale de Pb au moyen du test simplifié HCl puis du test UBM

Une campagne de 21 échantillons de terre issus de 7 sites (3 échantillons par site) fournis par BURGEAP a fait l'objet d'une mesure des concentrations totales en Pb puis d'une prédiction des concentrations bioaccessibles (en lien avec l'ingestion de particules de terre) au moyen du test simplifié à l'HCl (ISO DIS 7303). Un échantillon par site a ensuite été sélectionné (n = 7 au total) pour valider les données de prédiction au moyen du test UBM (ISO 17924).

Les échantillons de terre ont été préparés selon des techniques douces (séchage à l'air puis tamisage à 2 mm). Les terres tamisées à 2 mm ont ensuite été tamisées à 250 µm sans avoir recours à un broyage mécanique, et ce en vue d'avoir une fraction de sol représentative de l'exposition (i.e. particules les plus fines adhérant aux mains et susceptibles d'être ingérées).

Le référencement des échantillons est présenté dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Référence des échantillons de terre

Site	Référence terrain
GS	GS5, GS6, GS7
CP	CP4, CP5, CP6
FL	FL3, FL4, FL5
KB	KB4, KB5, KB6
MV	MV6, MV7, MV8
CM	CM4, CM5, CM6
AS	AS3, AS4, AS5

Minéralisation à l'eau régale – mesure de la concentration pseudo-totale en métaux

La mesure de la concentration pseudo-totale en Pb a été réalisée sur l'ensemble des échantillons (n = 21).
A une prise d'essai de 0,3 g de terre sont ajoutés 4,5 mL d'HCl (37%) et 1,5 mL d'HNO3 (70%). Après agitation manuelle, les tubes sont mis à chauffer à 95°C pendant 1h30 dans un bloc chauffant. Après refroidissement, le volume est ajusté à 25 mL avec de l'eau bidistillée puis la solution est filtrée à 0,45 µm sur une membrane en acétate de cellulose. Les concentrations en Pb extraites à l'eau régale ont été analysées en spectrométrie d'absorption atomique en mode flamme. Les valeurs obtenues ont été corrigées avec l'humidité résiduelle afin d'exprimer les résultats en mg/kg de poids sec.

Protocole simplifié de mesure de la bioaccessibilité orale des éléments métalliques

Le protocole simplifié de mesure de la bioaccessibilité orale utilisé correspond à une extraction chimique à l'acide chlorhydrique dilué. Ce test est conçu pour une ingestion non intentionnelle de particules de terre. Il permet de prédire la bioaccessibilité orale de As, Cd et Pb dans les phases gastrique et gastro-intestinale mesurée classiquement avec le test UBM (Unified Bioaccessibility Method ; ISO 17924). Ce test simplifié est valable pour des gammes de concentrations totales en éléments métalliques allant de 2 à 2600 mg/kg pour As, de 0,2 à 480 mg/kg pour Cd et de 4 à 50 000 mg/kg pour Pb. Il est en cours de normalisation à l'ISO (DIS 7303).

Une prise d'essai de 0,03 g de terre (tamisée à 250 µm sans avoir recours à un broyage mécanique) est ajoutée à 25 ml d'eau ultra-pure acidifiée à 0,65 % HCl dans des tubes en polyéthylène puis homogénéisée par ultrasons pendant 15 minutes. La digestion est ensuite réalisée dans une enceinte thermostatée pendant 1 h à 37°C. Après refroidissement, les échantillons digérés sont filtrés (filtre Millipore 0,45 µm) avant d'être analysés.

Pour assurer la qualité de la mesure, ont été ajoutés un blanc et un échantillon de référence (référence NIST 2710a). Pour chaque échantillon (n = 21), des duplicats ont été réalisés. Les concentrations extraites à l'HCl ont été envoyées et analysées par Wessling en ICP-MS.

L'ensemble des résultats des analyses de Wessling ont été fournies au LGCgE pour le traitement des données.

Protocole de mesure de la bioaccessibilité orale des éléments métalliques

Le protocole de mesure de la bioaccessibilité orale utilisé (Figure 1) est le test UBM (Unified Bioaccessibility Method ; ISO 17924:2019). La mesure de la bioaccessibilité a été réalisée sur 7 échantillons (1 par site) en vue de valider les résultats obtenus avec le test simplifié à l'HCl.

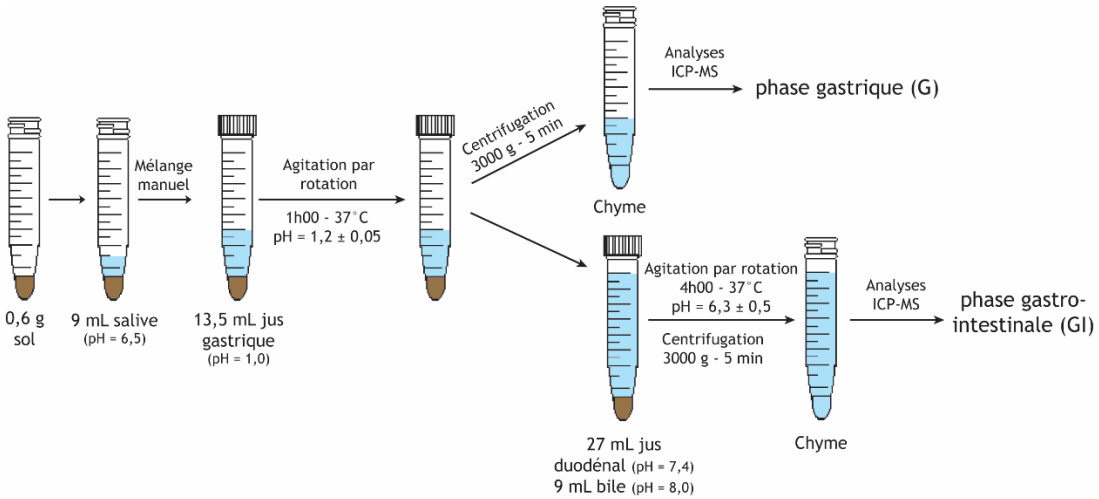

Figure 1 : Représentation schématique du protocole de digestion *in vitro* UBM

Cette mesure est réalisée à partir d'une masse de 0,6 g de terre (< 250 µm). A cette masse est ajouté un volume de 9 mL de fluide salivaire. La suspension est homogénéisée manuellement puis 13,5 mL de fluide gastrique sont alors ajoutés à la suspension. Après homogénéisation, le pH de la suspension est ajusté à 1,20 ± 0,05 par l'ajout d'HCl (37%). Après agitation pendant 1 h à 37°C, la phase gastrique est

collectée par centrifugation de la suspension à 4500 g pendant 5 minutes. Le surnageant est prélevé et acidifié (HNO_3 70%) et la concentration en Pb mesurée représente la fraction bioaccessible dans la phase gastrique. Le protocole décrit dans la norme prévoit de mesurer ensuite la fraction intestinale en ajoutant un fluide simulant le fluide digestif intestinal, c'est-à-dire 27 mL de solution duodénale et 9 mL de solution biliaire. Le pH de la suspension est ajusté à 6,3 ± 0,5 par ajouts de NaOH (10 M). La suspension est ensuite homogénéisée pendant 4 h à 37°C, centrifugée à 4500 g pendant 5 minutes. Le surnageant obtenu est acidifié (HNO_3 70%) et analysé en vue de déterminer les concentrations en éléments métalliques dans cette phase (gastro-intestinale). Cependant, seuls les résultats de la phase gastrique seront utilisés pour les calculs de risques ; ainsi, le compartiment intestinal n'a pas été considéré dans cette étude.

Les fluides utilisés dans le cadre de ce protocole sont composés de réactifs organiques et inorganiques de composition proche de celle rencontrée dans le fluide digestif humain et sont préparés un jour avant la réalisation des extractions.

Pour assurer la qualité de la mesure, sur la série d'échantillons sont ajoutés un blanc et un échantillon de référence (NIST 2710a). Pour chaque échantillon, des duplicats sont réalisés. La mesure des concentrations en Pb dans les digestats correspondant à la phase gastrique a été réalisée en spectrométrie d'absorption atomique en mode flamme. Les valeurs obtenues ont été corrigées avec l'humidité résiduelle afin d'exprimer les résultats en mg/kg de poids sec.

Résultats

Le Tableau 2 présente les résultats des concentrations pseudo-totales de Pb extraites à l'eau régale pour l'ensemble des échantillons (n = 21).

