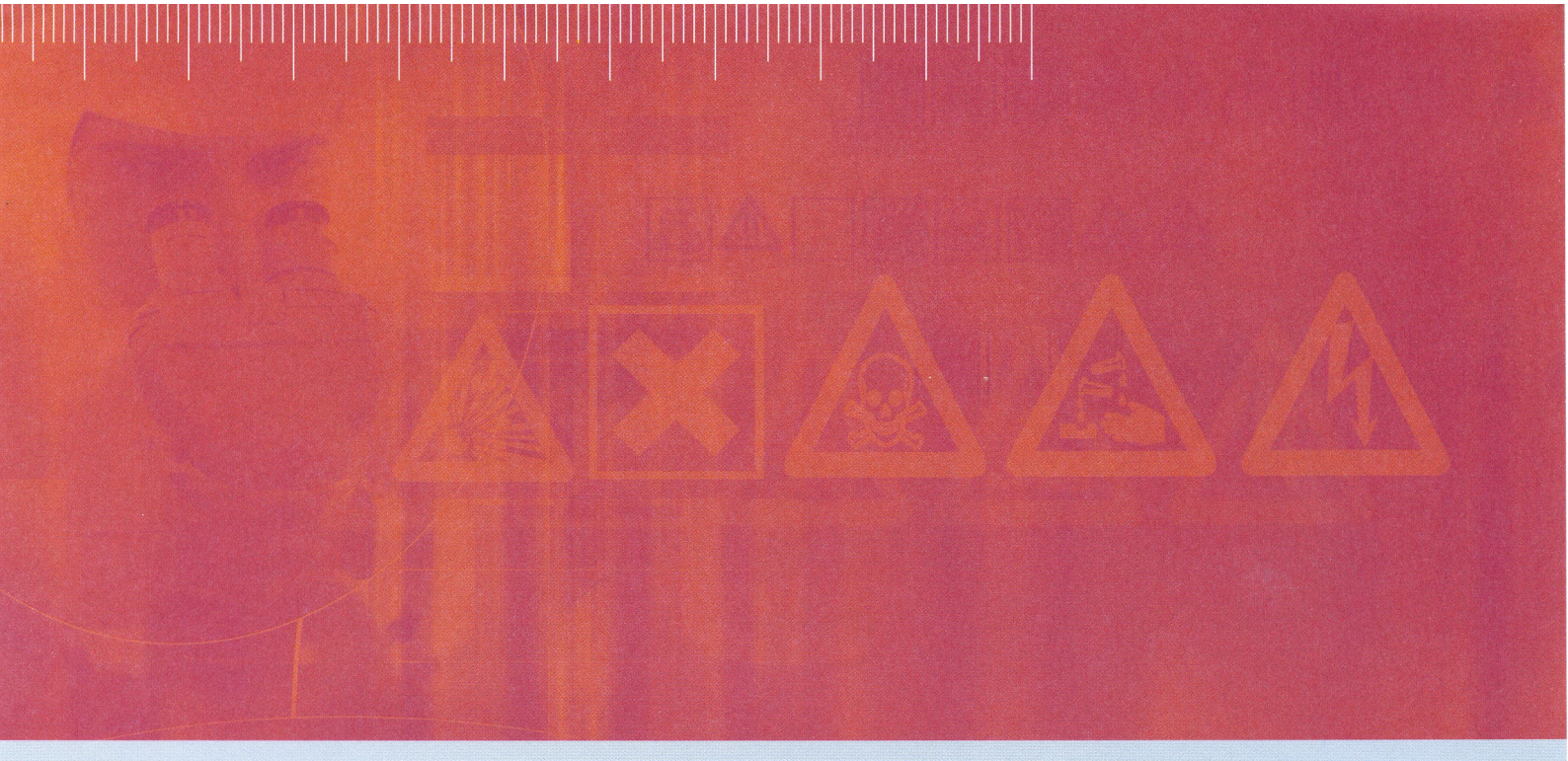


RAPPORT D'ÉTUDE 30 avril 2015

DRC-14-142525-11715B – Rapport final

Sites de stockage de résidus de traitement du district métallifère de Pontgibaud (Puy-de-Dôme) : Zones de « Pontgibaud-Stade » (commune de Pontgibaud) et de « Roure/ Les Rosiers » (commune de Saint-Pierre-le-Chastel) - Caractérisation des milieux d'expositions - Apports de la bioaccessibilité

INERIS

maîtriser le risque
pour un développement durable

Sites de stockage de résidus de traitement du district métallifère de Pontgibaud (Puy-de-Dôme) : Zones de « Pontgibaud-Stade » (commune de Pontgibaud) et de « Roure/ Les Rosiers » (commune de Saint-Pierre-le-Chastel) - Caractérisation des milieux d'expositions - Apports de la bioaccessibilité

Puy-de-Dôme (63)

Rapport réalisé pour le MEDDE et la DREAL Auvergne

PRÉAMBULE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

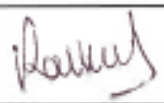
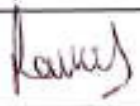
	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	C. HULOT	M. RAMEL	M. RAMEL
Qualité	Ingénieur à l'unité « ISAE » à la Direction des Risques Chroniques	Responsable du pôle RISK à la Direction des Risques Chroniques	Responsable du pôle RISK à la Direction des Risques Chroniques
Visa			

TABLE DES MATIÈRES

RESUME NON TECHNIQUE 11
RESUME TECHNIQUE 13
GLOSSAIRE 21

1 CONTEXTE ET OBJECTIF 25
1.1 Contexte général de l'étude 25
1.2 Origine de l'étude 25
1.3 Cadre méthodologique et structuration de l'étude 29
1.4 Documents consultés par l'INERIS 30

2 RAPPEL DES PRINCIPAUX ELEMENTS DE L'ETUDE DOCUMENTAIRE 31
2.1 Préambule 31
2.2 Contexte général 31
2.2.1 Géologie 34
2.2.1.1 Contexte régional 34
2.2.1.2 Géologie au droit et à proximité du district de Pontgibaud 36
2.2.2 Minéralogie 36
2.2.3 Hydrographie 37
2.2.4 Exploitation minière 37
2.2.4.1 Historique minier 37
2.2.4.2 Etat actuel du « site » 38
2.3 Usages et enjeux 43
2.3.1 Population 43
2.3.2 Sols 44
2.3.3 Eaux souterraines et eaux potables 45
2.3.4 Eaux de surface 45

3 SCHEMA CONCEPTUEL PRELIMINAIRE 46

4 INVESTIGATIONS DE TERRAIN ET RESULTATS BRUTS 51
4.1 Rappel méthodologique 51
4.2 Organisation 52
4.3 Plan d'échantillonnage 52
4.4 Protocoles de prélèvement 55
4.4.1 Sols 55

4.4.2 Eaux de surface et souterraines 56
4.5 Conditionnement des échantillons 57
4.6 Analyses des métaux et métalloïdes et mesures de bioacessibilité 57
4.7 Résultats bruts des analyses des prélèvements 59
4.7.1 Les sols 59
4.7.2 Les eaux 70
5 INTERPRETATION DE L'ETAT DES MILIEUX EN TERMES SANITAIRES 70
5.1 Préambule 70
5.2 Rappels méthodologiques 70
5.3 Schéma conceptuel 74
5.3.1 Sources de pollution 74
5.3.2 Vecteurs et milieux de transfert, milieux d'exposition et enjeux 74
5.3.3 Bilan du schéma conceptuel 75
5.4 Substances retenues 81
5.5 Interprétation des résultats des analyses chimiques pour les sols 81
5.6 Interprétation des résultats des analyses chimiques pour les eaux souterraines et de surface 82
5.7 Calculs des risques sanitaires 88
5.7.1 Evaluation de la toxicité et valeurs toxicologiques de référence 88
5.7.1.1 Généralités 88
5.7.1.2 Classifications disponibles pour les substances étudiées 88
5.7.1.3 Identification du potentiel dangereux 88
5.7.1.4 Démarche générale d'analyse et de sélection des VTR 91
5.7.1.5 VTR retenues pour une exposition chronique et pour la voie d'exposition orale 91
5.7.2 Evaluation des expositions 92
5.7.2.1 Généralités et rappels méthodologiques 92
5.7.2.2 Bioaccessibilité 94
5.7.2.3 Paramètres d'exposition relatifs aux enfants et aux adultes 95
5.7.2.4 Paramètres environnementaux 103
5.7.3 Caractérisation des risques 104
5.7.3.1 Généralités et rappels méthodologiques 104
5.7.3.2 Résultats par scénario - Préambule 106
5.7.3.3 Scénario 1 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs fréquentant le terrain de football de Pontgibaud 107

5.7.3.4 Scénario 2 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs fréquentant la zone en bordure du terrain de football de Pontgibaud.....109

5.7.3.5 Scénario 3 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs fréquentant la zone de l'ancien terrain de football situé au nord du complexe sportif actuel de Pontgibaud.111

5.7.3.6 Scénario 4 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs fréquentant la zone le long du chemin bordant les anciens bassins et les zones au droit de ces derniers, au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade ».....113

5.7.3.7 Scénarios 5a-1 et 5a-2 et scénario 5b - Scénario d'un enfant et d'un adulte habitant la parcelle avec le logement de fonction du complexe sportif de Pontgibaud 115

5.7.3.8 Scénario 6 – Scénario d'un enfant vacancier fréquentant une parcelle d'une résidence secondaire, zone au sud ouest du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade » 121

5.7.3.9 Scénario 7 - Scénario d'un enfant vacancier fréquentant une parcelle d'une résidence secondaire, maison mitoyenne située à l'ouest, zone au sud ouest du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade ».....123

5.7.3.10 Scénario 8 - Scénario d'un enfant vacancier fréquentant une parcelle d'une résidence secondaire, maison mitoyenne située à l'est, zone au sud ouest du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade ».....125

5.7.3.11 Scénario 9 - Scénario d'un enfant vacancier fréquentant une parcelle d'une résidence secondaire située au sud est du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade » 127

5.7.3.12 Scénario 10 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade ».....129

5.7.3.13 Scénario 11 - Scénario d'un enfant vacancier fréquentant une parcelle d'une résidence secondaire située au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade » 131

5.7.3.14 Scénario 12 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente située au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade ».....133

5.7.3.15 Scénario 13 - Scénario d'un adulte d'une résidence permanente située au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade » avec des activités de jardinage 135

5.7.3.16 Scénario 14 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente fréquentant une autre parcelle mitoyenne située au sud ouest du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade » 137

5.7.3.17 Scénario 15 - Scénario d'un enfant avec des activités de promenade et de loisirs (jeux) au droit du dépôt majeur de résidus de « Roure/ Les Rosiers ».....139

5.7.3.18 Scénario 16 - Scénario d'un enfant avec des activités de promenade et de loisirs (jeux) dans les zones des dépôts principaux de résidus de « Roure/ Les Rosiers », jouant principalement en bordure du Lac Bleu 141
5.7.3.19 Scénario 17 - Scénario d'un enfant avec des activités de promenade et de loisirs (jeux) dans la branche sud du Y de la zone principale des dépôts de résidus de « Roure/ Les Rosiers » .. 143
5.7.3.20 Scénario 18 - Scénario d'un enfant avec des activités de promenade et de loisirs (jeux) dans la branche nord du Y de la zone principale des dépôts de « Roure/ Les Rosiers » 145
5.7.3.21 Scénario 19 - Scénario d'un enfant vacancier d'une résidence temporaire située face à la fontaine du lieu-dit « La Mine des Rosiers » au nord du dépôt majeur de « Roure/ Les Rosiers » 147
5.7.3.22 Scénario 20 - Scénario d'un enfant vacancier d'une résidence temporaire située face à la fontaine du lieu-dit « La Mine des Rosiers » au nord du dépôt majeur de « Roure/ Les Rosiers » 149
5.7.3.23 Scénario 21 - Scénario d'un enfant « visiteur » fréquentant la parcelle d'une résidence permanente située dans le hameau de Bantusse à l'est des dépôts principaux de « Roure/ Les Rosiers » . 151
5.7.4 Evaluation des incertitudes 153
5.7.4.1 Incertitudes sur les milieux d'exposition 153
5.7.4.2 Incertitudes sur l'évaluation de la toxicité 154
5.7.4.3 Incertitudes sur l'évaluation de l'exposition..... 157
5.7.4.3.1 Voies d'exposition..... 157
5.7.4.3.2 Scénarios d'exposition..... 158
5.7.4.3.3 Paramètres d'exposition 160
5.7.4.4 Incertitudes sur la caractérisation du risque 162
6 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS EN TERMES SANITAIRES .. 163
7 REFERENCES..... 174
8 LISTE DES ANNEXES 179

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Synthèse des échantillons analysés 53

Tableau 2 : Concentrations en les métaux et métalloïdes pour la maille englobant la zone du district de Pontgibaud issues du RMQS 55

Tableau 3 : Incertitudes analytiques du laboratoire de l'INERIS pour les concentrations totales et la bioaccessibilité dans les sols, et les concentrations dans les eaux 59

Tableau 4 : Concentrations en métaux et métalloïdes dans les sols dans la zone de « Pontgibaud-Stade » et bioaccessibilité 60

Tableau 5 : Concentrations en métaux et métalloïdes dans les sols dans la zone de « Roure/ Les Rosiers » et bioaccessibilité 64

Tableau 6 : Récapitulatif du schéma conceptuel d'exposition en fonction des lieux ou propriétés étudiés dans la zone de « Pontgibaud-Stade » 76

Tableau 7 : Récapitulatif du schéma conceptuel d'exposition en fonction des lieux ou propriétés étudiés dans la zone de « Roure/ Les Rosiers » 79

Tableau 8 : Concentrations dans les eaux de surface de la zone de « Pontgibaud-Stade » et valeurs règlementaires de qualité des eaux destinées à la consommation humaine (et NQE) 83

Tableau 9 : Concentrations dans les eaux de surface et souterraine de la zone de « Roure/ Les Rosiers » et valeurs règlementaires de qualité des eaux destinées à la consommation humaine (et NQE) 84

Tableau 10 : Altération de l'usage abreuvement, paramètres associés et seuils de classement des altérations 86

Tableau 11 : Paramètres et valeurs à risque – Synthèse des critères de qualité de l'eau d'abreuvement 87

Tableau 12 : Synthèse des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) sélectionnées pour la voie orale et une exposition chronique 92

Tableau 13 : Valeurs des paramètres d'exposition de l'enfant pour la voie ingestion de sol lors des activités de jeux ou sportives en extérieur 98

Tableau 14 : Valeurs des paramètres d'exposition de l'adulte lors des activités de jardinage 102

Tableau 15 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 1 108

Tableau 16 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 2 110

Tableau 17 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 3 112

Tableau 18 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 4 114

Tableau 19 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 5a-1 116

Tableau 20 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 5a-2 118

Tableau 21 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 5b 120

Tableau 22 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 6 122

Tableau 23 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 7 124

Tableau 24 : Concentrations mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 8 126

Tableau 25 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 9 128

Tableau 26 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 10 130

Tableau 27 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 11 132

Tableau 28 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 12 134

Tableau 29 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 13 136

Tableau 30 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 14 138

Tableau 31 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 15 140

Tableau 32 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 16 142

Tableau 33 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 17 144

Tableau 34 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 18 146

Tableau 35 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 19 148

Tableau 36 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 20 150

Tableau 37 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 21 152

Tableau 39 : Synthèse des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) aigües pour la voie orale 156

Tableau 40 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 1-bis 159

Tableau 41 : Synthèse des résultats des calculs de risques pour les scénarios étudiés 165

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation des 4 sites de stockage de résidus du district métallifère de Pontgibaud 28

Figure 2 : Position géographique des secteurs étudiés (en rouge limite de concession, en bleu limite de commune) (extrait de GEODERIS, 2008) 32

Figure 3 : Localisation du site de « Pontgibaud-Stade » avec les cours d'eau (extrait de la carte IGN au 1/25 000)..... 33

Figure 4 : Localisation du secteur de « Roure/ Les Rosiers » avec les cours d'eau (extrait de la carte IGN au 1/25 000)..... 33

Figure 5 : Contexte géologique centrée sur Pontgibaud (extrait de la carte géologique de la France au 1/ 50 000) 34

Figure 6 : Contexte géologique centrée sur la zone de « Roure/ Les Rosiers » (extrait de la carte géologique de la France au 1/ 50 000)..... 35

Figure 7 : Photographies des travaux de mise en sécurité illustrant l'évolution du site de « Pontgibaud-Stade » (DREAL, 2014) 40

Figure 8 : Distribution des tranches d'âge pour les hommes et les femmes à Pontgibaud (INSEE) 43

Figure 9 : Schéma conceptuel préliminaire d'exposition..... 50

Figure 10 : Gammes des bioaccessibilités des sols de la zone de « Pontgibaud-Stade » 68

Figure 11 : Gammes des bioaccessibilité des sols de la zone de « Roure/ Les Rosiers » 69

Figure 12 : Critères de gestion du risque de l'IEM (MEDD, 2007) 71

Figure 13 : Intervalles de gestion donnés par la grille de calculs de l'IEM (source : MEDD, 2007) 73

RESUME NON TECHNIQUE

Le district métallifère de Pontgibaud (Puy-de-Dôme, 63) localisé à une vingtaine de kilomètres à l'ouest de la ville de Clermont-Ferrand (Auvergne) a été, au XIXème siècle un important centre de production de plomb argentifère. Les activités minières et métallurgiques du plomb, arrêtées respectivement en 1897 et en 1905, ont donné lieu à différentes unités de préparation et de concentration du minerai. La principale se situait à Pontgibaud avec une usine minéralurgique intégrée au nord du village, au lieu-dit dénommé « Les Fonderies » ou « les Caravaux » ; ainsi que des ateliers de concentration à même les carreaux des différentes exploitations minières. Cette activité a laissé quatre sites principaux de stockage de résidus de traitement de minerais, « Pontgibaud-Stade », « Roure/ Les Rosiers », « Barbecot » et « Pranal », sur des berges de la Sioule ou de certains de ses affluents.

Dans le cadre de la mise en sécurité des anciens sites miniers, des travaux sur la zone du tas de résidus de traitement de « Pontgibaud-Stade » ont été réalisés de novembre 2013 à février 2014 (remodelage des résidus, confinement, fossé périphérique, recouvrement avec de la terre arable et ensemencement de prairie, etc.). La mise en sécurité des tas majeurs du secteur de « Roure/ Le Rosiers », est initiée depuis 2013, avec une perspective de mise en œuvre en 2016.

L'INERIS a été chargé de mieux appréhender l'exposition des personnes résidant à proximité immédiate des dépôts de « Pontgibaud-Stade » (commune de Pontgibaud) et de « Roure/ Les Rosiers » (commune de Saint-Pierre-le-Chastel). Les études ont été menées conformément aux textes réglementaires en vigueur et en collaboration étroite avec la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Auvergne (DREAL).

Pour cela l'INERIS a procédé à des prélèvements de sol et des eaux de surface ou souterraines, pour caractériser la présence de plomb, d'arsenic, et également de cadmium, d'antimoine, d'argent, d'étain, de nickel, de chrome, de cuivre et de zinc. Des mesures de bioaccessibilité dans les sols ont également été réalisées. Elles permettent d'obtenir une estimation plus réaliste de l'exposition des populations aux substances présentes dans l'environnement en approchant les quantités réellement absorbées par l'organisme.

Les prélèvements ont été réalisés dans des lieux d'exposition potentielle des populations et plus particulièrement des enfants, considérant que les jeunes enfants peuvent potentiellement ingérer de la terre par le portage main-bouche lors des activités de jeux en extérieur. Ces lieux sont :

– des zones publiques, comme le complexe sportif de Pontgibaud avec la zone du terrain de football,

– des parcelles privées avec des résidences permanentes ou temporaires de vacances, avec des zones de pelouses ou enherbées, ou partiellement de sol à nu, des zones de jardins potagers, situées dans la zone de « Pontgibaud-Stade » et à proximité immédiate au sud, de part et d'autre de la départementale D 941, et également situées au nord de la zone de « Roure/ Les Rosiers », au lieu-dit « La Mine des Rosiers » et à l'est, au hameau La Bantusse,

– des aires de promenades et de loisirs, comme la zone des dépôts de « Roure/ Les Rosiers ».

Les investigations ont confirmé la présence de métaux et métalloïdes, notamment le plomb et l'arsenic à des concentrations très importantes dans les sols, liées aux activités passées.

Sur ces zones, les propriétaires des parcelles concernées, pour qui cela n'a pas encore été le cas, seront informés par les pouvoirs publics des résultats des investigations réalisées au droit de leurs parcelles et des précautions à prendre.

Ainsi, d'une façon générale, à terme de la réalisation des mesures environnementales proposées afin de limiter le contact avec les sols (comme le décaissement en surface, le recouvrement pas des terres propres), et dans l'attente des mesures sanitaires, les recommandations à suivre sont :

– pour les enfants, afin de limiter l'ingestion de sol lors des activités de jeux au droit de certaines zones de pelouse, enherbées, ou partiellement de sol à nu des parcelles habitées ou fréquentées par ces derniers :
  - le lavage soigné des mains,
  - la mise en place de bacs à sable en extérieur, dont la qualité aura été contrôlée,
  - le maintien en bon état des zones enherbées afin d'éviter la fréquentation par les enfants de zones de sol à nu,
  - la limitation des activités de jeux dans des pièces avec de potentielles accumulations de poussières déposées sur les planchers (comme notamment les tapis dans les chambres),
– pour les adultes :
  - le lavage des mains après des activités de jardinage.

En présence de jardin potager, il est également recommandé :

– le lavage soigné des végétaux avant consommation,
– la consommation variée des fruits et légumes, et pas uniquement ceux issus du jardin potager.

  En concertation avec les instances sanitaires, il pourra être envisagé de ne plus utiliser certaines parcelles en l'état pour la culture de végétaux potagers.

S'agissant du plomb, ces précautions devront tenir compte de l'avis du Haut Conseil de Santé Publique (HCSP) publié en juillet 2014 intitulée « Expositions au plomb : détermination de nouveaux objectifs de gestion ». Il revient aux autorités sanitaires de juger de la pertinence de la mise en place d'un dépistage chez les jeunes enfants et les femmes enceintes.

En ce qui concerne le bétail (bovins) présents sur les berges en aval des dépôts majeurs de résidus de « Roure/ Les Rosiers » et en bordure droite de la D418 en face du complexe sportif de Pontgibaud, compte tenu des concentrations mesurées dans les sol au droit des zones de pâturages ou dans les eaux de surface, il est également recommandé un accès limité du bétail à ces zones, ainsi que la recherche plus précises des usages des denrées alimentaires (lait, viandes), et le cas échéant de se rapprocher des autorités vétérinaires pour la mise en place si besoin de contrôles de la qualité de ces produits.

RESUME TECHNIQUE

Le district métallifère de Pontgibaud (Puy-de-Dôme) localisé à une vingtaine de kilomètres à l'ouest de la ville de Clermont-Ferrand (Auvergne) a été, au XIXème siècle un important centre de production de plomb argentifère. Les activités minières et métallurgiques du plomb, arrêtées respectivement en 1897 et en 1905, ont donné lieu à différentes unités de préparation et de concentration du minerai. La principale se situait à Pontgibaud avec une usine minéralurgique intégrée au nord du village, au lieu-dit dénommé « Les Fonderies » ou « les Caravaux » ; ainsi que des ateliers de concentration à même les carreaux des différentes exploitations minières. Cette activité a laissé quatre sites principaux de stockage de résidus de traitement de minerais, « Pontgibaud-Stade », « Roure/ Les Rosiers », « Barbecot » et « Pranal », sur des berges de la Sioule ou de certains de ses affluents.

L'objectif de la présente étude de l'INERIS, réalisée dans le cadre de sa mission d'appui au Ministère chargé de l'Ecologie, relative à la gestion des sites et sols polluées, est, par le biais de nouvelles investigations de terrain, de compléter les études antérieures, afin de mieux appréhender l'exposition des habitants aux métaux et métalloïdes présents dans l'environnement, en intégrant en particulier la bioaccessibilité. Pour ce faire, l'étude s'inscrit dans le cadre de l'Interprétation de l'Etat des Milieux (IEM) au sens de la note aux Préfets du 08 février 2007.

Cette étude est destinée à apporter des éléments de réponse aux autorités pour qu'elles puissent ajuster les mesures de gestion mises en place ou les compléter. Elle fait suite à plusieurs études réalisées depuis les années 2005 principalement par GEODERIS et le BRGM.

Dans le cadre de la mise en sécurité des anciens sites miniers, des travaux sur la zone du tas de résidus de traitement de « Pontgibaud-Stade » ont été réalisés de novembre 2013 à février 2014 (remodelage des résidus, confinement, fossé périphérique, recouvrement avec de la terre arable et ensemencement de prairie, etc.). La mise en sécurité des tas majeurs du secteur de « Roure/ Les Rosiers », a été initiée depuis 2013, avec une perspective de mise en œuvre en 2016.

Une campagne de terrain a été réalisée fin 2013, dans des lieux d'exposition potentielle des populations et plus particulièrement des enfants, avec la caractérisation des sols de surface, de l'horizon cultivé de jardin potager, et des eaux de surface et souterraines.

Les investigations ont essentiellement porté :

– sur le secteur de « Pontgibaud-Stade », situé en périphérie nord de Pontgibaud (commune de Pontgibaud), et plus particulièrement sur les infrastructures sportives communales, le secteur habité de part et d'autre de la départementale D 941 au droit de parcelles privées avec des résidences permanentes ou temporaires de vacances, avec des zones de pelouses ou enherbées, ou partiellement de sol à nu, des zones de jardins potagers ;

– sur le secteur de « Roure/Les Rosiers », zone située entre les Rosiers au Nord, et Roure au Sud (commune de Saint-Pierre-le-Chastel), et plus particulièrement sur le secteur des dépôts majeurs en Y, et au droit des parcelles privées avec des résidences temporaires de vacances au lieu-dit- « La Mine des Rosiers » situé au Nord, de même qu'au hameau La Bantusse situé à l'est.

Les analyses chimiques ont concerné les métaux et métalloïdes (plomb, arsenic, cadmium, antimoine, argent, étain, nickel, chrome, cuivre et zinc). Des mesures de bioaccessibilité (plomb, arsenic, cadmium, antimoine) ont également été réalisées sur des sols afin de permettre une estimation plus réaliste de l'exposition des populations aux substances présentes dans l'environnement en approchant les quantités réellement absorbées par l'organisme.

Les résultats de cette campagne de terrain ont mis principalement en évidence, la présence de concentrations dans :

– les sols de surface, de l'ordre de plusieurs dizaines de milliers de mg/kg en plomb, de plusieurs centaines de mg/kg en arsenic,

– les sols de l'horizon cultivé de jardins potagers, de l'ordre de plusieurs milliers de mg/kg en plomb et arsenic,

– les eaux (non filtrées et filtrées) de surface, de l'ordre de plusieurs centaines de µg/l en plomb et dizaine de µg/l en arsenic en aval des dépôts de résidus de « Roure/Les Rosiers ».

Conformément à la démarche d'Interprétation de l'Etat des Milieux (IEM), afin de statuer sur la compatibilité des milieux avec leurs usages, les résultats analytiques des sols mettant en évidence une dégradation de la qualité des milieux, et en l'absence de valeurs de gestion, des calculs de risques sanitaires pour les voies d'exposition considérées ont été réalisés. Tenant compte des intervalles de gestion des risques de l'IEM, lorsque les résultats des risques, qui sont quantifiés respectivement pour les effets à seuil, sous la forme d'un Quotient de Danger (QD) et pour les effets sans seuil, sous la forme d'Excès de Risque Individuel (ERI), se situent dans la gamme d'interprétation des risques ($0,2 < QD < 5$ et $10^{-6} < ERI < 10^{-4}$), une Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) est conduite en considérant les règles d'additivité des risques et les niveaux de référence de risques pour les effets à seuil de 1 et les effets sans seuil de 10^{-5}. La démarche nécessite une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion.

Les scénarios d'exposition retenus comprennent en fonction des usages et des populations (enfants et/ou adultes) comme voie d'exposition principale :

– l'ingestion de sol en extérieur, lors des activités de jeux en extérieur pour les enfants (portage main/bouche),

– l'ingestion de sol lors des activités de jardinage pour les adultes.

Les principales modalités de mise en œuvre de la démarche d'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires, sont un choix de :

– Valeurs Toxicologique de Référence (VTR) pour une exposition chronique et pour la voie ingestion, issues d'une démarche de sélection approfondie ;

– paramètres d'exposition réalisé de façon raisonnablement conservatoire en première approche au regard de certaines incertitudes concernant notamment la fréquentation des lieux, et les paramètres en lien avec la voie d'exposition par ingestion.

A l'issue de cette démarche, il apparaît parmi les 21 scénarios étudiés (14 dans la zone de « Pontgibaud-Stade » et 7 dans la zone de « Roure/Les Rosiers ») concernant des usages quotidiens et réguliers des lieux (parcelles avec habitation), une fréquentation régulière ou occasionnelle (complexe sportif et zones de promenade) et la voie d'exposition, ingestion de terre principalement par les enfants lors des activités de jeux en extérieur :

- que le plomb est le principal contributeur au risque sanitaire, dans une moindre mesure l'arsenic,
- qu'au regard des intervalles de gestion :
    - pour un seul scénario (Scénario 5b, zone de « Pontgibaud-Stade »), les résultats des calculs de risques indiquent des QD et des ERI inférieurs aux bornes basses des intervalles de gestion de 0,2 pour les effets à seuil et de 10^{-6} pour les effets sans seuil ;
    - pour la grande majorité des scénarios, le QD associé au plomb dépasse la borne haute des intervalles de gestion et parfois de manière très significative (QD > 10) ;
    - pour les autres scénarios, les résultats de risques pour les effets à seuil (QD) du plomb et les effets sans seuil (ERI) de l'arsenic, se situent dans la zone d'interprétation (respectivement dans la gamme $0,2 < QD < 5$ ou $10^{-6} < ERI < 10^{-4}$).
      Un calcul de risque global n'a pas été réalisé pour la majorité des scénarios, le QD du plomb excédant à lui seul la valeur seuil de 1, et/ou l'ERI de l'arsenic excédant à lui seul avec la valeur seuil de 10^{-5}.
      Seuls dans le cas de trois de ces scénarios, les résultats de risques associés aux effets à seuil du plomb sont inférieurs (Scénario 3, zone de « Pontgibaud-Stade ») ou de l'ordre de la valeur repère (Scénario 8, zone de « Pontgibaud-Stade » ; Scénario 21 à Bantusse, zone de « Roure/ Les Rosiers ») de 1 (QD).

En termes de caractérisations, il est à souligner que la mesure de la bioaccessibilité a permis de proposer une estimation plus appropriée de l'exposition des populations et des risques. En fonction des substances, les valeurs sont de quelques pourcents à quelques dizaines de pourcents dans les cas les plus favorables, sinon atteignant dans d'autres quasi 90%, plus particulièrement pour le plomb pour certains sols.

Le tableau ci-après rassemble les recommandations actuelles et plus particulièrement celles pour limiter l'ingestion de terre par des enfants lors des activités de jeux en extérieur.

Préambule

La démarche d'interprétation de l'état des milieux prévoit une maîtrise des sources de pollution au regard des usages et aussi d'évaluer si les milieux d'expositions posent un problème sanitaire au regard des usages constatés.

A ce titre, la mise en sécurité des dépôts a déjà été mise en œuvre dans la zone de « Pontgibaud-Stade », et a été initiée dans la zone des dépôts de « Roure/ Les Rosiers », avec une perspective de mise en œuvre en 2016.

S'agissant du plomb, il convient de rappeler les modalités de gestion du Haut Conseil de Santé Publique (HCSP) émises dans sa publication de juillet 2014 », durant la réalisation de la présente étude, intitulée « Expositions au plomb : détermination de nouveaux objectifs de gestion »[1].

Ainsi sont indiqués les éléments suivants :

– des concentrations entraînant un dépistage,

– « un niveau de vigilance »,

– 3 cas définis par le HCSP au regard des concentrations dans les sols

- sol avec des concentrations < 100 mg/kg (moyenne arithmétique)
  - pas de préconisations particulières,
- sol avec des concentrations > 300 mg/kg (moyenne arithmétique)
  - suivi des recommandations, dépistage des enfants et des femmes enceintes, préconisé dans la zone à considérer, étude de risque (une attention particulière aux sols d'espaces collectifs et conditions d'exposition actuelles et futures),
- sol avec des concentrations entre 100 et 300 mg/kg
  - réalisation d'une évaluation des risques avec la VTR de l'EFSA et analyse technico-économique pour déterminer les mesures de gestion.

Le tableau ci-dessous indique les concentrations correspondant au « niveau déclenchant un dépistage » dans les différents milieux :

Milieu	Sols	Poussières déposées dans les logements[2]	Eau de boisson
Concentration moyenne entraînant un dépistage du saturnisme (plombémie attendue > 50 µg/L chez environ 5 % des enfants)	300 mg(Pb)/kg (sol)	70 µg/m²	20 µg/L

Au regard des concentrations mesurées en plomb dans les sols de surface au droit de plusieurs zones étudiées, dans une gamme de quelques centaines de mg/kg, généralement de plusieurs milliers de mg/kg et atteignant plusieurs dizaines de milliers de mg/kg (soit quelques dizaines de g/kg), il convient aux autorités sanitaires de juger de la pertinence de la mise en place d'un dépistage chez les jeunes enfants et les femmes enceintes.

S'agissant des mesures sanitaires énoncées ci-après (lavage des mains, le maintien en bon état des zones de pelouse, enherbées afin d'éviter la fréquentation par les enfants de zones de sol à nu, etc.), il s'agit que les autorités sanitaires jugent de leur pertinence.

[1] Le lien pour télécharger le document est http://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=444

[2] Pour information, la littérature indique une masse moyenne de poussières par m^2 évaluée à 0,33 mg/m^2, ainsi en multipliant par 3 la concentration surfacique ($\mu g/m^2$) est obtenue la concentration massique (µg/g).