Tableau 2 : Concentration pseudo-totale en Pb extraite à l'eau régale (en mg/kg de poids sec)

Site	Référence	[Pb]tot	Site	Référence	[Pb]tot
GS	GS5	103.5	**MV**	MV6	117.8
	GS6	110.8		MV7	59.7
	GS7	100.8		MV8	48.8
CP	CP4	223.9	**CM**	CM4	151.1
	CP5	156.5		CM5	195.4
	CP6	142.8		CM6	137.8
FL	FL3	137.4	**AS**	AS3	284.4
	FL4	153.6		AS4	162.5
	FL5	186.9		AS5	241.2
KB	KB4	102.7			
	KB5	113.9			
	KB6	123.6			

Le Tableau 3 présente les résultats des concentrations extraites au moyen du test simplifié à l'HCl sur l'ensemble des échantillons (n = 21).

Tableau 3 : Concentrations en Pb extraites à l'HCl (valeurs moyennes et écartypes ET exprimés en mg/kg de poids sec ; *n* = 2)

Réf terrain	Pb_HCl (mg/kg)	
	moy	***ET***
GS5	75.1	3.8
GS6	83.7	4.1
GS7	80.0	3.6
CP4	215.5	5.8
CP5	138.0	0.2
CP6	113.6	10.5
FL3	136.1	5.9
FL4	152.9	2.8
FL5	109.4	0.5
KB4	78.2	2.0
KB5	79.3	1.9
KB6	86.7	1.7
MV6	115.5	8.3
MV7	46.5	0.6
MV8	32.1	2.5
CM4	132.1	5.1
CM5	181.0	1.5
CM6	98.8	4.2
AS3	268.6	4.5
AS4	153.3	1.5
AS5	221.1	13.8
Référence NIST 2710a*	3547	-
Données labos**	3681 (3386-4018)	-

La référence NIST 2710a a été ajoutée à la série d'échantillons pour le contrôle qualité de l'extraction. Les valeurs obtenues* sont en adéquation avec les données labos** (moyenne et gamme acceptable).

A partir des concentrations moyennes extraites à l'HCl, la bioaccessibilité de Pb peut être prédite dans les deux phases (gastrique et gastro-intestinale) en utilisant les équations issues de régressions linéaires simples (Pelfrêne et al., 2020). Les équations utilisées ainsi que les intervalles de prédiction sont présentées dans le Tableau 4.

Tableau 4 : Bioaccessibilité prédite pour As, Cd et Pb dans les phases gastrique (G) et gastro-intestinale (GI) (exprimée en mg/kg) au moyen de l'extraction simple à l'HCl

Prédiction de la bioaccessibilité de…	**Dans la phase…**	**Equation et intervalle de prédiction**
As	G	$log_{10}[As]_{BA} = 0{,}8318 \times log_{10}[As]_{HCl} + 0{,}1553 \pm 1{,}9776 \times 0{,}1325 \times \sqrt{(1 + 0{,}0162 + (-0{,}0327) \times log_{10}[As]_{HCl} + 0.0297 \times log_{10}[As]^2_{HCl})}$
	GI	$log_{10}[As]_{BA} = 0{,}7998 \times log_{10}[As]_{HCl} + 0{,}1284 \pm 1{,}9776 \times 0{,}1255 \times \sqrt{(1 + 0{,}0162 + (-0{,}0327) \times log_{10}[As]_{HCl} + 0{,}0297 \times log_{10}[As]^2_{HCl})}$
Cd	G	$log_{10}[Cd]_{BA} = 1{,}0003 \times log_{10}[Cd]_{HCl} - 0{,}0015$

		$\pm 1{,}9806 \times 0{,}0746 \times \sqrt{(1 + 0{,}0095 + (-0{,}0078) \times log_{10}[Cd]_{HCl} + 0{,}0149 \times log_{10}[Cd]^2_{HCl})}$
	GI	$log_{10}[Cd]_{BA} = 1{,}0293 \times log_{10}[Cd]_{HCl} - 0{,}4129 \pm 1{,}9806 \times 0{,}1422 \times \sqrt{(1 + 0{,}0095 + (-0{,}0078) \times log_{10}[Cd]_{HCl} + 0{,}0149 \times log_{10}[Cd]^2_{HCl})}$
Pb	G	$log_{10}[Pb]_{BA} = 1{,}0109 \times log_{10}[Pb]_{HCl} - 0{,}0581 \pm 1{,}9776 \times 0{,}0696 \times \sqrt{(1 + 0{,}0762 + (-0{,}0618) \times log_{10}[Pb]_{HCl} + 0{,}0138 \times log_{10}[Pb]^2_{HCl})}$
	GI	$log_{10}[Pb]_{BA} = 1{,}1050 \times log_{10}[Pb]_{HCl} - 1{,}2757 \pm 1{,}9776 \times 0{,}5057 \times \sqrt{(1 + 0{,}0762 + (-0{,}0618) \times log_{10}[Pb]_{HCl} + 0{,}0138 \times log_{10}[Pb]^2_{HCl})}$

$[As, Cd \text{ ou } Pb]_{BA}$: concentration bioaccessible prédite

$[As, Cd \text{ ou } Pb]_{HCl}$: concentration moyenne extraite mesurée par HCl

Le Tableau 5 présente les résultats de la prédiction de la bioaccessibilité orale de Pb au moyen de l'équation pour la phase gastrique uniquement (celle qui sera considérée dans les EQRS), exprimés en mg/kg de poids sec puis en % par rapport à la concentration pseudo-totale.

Tableau 5 : Bioaccessibilité orale de Pb prédite (BA) et intervalle de prédiction pour les 21 échantillons de terre dans la phase gastrique (G) ; Valeurs moyennes exprimés en mg/kg de poids sec et en % par rapport aux concentrations pseudo-totales.

Réf terrain	$[Pb]_{BA}$ (mg/kg)		$[Pb]_{BA}$ (%)
GS5	68.9	± 1.37	66.5
GS6	76.8	± 1.37	69.3
GS7	73.4	± 1.37	72.9
CP4	199.9	± 1.37	89.3
CP5	127.4	± 1.37	81.4
CP6	104.6	± 1.37	73.3
FL3	125.6	± 1.37	91.4
FL4	141.3	± 1.37	92.0
FL5	100.7	± 1.37	53.9
KB4	71.7	± 1.37	69.8
KB5	72.7	± 1.37	63.8
KB6	79.6	± 1.37	64.4
MV6	106.4	± 1.37	90.3
MV7	42.4	± 1.38	71.0
MV8	29.2	± 1.38	59.7
CM4	121.8	± 1.37	80.7
CM5	167.6	± 1.37	85.7
CM6	90.9	± 1.37	66.0
AS3	249.7	± 1.37	87.8
AS4	141.7	± 1.37	87.2
AS5	205.1	± 1.37	85.0

Le test HCl est une méthode appropriée pour évaluer en première approche la bioaccessibilité orale de Pb dans la phase gastrique. L'objectif est d'aider les utilisateurs à sélectionner quelques échantillons dans un second temps et dans une approche de validation complémentaire en utilisant le test UBM pour une meilleure évaluation de l'exposition humaine.

En ce sens, 7 échantillons ont été sélectionnés (1 par site) et le Tableau 6 présente les résultats des concentrations bioaccessibles en Pb dans la phase gastrique (G). Les valeurs sont exprimées en mg/kg de poids sec puis en % par rapport aux concentrations pseudo-totales.

Tableau 6 : Bioaccessibilité orale (BAc) de Pb mesurée dans les 7 échantillons de terre dans la phase gastrique (G). Valeurs moyennes et écart-types (*n* = 2) exprimées en mg/kg de poids sec et en % par rapport aux concentrations pseudo-totales.

	BAc Pb_G (mg/kg)		**BAc Pb_G (%)**	
	Moy	ET	Moy	ET
GS7	65.2	4.0	64.7	4.0
CP4	172.4	3.8	77.0	1.7
FL4	122.1	1.4	79.5	0.9
KB4	71.8	10.2	69.9	9.9
MV6	103.9	1.6	88.2	1.4
CM5	135.4	3.7	69.3	1.9
AS3	197.6	3.2	69.5	1.1
Référence NIST 2710a*	2504	-	-	-
Données labos**	2924 (2362-3921)	-	-	-

La référence NIST 2710a a été ajoutée à la série d'échantillons pour le contrôle qualité de l'extraction. Les valeurs obtenues* sont en adéquation avec les données labos** (moyenne et gamme acceptable).