<table>
<tr><th colspan="2">Recommandations</th></tr>
<tr><td colspan="2">COMMUNICATION</td></tr>
<tr><td colspan="2">Informer la population locale de la situation (résultats des diagnostics, etc.).
Le format et la nature de la communication sera à définir sous l'égide de Monsieur le Préfet, avec l'appui de la DREAL et de l'ARS, en concertation avec Monsieur le Maire.</td></tr>
<tr><td colspan="2">D'une façon générale, compte tenu des concentrations significatives dans les sols en plomb (Pb) notamment, et en arsenic (As), à terme de la réalisation des mesures environnementales, et dans l'attente des mesures sanitaires, il est recommandé dans tous les cas : les règles d'hygiène visant à limiter l'ingestion de terre plus particulièrement :
– pour les enfants :
• le lavage soigné des mains ;
• la mise en place de bacs à sable en extérieur, dont la qualité aura été contrôlée, afin d'éviter les jeux de très jeunes enfants au droit de certaines zones de pelouse, enherbées, ou partiellement de sol à nu ;
• le maintien en bon état des zones enherbées afin d'éviter la fréquentation par les enfants de zones de sol à nu ;
• la limitation des activités de jeux dans des pièces avec de potentielles accumulations de poussières déposées sur les planchers (comme notamment les tapis dans les chambres),
– pour les adultes, après des activités de jardinage, le lavage soigné des mains.
Malgré l'absence de contrôle de la qualité des végétaux potagers (premières investigations de terrain réalisées en période hivernale), au regard des concentrations en plomb et arsenic dans les sols, il est également recommandé :
– le lavage soigné des végétaux avant consommation,
– la consommation variée des fruits et légumes, et pas uniquement ceux issus du jardin potager.
En concertation avec les instances sanitaires, il pourra être envisagé de ne plus utiliser certaines parcelles en l'état pour la culture de végétaux potagers.</td></tr>
<tr><td colspan="2">MILIEU D'EXPOSITION : SOL[3]</td></tr>
<tr><td><u>Zone de « Pontgibaud-Stade »</u>
Zones du complexe sportif de « Pontgibaud-Stade »[4] et la voie d'exposition « ingestion de sol » pour un enfant lors des activités sportives et de jeux en extérieur :
– Scénario 1 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs fréquentant le terrain de football de Pontgibaud lors d'activités sportives, comme le club de football [concentrations en Pb de 1 500 à 2 260 mg/kg, As de 130 à 190 mg/kg]
– Scénario 2 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs fréquentant la zone en bordure du terrain de football de Pontgibaud [concentrations en Pb de 1 240 à 20 710 mg/kg, As de 120 à 1 025 mg/kg]
– Scénario- 5a-1 et 5a-2 - Scénario d'un enfant habitant le logement de fonction du complexe sportif de Pontgibaud (espace extérieur avec zones de pelouse, enherbées, ou partiellement de sol à nu et jardin potager) [concentrations en Pb de 1 530 à 16 230 mg/kg, As de 80 à 730 mg/kg]</td><td>Mise en place de mesures d'information de la population locale, rappelant les règles d'hygiène, comme le lavage soigné des mains des enfants et des adultes.
La mesure de gestion proposée serait de supprimer le contact avec ces sols, soit en décaissant les terres polluées et en les substituant par des terres propres, soit en les recouvrant par des terres propres ou en installant un revêtement souple, une pelouse synthétique (terrain de football). Concernant la parcelle des scénarios 5a-1 et 5a-2, cela est recommandé pour l'ensemble de la parcelle, y compris la bande de terrain dédiée aux cultures potagères directement accessible aux enfants, au regard des concentrations significatives mesurées[5].</td></tr>
</table>

[3] Les concentrations en plomb (Pb) et en arsenic (As) mentionnées sont des valeurs arrondies.

[4] Le scénario 3 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs fréquentant la zone de l'ancien stade de football situé au nord du complexe sportif actuel de Pontgibaud, indique des résultats des risques sous les bornes basses des intervalles de gestion de l'IEM.

[5] et cela malgré des résultats des risques sous les bornes basses des intervalles de gestion de l'IEM pour le scénario 5b associé uniquement à l'ingestion de sol lors des activités de jardinage par un adulte. En effet, la section 5.7.4.3.2 relative à l'étape d'évaluation des incertitudes, dans le cas présent, liées au scénario, traite également le cas de l'enfant et l'ingestion de sol au droit de la zone cultivée.

<table>
<tr><th colspan="2">Recommandations</th></tr>
<tr><td><u>Zone de « Pontgibaud-Stade »</u>

Parcelles avec une résidence permanente ou temporaire, avec des zones de pelouse, enherbées, ou partiellement de sol à nu, situées au sud de la zone de « Pontgibaud-Stade » et la voie d'exposition « ingestion de sol » pour un enfant lors des activités de jeux :
– Scénario- 6, 7, 8, 9, 11 - Scénario d'un enfant vacancier fréquentant une parcelle d'une résidence temporaire de vacances [concentrations en Pb de 1 000 à 14 500 mg/kg, As de 55 à 415 mg/kg]
– Scénario- 10, 12, 14 – Scénario d'un enfant d'une résidence permanente fréquentant une parcelle résidentielle [concentrations en Pb de 100 à 12 000 mg/kg, As de 220 à 400 mg/kg]

Parcelles avec une résidence permanente, avec des zones de pelouse, enherbées, ou partiellement de sol à nu, et zone de jardin potager (dans la même parcelle), situées au sud de la zone de « Pontgibaud-Stade » et la voie d'exposition « ingestion de sol » pour un adulte lors des activités de jardinage :
– Scénario- 5b, 13 – scénario d'un adulte d'une résidence permanente [concentrations en Pb de 3 140 à 7 370 mg/kg, As de 160 à 270 mg/kg]

<u>Zone de « Roure/ Les Rosiers »</u>

Parcelles avec une résidence temporaire avec des zones de pelouse, enherbées ou partiellement de sol à nu, au lieu-dit « La Mine des Rosiers », au nord des dépôts majeurs de « Roure/ Les Rosiers » et la voie d'exposition « ingestion de sol » pour un enfant lors des activités de jeux :
– Scénario- 19, 20 - Scénario d'un enfant vacancier d'une résidence temporaire [concentrations en Pb de 3 540 à 7 480 mg/kg, As de 360 à 900 mg/kg]

Parcelle avec une résidence permanente avec des zones de pelouse, enherbées ou partiellement de sol à nu dans le hameau de Bantusse, à l'est des dépôts majeurs de résidus de « Roure/ Les Rosiers » et la voie d'exposition « ingestion de sol » pour un enfant lors des activités de jeux :
– Scénario 21 - Scénario d'un enfant « visiteur » d'une parcelle avec une résidence permanente [concentrations en Pb de 3 000 mg/kg, As de 300 mg/kg)</td><td>Mise en place de mesures d'information de la population locale, rappelant les règles d'hygiène visant à limiter l'ingestion de terre contaminée plus particulièrement :
– pour les enfants :
• le lavage soigné des mains ;
• le maintien en bon état des zones enherbées afin d'éviter la fréquentation par les enfants de zones de sol à nu ;
• la mise en place de bacs à sable en extérieur, afin d'éviter les jeux de très jeunes enfants au droit de certaines zones de pelouse, enherbées, ou partiellement de sol à nu ;
• également pour les enfants, la limitation des activités de jeux dans des pièces avec de potentielles accumulations de poussières déposées sur les planchers (comme notamment les tapis dans les chambres).

Pour les adultes, après des activités de jardinage, le lavage soigné des mains.

Pour certaines parcelles avec les concentrations les plus significatives dans les sols de surface et la présence avérée de jeunes enfants résidents permanents, en concertation avec les instances sanitaires, des réflexions sont également à conduire en termes de mesures de gestion comme, en l'accès limité à ces zones, le décaissement des terres polluées et leur substitution par des terres propres. Pour le cas des parcelles avec habitation temporaire, de vacances, les recommandations précédemment énoncées (lavage des mains, mise en place de bacs à sable en extérieur) sont à privilégier.

En outre, plus particulièrement au droit de la parcelle du scénario 12, en présence de vestiges miniers dégradés, la mise en place de clôtures est également recommandée au regard de la présence d'enfants.</td></tr>
<tr><td><u>Zone de « Pontgibaud-Stade »</u>

Zones des anciens bassins des résidus au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade » et la voie d'exposition « ingestion de sol » pour un enfant lors des activités de promenade et de loisirs (jeux) :
– Scénario 4 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs fréquentant la zone le long du chemin bordant les anciens bassins et les zones au droit de ces derniers [concentrations en Pb de 59 460 mg/kg, As de 4 110 mg/kg]</td><td>Mise en place de mesures d'information de la population locale, rappelant les règles d'hygiène, comme le lavage des mains des enfants.

Mise en place de panneaux préconisant de ne pas fréquenter ces zones, et d'en limiter l'accès, ainsi que de toute prise de matériaux pour un usage sur des parcelles privées.</td></tr>
</table>

Recommandations	
Zone de « Roure/ Les Rosiers » Zones des dépôts majeurs de résidus de « Roure/ Les Rosiers » et la voie d'exposition « ingestion de sol » pour un enfant lors des activités de promenade et de loisirs (jeux) : – *Scénario- 15, 16, 17, 18 – Scénario d'un enfant avec des activités de promenade et de loisirs (jeux) au droit des dépôts majeurs de résidus de « Roure/ Les Rosiers »* ***[concentrations en Pb de 13 790 à 35 000 mg/kg, As de 530 à 1 600 mg/kg]***	Mise en place de mesures d'information de la population locale, rappelant les règles d'hygiène, comme le lavage soigné des mains des enfants. Mise en place de recommandations au regard des usages de promenade ou de loisirs au droit et à proximité immédiate des dépôts, avec des accès limités, de même que de limiter (interdire) toute forme de prélèvement de matériaux pour un usage sur des parcelles privées. Pour rappel, des travaux de mise en sécurité avec confinement sont en cours d'étude au droit des dépôts majeurs de résidus de la zone de « Roure/ Les Rosiers » avec une perspective de mise en œuvre en 2016.
MILIEU D'EXPOSITION : VEGETAUX POTAGERS AUTOPRODUITS	
Sur l'ensemble des zones investiguées comportant des zones de jardins potagers dans la zone de « Pontgibaud-Stade » : – *Scénario- 5b, 13* ***[concentrations en Pb de 3 140 et 7 370 mg/kg, et en As de 160 et 270 mg/kg]***	En rappel, les investigations de terrain ayant été effectuées en période hivernale, aucune caractérisation de végétaux potagers n'a été réalisée. Cependant, au regard des concentrations significatives en plomb et arsenic dans les sols, les recommandations proposées sont, en concertation avec les instances sanitaires : – l'information de la population locale en rappelant les règles suivantes : • le lavage soigné des végétaux avant consommation, • la consommation variée des fruits et légumes, et pas uniquement ceux issus du jardin potager, – voire de ne plus utiliser ces parcelles en l'état pour la culture de végétaux potagers ou interdire de poursuivre les cultures potagères, – une mesure de gestion proposée serait de décaisser les terres polluées et les substituant par des terres propres. Dans le cas de la mise en évidence ultérieurement de jardins potagers avec des gammes de concentrations plus faibles, dans un premier temps, il pourrait s'avérer pertinent de réaliser des prélèvements de végétaux afin connaître leur qualité.
MILIEUX D'EXPOSITION : EAUX SOUTERRAINES	
Zone de « Roure/ Les Rosiers »	Les concentrations de l'eau de la fontaine du lieu-dit « La Mines des Rosiers » hameau situé au nord des tas de résidus de « Roure/ Les Rosiers », respectent les critères de potabilité pour les métaux étudiés.
MILIEUX D'EXPOSITION : EAUX DE SURFACE	
Zone de « Pontgibaud-Stade » *[concentrations en Pb et en As de l'ordre de 8 µg/l dans les eaux]* **Zone de « Roure/ Les Rosiers »** *[concentrations en Pb de 0,5 à 564 µg/l et en As de 6 à 50 µg/l dans les eaux]*	Pour rappel, les eaux de surface ne sont pas retenues en tant que milieu d'exposition en l'absence d'activités de loisirs comme la baignade, d'arrosage de jardin potager. A titre informatif, sont cependant rappelées les concentrations mesurées, atteignant plusieurs centaines de µg/l en plomb et dizaine de µg/l en arsenic (les critères de potabilité étant de 10 µg/l).

Recommandations	
AMENAGEMENTS ACTUELS ET FUTURS DES ZONES	
Zones de « Pontgibaud-Stade » et de « Roure/ Les Rosiers »	Informations des propriétaires de parcelles concernées, pour qui cela n'a pas encore été le cas, de la présence des sources de pollutions liées aux activités passées et de leur fournir les caractéristiques connues (concentrations dans les sols, localisations, etc.) ; avec mise en place de la conservation de la mémoire de manière pérenne au travers de servitudes d'utilité publique. En cas de nouveaux aménagements, il est préconisé la réalisation d'une étude spécifique ayant pour objectif de s'assurer de la compatibilité de l'état des milieux avec les usages pressentis.
BETAILS (SOLS DES PATURAGES ET EAUX DE SURFACE)	
<u>Zone de « Roure/ Les Rosiers »</u> Zones de pâturages en aval des dépôts majeurs de résidus de la zone de « Roure/ Les Rosiers » ***[concentrations en Pb de 19 080 mg/kg et en As de 1 240 mg/kg dans les sols]***	Accès limité du bétail à ces zones de pâturages, de berges ainsi qu'à l'eau des cours d'eau. En complément de ces recommandations concernant les zones de pâturages : – la recherche plus précise des usages des denrées alimentaires (lait, viandes), – se rapprocher des autorités vétérinaires pour la mise en place si besoin de contrôles de la qualité des denrées.
Zone de « Pontgibaud-Stade » Zones de pâturages en bordure droite de la D418 en face du complexe sportif de Pontgibaud ***[concentrations en Pb de 1 850 à 3 130 mg/kg et en As de 185 à 456 mg/kg dans les sols]*** *Zones de pâturages au Nord Est (500 m) du complexe sportif de Pontgibaud* ***[concentrations en Pb de 6 200 et en As de 430 mg/kg dans les sols]***	Accès limité du bétail à ces zones de pâturages. En complément de ces recommandations concernant les zones de pâturages : – la recherche plus précise des usages des denrées alimentaires (lait, viandes), – se rapprocher des autorités vétérinaires pour la mise en place si besoin de contrôles de la qualité des denrées.

Par ailleurs, il est à souligner que la présente étude sanitaire, conformément à la demande, s'est focalisée sur les zones de « Pontgibaud-Stade » et de « Roure/ Les Rosiers », sur des parcelles situées au droit de tas de résidus de traitement et à leur proximité. Ainsi, comme toute étude sanitaire et environnementale réalisée plus particulièrement dans le contexte de « l'inventaire des dépôts miniers effectué sur le territoire français dans le cadre de l'article 20 de la Directive 2006/21/EC », le périmètre d'impact des anciennes activités minières est potentiellement plus étendu, demandant la réalisation d'études complémentaires.