Pour ces 7 échantillons, les données de bioaccessibilité obtenues avec le test UBM sont comparées aux données prédites avec HCl (Figure 2). Une très bonne corrélation est obtenue indiquant que la méthode simplifiée est adaptée en première approche pour prédire la bioaccessibilité de Pb. Une légère surestimation des valeurs est néanmoins observée avec la méthode simplifiée, ce qui permet de rester conservatoire. La méthode UBM permet d'affiner la mesure.

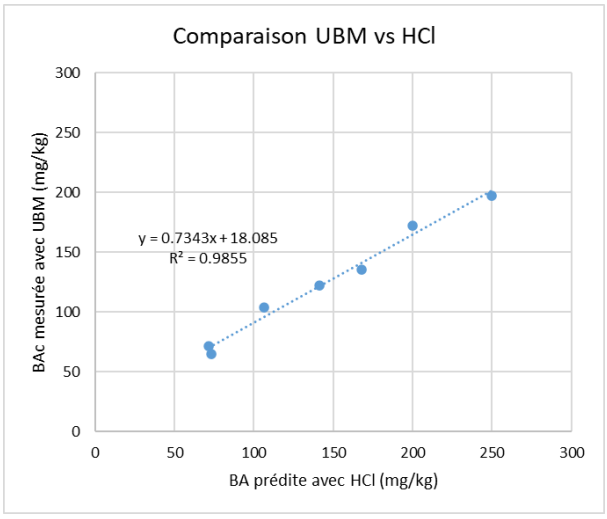

Figure 2 : Bioaccessibilité mesurée de Pb avec UBM en fonction de la bioaccessibilité prédite avec HCl (exprimées en mg/kg)

Intégration de la bioaccessibilité dans l'ajustement de la dose journalière d'exposition pour les EQRS

La démarche proposée ci-dessous a été validée et sera décrite dans le guide à paraître en lien avec le GT « Bioaccessibilité des métaux/métalloïdes dans les sols » piloté par l'Ineris à la demande du MTES.

Il est proposé de réaliser une EQRS pour chaque site en considérant ainsi la valeur de bioaccessibilité obtenue au moyen du test UBM (Tableau 6). Les résultats présentés dans ce Tableau, exprimés en % par rapport à la concentration pseudo-totale, correspondent à la bioaccessibilité absolue.

Les calculs de la dose d'exposition ajustée (DJE ajustée) pour Pb doivent être réalisés avec l'équation ci-dessous intégrant la biodisponibilité relative (RBD) :
$DJE_{ajustée}$ = DJE x RBD

Calcul des biodisponibilités relatives (RBD) de Pb :

Les RBD sont calculées selon l'équation suivante issue des corrélations *in vivo/in vitro* ayant permis la validation du test UBM :

RBD Pb G = (0,92 x BAc Pb G) - 1,69

RBD : biodisponibilité relative de Pb dans la phase gastrique (G) (exprimée en %)
BAc : bioaccessibilité absolue de Pb dans la phase G dans le sol (exprimée en %)

Le Tableau 7 présente les RBD pour Pb qui seront les données à entrer dans les EQRS pour ajustée la DJE.

Tableau 7 : Biodisponibilité relative (RBD) de Pb calculée dans les 7 échantillons de terre dans la phase gastrique (G).

Références	RBD Pb (%)
GS7	57.8
CP4	69.1
FL4	71.4
KB4	62.6
MV6	79.4
CM5	62.0
AS3	62.2

Référence

Pelfrêne A., Sahmer K., Waterlot C., Glorennec P., Douay F., Le Bot B. (2020). Evaluation of single-extraction methods to estimate the oral bioaccessibility of metal(loid)s in soils. Science of the Total Environment 727, 138553.

Annexe 6.
Données toxicologiques

Cette annexe contient 6 pages

Identification des dangers

En termes sanitaires, un danger désigne tout effet toxique, c'est-à-dire un dysfonctionnement cellulaire ou organique lié à l'interaction entre un organisme vivant et un agent chimique, physique ou biologique. La toxicité d'un composé dépend de la durée et de la voie d'exposition de l'organisme humain.

Tous les modes d'exposition sont traités en **effets chroniques,** correspondant à de longues durées d'exposition (supérieures à 7 ans pour l'US-EPA et supérieures à 1 an pour l'ATSDR).

Types d'effets distingués

Par chaque substance, différents effets toxiques peuvent être considérés. On distinguera dans le présent document les effets cancérigènes (apparition de tumeurs), les effets mutagènes (ou tératogènes consistant à la modification de l'ADN en particulier), les effets sur la reproduction (reprotoxicité) des autres effets toxiques.

Différents organismes internationaux (l'OMS, l'Union Européenne et l'US-EPA) ont classé les effets suscités en catégories ou classes. Celles-ci sont présentées en page suivante. Seule la classification de l'Union Européenne a un caractère réglementaire. C'est également la seule qui classe les substances chimiques quant à leur caractère mutagène et reprotoxique.

Les mentions de danger des substances sont présentées en préambule ainsi que les symboles (SGH01 à SGH09) qui les représentent. Ces mentions de danger sont liées au classement établi par l'Union Européenne.

Classification en termes de cancérogénicité

UE	US-EPA	CIRC
C1 (H350 ou H350i) : cancérogène avéré ou présumé l'être : C1A : Substance dont le potentiel cancérogène pour l'être humain est avéré C1B : Substance dont le potentiel cancérogène pour l'être humain est supposé	A : Preuves suffisantes chez l'homme	1 : Agent ou mélange cancérigène pour l'homme
C2 : Substance suspectée d'être cancérogène pour l'homme	B1 : Preuves limitées chez l'homme B2 : Preuves non adéquates chez l'homme et preuves suffisantes chez l'animal	2A : Agent ou mélange probablement cancérigène pour l'homme
Carc.3 : Substance préoccupante pour l'homme en raison d'effets cancérogènes possibles (R40)	C : Preuves inadéquates chez l'homme et preuves limitées chez l'animal	2B : Agent ou mélange peut-être cancérigène pour l'homme
	D : Preuves insuffisantes chez l'homme et l'animal E : Indications d'absence de cancérogénicité chez l'homme et chez l'animal	3 : Agent ou mélange inclassables quant à sa cancérogénicité pour l'homme 4 : Agent ou mélange probablement non cancérigène chez l'homme -

Classification en termes de mutagénicité

UE	
M1 (H340) : Substance dont la capacité d'induire des mutations héréditaires est avérée ou qui sont à considérer comme induisant des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains. Substance dont la capacité d'induire des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains est avérée.	M1A : Classification fondée sur des résultats positifs d'études épidémiologiques humaines. Substance considérée comme induisant des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains.
	M1B : Classification fondée sur des essais in vivo de mutagénicité sur des cellules germinales et somatiques et qui ont donné un ou des résultats positifs et sur des essais qui ont montré que la substance a des effets mutagènes sur les cellules germinales humaines, sans que la transmission de ces mutations à la descendance n'ait été établie.
M2 (H341) : Substance préoccupantes du fait qu'elle pourrait induire des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains.	

Classification en termes d'effets reprotoxiques

UE	
R1 (H360 ou H360F ou H360D ou H360FD ou H360Fd ou H360fD) : Reprotoxique avéré ou présumé	R1A : Substance dont la toxicité pour la reproduction humaine est avérée. La classification d'une substance dans cette catégorie s'appuie largement sur des études humaines.
	R1B : Substance présumée toxique pour la reproduction humaine. La classification d'une substance dans cette catégorie s'appuie largement sur des données provenant d'études animales.
R2 (H361 ou H361f ou H361d ou H361fd) : Substance suspectée d'être toxique pour la reproduction humaine. Les substances sont classées dans cette catégorie lorsque les résultats des études ne sont pas suffisamment probants pour justifier une classification dans la catégorie 1 mais qui font apparaître un effet indésirable sur la fonction sexuelle et la fertilité ou sur le développement.	

La toxicité pour la reproduction comprend l'altération des fonctions ou de la capacité de reproduction chez l'homme ou la femme et l'induction d'effets néfastes non héréditaires sur la descendance.

Les effets sur la fertilité masculine ou féminine recouvrent les effets néfastes sur :

- sur la libido,
- le comportement sexuel,
- les différents aspects de la spermatogenèse ou de l'oogénèse,
- l'activité hormonale ou la réponse physiologique qui perturberaient la fécondation
- la fécondation elle-même ou le développement de l'ovule fécondé.

La toxicité pour le développement est considérée dans son sens le plus large, perturbant le développement normal aussi bien avant qu'après la naissance.

Les produits chimiques les plus préoccupants sont ceux qui sont toxiques pour la reproduction à des niveaux d'exposition qui ne donnent pas d'autres signes de toxicité.

Symboles et phrases de risques

Le SGH ou Système général harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques est un ensemble de recommandations élaborées au niveau international. Il vise à harmoniser les règles de classification des produits chimiques et de communication des dangers (étiquettes, fiches de données de sécurité). En Europe, dans les secteurs du travail et de la consommation, le SGH est mis en application via le règlement CLP. Le nouveau règlement européen CLP (*Classification, Labelling and Packaging*) 1272/2008 du 16 décembre 2008 relatif à la classification à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges et modifiant les directives 67/548/CEE, 1999/45/CE et le règlement 1907/2006 a été publié le 31 décembre 2008 au Journal officiel de l'Union européenne.

Le règlement CLP est entré en vigueur le **20 janvier 2009**. Il prévoit néanmoins une période de transition durant laquelle l'ancien et le nouveau système de classification et d'étiquetage coexisteront. Sauf dispositions particulières prévues par le texte, la mise en application du nouveau règlement devient obligatoire à partir du **1er décembre 2010** pour les **substances** et du **1er juin 2015** pour les **mélanges**. Il est à souligner que, pour éviter toute confusion, les produits ne peuvent porter de double étiquetage. Au 1er juin 2015, le système préexistant sera définitivement abrogé et la nouvelle réglementation sera la seule en vigueur.

Les principales nouveautés pour l'étiquette de sécurité sont l'apparition de nouveaux pictogrammes de danger, de forme losange et composés d'un symbole noir sur un fond blanc bordé de rouge, et l'ajout de mention d'avertissement indiquant la gravité du danger ("DANGER", pour les produits les plus dangereux, et "ATTENTION"). Les étiquettes comporteront également des mentions de danger (ex: "Mortel par inhalation") en remplacement des phrases de risque (phrases R) et des nouveaux conseils de prudence (ex: "Éviter tout contact avec les yeux, la peau ou les vêtements").

MENTIONS DE DANGER

28 mentions de danger physique

- H200 : Explosif instable
- H201 : Explosif ; danger d'explosion en masse
- H202 : Explosif ; danger sérieux de projection
- H203 : Explosif ; danger d'incendie, d'effet de souffle ou de projection
- H204 : Danger d'incendie ou de projection
- H205 : Danger d'explosion en masse en cas d'incendie
- H220 : Gaz extrêmement inflammable
- H221 : Gaz inflammable
- H222 : Aérosol extrêmement inflammable
- H223 : Aérosol inflammable
- H224 : Liquide et vapeurs extrêmement inflammables
- H225 : Liquide et vapeurs très inflammables
- H226 : Liquide et vapeurs inflammables
- H228 : Matière solide inflammable
- H240 : Peut exploser sous l'effet de la chaleur
- H241 : Peut s'enflammer ou exploser sous l'effet de la chaleur
- H242 : Peut s'enflammer sous l'effet de la chaleur
- H250 : S'enflamme spontanément au contact de l'air
- H251 : Matière auto-échauffante ; peut s'enflammer
- H252 : Matière auto-échauffante en grandes quantités ; peut s'enflammer
- H260 : Dégage au contact de l'eau des gaz inflammables qui peuvent s'enflammer spontanément
- H261 : Dégage au contact de l'eau des gaz
- H270 : Peut provoquer ou aggraver un incendie ; comburant
- H271 : Peut provoquer un incendie ou une explosion ; comburant puissant
- H272 : Peut aggraver un incendie ; comburant
- H280 : Contient un gaz sous pression ; peut exploser sous l'effet de la chaleur
- H281 : Contient un gaz réfrigéré ; peut causer des brûlures ou blessures cryogéniques
- H290 : Peut être corrosif pour les métaux

38 mentions de danger pour la santé

- H300 : Mortel en cas d'ingestion
- H301 : Toxique en cas d'ingestion
- H302 : Nocif en cas d'ingestion
- H304 : Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires
- H310 : Mortel par contact cutané
- H311 : Toxique par contact cutané
- H312 : Nocif par contact cutané
- H314 : Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves
- H315 : Provoque une irritation cutanée
- H317 : Peut provoquer une allergie cutanée
- H318 : Provoque des lésions oculaires graves
- H319 : Provoque une sévère irritation des yeux
- H330 : Mortel par inhalation
- H331 : Toxique par inhalation
- H332 : Nocif par inhalation
- H334 : Peut provoquer des symptômes allergiques ou d'asthme ou des difficultés respiratoires par inhalation
- H335 : Peut irriter les voies respiratoires
- H336 : Peut provoquer somnolence ou vertiges

- H340 : Peut induire des anomalies génétiques *<indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>*
- H341 : Susceptible d'induire des anomalies génétiques *<indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même dangert>*
- H350 : Peut provoquer le cancer <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H351 : Susceptible de provoquer le cancer <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H360 : Peut nuire à la fertilité ou au foetus <indiquer l'effet spécifique s'il est connu> <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H361 : Susceptible de nuire à la fertilité ou au foetus <indiquer l'effet s'il est connu> <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H362 : Peut être nocif pour les bébés nourris au lait maternel
- H370 : Risque avéré d'effets graves pour les organes <ou indiquer tous les organes affectés, s'ils sont connus> <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H371 : Risque présumé d'effets graves pour les organes <ou indiquer tous les organes affectés, s'ils sont connus> <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H372 : Risque avéré d'effets graves pour les organes <indiquer tous les organes affectés, s'ils sont connus> à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H373 : Risque présumé d'effets graves pour les organes <indiquer tous les organes affectés, s'ils sont connus> à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>

Pour certaines mentions de danger pour la santé des lettres sont ajoutées au code à 3 chiffres :

- H350i : Peut provoquer le cancer par inhalation
- H360F : Peut nuire à la fertilité
- H360D : Peut nuire au foetus
- H361f : Susceptible de nuire à la fertilité
- H361d : Susceptible de nuire au foetus
- H360FD : Peut nuire à la fertilité. Peut nuire au foetus
- H361fd : Susceptible de nuire à la fertilité. Susceptible de nuire au foetus
- H360Fd : Peut nuire à la fertilité. Susceptible de nuire au foetus
- H360Df : Peut nuire au foetus. Susceptible de nuire à la fertilité.

5 mentions de danger pour l'environnement

- H400 : Très toxique pour les organismes aquatiques
- H410 : Très toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme
- H411 : Toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme
- H412 : Nocif pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme
- H413 : Peut être nocif à long terme pour les organismes aquatiques

Symboles de danger

- **SHG01 : Explosif** (ce produit peut exploser au contact d'une flamme, d'une étincelle, d'électricité statique, sous l'effet de la chaleur, d'un choc ou de frottements).
- **SGH02 : Inflammable** (Le produit peut s'enflammer au contact d'une flamme, d'une étincelle, d'électricité statique, sous l'effet de la chaleur, de frottements, au contact de l'air ou au contact de l'eau en dégageant des gaz inflammables).
- **SGH03 : Comburant** (peut provoquer ou aggraver un incendie – peut provoquer une explosion en présence de produit inflammable).
- **SGH04 : Gaz sous pression** (peut exploser sous l'effet de la chaleur (gaz comprimé, liquéfié et dissous) – peut causer des brûlures ou blessures liées au froid (gaz liquéfiés réfrigérés).
- **SGH05 : Corrosif** (produit qui ronge et peut attaquer ou détruire des métaux – peut provoquer des brûlures de la peau et des lésions aux yeux en cas de contact ou de projection).
- **SGH06 : Toxique ou mortel** (le produit peut tuer rapidement – empoisonne rapidement même à faible dose).
- **SGH07 : Dangereux pour la santé** (peut empoisonner à forte dose – peut irriter la peau, les yeux, les voies respiratoires – peut provoquer des allergies cutanées – peut provoquer somnolence ou vertige – produit qui détruit la couche d'ozone).
- **SGH08 : Nuit gravement pour la santé** (peut provoquer le cancer, modifier l'ADN, nuire à la fertilité ou au fœtus, altérer le fonctionnement de certains organes – peut être mortele en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires – peut provoquer des difficultés respiratoires ou des allergies respiratoires).
- **SGH09 : Dangereux pour l'environnement** (produit polluant – provoque des effets néfastes à court et/ou long terme sur les organismes des milieux aquatiques).

SGH01	SGH02	SGH03
SGH04	**SGH05**	**SGH06**
SGH07	**SGH08**	**SGH09**

Le tableau ci-après reprend l'ensemble des informations propres à chaque substance considérée dans la présente étude.