GLOSSAIRE (acronymes et abréviations)

AASQA	Associations Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air
AEP	Alimentation en Eau Potable
AFSSA	Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments
Ag	Argent
Anses	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
AP	Arrêté Préfectoral
ARS	Agence Régionale de Santé
As	Arsenic
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
BARGE	BioAccessibility Research Group in Europe
BMD	Benchmark dose
BMDL10	Benchmark dose à la limite de 10 %
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
Cd	Cadmium
CICAD	Concise International Chemical Assessment Documents
CIRE	Cellule Inter Régionale d'Epidémiologie
Cr	Chrome
CRi / CRo	Concentration ou dose induisant un risque de cancer de 10^{-4}
CT	Concentration Tolérable
Cu	Cuivre
DCE	Directive Cadre sur l'Eau
DDE	Direction Départementale de l'Equipement
DDIE	Directive Déchets Industrie Extractive
DDT	Direction Départementale du Territoire
DGS	Direction Général de la Santé (France)
DHT	Doses Hebdomadaires Tolérables
DHPT	Doses Hebdomadaires Provisoires Tolérables
DJA	Dose Journalière Admissible
DJE	Dose Journalière d'Exposition
DJT	Dose Journalière Tolérable
DRASS	Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
DRIRE	Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement
ETM	Eléments Traces Métalliques
EQRS	Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires
ERI	Excès de Risque Individuel
ERP	Etablissements Recevant du Public
ERU	Excès de Risque Unitaire
EFSA	European Food Safety Autority
HCSP	Haut Conseil de Santé Publique

IARC/CIRC	International Agency for Research on Cancer / Centre International de la Recherche pour le Cancer
ICP-MS	Inductively Coupled Plasma – Masse Spectrophotometry
ICP-OES	Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrophotometry
IEM	Interprétation de l'Etat des Milieux
IEUBK	Integrated Exposure Uptake Biokinetic Model for Lead in chlildren
INERIS	Institut National de l'Environnement Industriel et des RISques
IRIS	Database for Risk Assessment (base de l'US EPA)
JEFCA	Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives
LD	Limite de Détection
LOAEC	Lowest Observed Adverse Effect Concentration (concentration minimale entraînant un effet néfaste observé)
LOAEL	Lowest Observed Adverse Effect Level (dose minimale entraînant un effet néfaste observé)
LOEC	Lowest Observed Effect Concentration (concentration minimale entraînant un effet observé)
LOEL	Lowest Observed Effect Level (dose minimale entraînant un effet observé)
LQ	Limite de Quantification
MB	Matière brute (végétaux)
MEDD	Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable
MEEDDAT	Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire
MPR	Maximum Permissible Risk (risque maximum acceptable)
MRL	Minimum Risk Level (niveau de risque minimum)
MS	Matière sèche
Ni	Nickel
NOAEC	No Observed Adverse Effect Concentration (concentration maximale sans effet néfaste observé)
NOAEL	No Observed Adverse Effect Level (dose maximale sans effet néfaste observé)
NQE	Norme de Qualité Environnementale
NSF	National Science Foundation
NTP	National Toxicological Program
OEHHA	Office of Environmental Health Hazard Assessment
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ORAMIP	Observatoire Régional de l'air en Midi-Pyrénées
Pb	Plomb
PBPK	Physiologically Based PharmacoKinetic (physiologique basé sur la pharmacocinétique)
Plombémie	Le principal biomarqueur d'imprégnation au plomb utilisé est la plombémie (taux de plomb dans le sang)
PLU	Plan Local d'Urbanisme
QD	Quotient de Danger
REL	Reference Exposure Level (dose d'exposition de référence)

RfC	Reference Concentration (concentration de référence, VTR de l'US EPA)
RfD	Reference Dose (dose de référence, VTR de l'US EPA)
RfD	Reference dose (dose de référence)
RIVM	RijksInstituut voor Volksgezondheid & Milieu (National Institute of Public Health and the Environment, Pays-Bas)
RMQS	Réseau de Mesures de la Qualité des Sols
Sb	Antimoine
Sn	Etain
TCA	Tolerable Concentration in Air (concentration tolérable dans l'air)
TDI	Tolerable Daily Intake
UBM	Unified Barge Method
UE	Union Européenne
US EPA	Environmental Protection Agency of United States
VTR	Valeur Toxicologique de Référence
Zn	Zinc

1 CONTEXTE ET OBJECTIF

1.1 CONTEXTE GENERAL DE L'ETUDE

Le Ministère chargé de l'Ecologie attend de l'INERIS par le biais de programmes d'appui, un support technique à la mise en place de la méthodologie de gestion des sites pollués, permettant de conduire des stratégies de gestion adaptées et transparentes, selon une approche intégrée, vérifiable et crédible.
L'un de ces programmes, le DRC 15 « Gestion des sites et sols pollués » a notamment pour objectifs, les actions suivantes :

– la participation à des groupes de travail nationaux, européens et internationaux ;

– le développement de méthodes de caractérisation de la qualité des milieux, dont l'environnement local témoin, et de surveillance ;

– l'amélioration de la connaissance de divers transferts (transfert depuis le sol vers l'air ambiant, transfert depuis le sol vers les végétaux, la bioaccessibilité…) ;

– la précision de certains aspects de l'évaluation (quantitative) des risques sanitaires ;

– l'aide à la mise en place de plans de gestion ;

– l'aide à la communication entre les différentes parties prenantes.

Ainsi, la présente étude s'inscrit plus particulièrement dans les volets de ce programme relatifs à « La mise en œuvre des diagnostics et des plans de surveillance de la qualité des milieux », à « L'évaluation quantitative des risques sanitaires » et à « La bioaccessibilité des polluants pour l'homme », par le biais d'une application sur deux des quatre sites de stockage de résidus de traitement de minerais du district métallifère de Pontgibaud (Puy-de-Dôme, 63) : le site de « Pontgibaud-Stade » (commune de Pontgibaud) et celui de « Roure/ Les Rosiers » (commune de Saint-Pierre-le-Chastel).

1.2 ORIGINE DE L'ÉTUDE

Les paragraphes suivants retracent l'origine de la demande avec des éléments extraits du document DREAL Auvergne (DREAL, 2011).

« Le district plombo-argentifère de Pontgibaud a fait l'objet durant le XIXème siècle d'importantes exploitation de mines de plomb argentifère qui ont donné lieu à la production de 50 000 tonnes de plomb et 100 tonnes d'argent, avec la réalisation de 70 km de galeries et de 3 000 m de puits.

Différentes unités de traitement de minerai existaient alors. La principale se situait à Pontgibaud avec une usine minéralurgique intégrée au nord du village, au lieu-dit dénommé « Les Fonderies » ou « les Caravaux, ainsi que des ateliers de concentration à même les carreaux des différentes exploitations minières. Cette activité laisse quatre sites principaux de stockage de résidus de traitement de minerai, « Pontgibaud-Stade », « Roure/ Les Rosiers », « Barbecot » et « Pranal » (cf. Figure 1).

Les activités minières ont cessé en 1897 et l'usine de Pontgibaud a fonctionné jusqu'en 1905, alimentée par des stocks et du minerai d'autres provenances, livré sur place, la plupart des autres mines de plomb de la région étant dépourvues d'unité de traitement sur place, comme Saint-Amant-Roche-Savine, Auzelles, Montnebout, Olliergues, Joursac, Courgoul, Chateauneuf, Banson, Sagne a alimenté les installations de Pontgibaud.

L'opération de mise en sécurité des ouvrages miniers dangereux dans le secteur de Pontgibaud réalisée par l'Etat en 2009, au titre de ses responsabilités en après-mine sur les sites orphelins, avec la fermeture de 59 ouvrages miniers a fait resurgir le problème récurrent des quatre sites de résidus de laveries minières qui sont présents sur les communes de Pontgibaud, Saint-Pierre-le-Chastel et Chapdes-Beaufort.

Le volume total des résidus s'élèvent à 230 000 m^3 réparti sur les quatre sites. Ils représentent de fortes teneurs en métaux lourds (plomb, zinc, arsenic, cadmium…) avec des impacts importants sur les milieux. Les sites sont situés dans une zone très touristiques et fréquentées (Vallée de la Sioule, Vulcania, le Puy-de-Dôme) dans un secteur « Natura 2000 où un projet de création d'une réserve naturelle Nationale pourrait se concrétiser.

Le site principal (Pontgibaud) jouxte immédiatement un ensemble de complexe sportif et celui des Rosiers subi une forte fréquentation par des engins tout terrain. Ils présentent des impacts très importants au point de vue hydrologique qu'il convient de réduire comme leur impact sanitaire (même s'ils n'ont pas encore été évalués précisément), sans oublier les risques liés à la stabilisation des talus ou digues qui peuvent être à l'origine d'un départ brutal d'une quantité importante de matériaux. »

Plusieurs études ont été réalisées depuis 2008, dont notamment l'étude de GEODERIS de 2008 « Evaluation du niveau de contamination des 4 secteurs de stockage de résidus miniers et de laverie du district de Pontgibaud (secteurs de « Pontgibaud-Stade », de « Roure/ Les Rosiers », de « Barbecot » et de « Pranal ») » et celle du BRGM de 2010 « Résultats des caractérisations complémentaires effectuées sur différents milieux dans le district minier de Pontgibaud (63) ». Cette étude du BGRM indique notamment : *« Les investigations sur les sols menées à l'aide d'un équipement de fluorescence X portable, et contrôlées par analyses en laboratoire, confirment la présence de fortes contaminations en plomb et arsenic autour des quelques habitations localisées à Pontgibaud entre l'ancienne laverie de Caravaux au nord, et les vestiges de l'usine métallurgique au sud (plusieurs points dépassant 1 % en Pb et 0,1 % en As). Ce secteur, bien que peu habité (environ une dizaine de familles), présente des risques environnementaux par rapport aux usages constatés (potagers, cours pour enfants) et nécessiterait la mise en œuvre de quelques actions de gestion (information, restriction d'usage). »*[6]

Les différentes études ont ainsi conduit notamment à la proposition d'avant projet sommaire des travaux de mises en sécurité des sites afin de réduire les impacts de ces importantes sources de pollution au meilleur coût économiquement acceptable.

Dans ce cadre, parallèlement aux travaux à mener sur les terrils proprement dits, la DREAL Auvergne (DREAL Auvergne, 2011) mentionnait qu'une démarche d'interprétation de l'état des milieux devra être engagée sur les terrains impactés et actuellement occupés, afin d'examiner la compatibilité entre les usages et l'état des milieux pollués. D'éventuelles mesures de gestion complémentaires pourront alors être décidées pour supprimer les vecteurs d'exposition (traitement des pollutions, instauration de restrictions d'usage des sols).

En termes de mesures d'urgence, l'implantation d'une signalisation par panneaux interdisant l'accès aux sites et tout prélèvement de matériaux a été mise en place en 2011 sur les zones de stockage de résidus. Il est à souligner que plusieurs des panneaux avaient déjà disparu 3 jours après leur installation.

---

6 Plus particulièrement, au regard des analyses chimiques, au droit d'une propriété située au sud de la zone de Pontgibaud-Stade, au sud de la départementale (et également en limite nord de l'ancienne usine minéralurgique du XIXème siècle de Pontgibaud), avec un bâtiment comportant plusieurs logements habités par des enfants, les concentrations dans les sols de surface sont de 69 620 mg/kg en plomb (valeur maximale, d'autres mesures par fluorescence X indiquant une concentration de l'ordre de 3 500 mg/kg), de 1 265 mg/kg en arsenic (valeur maximale, d'autres mesures par fluorescence X indiquant une concentration de l'ordre de 200 mg/kg). Pour mémoire, ce site est également caractérisé par l'INERIS, et étudié dans le scénario 12 du présent rapport. Dans des propriétés situées juste au nord de celle précitée, entre la zone du dépôt de Pontgibaud-Stade et la départementale, les concentrations en plomb sont dans la gamme de 16 000 à 17 000 mg/kg et en arsenic de 400 à 700 mg/kg.

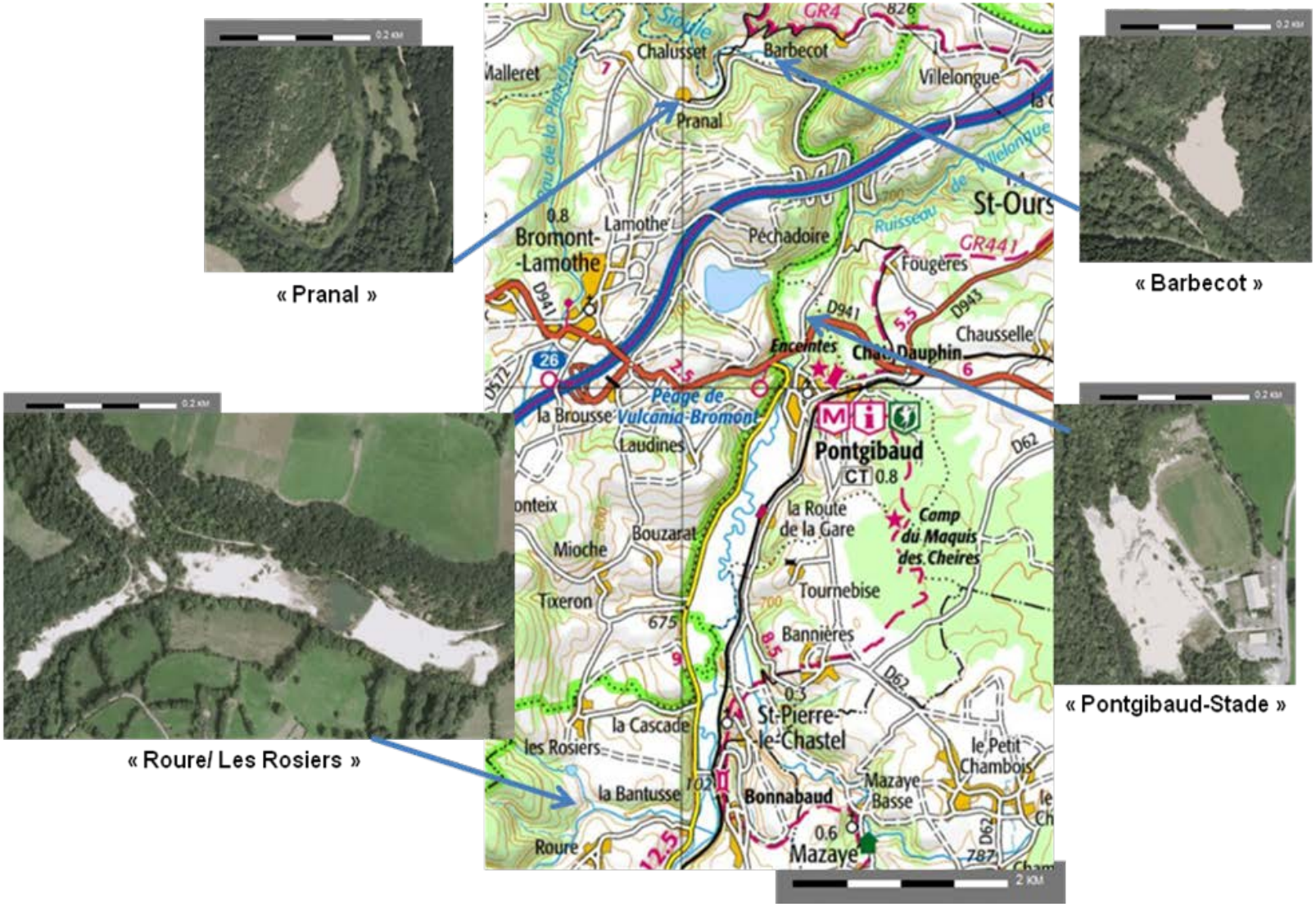


Figure 1 : Localisation des 4 sites de stockage de résidus du district métallifère de Pontgibaud

Ainsi, en vue de répondre aux enjeux exprimés par la demande de la DREAL Auvergne, l'INERIS dans le cadre de sa mission d'appui au Ministère chargé de l'Ecologie, relative à la gestion des sites et sols pollués a structuré ses travaux dans l'objectif de compléter les études antérieures, afin de mieux appréhender l'exposition des habitants (populations fréquentant la zone de « Pontgibaud-Stade » et celle de « Roure/ Les Rosiers ») aux métaux et métalloïdes présents dans l'environnement, par le biais de nouvelles investigations de terrain en intégrant en particulier la bioaccessibilité.

1.3 CADRE METHODOLOGIQUE ET STRUCTURATION DE L'ETUDE

L'étude s'inscrit dans le cadre de l'Interprétation de l'Etat des Milieux (IEM) au sens de la note aux Préfets du 08 février 2007.

L'étude s'appuie en particulier sur :

– la note ministérielle « Sites et sols pollués - Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués », note et ses 3 annexes (MEDD, 2007), ainsi que les outils et guides méthodologiques associés publiés à ce jour, comme « Diagnostics du site », « Schéma conceptuel et modèle de fonctionnement », « Interprétation de l'Etat des Milieux (IEM) »[7] ;

– la circulaire BPSPR/2008-1/DG du 11 janvier 2008. Installations classées. Prévention de la pollution des sols - Gestion des sols pollués. Ce texte complète la note ministérielle du 8 février 2007 ;

– les autres réglementations et les normes en vigueur à la date de la réalisation de la présente étude ;

– les connaissances scientifiques et techniques disponibles au moment de sa réalisation.

La structuration du rapport comporte les étapes classiques déroulées dans une démarche d'Interprétation de l'Etat des Milieux et est organisée comme ci-après, à la suite de la présente introduction :

– le rappel des éléments principaux de l'étude documentaire issue d'autres études ;

– le schéma conceptuel préliminaire ;

– les investigations de terrain ;

– l'Interprétation de l'Etat des Milieux ;

– les conclusions et les recommandations en termes sanitaires.

[7] www.developpement-durable.gouv.fr/-Sites-et-sols-pollues-html

1.4 DOCUMENTS CONSULTÉS PAR L'INERIS

Les documents consultés spécifiques transmis par la DREAL Auvergne sont les suivants :

– GEODERIS (2008) - Evaluation du niveau de contamination des 4 secteurs de stockage de résidus miniers et de laverie du district de Pontgibaud (secteurs de « Pontgibaud-Stade », de Roure-les-Rosiers, de Barbecot et de Pranal). Rapport GEODERIS S 2008/SSDE- 08AUV3120, 20-10-2008 ;

– BRGM (2009) - Synthèse documentaire sur le district plombo-argentifère de Pontgibaud (63) - Phase 1. Rapport final. BRGM/RP-57862-FR. Novembre 2009 ;

– BRGM (2010) - Étude préliminaire à la mise en sécurité de sites de résidus miniers du district métallifère de Pontgibaud (63) Avant-projet sommaire de travaux. BRGM/RP-58216-FR Mars 2010 ;

– BRGM (2010) - Résultats des caractérisations complémentaires effectuées sur différents milieux dans le district minier de Pontgibaud (63). Rapport intermédiaire. BRGM/RP-58571-FR. juin 2010 ;

– DREAL Auvergne (2011) – Rapport en vue de la prise en charge de la mise en sécurité des quatre sites de stockage de résidus de laveries minières du district de Pontgibaud (Puy-de-Dôme). 5 avril 2011 ;

– DREAL Auvergne (2011) – Résidus de laveries minières des anciennes mines de Pontgibaud (Puy-de-Dôme) - Courrier à l'attention de Monsieur Laurent Michel, Directeur général de la prévention des risques, Ministère de l'2cologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement ;

– DREAL Auvergne (2013) - Mise en sécurité des résidus de traitement de minerai de plomb-argentifère du site de Pontgibaud (63). Support de présentation orale pour la réunion du 28 octobre 2013 en Mairie de Pontgibaud ;

– DREAL Auvergne (2014) - Réaménagement du site de résidus de traitement de minerai de plomb argentifère - District de Pontgibaud (63) - Secteur de Roure-les-Rosiers. Support de présentation orale du 21-11-2014 ;

En outre, des réunions d'échanges et visites de site se sont déroulées avec la DREAL Auvergne.

2 RAPPEL DES PRINCIPAUX ELEMENTS DE L'ETUDE DOCUMENTAIRE

2.1 PRÉAMBULE

Les informations présentées ci-après sont issues des études antérieures réalisées sur le district de Pontgibaud et ses environs. Elles ne renseignent pas de manière détaillée les différents contextes géologique, hydrogéologique, hydrographique. Seuls des éléments généraux sont rappelés en tant que de besoin. Le lecteur se rapportera aux rapports de GEODERIS et du BRGM cités en section 1.4.

2.2 CONTEXTE GÉNÉRAL

Le district métallifère de Pontgibaud est connu pour avoir été au XIXème siècle, un centre important de production de plomb argentifère.

Ce district est situé en Auvergne. Il est localisé à une vingtaine de kilomètres à l'ouest de la ville de Clermont-Ferrand (Figure 1). Il s'inscrit, pour l'essentiel, sur les communes de Montfermy, Chapdes-Beaufort, Bromont-Lamothe, Pontgibaud et Saint-Pierre-le-Chastel. Les quatre secteurs se répartissent sur les concessions de Roure et de Barbecot. La substance principale exploitée est le plomb.

Il comporte un ensemble de sites de déchets issus de l'activité minière passée qui s'est principalement déroulée dans la seconde moitié du XIXème siècle.

Près de 68 km de galeries et 3 km de puits dont près de 80% sur le seul secteur de Roure ont été foncés dans les différentes mines souterraines du district.

De ces exploitations passées, ne subsistent aujourd'hui que plusieurs dépôts de résidus de laveries ainsi que des verses à stériles rocheux abandonnées sur les berges de la Sioule ou de ses affluents.

L'ensemble du stock de résidus de laverie est estimé à un total cumulé de 225 000 m^3 (estimation DPSM d'après les cartes topographiques détaillées au 1/5000), soit environ 550 000 tonnes de matériaux qui se répartissent ainsi :

– 84 700 m^3 sur le site de « Roure/ Les Rosiers »,

– 64 100 m^3 sur le site de « Pontgibaud-Stade » auxquels il faut ajouter 37 300 m^3 de scories métallurgiques,

– 32 400 m^3 sur le site de « Barbecot »,

– 4 050 m^3 sur le site de « Pranal ».

A l'exception des secteurs de « Pontgibaud-Stade » et de « Roure/ Les Rosiers » qui sont respectivement proches de la ville de Pontgibaud et du lieu-dit « La Mine des Rosiers », les deux autres secteurs (secteurs de « Barbecot » et de « Pranal ») sont isolés de toutes habitations.

L'étude porte sur les deux premiers secteurs des 4 secteurs de stockage de résidus cités, celui de « Pontgibaud-Stade » et celui de « Roure/ Les Rosiers (cf. Figure 2, Figure 3 et Figure 4).

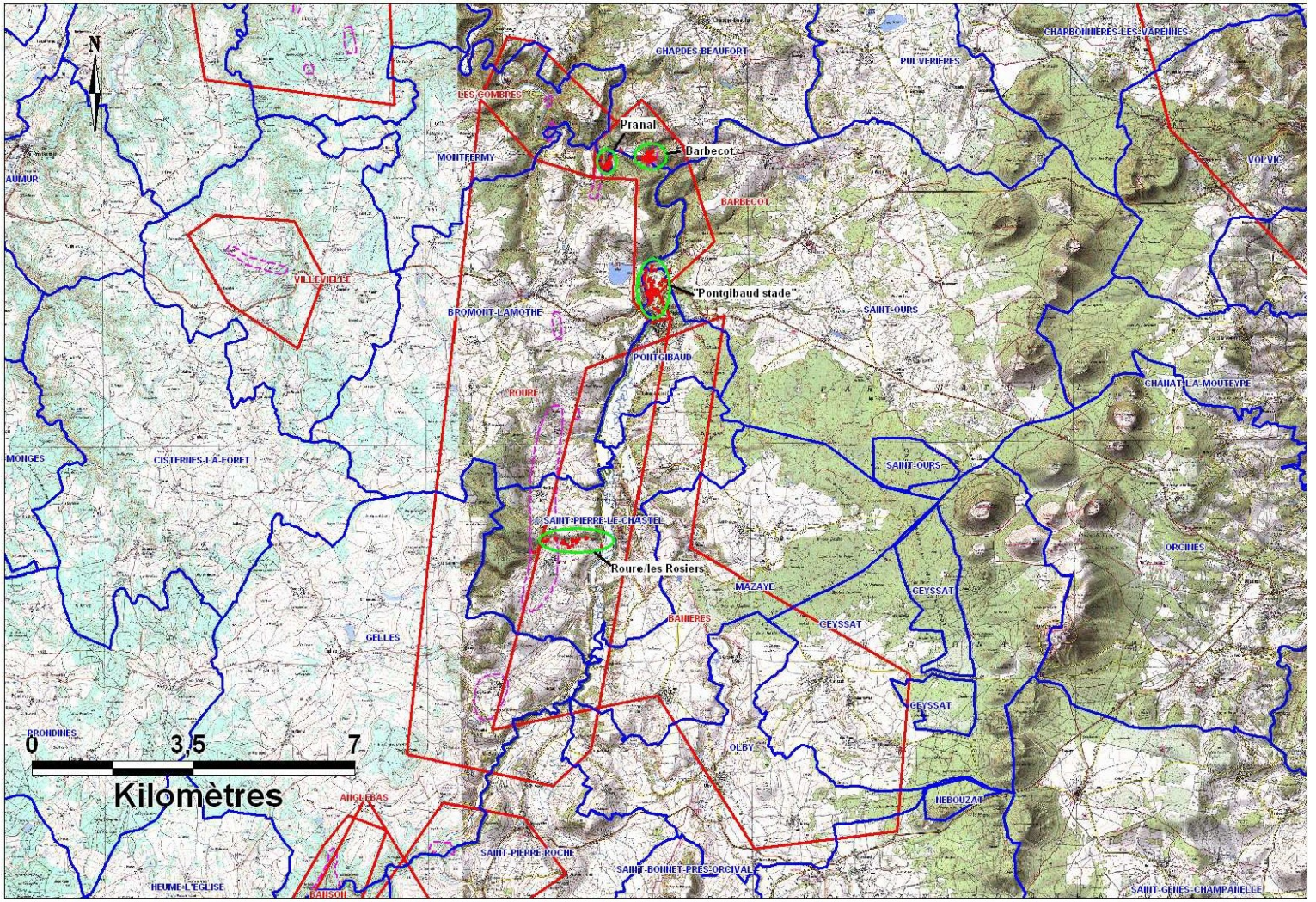


Figure 2 : Position géographique des secteurs étudiés (en rouge limite de concession, en bleu limite de commune) (extrait de GEODERIS, 2008)

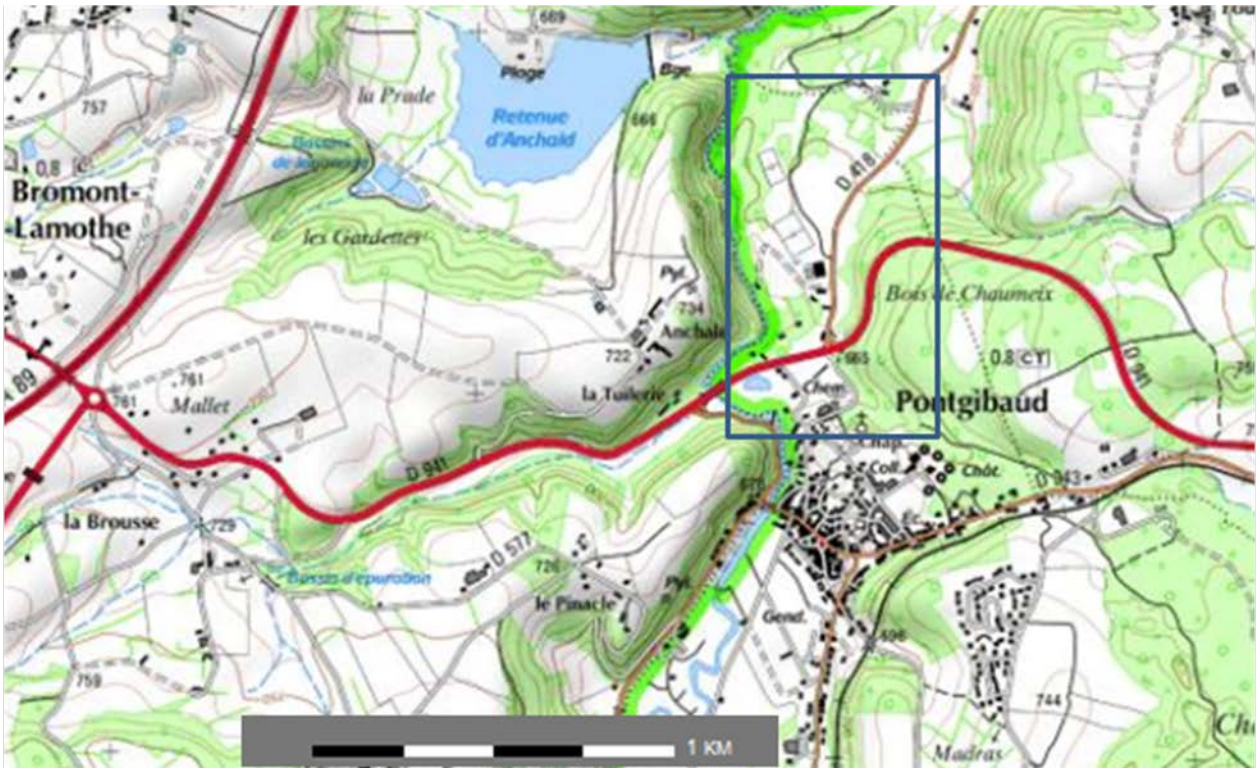


Figure 3 : Localisation du site de « Pontgibaud-Stade » avec les cours d'eau (extrait de la carte IGN au 1/25 000)

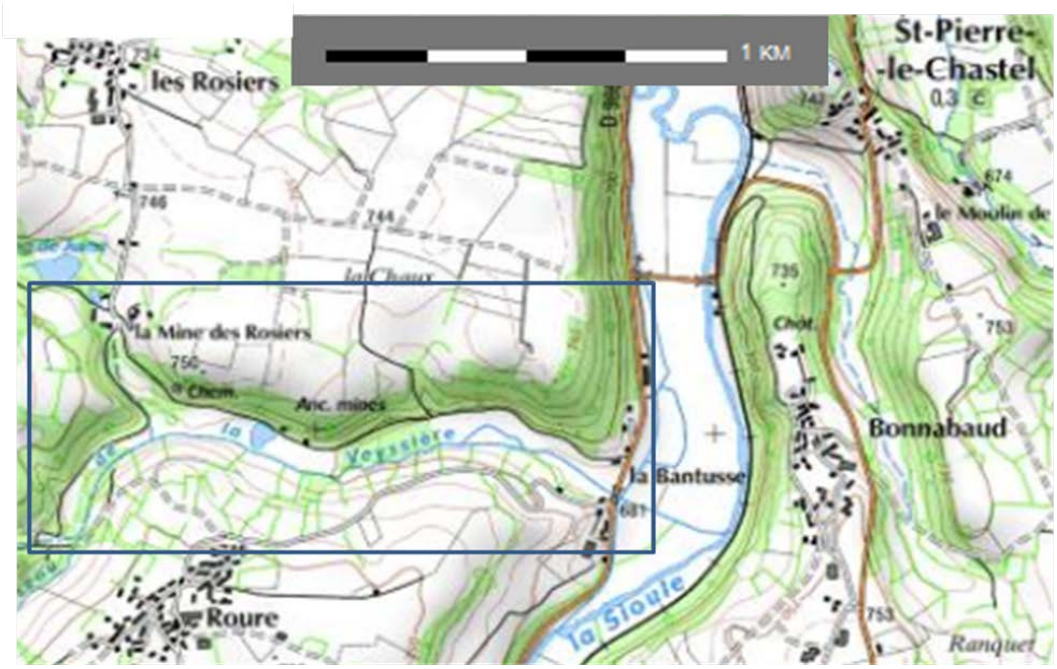


Figure 4 : Localisation du secteur de « Roure/ Les Rosiers » avec les cours d'eau (extrait de la carte IGN au 1/25 000)

2.2.1 GÉOLOGIE

2.2.1.1 CONTEXTE RÉGIONAL

Les deux figures suivantes, centrées sur Pontgibaud et la zone de « Roure/ Les Rosiers » illustrent le contexte géologique régional.

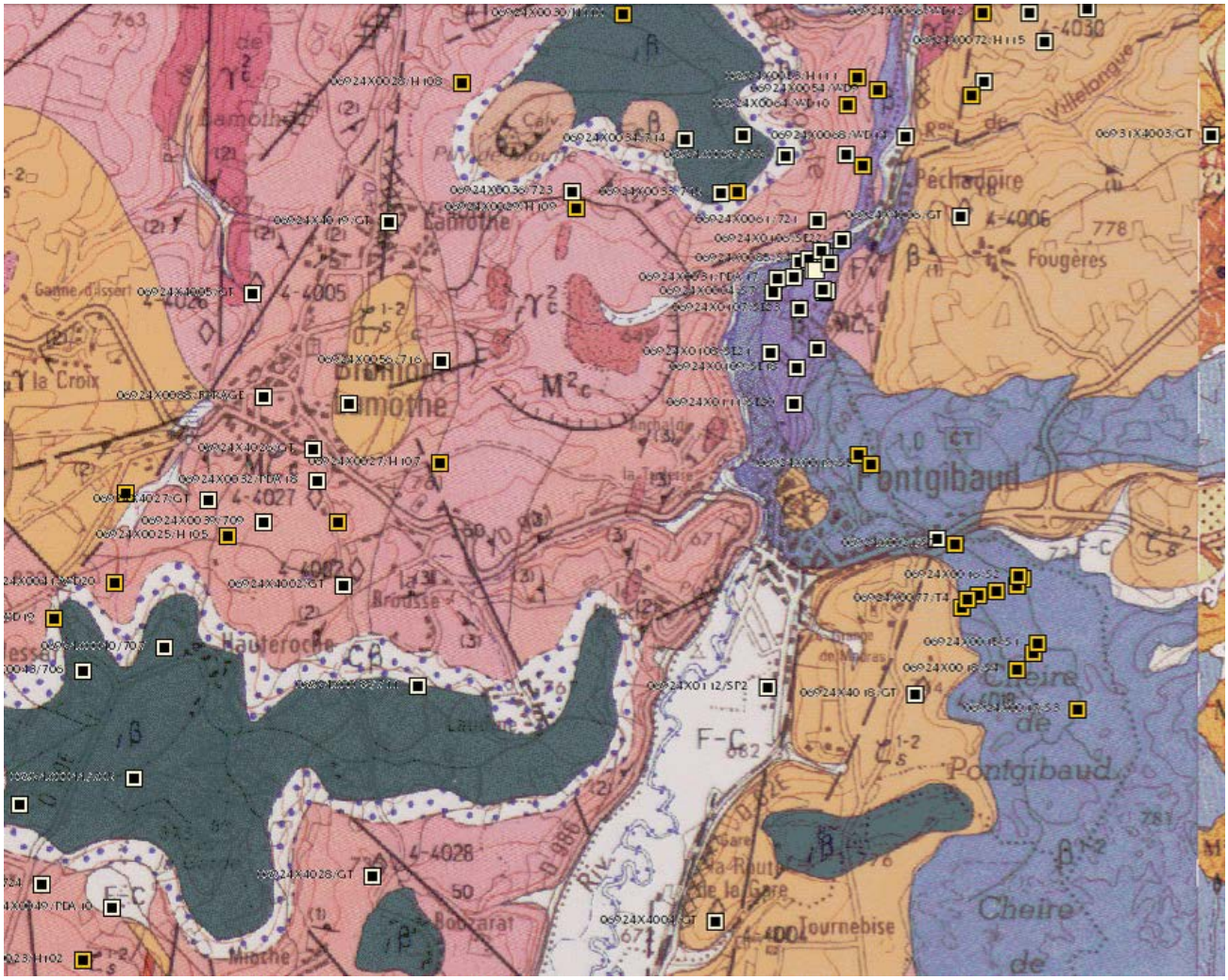


Figure 5 : Contexte géologique centrée sur Pontgibaud (extrait de la carte géologique de la France au 1/ 50 000)