	CAS n°R	Volatilité Pv	solubilité S	Classement symboles	Mention de danger	classement cancérogénéicité			EFFETS TOXIQUES A SEUIL	
						UE	CIRC (IARC)	EPA	*Organe cible (oral)*	*Organe cible (inh°)*
METAUX ET METALLOIDES										
Cuivre (Cu)	7440-50-8	non adéquat	non adéquat	-	-	-	3	D	*syst.digest.*	*syst. Resp. et immunitaire*
Plomb (Pb)	7439-92-1	non adéquat	non adéquat	SGH07, SGH08, SGH09	H360Df, H332, H373, H400, H410	R1A	2B	B2	*plombemie*	-

LEGENDE Volatilité :	**LEGENDE Solubilité :**
++ :Pv > 1000 PA (COV)	*++ : S>100 mg/l*
+ : 1000 > Pv > 10 Pa (COV)	*+ : 100>S>1 mg/l*
- : 10 >P> 10-2 Pa (non COV)	*- : 1>S>0.01 mg/l*
-- : 10-2 >P> 10-5 Pa (non COV)	*-- : S<0.01 mg/l*

Annexe 7. Relations dose-réponse

Cette annexe contient 6 pages.

Relations dose-effet/dose-réponse

La dose est la quantité d'agent dangereux mise en contact avec un organisme vivant. Elle s'exprime généralement en milligramme par kilo de poids corporel et par jour (mg/kg/j).

La relation entre une dose et son effet est représentée par une grandeur numérique appelée Valeur Toxicologique de Référence (VTR). Établies par diverses instances internationales ou nationales[9] (Cf § H) sur l'analyse des connaissances toxicologiques animales et épidémiologiques, ces VTR sont une appellation générique regroupant tous les types d'indices toxicologiques établissant une relation quantitative entre une dose et un effet (toxiques à seuil de dose) ou entre une dose et une probabilité d'effet (toxiques sans seuil de dose).

Selon les mécanismes toxicologiques en jeu et pour des expositions chroniques, deux grands types d'effets sanitaires peuvent être distingués : **les effets à seuil** de dose (effets non cancérigènes et effets cancérigènes à seuil[10]) et **les effets sans seuil** de dose (substances cancérigènes génotoxiques). Une même substance peut produire ces deux types d'effets.

Pour les **effets à seuil de dose**, on dispose en pratique et dans le meilleur des cas :

- d'un niveau d'exposition sans effet observé (NOEL : no observed effect level),
- d'un niveau d'exposition sans effet néfaste observé (NOAEL : no observed adverse effect level),
- d'un niveau d'exposition le plus faible ayant entraîné un effet (LOEL : lowest observed effect level),
- le niveau d'exposition le plus faible auquel un effet néfaste apparaît (LOAEL : lowest observed adverse effect level).

Ces seuils sont issus d'expérimentations animales, d'études épidémiologiques ou d'essais de toxicologie clinique. À partir de ces seuils, des DJT (dose journalière tolérable) ou des CA (concentration admissible) applicables à l'homme sont définies en divisant les seuils précédents par des facteurs de sécurité liés aux types d'expérimentations ayant permis d'obtenir ces données. Les DJT et CA sont habituellement qualifiées de « valeur toxicologiques de références » (VTR).

Les **effets sans seuil de dose** sont exprimés au travers d'un indice représentant un excès de risque unitaire (ERU) qui traduit la relation entre le niveau d'exposition chez l'homme et la probabilité de développer l'effet. Les ERU sont définis à partir d'études épidémiologiques ou animales. Les niveaux d'exposition appliqués à l'animal sont convertis en niveaux d'exposition équivalents pour l'homme.

Pour les effets à seuil de dose, les VTR sont exprimées en mg/kg/j pour l'ingestion et en µg/m^3 pour l'inhalation, avec des dénominations variables selon les pays et les organismes, les principales dénominations sont reprises ci-dessous :

- DJT (dose journalière tolérable - France)
- RfD (Reference Dose – US-EPA)
- RfC (Reference Concentration – US-EPA)
- ADI (Acceptable Daily Intake – US-EPA)
- MRL (Minimum Reasonable Level - ATSDR)

- REL (Reference Exposure Level – OEHHA)
- TDI (Tolerable Daily Intake –RIVM)
- CAA (Concentration dans l'Air Admissible – OMS);

En France, la dénomination retenue par l'ANSES[11] pour l'ensemble de ses valeurs est la dénomination générique « VTR » (Valeur Toxicologique de Référence)

Pour les effets sans seuil de dose, les VTR seront présentées sous formes d'excès de risque unitaire (ERU). Cet ERU représente la probabilité de survenue d'un effet cancérigène pour une exposition à une unité de dose donnée. Les dénominations proposées les plus classiques sont les suivantes :

- l'excès de risque unitaire lié à la voie d'exposition orale : ERUo en $(mg/kg/j)^{-1}$,
- l'excès de risque unitaire par inhalation : ERUi en $(\mu g/m^3)^{-1}$.

Critères de choix des VTR

La note d'information N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués est prise en compte pour la sélection des VTR.

En l'absence de VTR établie par l'ANSES, en application de la note DGS/DGPR précitée, pour chaque substance, les différentes VTR actuellement disponibles seront recherchées de façon à discuter le choix réalisé sur les critères suivants :

- les valeurs issues d'études chez l'homme par rapport à des valeurs dérivées à partir d'études sur les animaux. Par ailleurs, la qualité de l'étude pivot sera également prise en compte (protocole, taille de l'échantillon, …) ;
- les modes de calcul (degré de transparence dans l'établissement de la VTR) et les facteurs de sécurité appliqués constitueront également un critère de choix ;
- les valeurs issues d'organismes reconnus (européens ou autres).

Ainsi, en l'absence **d'expertise nationale** ou de VTR proposée par l'**Anses**, la VTR sera retenue selon l'ordre de priorité défini par la circulaire DGS/DGPR du 31/10/2014, à savoir :

- la VTR la plus récente parmi les trois bases de données : **US-EPA, ATSDR ou OMS** sauf s'il est fait mention par l'organisme de référence que la VTR n'est pas basée sur l'effet survenant à la plus faible dose et jugé pertinent pour la population visée**.**
- Puis, si aucune VTR n'était retrouvée dans les 4 bases de données (Anses, US-EPA, ATSDR et OMS), la VTR la plus récente proposée par **Santé Canada, RIVM, l'OEHHA ou l'EFSA**.

VTR pour la voie cutanée

Lors de la réalisation d'évaluations des risques sanitaires en France, l'exposition cutanée n'est pas prise en compte, en raison de l'absence de valeurs toxicologiques de référence (VTR) et de méthodologie d'élaboration. Ainsi, l'INERIS a récemment travaillé sur la prise en compte de la voie cutanée et a proposé une méthode de construction de VTR pour des effets sensibilisants pour une exposition de la peau (INERIS, rapport DRC-07-85452-12062A, 2007).

A l'heure actuelle, l'INERIS continue son travail concernant les VTR pour des effets cutanés. L'objet de son rapport DRC-09-94380-01323A d'avril 2009, est d'ajuster la méthodologie précédemment proposée en prenant notamment en compte les recommandations du document guide développé pour la mise en œuvre du règlement REACh relatif à une méthodologie d'établissement des DNEL (Derived No Effect Level) pour les effets sensibilisants. La méthodologie a été appliquée à trois substances sensibilisantes : l'hydroquinone, substance pour laquelle deux types de tests étaient disponibles (LLNA et GPMT) qui présentait ainsi une bonne étude de cas pour la méthodologie et le benzo(a)pyrène, substance couramment retrouvée en évaluation des risques. Le 3-méthyleugénol, faiblement sensibilisant, a également été étudié dans l'objectif d'avoir un aperçu sur l'étendue possible des valeurs des DNEL. Ces valeurs ne sont pas reprises dans le présent document.

In fine, GINGER BURGEAP applique la note DGS/DGPR d'octobre 2014 qui mentionne « en l'absence de procédures établies pour la construction de VTR pour la voie cutanée, il ne doit être envisagé aucune transposition à cette voie de VTR disponibles pour les voies orale ou respiratoire ».

Autres valeurs de comparaison utilisées

L'utilisation d'autres valeurs que les Valeurs Toxicologiques de Référence peut être réalisée parallèlement à la quantification des risques sanitaires. Ces autres valeurs permettent en effet de discuter de l'exposition des individus et d'estimer l'état des milieux, à savoir si un impact est mesuré (ou mesurable) ou non.