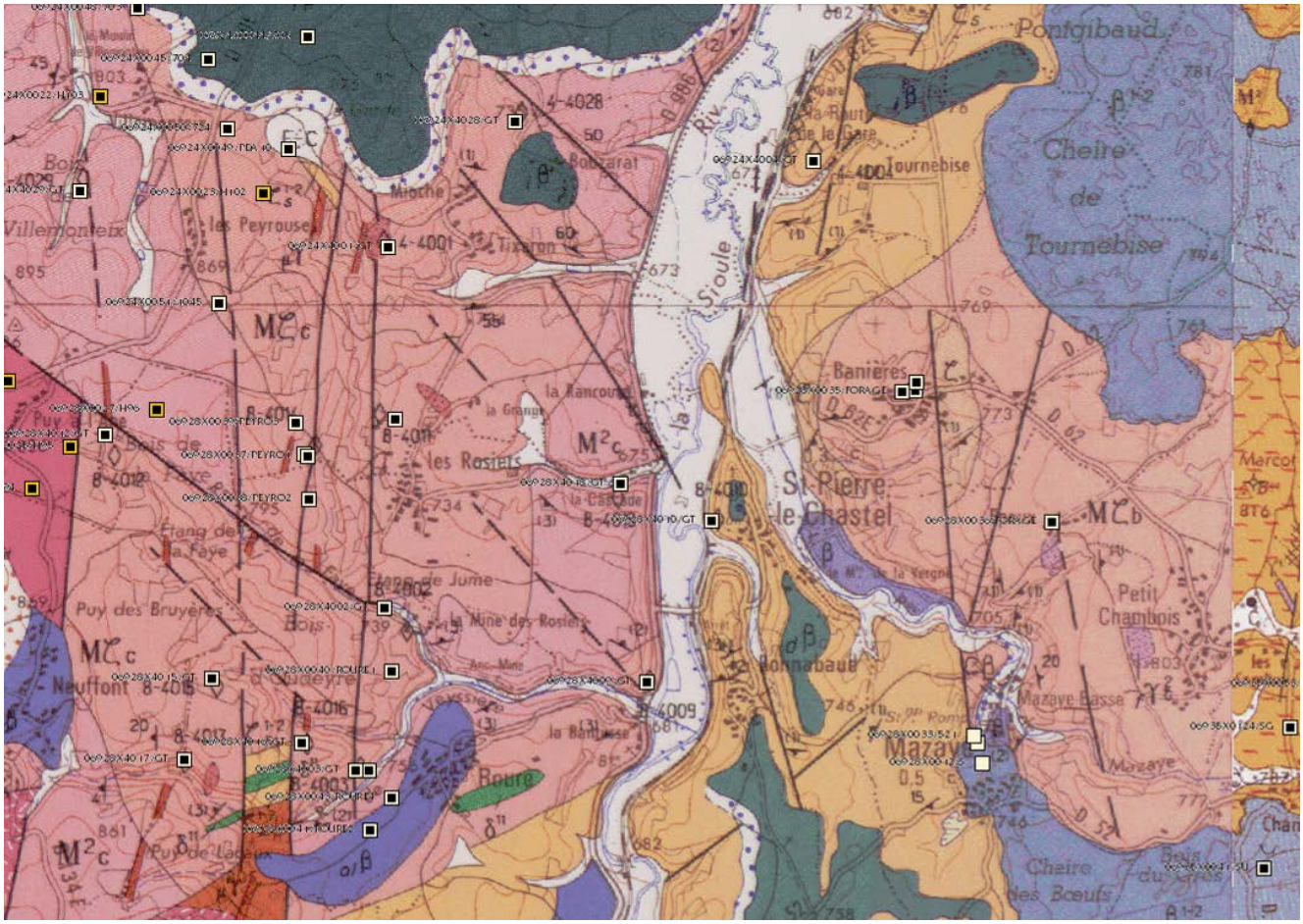


Figure 6 : Contexte géologique centrée sur la zone de « Roure/ Les Rosiers » (extrait de la carte géologique de la France au 1/ 50 000)

2.2.1.2 GÉOLOGIE AU DROIT ET À PROXIMITÉ DU DISTRICT DE PONTGIBAUD

Les éléments suivants sont extraits de GEODERIS (2008) :

« Le district à Plomb – Argent de Pontgibaud est formé d'un faisceau filonien nord – sud, encadré de deux faisceaux latéraux, l'un à fluorine à l'ouest, l'autre plus arsénié à l'est. Cette structure d'importance régionale, longue d'une quarantaine de kilomètres et mise en place à la fin du cycle hercynien, est encaissée dans les schistes cristallins de "l'anticlinal de Pontgibaud". Elle est recoupée par la haute vallée de la Sioule. Celle-ci longe d'abord toute la partie est de la concession de Roure, puis elle se situe en position médiane des concessions de Barbecot et des Combres.

Sur la concession de Roure, les gîtes sont constitués par des filons de galène argentifère avec pyrite et blende, de direction générale N-10°E et encaissés dans des gneiss et micaschistes. Cette concession initialement accordée sur un cercle de 2400 toises de rayon par Lettres Patentes du 25/04/1789, vit sa superficie changée par décret impérial du 11/08/1866 et portée à 51,84 km². La renonciation fut acceptée par Arrêté Ministériel du 24/02/1939. Les premiers travaux remontent au XVIème siècle, puis ils se développèrent à partir de 1790. Au XIXème siècle et en allant du Sud au Nord l'exploitation porta sur les mines de Roure (plusieurs kms de galeries), Rosiers (1838-83, production de 200 T/mois de minerai à 47 % de Pb et 1 Kg/T d'Ag à l'apogée en 1861 avec 600 ouvriers), La Grange (1859-76 recherche et exploitation), Mioche (1856-92), La Brousse (qui fut la plus productive,1866-97), et Pranal (située à cheval sur la concession de Barbecot). »

2.2.2 MINERALOGIE

Les éléments suivants, extraits de BRGM (2009) présentent le contexte minéralogique.

« Les minéralisations du district de Pontgibaud sont complexes et leur composition est variable en fonction des gisements et de leur localisation. De plus, les études minéralogiques réalisées dans les années soixante montrent que plusieurs phases minéralisées se succèdent à l'intérieur des mêmes filons (Bouladon et al, 1964). Ce qu'il faut retenir, est la présence d'une paragénèse sulfurée dominée par la pyrite et la marcasite, deux sulfures de fer fortement acidogènes et producteurs de drainage minier acide, associés au mispickel (FeAsS), source de l'arsenic dans l'environnement, à la galène argentifère (PbS) qui était le minéral recherché et valorisé. Accessoirement on trouve de la blende (ZnS), chalcopyrite ($FeCuS_2$), et surtout des sulfo-sels de cuivre (cuivres gris) et de plomb (sulfo-arséniures et sulfo-antimoniures) avec des minéraux de bismuth. Ces sulfo-sels constituent d'autres sources d'arsenic pour le milieu récepteur. La gangue est constituée de quartz et barytine (origine du barium décelé dans les résidus) avec localement de la sidérite (carbonate de fer). Le cadmium a été décelé en inclusions dans la blende et explique les concentrations résiduelles trouvées dans les terrils (GEODERIS, 2008). Dans de rares filons plus anciens ont été décrites des paragénèses à quartz, cassitérite ($Sn0_2$) et mispickel (Lodin M., 1892).

Quant au chrome signalé dans les mesures in situ effectuées par GEODERIS en 2008, aucune forme ni association minéralogique n'a été identifiée pour expliquer aujourd'hui sa présence dans les sols ou résidus. Il pourrait s'agir très probablement d'un artefact analytique déjà identifié avec la fluorescence X portable et lié aux interférences qui se produisent en présence de fortes teneurs en eau de l'échantillon analysé ainsi qu'en présence d'oxydes et hydroxydes de fer (Laperche,2005).

La recherche bibliographique menée sur les études des paragénèses minérales constituant les minerais de Pontgibaud confirment l'omniprésence des deux polluants majeurs que sont le plomb et l'arsenic, et expliquent la présence locale à des teneurs moindres de l'antimoine, du zinc, cuivre, cadmium et baryum. (BRGM 2009) »

2.2.3 HYDROGRAPHIE

En termes de réseau hydrographique sont à noter plus particulièrement les éléments suivants dans :

– la zone de « Pontgibaud-Stade » située sur la commune de Pontgibaud :
  - la Sioule qui constitue la bordure ouest des dépôts ;
– la zone de « Roure/ Les Rosiers » située sur la commune de Saint-Pierre-le-Chastel (63) :
  - deux cours d'eau, la Veyssière qui constitue la bordure sud des dépôts, la Faye qui borde le nord-ouest des dépôts et qui les traverse pour rejoindre la Veyssière ;
  - l'ancien bassin de décantation forme un lac, le « Lac Bleu », d'une surface d'environ 3 500 m^2, sa profondeur n'est pas connu avec précision mais doit être inférieure à 2 m.

2.2.4 EXPLOITATION MINIERE

2.2.4.1 HISTORIQUE MINIER

Les informations suivantes sont principalement extraites des documents BRGM (2009), DREAL Auvergne (2011).

« Le district métallifère de Pontgibaud est connu pour avoir été au XIXème siècle, un important centre de production de plomb argentifère. De 1838 à 1849, 7 000 t de concentrés et 1 200 t de plomb ont été produites mais le « boom » industriel a lieu dans la deuxième moitié du XIXème siècle où entre 1853 et 1897, près de 50 000 t de plomb et environ 100 t d'argent sont produites à partir de 1 M t de tout venant et de 106 000 t de concentrés (Bouladon et al, 1964). Près de 68 km de galeries et 3 km de puits dont près de 80% sur le seul secteur de Roure ont été foncés dans les différentes mines souterraines du district.

Quatre unités de préparation et de concentration du minerai ont coexisté sur les sites d'extraction pendant près d'un siècle pour subvenir au fonctionnement permanent d'une fonderie qui sera fermée en 1905. La principale unité associée à l'usine minéralurgique est située à Pontgibaud dans le quartier nord dénommé « Les Fonderies » ou « Les Caravaux » et les trois autres sont localisées sur une dizaine de km le long du faisceau filonien encaissé dans la haute vallée de la Sioule avec au sud, la laverie de Roure/ Les Rosiers et, au nord de Pontgibaud, les laveries de Barbecot et Pranal. L'usine de Pontgibaud a également été alimentée par de nombreuses petites mines de plomb de la région dépourvues d'installations de traitement (Saint-Amant-Roche, Savine, Olliergues, Joursac, Courgoul, Chateauneuf, etc.) (DRIRE, 2009).

Toutes les concessions appartenaient avant 1939, année de leur renonciation, à la Société des Mines et Usines de Pontgibaud qui a effectué des recherches infructueuses au début du XXème siècle entre 1917 et 1920 puis entre 1925 et 1928.

En 1939, est créée la Compagnie d'Exploitation et de Récupérations Minières (COMIREX), en vue de récupérer le plomb et l'argent des haldes de résidus des anciennes concessions abandonnées en 1898, par la Société des Mines de Pontgibaud. Puis, la société SIOULCO (Compagnie Minière de la Sioule) est fondée en 1942 pour rechercher du minerai de cuivre dans le périmètre de Chapdes-Beaufort. Les deux sociétés fusionnent en 1943 et appartiennent alors au même groupe : la Société Européenne d'Etudes et d'Entreprises. La COMIREX est mise en liquidation en 1947 après avoir produit quelques centaines de tonnes de concentrés de plomb pendant la seconde guerre mondiale et la SIOULCO disparait en 1956 sans avoir rien extrait (archives du Service des Mines, BRGM AUV). »

Les procédés utilisés sont détaillés dans le rapport BRGM (2009).

2.2.4.2 ETAT ACTUEL DU « SITE »

Les éléments mentionnés ci-après reprennent des informations des études de GEODERIS et du BRGM, ainsi que des observations visuelles issues des visites préliminaires et de la campagne de terrain de l'INERIS

Zone de « Pontgibaud-Stade » - Résidus de laverie et de scorie « Les Fonderies »

Ce site faisant partie de la concession de Barbecot est localisé directement au nord de la ville de Pontgibaud et aisément visible de la D 418. Il est bordé :

– à l'Ouest par la Sioule ;

– à l'Est par les locaux de la Direction Départementale de l'Equipement (DDE) et un complexe sportif comprenant principalement un terrain de football et un gymnase et un logement de fonction ;

– au Sud par plusieurs habitations dont certaines apparaissent occupées en continu.

À noter aussi la présence d'une station de traitement des eaux située sur la bordure ouest de cette zone de dépôts, accessible à partir de la D 418 par un chemin dont l'entrée se situe à côté des locaux de la DDE. Cette entrée est fermée par une grille en fer non verrouillée.

Trois zones principales se distinguent, en soulignant que durant l'étude de l'INERIS, des travaux de réhabilitation ont été conduits sur la zone principale des dépôts modifiant certaines des données mentionnées ci-après :

– la zone « Stade » (étant donnée les teneurs en métaux lourds rencontrées, il est probable que des résidus aient été utilisés comme couche de forme et devant être également sous influence des envols de résidus avant la mise en sécurité du dépôt ;
– la zone « Halde », constitué de plusieurs tas de résidus de laverie contenant des matériaux fins de couleurs beige à jaunâtres et également des accumulations de gros blocs de roche volcanique ;
– la zone « Scories », caractérisée par la présence d'un terril de scories non végétalisé, situé derrière les locaux de la DDE, non loin de l'intersection entre la D 418 et la D 941 (scories principalement constituées de culots de fonderie, avec des blocs de taille centimétrique à décimétrique).

Deux bassins de décantations sont également présents au Nord du site, le long de la Sioule ; ici également est à mentionner la réalisation des travaux de réhabilitation conduisant à quelques modifications en termes de la configuration actuelle.

Avant les travaux de réhabilitation, l'érosion hydrique était responsable d'un épandage progressif des résidus de laverie vers le stade de football situé près du gymnase ainsi que dans le bassin de décantation creusé à proximité de ce stade.

Travaux de réhabilitation

La figure suivante illustre l'évolution du site de « Pontgibaud-Stade » avec les travaux de mise en sécurité (document DREAL, 2014).

Figure 7 : Photographies des travaux de mise en sécurité illustrant l'évolution du site de « Pontgibaud-Stade » (DREAL, 2014)

Le secteur de « Roure/ Les Rosiers »

Ce secteur est situé sur la commune de Saint-Pierre-le-Chastel. Il est localisé sur la concession de la Roure, juste au sud du lieu-dit « La Mine des Rosiers » et de Les Rosiers et à environ 300 m au Nord du village de Roure, avec un accès facile en voiture, par un chemin qui se raccorde à la D 986.

Deux laveries se sont succédées sur ce secteur. La laverie des Rosiers, aujourd'hui disparue, et la laverie COMIREX dont les bâtiments (état dégradé) sont encore visibles au bord du chemin d'accès, avec les vestiges d'un ancien bassin de décantation constitué par une cuve maçonnée d'environ 8 m de diamètre.

Pour ce site, sont également à noter quelques modifications durant l'étude de l'INERIS, suite à l'apport de matériaux (cf. photographies de la Figure 7)

Un volume très important de résidus de traitement a été stocké sur le secteur de « Roure/ Les Rosiers » (estimé à 257 000 m^3, GEODERIS, 2005). Les dépôts, non végétalisés, forment un Y calqué sur le ruisseau de la Faye et sur celui de la Veyssière.

Quatre zones principales de dépôts de résidus de traitement de minerai de plomb argentifère d'un volume de l'ordre de 84 700 m^3 se distinguent : le tas « La Veyssière », le tas « La Faye », le tas amont « Lac Bleu » et le tas aval « Lac Bleu ».

Un amas de stériles rocheux dont le volume est estimé à 3 600 m^3 est également présent au sud-ouest et en amont du dépôt principal par rapport à la Veyssière.

Le site présente également trois anciennes lagunes (bassins de décantation en cascade), d'une surface de l'ordre de 4 500 m^2. Ces dernières sont partiellement comblées par des résidus fins et végétalisées, situées en aval hydraulique du site avant la confluence avec la Sioule et couvrent une surface de 4 500 m².

Plus particulièrement, les dépôts du vallon de la Veyssière, constituent la branche sud du Y. Ils sont stockés en bordure rive gauche du ruisseau de la Veyssière. Ils forment un tas d'environ 200 m de long sur une trentaine de mètres de large. La hauteur maximum a été estimée à 7 m. Ils sont essentiellement constitués d'un matériau fin de couleur jaunâtre à blanchâtre. Ils présentent des traces d'érosion hydriques importantes comme en témoignent l'existence de ravines plus ou moins profondes. Ainsi, les observations de terrain montrent clairement que, lors des épisodes pluvieux intenses, ces dépôts sont responsables de décharges importantes de matériel particulaire dans le ruisseau qui les borde.

Des traces d'activités de quad, de moto-cross et de vélo de cross y sont également souvent présentes.

Le dépôt supérieur, stocké en bordure rive gauche du ruisseau de la Faye constitue la branche nord du Y, constitué d'un un tas d'environ 150 m de long et d'une quarantaine de mètres de large et une hauteur estimée à environ 7 m. Ces résidus sont essentiellement constitués d'un matériau fin de couleur jaunâtre. Leur granulométrie apparaît toutefois globalement plus grossière que les résidus observés dans le dépôt précédent. La partie sud du tas est bordée par des matériaux plus grossiers qui contiennent des blocs rocheux de taille décimétrique. En contre bas direct de ces matériaux, une zone moins pentue est observée qui constitue une petite terrasse dans le paysage. Ce tas de résidus s'avère

localement raviné et les observations de terrain montrent clairement que, lors des épisodes pluvieux intenses, ces dépôts sont responsables de décharges importantes de matériel particulaire contaminé dans le ruisseau qui les borde.

La zone de confluence entre les deux ruisseaux, qui apparaît partiellement végétalisée, est située à l'intersection des deux branches du Y. Elle s'étend à l'extrémité ouest du grand dépôt de la laverie. La confluence s'effectue au sein même des résidus de traitement qui sont entrainés dans les deux ruisseaux lors des épisodes pluvieux.

Le grand dépôt de la laverie, s'étend en rive gauche du ruisseau de la Veyssière, sur environ 200 m de longueur et sur une soixantaine de mètres de largeur. Son épaisseur est très variable allant du mètre à plusieurs m. Comme les précédents, il apparait très raviné, témoignant d'une érosion hydrique intense. Positionné en bordure de ruisseau, il est notamment responsable de décharge de matériel particulaire contaminé au sein de ce dernier. En aval du dépôt, se trouve le grand étang du Rosier. Ces eaux se déversent directement dans le ruisseau.

Les dépôts de la COMIREX, s'inscrivent entre le grand étang du Rosier et la zone des anciens bassins de décantation. Ils s'étendent en rive gauche du ruisseau de la Veyssière sur environ 180 m de longueur et sur une soixantaine de mètres de largeur et apparaissent très ravinés et responsables de décharges de matériel particulaire contaminé au sein du ruisseau lors des épisodes pluvieux intenses.

Les rejets de l'usine de flottation sont aujourd'hui visibles à l'aval de l'étang des Rosiers encore appelé « Lac Bleu » qui correspond à l'accumulation des eaux dans l'ancienne fosse d'exploitation de la COMIREX.

En outre, plusieurs terrains situés en bordure de rivière, en aval des anciens bassins de décantation ou traversés par le ruisseau de la Veyssière sont des pâturages (présence de bétail observée également lors de la campagne de terrain de l'INERIS). Lors des périodes de forte crue, ce ruisseau peut donc être et/ou avoir été à l'origine de contamination sur les terrains situés en aval.

Projet de travaux de réhabilitation

Actuellement, les objectifs du projet de travaux de mise en sécurité sont (extrait de DREAL, 2014) :

– de protéger le ruisseau de la Veyssière et surtout à l'aval, la rivière de la Sioule vis-à-vis de l'entrainement hydraulique (lié à l'érosion par ruissellement) des anciens dépôts de résidus générant une pollution essentiellement particulaire en plomb et arsenic. Cette pollution qui existe depuis plus d'un siècle, génère un impact sur le système hydrique local et régional ;

– de réduire l'exposition potentielle (par contact direct essentiellement) des riverains, des promeneurs ou usagers occasionnels du site (quad, moto-cross, vélo de cross, par exemple) aux contaminants résiduels (essentiellement plomb et arsenic) encore contenus dans les résidus sableux et arrêter leur dispersion par les prélèvements clandestins ;

– de supprimer une source potentielle d'envol de poussières vers les terrains mitoyens et éliminer l'impact visuel des dépôts disséminés le long du cours d'eau.

Les moyens d'actions proposés sont :

– la suppression de la retenue d'eau située au milieu du site ;
– la réalisation d'un dépôt unique de résidus de traitement de minerai d'une surface de 23 000 m^2 à partir des dépôts historiquement disséminés sur le long de la Veyssière et de la Faye ;
– la création d'environ 1 000 m de fossés périphériques permettant de collecter les eaux de ruissellement du dépôt et du bassin versant ;
– la couverture du dépôt nouvellement constitué par des stériles miniers (matériaux rocheux disponibles sur le site) pour contribuer à la stabilité du dépôt et par une couche de terre ;
– le décapage des résidus de traitement de minerai de plomb argentifère, et le surfaçage, avec des matériaux d'apport ;
– la pose d'une clôture basse (type clôture à moutons d'1 m de haut environ), afin d'empêcher des personnes ou des animaux d'y accéder et de permettre à la végétation de se développer et de se maintenir.

2.3 USAGES ET ENJEUX

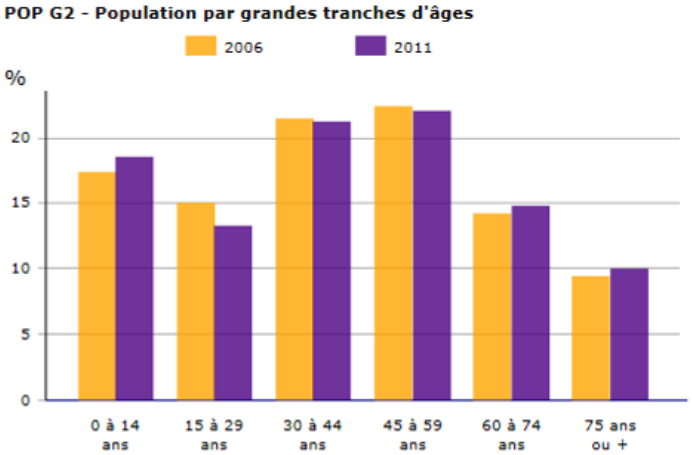
2.3.1 POPULATION

La figure suivante illustre les informations concernant la population de Pontgibaud issues de l'INSEE (dernière consultation en 2015 du site Internet http://www.insee.fr/fr/themes/dossier_complet.asp?codgeo=CV-6331).

POP T0 - Population par grandes tranches d'âges

	2011	%	2006	%
Ensemble	6 676	100,0	6 389	100,0
0 à 14 ans	1 244	18,6	1 110	17,4
15 à 29 ans	885	13,3	966	15,1
30 à 44 ans	1 417	21,2	1 376	21,5
45 à 59 ans	1 477	22,1	1 429	22,4
60 à 74 ans	988	14,8	906	14,2
75 ans ou plus	666	10,0	602	9,4

Sources : Insee, RP2006 et RP2011 exploitations principales.



Sources : Insee, RP2006 et RP2011 exploitations principales.

Figure 8 : Distribution des tranches d'âge pour les hommes et les femmes à Pontgibaud (INSEE)

2.3.2 SOLS

La commune de Pontgibaud dispose d'un Plan Local d'Urbanisme (PLU).

Plus particulièrement en ce qui concerne les deux zones (zone de « Pontgibaud-Stade » sur la commune de Pontgibaud et la zone de « Roure/ Les Rosiers » sur la commune de Saint-Pierre-le Chastel) objet de l'étude de l'INERIS, sont à mentionner les éléments suivants en complément des informations données en section 2.2.4.2.

Zone de « Pontgibaud-Stade » - Résidus de laverie et de scorie « Les Fonderies »

Cette zone est située sur la commune de Pontgibaud, en bordure de la Sioule. Elle est proche de la ville (à peine 1 km) et aisément visible de la D 418. La zone de « Pontgibaud-Stade » est située à proximité immédiate des locaux de la DDE et intègre un complexe sportif (terrain de football, un gymnase, etc.) et une habitation. Une station de traitement des eaux est également située sur la bordure ouest de cette zone de dépôts, accessible à partir de la D 418 par un chemin dont l'entrée se situe à coté des locaux de la DDE.

Plus au sud de la zone de « Pontgibaud-Stade », au nord de la D 418, sont présentes plusieurs habitations maisons individuelles dont certaines apparaissent occupées en continu, d'autres pour des périodes de vacances.

La zone de l'ancienne laverie de Caravaux est quant à elle, située au sud de la D 418. Elle est végétalisée et est partiellement recouverte d'un bois de sapins, avec la trace d'anciens vestiges miniers, et comporte un bâtiment avec plusieurs logements dont certains sont occupés en continu, avec la présence d'enfants et d'un jardin potager.

Zone de « Roure/ Les Rosiers »

Ce secteur est situé sur la commune de Saint-Pierre-le-Chastel. Il est localisé sur la concession de la Roure, au Sud du lieu-dit « La Mine des Rosiers » et Les Rosiers, et à environ 300 m au Nord du village de Roure, avec un accès facile en voiture, par un chemin qui se raccorde à la D 986.

L'ensemble du secteur, entouré de forêts et de champs, apparaît relativement isolé et n'est pas visible depuis une habitation, mais semble faire l'objet d'une forte fréquentation par les amateurs de quad, moto-cross ou vélo de cross, ainsi que par des enfants et plus particulièrement en bordure du « Lac Bleu ».

Des maisons habitées en continu ou en période de vacances sont situées non loin des dépôts majeurs de « Roure/ Les Rosiers », au lieu-dit « La Mine des Rosiers », avec notamment la présence d'une fontaine.

Zone du hameau de La Bantusse

Le hameau de La Bantusse près de la D 986, situé à l'Est, à l'aval du site des dépôts majeurs de « Roure/ Les Rosiers » comporte des habitations et fermes avec des pâturages directement affectés par le transport des résidus en provenance des dépôts.

Etablissements Recevant du Public

En termes d'Etablissements Recevant du Public (ERP) concernant les deux zones d'études, celles de « Pontgibaud-Stade » et de « Roure/ Les-Rosiers », seul le complexe sportif de Pontgibaud est à mentionner au droit de la zone d'étude de « Pontgibaud-Stade ». Ce dernier possède des infrastructures de sports et de loisirs avec des activités en extérieur (terrain de football) et également des salles (badminton, tennis, handball, volley-ball, gymnastique, etc.). Il est également à souligner que les cours d'éducation physique des classes élémentaires et maternelles de l'école publique Aimé Coulaudon de Pontgibaud ont lieu une fois par semaine au gymnase.

Pour rappel, l'école publique Aimé Coulaudon (maternelle, élémentaire[8]) est située au sud de la zone d'étude de « Pontgibaud-Stade », au centre de Pontgibaud, zone qui n'est pas concernée par la présente étude. Le collège Anna Garcin-Mayade est également situé au sud-est de la zone d'étude de « Pontgibaud-Stade », dans une zone située plus en périphérie de Pontgibaud qui n'est pas concernée par la présente étude[9].

Il est également à souligner que dans le cadre de sa compétence Enfance/Jeunesse, la Communauté de Communes Pontgibaud Sioule et Volcans, grâce à un conventionnement avec le Centre de Loisirs des Amicales Laïques des Ancizes-Comps et Saint Georges de Mons (CLALAGE), propose aux enfants du territoire de bénéficier des activités d'un Accueil de Loisirs Sans Hébergement (ALSH). A partir du 25 février 2015, l'association Les P'tits Volcans, gestionnaire des TAP (Temps d'Activités Péri-éducatifs) anime l'accueil de loisirs le mercredi après-midi sur l'antenne de Pontgibaud. L'antenne de Pontgibaud, située au Pôle Enfance Jeunesse de La Communauté de Communes Pontgibaud Sioule et Volcans, accueille tous les enfants scolarisés de 3 à 12 ans. Elle est également située au centre de Pontgibaud, zone qui n'est pas concernée par la présente étude.

Il est également à mentionner le camping municipal LA PALLE de Pontgibaud, mais ce dernier situé route de la Miouze, au sud-ouest de la zone de « Pontgibaud-Stade » et de Pontgibaud, est également en dehors de la zone d'étude du présent dossier.

2.3.3 EAUX SOUTERRAINES ET EAUX POTABLES

L'ensemble des habitants des communes concernées est entièrement alimenté en eau potable par le réseau municipal *via* un AEP (Alimentation en Eau Potable).

2.3.4 EAUX DE SURFACE

Aucune zone de baignade n'est connue.

Des activités de pêche sont signalées.

---

[8] 98 élèves en 2014 (site Internet http://www.education.gouv.fr/annuaire/63-puy-de-dome/pontgibaud/etab/ecole-elementaire-publique-aime-coulaudon.html)

[9] Pour rappel, la présente étude ne concerne que les zones situées au droit des tas de résidus de « Pontgibaud-Stade » et proximité immédiate

3 SCHEMA CONCEPTUEL PRELIMINAIRE

Le schéma conceptuel permet de préciser les relations entre les sources de pollution et les différents vecteurs/milieux de transfert et d'exposition et les enjeux à protéger.

L'élaboration d'un schéma conceptuel préliminaire, basé sur les informations acquises par l'étude historique, documentaire et des enjeux, est nécessaire aux étapes ultérieures, en l'occurrence à l'élaboration de la stratégie d'investigations. Ce schéma conceptuel est actualisé au fur à mesure de l'étude et donc de l'acquisition de nouvelles informations.

Le schéma conceptuel préliminaire (cf. figure ci-après) a donc été élaboré au regard des liens potentiels entre les sources potentielles de pollution identifiées et les usages constatés pour les milieux eaux souterraines, eaux de surface, sols et végétaux (par l'intermédiaire des jardins).

A partir des données présentées précédemment, les sources potentielles de pollution associées aux activités passée sont principalement :

– des tas de résidus de traitement,

– des bassins de décantation associés aux activités,

– des émergences minières.

En rappel, seules les zones de « Pontgibaud-Stade » et de « Roure/ Les Rosiers » sont concernées par la présente étude.

Compte tenu des principaux usages constatés, le complexe sportif, des parcelles avec des résidences permanentes ou temporaires avec des zones de pelouse, enherbées ou partiellement de sol à nu, des zones de jardin potager, des lieux de promenade et de loisirs, et des caractéristiques physico-chimiques des substances (métaux et métalloïdes), les voies d'exposition potentielles, directes ou indirectes, pour les populations humaines, comprennent principalement :

– l'ingestion de terre et de particules issues du sol (principalement pour les enfants de moins de 6 ans par le portage main-bouche lors des activités de jeux en extérieur, ou également pour les adultes lors des activités de jardinage) ;

– l'ingestion de légumes potagers cultivés dans des jardins potentiellement contaminés par le sol, le ré-envol ou l'arrosage avec l'eau potentiellement contaminée ;

– l'ingestion d'eau ;

– l'ingestion de poussières déposées sur les planchers des bâtiments[10]

  Dans le cadre de la présente étude, l'exposition par ingestion de poussières à l'intérieur des habitations particulièrement par les enfants lors des activités de jeux n'a pas été retenue dans le schéma conceptuel préliminaire et ainsi aucune caractérisation n'a été conduite dans le cadre de la campagne de terrain. Cela apparaît proportionné dans le cadre de cette première campagne de terrain, tenant compte également des travaux de mise en sécurité terminés sur le site du dépôt de « Pontgibaud-Stade ». En ce qui concerne la zone des dépôts de « Roure/ Les Rosiers », elles sont moins fréquentées par les enfants et la configuration et les caractéristiques des sites de dépôts et de leurs environs (zones boisées) et de la position éloignées des habitations ne sont pas favorables. En ce qui concerne la zone de « Roure/ Les Rosiers », il est également à mentionner la mise en sécurité des tas majeurs initiée depuis 2013, avec une perspective de mise en œuvre en 2016 ;

– l'inhalation de poussières issues des sols

  Dans le cadre de la présente étude, l'exposition par inhalation de poussières n'a pas été retenue dans le schéma conceptuel préliminaire, et ainsi aucune caractérisation n'a été conduite dans le cadre de la campagne de terrain. En première approche, cela apparaît proportionné au regard des caractéristiques des matériaux issus plus particulièrement des dépôts de résidus, de la configuration et des caractéristiques des sites de dépôts et de leurs environs (présence de zones boisées) et de la position éloignée des habitations par rapport à ces derniers dans le cas de la zone de « Roure/ Les Rosiers ». Dans le cas de la zone de « Pontgibaud-Stade », il est à prendre en compte les travaux de mise en sécurité réalisé avec recouvrement avec de la terre arable et ensemencement de prairie et une revégétalisation effective (cf. photographies de la Figure 7) qui limitent l'envol de particules. En ce qui concerne la zone de « Roure/ Les Rosiers », il est également à mentionner la mise en sécurité des tas majeurs initiée depuis 2013, avec une perspective de mise en œuvre en 2016 ;

– l'ingestion de denrées alimentaires issues de l'élevage domestique (lapins, volailles) et leurs produits dérivés (œufs), ou de l'élevage bovins et leurs produits dérivés (lait) susceptibles d'avoir accumulés des contaminants lors d'ingestion de sols, d'herbages, d'eau potentiellement contaminée.

  Des activités d'élevage domestique n'ont pas été observées au droit des zones d'études.

  Au regard de la présence de bétail (bovins) au droit de plusieurs zones de pâturages dans les secteurs de « Pontgibaud-stade » et de « Roure/ Les Rosiers », quelques zones d'abreuvage (eaux de surface) et de sols de pâturage ont été caractérisées.

  En rappel, la démarche d'Interprétation de l'Etat des Milieu est uniquement basée sur des mesures dans les milieux d'exposition des populations.

---

[10] En ce qui concerne les poussières déposées sur les planchers des habitations, en termes d'origines du phénomène peuvent être mentionnés : l'ouverture de fenêtres, les allers et venues extérieur/intérieur des habitants avec des apports potentiellement *via* les semelles des chaussures, les animaux domestiques (pattes et poils), etc.