Ces valeurs de comparaison regroupent des valeurs réglementaires (France et Europe), des valeurs guide (OMS, INDEX, CHSPF) qui sont généralement des valeurs qui servent de point de départ à l'élaboration de valeurs réglementaires et, dans le contexte particulier du code du travail, des valeurs limites pour l'exposition professionnelle (VLEP) qu'elles soient réglementaires ou indicatives. Les VLEP peuvent en effet avec les seuils olfactifs être des éléments de l'interprétation de l'état du milieu air en l'absence de toute autre valeur guide.

Ces valeurs ne sont en aucun cas (conformément à la note DGS/DGPR d'octobre 2014) utilisées pour évaluer les Quotient de Danger (QD) et excès de risques individuels (ERI) faisant référence à une évaluation des risques sanitaires. Ces valeurs appelées valeurs de comparaison constituent des critères de gestion.

Valeurs réglementaires

◗ Milieu AIR

Le Décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 transpose la directive européenne 2008/50/CE concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe et précise notamment les nouvelles normes à appliquer.

Ces valeurs réglementaires françaises sont établies pour l'air atmosphérique extérieur, pour des durées d'exposition (3h, 24h ou vie entière) et sur la base de moyennes horaires, journalières ou annuelles. On distingue 5 niveaux de **valeurs réglementaires** :

- Objectif de qualité : niveau de concentration à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.
- Valeur cible : niveau de concentration à atteindre, dans la mesures du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble.
- Valeur limite pour la protection de la santé : niveau de concentration à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble.
- Seuil d'information et de recommandation : niveau de concentration au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population et qui rend nécessaires l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions.

- Seuil d'alerte de la population : niveau de concentration au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou de dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence.

Des valeurs réglementaires françaises existent pour le monoxyde de carbone, le benzène, le benzo(a)pyrène, les PM10 et PM2.5, dioxyde de soufre, dioxyde d'azote, arsenic, cadmium, nickel et plomb.

Enfin, pour l'air intérieur des ERP (Établissement recevant du public) des valeurs guides réglementées en France ont été mises en place, elles sont reprises dans le présent document. La loi du 1er août 2008 relative à la responsabilité environnementale oblige à définir des « valeurs-guides pour l'air intérieur » dans les ERP. Le décret **n° 2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur** y pourvoit pour le formaldéhyde, gaz incolore principalement utilisé pour la fabrication de colles, liants ou résines, et pour le benzène, substance cancérogène aux effets hématologiques issue de phénomènes de combustion (gaz d'échappement, cheminée, cigarette, etc.). La valeur-guide pour le formaldéhyde est fixée pour une exposition de longue durée à 30 µg/m³ au 1er janvier 2015 et à 10 µg/m³ au 1er janvier 2023. La valeur-guide pour le benzène est fixée pour une exposition de longue durée à 5 µg/m³ au 1er janvier 2013 et à 2 µg/m³ au 1er janvier 2016.

◗ Autres milieux

D'autres milieux sont concernés par des valeurs réglementaires en France (dans le domaine alimentaire par exemple). Celles-ci ne sont pas détaillées ici mais constituent au même titre que les concentrations dans l'eau et l'air des valeurs de gestion.

Valeurs guides

Les valeurs guides peuvent porter sur le milieu eau, air, sol et matrices alimentaires (animales, végétales). Ces valeurs, bien que reposant sur des critères sanitaires sont considérées comme des valeurs de gestion, et ne constituent pas, stricto sensus, des valeurs toxicologiques de référence.

◗ INDEX –Air intérieur

Le rapport final du projet INDEX : « Critical Appraisal of the setting and implementation of indoor exposures limits in the EU", 2005 élaboré par l'institut de la protection de la santé et du consommateur propose des valeurs guide pour l'air intérieur.

Les substances listées dans ce document sont le benzène, le toluène, les xylènes, le styrène, le naphtalène, l'acétaldéhyde, le formaldéhyde, le dioxyde de carbone, le dioxyde d'azote, l'ammoniac, le limonène, l'alpha pinène.

Les informations sur les expositions, la toxicité et la caractérisation du risque ont conduit les membres du projet à donner des recommandations quant aux expositions dans l'air intérieur à ne pas dépasser pour différentes durées.

◗ ANSES – Air intérieur

L'ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail) a pour mission de contribuer à assurer la sécurité sanitaire humaine dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation, notamment en mobilisant une expertise scientifique et technique pluridisciplinaire nécessaire à l'évaluation des risques.

Pour faire face à l'enjeu que représente la qualité de l'air intérieur et apporter aux pouvoirs publics des informations utiles à la gestion de ce risque, l'ANSES s'est auto-saisie en octobre 2004, de l'élaboration de valeurs guides de qualité de l'air intérieur (VGAI) en France. Elles sont exclusivement construites sur des critères sanitaires. Elles sont exprimées sous forme de concentration dans l'air, associée à un temps d'exposition (VGAI court terme, VGAI long terme, VGAI intermédiaire), en dessous de laquelle aucun effet sanitaire, aucune nuisance, ou aucun effet indirect important sur la santé n'est en principe attendu pour la population générale.

Dans le cadre de substances dont les effets se manifestent sans seuil de dose, les VG sont exprimées sous la forme de niveaux de risque correspondant à une probabilité de survenue de la maladie.

En décembre 2014, date de la mise à jour de ce document, 11 polluants d'intérêt de l'air intérieur ont fait l'objet d'une expertise de l'Anses sur les VGAI.

Voir : https://www.anses.fr/fr/content/valeurs-guides-de-qualit%C3%A9-d%E2%80%99air-int%C3%A9rieur-vgai

◗ CSHPF et HCSP

Le Conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF) est une instance d'expertise scientifique et technique, placée auprès du ministre chargé de la santé. Cette instance a un rôle d'évaluation et de gestion des risques pour la santé de l'homme. Le CSHPF peut être consulté lorsque se posent des problèmes sanitaires. Les avis et les recommandations émis par le CSHPF constituent une base essentielle à la prise de décision en santé publique et peuvent également servir d'appui à l'élaboration de textes réglementaires.

Les avis et rapports du CSHPF sont consultables sur le site suivant : http://www.sante.gouv.fr/avis-et-rapports-du-cshpf.html

Le Haut Conseil de la santé publique a été officiellement installé le 14 mars 2007. Ses 105 membres ont élu leur président et leur vice-président. Le HCSP est une instance d'expertise créée par la Loi relative à la politique de santé publique du 9 août 2004. Il reprend, en les élargissant, les missions du Conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF) et celles du Haut Comité de la santé publique.

Les avis et rapports du HCSP sont consultables sur le site suivant :

http://www.hcsp.fr/explore.cgi/accueil?ae=accueil

Organismes consultés pour la recherche de VTR

Les bases de données consultées pour la recherche des VTR sont les suivantes (présentée dans l'ordre de priorité préconisé par la note d'information DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014) :

- **Anses** (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail).
- **US EPA** (United States Environmental Protection Agency – États-Unis) dont dépend la base de données **IRIS** – Integrated Risk Information System).
- **ATSDR** (Agency for Toxic Substances and Disease Registry – États-Unis).
- **OMS** (Organisation Mondiale de la Santé – Bureau régional de l'Europe) / **IPCS** (International Program on Chemical Safety).

Ces organismes établissent leurs propres VTR à partir d'études expérimentales ou épidémiologiques. Les valeurs issues de ces bases de Données sont des données à caractère national mais elles sont internationalement reconnues.

Viennent ensuite les organismes pour lesquels la transparence dans l'établissement des valeurs n'est pas toujours adaptée à la sélection de leur VTR :

- **Health Canada = Santé canada** (Ministère Fédéral de la Santé – Canada),
- **RIVM** (RijksInstituut voor Volksgezondheid en Milieu – Institut National de Santé Publique et de l'Environnement – Pays Bas),
- **OEHHA** (Office of Environmental Health Hazard Assessment of California – États-Unis) qui établit également ces propres VTR. L'OEHHA se base souvent sur les mêmes études que l'US EPA mais les VTR sont souvent plus conservatoires.
- **EFSA** (Eureopean Food Safety Authority).

Des recueils de données sont consultés par ailleurs car ils regroupent les VTR des différents organismes cités ci-avant. Ce sont :

- **Furetox** (Faciliter l'Usage des REsources TOXicologique), base de données française réalisée en partenariat avec l'Institut de Veille sanitaire, l'ARS Nord Pas de Calais et l'ARS Ile de France.
- **TERA** (toxicology excellence for risk assessment), base de données **de ITER** (International Toxicity Estimates for Risk Database), établit une synthèse des données toxicologiques issues des autres bases de données.
- **INERIS** (Institut National de l'Environnement Industriel et des risques - France), établit des fiches de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques qui synthétisent notamment l'ensemble des données toxicologiques issues des autres bases de données - à l'heure actuelle ce programme contient une cinquantaine de fiches.
- **IPCS INCHEM** (International Programme on Chemical Safety) : Portail d'accès à de nombreux sites dont le **CIRC** (Centre International de Recherche sur de Cancer), le **JEFCA** (Joint Expert Committee on Food Additives) et autres instances internationales.

Le recueil de donnée **RAIS** (Risk Assessment Information System – États-Unis) reprenant les valeurs des autres organismes américains, en particulier du **NTP** (National Toxicology Program) et de **IRIS** de l'US EPA, n'est pas considéré compte tenu de l'absence de toute transparence dans les valeurs affichées.

Annexe 8. Estimation des concentrations dans les milieux d'exposition

Cette annexe contient 1 page.

Concentration de substances adsorbées sur les poussières

L'équation utilisée est issue du modèle intégré HESP (ou VOLASOIL) :

Cpart = Cs x TSP x fr x frs

Avec Cpart : concentration de polluant sous forme particulaire (mg/m^3)
Cs : concentration dans les sols de surface (mg/kg)
TSP : concentration de particules en suspension (kg/m^3)
fr : fraction des poussières présentes dans l'air pouvant être réellement inhalées
frs : fraction de sol dans les poussières (-)

Cette équation a été appliquée pour le calcul de la concentration de poussières dans l'air atmosphérique.

Annexe 9. Paramètres d'exposition retenus

Cette annexe contient 1 page.

Ingestion de sols et poussières

Pour le taux d'ingestion de sols en extérieur :

Pour les enfants, nous nous baserons sur les travaux de synthèse de l'INVS sur les variables humaines d'exposition (2012), basés pour ce paramètre sur l'étude de Stanek et al. (2001), qui donne un percentile 95 de **91 mg/jour**.

Pour les adultes, aucune donnée n'étant disponible dans le document de l'INVS, nous retiendrons la valeur sécuritaire couramment utilisée dans les études françaises et d'autres pays de **50 mg/jour**. Néanmoins, cette valeur doit être adaptée aux scénarios d'exposition pertinents (par exemple, l'US EPA recommande, pour des cultures potagères conduisant à du bêchage, de retenir une valeur de **200 mg/j** à pondérer selon le nombre de jours d'activité).

Ces données sont par ailleurs dans la fourchette des valeurs décrites dans la littérature : entre 0,6 et 480 mg/j chez l'adulte et entre 2 et 250 mg/j chez l'enfant (cité par KISSEL et al., 1998). La valeur de 480 mg/jour correspond à la réalisation de travaux de jardinage (Hawley 1985), non considérés de manière particulière dans la présente étude.

Les valeurs retenues pour l'ingestion de sols et de poussières en extérieur sont donc de **91 mg/j** pour un enfant en bas âge et **50 mg/j** pour un adulte. Pour des cultures potagères conduisant à du bêchage, nous retiendrons la valeur de **200 mg/j** pondérée selon le nombre de jours d'activité. Ces valeurs sont celles recommandées dans les textes relatifs aux sites et sols pollués de 2017.

Ces valeurs sont représentatives d'une journée d'activité en extérieur sans prise en compte d'un temps de présence sur la journée.

Ainsi, à ces taux d'ingestion de sols seront associées les fréquences d'exposition F1 (j/an) et non à des facteurs F2 (h/j) pour les adultes et enfants dans leurs jardins. Par contre, pour les cibles ne venant pas de manière prolongée sur le site (passage, intrusion), un facteur d'abattement correspondant au rapport du nombre d'heure passé sur une journée sera introduit.

Concernant le taux d'ingestion de poussières (en intérieur), à partir d'hypothèses sur la surface corporelle et les fréquences de contact avec le sol et les poussières, Hawley (Hawley 1985) estime qu'un adulte ingère une quantité de sols et de poussières de :

- 0,5 mg par jour dans sa pièce de séjour,
- 110 mg par jour, s'il fréquente une zone empoussiérée comme un grenier ou un sous-sol,

La valeur retenue pour l'ingestion de sols et de poussières en intérieur est de **0,5 mg/j** pour un enfant et un adulte.

Annexe 10. Détails des calculs de dose et de risque

Cette annexe contient 1 page.

	Inhalation de poussière (intérieur et extérieur)														Ingestion de sol et poussière en intérieur et en extérieur					
	Adulte Travailleur	Enfant maternelle	Adulte Travailleur	Enfant maternelle	Adulte Travailleur	Enfant maternelle	Enfant primaire	Adulte Travailleur	Usager adulte	Enfant maternelle	Enfant primaire	Adulte Travailleur	Usager adulte	Enfant maternelle	Enfant primaire	Adulte Travailleur	Enfant maternelle	Adulte Travailleur	Enfant maternelle	Adulte Travailleur	Enfant maternelle
SUBSTANCES																					
METAUX ET METALLOIDES																					
Cuivre (Cu)	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	0.00	0.00	0.00	2.05E-05	1.95E-05	2.13E-05	1.78E-05	3.42E-05	3.42E-05	3.73E-04	2.49E-04	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	0.00	0.00
Plomb (Pb)	6.80E-09	3.24E-10	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	3.73E-05	3.55E-05	3.88E-05	3.23E-05	6.22E-05	6.22E-05	6.79E-04	4.53E-04	3.17E-07	3.30E-07	*non calculé*	*non calculé*	0.10	1.08
Zinc (Zn)	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	8.20E-05	7.81E-05	8.53E-05	7.10E-05	1.37E-04	1.37E-04	1.49E-03	9.95E-04	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	0.00	0.00
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES																					
Phénanthrène	6.53E-13	3.11E-14	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	1.04E-07	9.87E-08	1.08E-07	8.98E-08	1.73E-07	1.73E-07	1.89E-06	1.26E-06	1.04E-10	1.08E-10	*non calculé*	*non calculé*	0.00	0.00
Anthracène	2.13E-12	1.01E-13	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	3.38E-08	3.21E-08	3.51E-08	2.93E-08	5.63E-08	5.63E-08	6.14E-07	4.10E-07	3.38E-10	3.51E-10	*non calculé*	*non calculé*	0.00	0.00
Fluoranthène	1.17E-12	5.57E-14	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	1.86E-07	1.77E-07	1.93E-07	1.61E-07	3.09E-07	3.09E-07	3.38E-06	2.25E-06	1.86E-10	1.93E-10	*non calculé*	*non calculé*	0.00	0.00
Pyrène	9.57E-13	4.56E-14	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	1.52E-07	1.45E-07	1.58E-07	1.32E-07	2.53E-07	2.53E-07	2.76E-06	1.84E-06	1.52E-10	1.58E-10	*non calculé*	*non calculé*	0.00	0.00
Benzo(a)anthracène	6.08E-11	2.89E-12	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	9.64E-08	9.18E-08	1.00E-07	8.36E-08	1.61E-07	1.61E-07	1.76E-06	1.17E-06	9.64E-09	1.00E-08	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*
Chrysene	6.08E-12	2.89E-13	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	9.64E-08	9.18E-08	1.00E-07	8.36E-08	1.61E-07	1.61E-07	1.76E-06	1.17E-06	9.64E-10	1.00E-09	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*
benzo(b)fluoranthène	5.01E-11	2.39E-12	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	7.96E-08	7.58E-08	8.27E-08	6.90E-08	1.33E-07	1.33E-07	1.45E-06	9.65E-07	7.96E-09	8.27E-09	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*
benzo(k)fluoranthène	2.89E-11	1.37E-12	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	4.58E-08	4.36E-08	4.76E-08	3.97E-08	7.63E-08	7.63E-08	8.34E-07	5.56E-07	4.58E-09	4.76E-09	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*
Benzo(a)pyrène	5.32E-10	2.53E-11	*non calculé*	*non calculé*	0.00	0.00	0.00	8.44E-08	8.04E-08	8.78E-08	7.31E-08	1.41E-07	1.41E-07	1.54E-06	1.02E-06	8.44E-08	8.78E-08	*non calculé*	*non calculé*	0.00	0.01
benzo(g,h,i) pérylène	3.34E-12	1.59E-13	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	5.30E-08	5.05E-08	5.52E-08	4.60E-08	8.84E-08	8.84E-08	9.65E-07	6.44E-07	5.30E-10	5.52E-10	*non calculé*	*non calculé*	0.00	0.00
indéno(1,2,3-c,d)pyrène	3.80E-11	1.81E-12	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	6.03E-08	5.74E-08	6.27E-08	5.22E-08	1.00E-07	1.00E-07	1.10E-06	7.31E-07	6.03E-09	6.27E-09	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*
HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH																					
Aliphatic nC>16-nC35	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	6.77E-06	6.45E-06	7.05E-06	5.87E-06	1.13E-05	1.13E-05	1.23E-04	8.22E-05	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	*non calculé*	0.00	0.00
TOTAL	7.53E-09	3.58E-10	0.0E+00	0.0E+00	0.001	0.0005	0.0E+00	1.48E-04	1.41E-04	1.53E-04	1.28E-04	2.46E-04	2.46E-04	2.69E-03	1.79E-03	4.32E-07	4.49E-07	0.0E+00	0.0E+00	9.99E-02	1.09

Annexe 11.
Glossaire

AEA (Alimentation en Eau Agricole) : Eau utilisée pour l'irrigation des cultures

AEI (Alimentation en Eau Industrielle) : Eau utilisée dans les processus industriels

AEP (Alimentation en Eau Potable) : Eau utilisée pour la production d'eau potable

ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents) : base de données répertorie les incidents ou accidents qui ont, ou auraient, pu porter atteinte à la santé ou la sécurité publiques ou à l'environnement.

ARR (Analyse des risques résiduels) : Il s'agit d'une estimation par le calcul (et donc théorique) du risque résiduel auquel sont exposées des cibles humaines à l'issue de la mise en œuvre de mesures de gestion d'un site. Cette évaluation correspond à une EQRS.

ARS (Agence régionale de santé) : Les ARS ont été créées en 2009 afin d'assurer un pilotage unifié de la santé en région, de mieux répondre aux besoins de la population et d'accroître l'efficacité du système.

BASOL : Base de données gérée par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie recensant les sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif.

Biocentre : Ces installations sont classées pour la protection de l'environnement et sont soumises à autorisation préfectorale. Elles prennent en charge les déchets en vue de leur traitement basé sur la biodégradation aérobie de polluants chimiques.

BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes) : Les BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes) sont des composés organiques mono-aromatiques volatils qui ont des propriétés toxiques.

CASIAS (Carte des Anciens Sites Industriels et Activités de Service) : Cette base de données gérée par le BRGM recense de manière systématique les sites industriels susceptibles d'engendrer une pollution de l'environnement.

COHV (Composés organohalogénés volatils) : Solvants organiques chlorés aliphatiques volatils qui ont des propriétés toxiques et sont ou ont été couramment utilisés dans l'industrie.

DREAL (Directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement) : Cette structure régionale du ministère du Développement durable pilote les politiques de développement durable résultant notamment des engagements du Grenelle Environnement ainsi que celles du logement et de la ville.

DRIEAT (Direction régionale et interdépartementale de l'environnement, de l'aménagement et des transports) : Service déconcentré du Ministère en charge de l'environnement pour l'Ile de France, la DRIEAT met en œuvre sous l'autorité du Préfet de la Région les priorités d'actions de l'État en matière d'Environnement et d'Énergie et plus particulièrement celles issues du Grenelle de l'Environnement. Elle intervient dans l'ensemble des départements de la région grâce à ses unités territoriales (UT).

Eluat : voir lixiviation

EQRS (Evaluation quantitative des risques sanitaires) : Il s'agit d'une estimation par le calcul (et donc théorique) des risques sanitaires auxquels sont exposées des cibles humaines.

ERI (Excès de risque individuel) : correspond à la probabilité que la cible a de développer l'effet associé à une substance cancérogène pendant sa vie du fait de l'exposition considérée. Il s'exprime sous la forme mathématique suivante 10^{-n}. Par exemple, un excès de risque individuel de 10^{-5} représente la probabilité supplémentaire, par rapport à une personne non exposée, de développer un cancer pour 100 000 personnes exposées pendant une vie entière.

ERU (Excès de risque unitaire) : correspond à la probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu contracte un cancer s'il est exposé pendant sa vie entière à une unité de dose de la substance cancérigène.

HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) : Ces composés constitués d'hydrocarbures cycliques sont générés par la combustion de matières fossiles. Ils sont peu mobiles dans les sols.

HAM (Hydrocarbures aromatiques monocycliques) : Ces hydrocarbures constitués d'un seul cycle aromatiques sont très volatils, les BTEX* sont intégrés à cette famille de polluants.

HCT (Hydrocarbures Totaux) : Il s'agit généralement de carburants pétroliers dont la volatilité et la mobilité dans le milieu souterrain dépendent de leur masse moléculaire (plus ils sont lourds, c'est-à-dire plus la chaine carbonée est longue, moins ils sont volatils et mobiles).

IEM (Interprétation de l'état des milieux) : au sens des textes ministériels du 8 février 2007, l'IEM est une étude réalisée pour évaluer la compatibilité entre l'état des milieux (susceptibles d'être pollués) et les usages effectivement constatés, programmés ou potentiels à préserver. L'IEM peut faire appel dans certains cas à une grille de calcul d'EQRS spécifique.

ISDI (Installation de Stockage de Déchets Inertes) : Ces installations sont classées pour la protection de l'environnement sous le régime de l'enregistrement. Ce type d'installation permet l'élimination de déchets industriels inertes par dépôt ou enfouissement sur ou dans la terre. Sont considérés comme déchets inertes ceux répondant aux critères de l'arrêté ministériel du 12 décembre 2014.

ISDND (Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux) : Ces installations sont classées pour la protection de l'environnement et sont soumises à autorisation préfectorale. Cette autorisation précise, entre autres, les capacités de stockage maximales et annuelles de l'installation, la durée de l'exploitation et les superficies de l'installation de la zone à exploiter et les prescriptions techniques requises.

ISDD (Installation de Stockage de Déchets Dangereux) : Ces installations sont classées pour la protection de l'environnement et sont soumises à autorisation préfectorale. Ce type d'installation permet l'élimination de déchets dangereux, qu'ils soient d'origine industrielle ou domestique, et les déchets issus des activités de soins.

Lixiviation : Opération consistant à soumettre une matrice (sol par exemple) à l'action d'un solvant (en général de l'eau). On appelle lixiviat la solution obtenue par lixiviation dans le milieu réel (ex : une décharge). La solution obtenue après lixiviation d'un matériau au laboratoire est appelée un éluat.

PCB (Polychlorobiphényles) : L'utilisation des PCB est interdite en France depuis 1975 (mais leur usage en système clos est toléré). On les rencontre essentiellement dans les isolants diélectriques, dans les transformateurs et condensateurs individuels. Ces composés sont peu volatils, peu solubles et peu mobiles.

Plan de Gestion : démarche définie par les textes ministériels du 8 février 2007 puis du 19 avril 2017 visant à définir les modalités de réhabilitation et d'aménagement d'un site pollué.

QD (Quotient de danger) : Rapport entre l'estimation d'une exposition (exprimée par une dose ou une concentration pour une période de temps spécifiée) et la VTR* de l'agent dangereux pour la voie et la durée d'exposition correspondantes. Le QD (sans unité) n'est pas une probabilité et concerne uniquement les effets à seuil.

SIS (Secteur d'information des sols) : Secteurs créés par la Loi ALUR du 24 mars 2014 et correspondant à des terrains où la connaissance de la pollution des sols justifie, notamment en cas de changement d'usage, la réalisation d'études de sols et la mise en place de mesures de gestion de la pollution pour préserver la sécurité, la santé ou la salubrité publique et l'environnement.

VTR (Valeur toxicologique de référence) : Appellation générique regroupant tous les types d'indices toxicologiques qui permettent d'établir une relation entre une dose et un effet (toxique à seuil d'effet) ou entre une dose et une probabilité d'effet (toxique sans seuil d'effet). Les VTR sont établies par des instances internationales (l'OMS ou le CIPR, par exemple) ou des structures nationales (US-EPA et ATSDR aux Etats-Unis, RIVM aux Pays-Bas, Health Canada, ANSES en France, etc.).

VLEP (Valeur Limite d'Exposition Professionnelle) : Valeur limite d'exposition correspondant à la valeur réglementaire de concentration dans l'air de l'atmosphère de travail à ne pas dépasser durant plus de 8 heures (VLEP 8H) ou 15 minutes (VLEP CT) ; la VLEP 8H peut être dépassée sur de courtes périodes à condition de ne pas dépasser la VLEP CT.