Il est à souligner que des concentrations maximales admissibles pour le plomb et le cadmium sont disponibles dans le règlement européen concernant les denrées alimentaires, CE 1881/2006 modifié (pour le plomb, dans la viande de bovin, mouton, porc et de volaille, dans les abats comestibles de bovin, mouton, porc et volaille et dans le lait ; pour le cadmium, dans la viande de bovin, mouton, porc et de volaille à l'exclusion des abats, dans le foie et les rognons de bovin, mouton, porc, de volaille et de cheval), mais pas pour l'arsenic et les autres substances étudiées.

Pour information, pour évaluer le transfert dans des animaux ou produits dérivés, différentes approches sont disponibles, notamment tenant compte des concentrations en substances étudiées dans les milieux d'exposition (sols, plantes herbacées, eau principalement). Il s'agit notamment d'utiliser :

- un facteur de transfert (BAF)[11] mais la littérature ne mentionne qu'un nombre très restreint de publications, dont Laurent et *al.*, 2003, qui ne présente que quelques valeurs de BAF pour le plomb, le cuivre, le zinc, mais pas pour l'arsenic ni le cadmium ;
- des modèles de transfert qui s'avèrent entachés de nombreuses incertitudes et nécessitent la connaissance des concentrations dans les milieux d'expositions des animaux domestiques ou du bétail.

Des recommandations sont cependant proposées dans les conclusions du présent rapport. Des éléments concernant les pratiques et recommandations relatives à la qualité sanitaires de l'eau d'abreuvement des animaux d'élevage sont également été mentionnés ultérieurement ;

– l'ingestion de produits de la pêche

En termes d'exposition aux produits de la pêche, est à mentionner l'étude conduite par la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt du Puy-de-Dôme en mai 2009 et plus particulièrement l'analyse de la chair des poissons de la Sioule à l'aval des Terrils avec des prélèvements qui ont eu lieu les 27-28 mai 2009 par l'ONEMA (5 lots de 5 truites d'une taille comprise entre 24 et 33 cm et un poids compris entre 150 et 412 g). Chaque lot correspondait à un point de prélèvement : stations 1 (amont), 2 (aval des Rosiers (sur la Sioule à l'aval du ruisseau de la Veyssière qui traverse le site des Rosiers), 6 (aval terril de Barbecot), 7 (aval du bassin de décantation de Pranal) et 8 (Sioule à Montfermy). Les analyses concernaient l'arsenic, le mercure, le cadmium, le plomb et le zinc.

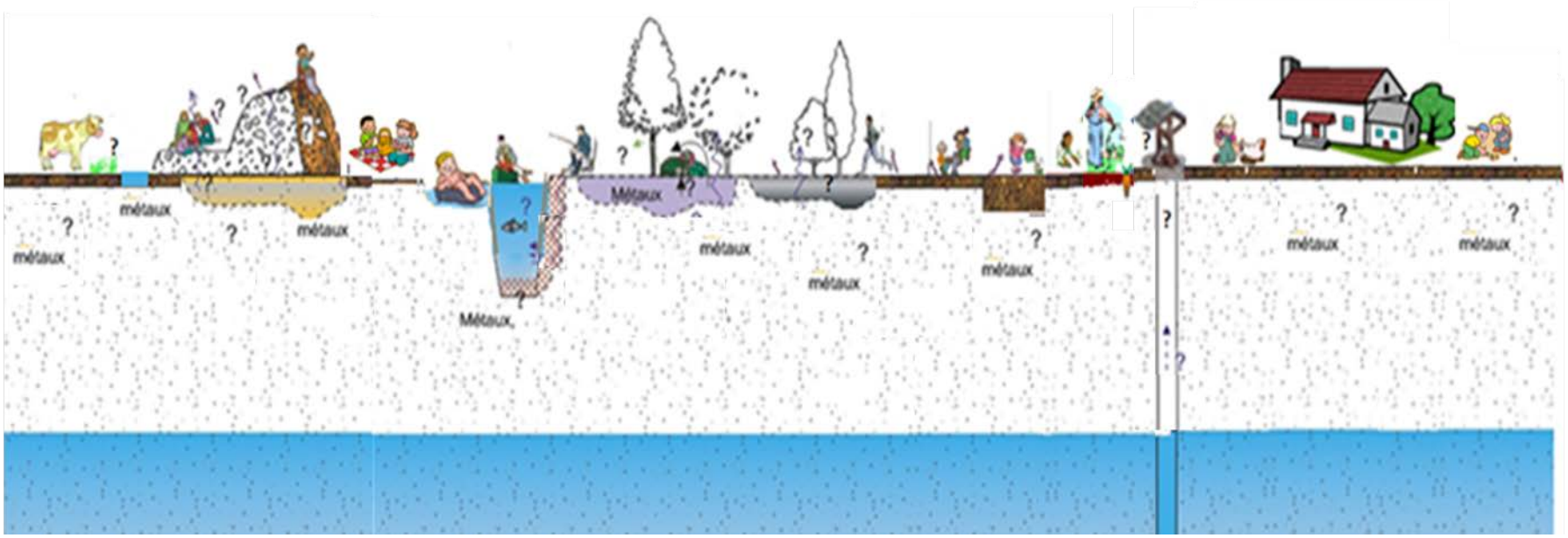
[11] Le facteur de bioaccumulation (BAF) qui donne le rapport de la concentration en une substance dans l'animal (si possible dans le muscle puisqu'il s'agit de la partie la plus consommée) sur la concentration en cette même substance dans une matrice initiale (aliment, sol, …).

Ces dernières ont indiqué pour :

- pour le plomb, une concentration dans la chair des truites augmentant de façon très significative à l'aval du site des Rosiers, néanmoins cela restant 2 fois en dessous des seuils du règlement CE n°18881/2006 ;
- l'arsenic, de faibles variations de concentrations entre l'amont et l'aval avec même une diminution à l'aval de Barbecot ;
- le cadmium, une concentration augmentant nettement à l'aval du terril de Barbecot, néanmoins restant presque 5 fois en dessous des seuils du règlement CE n°18881/2006 ;
- le zinc, des variations de teneur entre l'amont et l'aval n'apparaissent pas comme significatives ;
- le mercure, une accumulation décroissante de l'amont vers l'aval, la teneur en mercure de la chair des truites restant 5 fois en dessous des seuils du règlement CE n°18881/2006.

En conclusion, l'impact des terrils sur la concentration en métaux dans la chair des poissons est notable sur le plomb à l'aval du site du Rosier, et sur le cadmium à l'aval de Barbecot. Cependant, les concentrations en plomb, cadmium et mercure dans la chair des truites restant bien en dessous des seuils retenus par la réglementation européenne, aucune interdiction de consommation de truite n'a été nécessaire.

Dans le cadre de la première campagne en période hivernale, le plan d'échantillonnage a été axé sur les sols et les eaux, la voie d'exposition, ingestion de denrées alimentaires de type de végétaux potagers n'a pas été retenue (absence de végétaux potagers en période hivernale).



Voies principales d'exposition	Enjeux
Ingestion de sols de surface Ingestion de poussières déposées sur les planchers des bâtiments Inhalation de particules Ingestion de végétaux potagers Ingestion de poissons Ingestion de viande (élevage domestique, bovins, etc.) ou produits dérivés Ingestion d'eau	Enfants et adultes

Figure 9 : Schéma conceptuel préliminaire d'exposition

4 INVESTIGATIONS DE TERRAIN ET RESULTATS BRUTS

4.1 RAPPEL METHODOLOGIQUE

En rappel, les objectifs généraux d'un diagnostic sont multiples. Les informations à rechercher concernent notamment les points suivants :

– l'identification et la caractérisation de la contamination, en termes :
  - de types d'émission des sources primaires et secondaires vers les milieux ;
  - de types de sources secondaires de contamination et des conditions locales susceptibles de modifier le comportement des contaminants dans les sources primaires et secondaires ;
  - de composition chimique ;
  - de concentration dans les vecteurs/milieux de transfert et milieux d'exposition ;
  - d'extension spatiale (latérale, verticale) des sources identifiées ;
– la caractérisation des vecteurs/milieux de transfert et milieux d'exposition (sol, eaux, etc.), afin de mieux qualifier ou apprécier, et préciser :
  - les différents vecteurs/milieux de transferts associés à la contamination ;
  - les concentrations de référence locales des milieux naturels voisins des zones d'investigations, pour les différentes substances identifiées dans les différents compartiments environnementaux qui serviront de base à l'estimation de l'impact réel sur les milieux (caractérisation de l'environnement local témoin)[12] ;
  - les mécanismes de transferts des polluants dans ces milieux, etc.

Dans le cadre de la présente étude, considérant d'une part les études antérieures et d'autre part le schéma conceptuel préliminaire, les investigations, ayant pour objectif d'affiner la connaissance des expositions des habitants aux métaux et métalloïdes, doivent permettre :

– de caractériser les milieux d'exposition, dont les principaux sont les sols de surface non remaniés, les sols de l'horizon cultivable (sols remaniés) pour les zones potagères ;
– de caractériser l'environnement local témoin par la réalisation de prélèvements dans une zone hors influence de l'activité minière et autres ;
– d'appréhender les facteurs de bioaccessibilité des métaux présents dans les sols.

[12] Des commentaires sur la problématique de l'identification d'un environnement local témoin (ELT) pertinent en contexte d'après-mine sont présentés dans la section 5.3

4.2 ORGANISATION

Les investigations ont débuté par une visite du site et une réunion avec la DREAL au début du printemps 2013 pour la mise en œuvre d'une campagne de terrain durant le dernier trimestre 2013.

Ce programme de travail a également été présenté par la DREAL lors d'une réunion à la Mairie de Pontgibaud lors de la présentation des travaux de mise en sécurité sur la zone du stade de Pontgibaud.

En termes de déroulement de la démarche et implication des populations, seuls quelques riverains ont été rencontrés lors des investigations, pour certains en présence de la DREAL (notamment le gardien du complexe sportif de Pontgibaud).

4.3 PLAN D'ECHANTILLONNAGE

Le schéma conceptuel préliminaire a conduit à la mise en œuvre du plan d'échantillonnage présenté dans les sections suivantes, dont les lieux de prélèvements pour les milieux sols, eaux souterraines et de surface sont indiqués sur les figures de l'Annexe 1, et illustrés avec des photographies.

Les stratégies d'échantillonnage mises en œuvre ont été adaptées aux voies d'exposition envisagées pour le schéma conceptuel d'exposition. Ainsi, la qualité du milieu sol a été examinée, principalement au regard de la voie d'exposition directe qu'est l'ingestion, par les enfants, de terre par le portage main-bouche lors des activités de jeux en extérieur ou sportives.

Les investigations ont été principalement réalisées dans des lieux d'exposition potentielle des populations et plus particulièrement des enfants, à savoir les parcelles avec des résidences permanentes ou temporaires avec des zones de pelouse, enherbées ou partiellement de sol à nu et pour certaines des zones de jardin potager, des zones de promenade et des aires de jeux et le stade de Pontgibaud.

Le Tableau 1 présente une synthèse des échantillons prélevés pour les analyses.

Tableau 1 : Synthèse des échantillons analysés

Matrice	Nombre de points de prélèvements[13]	
	Zone de « Pontgibaud-Stade »	**Zone de « Roure/ Les Rosiers »**
Sols de surface (au droit de zones de pelouse, enherbées ou partiellement de sol à nu, de sous-bois)	38	26
Sols de l'horizon cultivé des jardins potagers	2	/
Eaux souterraines	/	1
Eaux de surface	2	8

Environnement local témoin

Trois critères sont à prendre en compte pour la sélection des environnements témoins pour les différents milieux étudiés :

– contexte naturel similaire aux « territoires » étudiés : environnement dans lequel les conditions géologiques, pédologiques sont proches de celles rencontrées sur les sites étudiés ;

– activité anthropique inexistante ou minimale : les lieux doivent être indemnes d'activités anciennes, telles que celles qui se sont succédées sur les zones étudiées ;

– scénario d'exposition similaire : les voies d'exposition aux milieux considérés (sols, eaux…) doivent s'approcher au mieux des voies envisagées dans le schéma conceptuel préliminaire défini pour l'étude.

Dans le contexte d'après-mine, il est à souligner la problématique de l'identification d'un environnement local témoin (ELT) pertinent, notamment au regard :

– de la complexité des lithologies en présence,

– du contexte d'anomalie géochimique qui caractérise tout site minier.

En effet, une exploitation minière se développe sur des zones d'extensions très variables (selon l'organisation des filons, des amas minéralisés, etc.) comprenant des anomalies géochimiques suffisamment importantes pour permettre une exploitation économique des substances.

En outre, en contexte d'après-mine, au-delà même des commentaires mentionnés ci-dessus, se pose la question de la pertinence de comparaison à un ELT,

[13] Le nombre indiqué concerne le nombre d'échantillons pour analyse. En effet, pour les sols un échantillon correspond au prélèvement d'un échantillon unitaire ou d'un échantillon composite comprenant plusieurs sous-échantillons prélevés dans le même horizon à des emplacements proches, et rassemblés en un seul échantillon pour les analyses chimiques.

notamment dans le cas de « zones » de résidus miniers. En effet, la concentration en minerai nécessite des opérations de traitement (concassage, broyage, etc.) générant des matériaux ne pouvant être comparé à des sols. Ce cas concerne donc les zones de stockage de résidus miniers et des « sols » avec des quantités importantes de résidus miniers.

Ces situations ont été observées dans le cadre du plan d'échantillonnage. Ainsi, ces sites de prélèvements ne pourront être comparés à un ELT pertinent dans le cadre de la démarche IEM, mais le cas échéant l'évaluation quantitative des risques sanitaires sera déroulée.

Par ailleurs, en cas de besoin, outre les résultats des investigations réalisées dans le cadre de la présente étude, des données acquises à l'issue d'études également réalisées à Pontgibaud et ses environs ont été prises en compte.

Ainsi, dans le cadre de la présente étude, sont à mentionner les éléments suivants en termes de concentrations de l'environnement local témoin pour des sols en dehors de zones de stockage de résidus miniers ou des sols autres que des « sols » avec des quantités importantes de résidus miniers :

Etude GEODERIS (2008)

Les lieux correspondant au fond géochimique local indiquent des gammes de concentrations comprises pour :

- le plomb entre 40 et 400 mg/kg,
- l'arsenic entre 20 et 60 mg/kg,
- le zinc entre 0 et 160 mg/kg,
- le chrome entre 200 et 500 mg/kg,
- l'antimoine, l'étain, le cadmium, le cuivre et l'argent, inférieures au seuil de détection de la mesure, de quelques mg/kg ou inférieur.

RMQS (Réseau de Mesures de la Qualité des Sols)

Les résultats d'analyses du RMQS (Réseau de Mesures de la Qualité des Sols) *via l'*outil de cartographie de la Base de Données Indicateurs de la Qualité des Sols (INDIQUASOL[14]), pour la maille incluant la commune de Pontgibaud (16 x 16 km), sont repris dans le tableau suivant pour les métaux et métalloïdes disponibles parmi la liste des substances étudiées dans la présente étude. Il est à souligner l'absence de données concernant l'arsenic, l'antimoine parmi les substances étudiées dans le présent rapport.

[14] http://indiquasol.gissol.fr/geoindiquasol/index.php

Tableau 2 : Concentrations en les métaux et métalloïdes pour la maille englobant la zone du district de Pontgibaud issues du RMQS

Paramètre	Cadmium	Chrome	Cuivre	Nickel	Plomb	Zinc
Gamme de concentration (mg/kg MS) dans l'horizon 0-30 cm de profondeur	0,5 - 1	100 - 150	60 - 100	50 - 100	70 - 100	200 - 300

En conclusion, au regard de ces différentes études, il apparait que les concentrations maximales de l'environnement local témoin pour les sols de surface en dehors de zones de stockage de résidus miniers ou des sols autres que des « sols » avec des quantités importantes de résidus miniers sont pour :

– le plomb de l'ordre de 400 mg/kg MS ;

– l'arsenic de l'ordre de 60 mg/kg MS ;

– le cadmium, l'antimoine, l'étain, le cuivre et l'argent, de l'ordre de quelques mg/kg MS ;

– le zinc, de l'ordre de plusieurs centaines de mg/kg MS (supérieures à 300 mg/kg MS).

Ces gammes de concentration sont prises également en compte lors de l'interprétation de quelques résultats des investigations de terrain réalisées par l'INERIS en dehors de zones de stockage de résidus miniers ou des sols autres que des « sols » avec des quantités importantes de résidus miniers

4.4 PROTOCOLES DE PRELEVEMENT

4.4.1 SOLS

Les profondeurs échantillonnées sont les suivantes :

– 0 à 5 cm au regard de la lithologie, pour des sols de surface concernés par la voie d'exposition ingestion de sol. Cette profondeur de prélèvement concerne principalement la zone du stade de Pontgibaud, dans les parcelles avec des résidences, les zones de pelouse, enherbées, partiellement de sol à nu, et les zones de promenade et de loisirs (jeux). Les zones de sol à nu sont privilégiées, *a priori* plus accessibles aux enfants lors de leurs activités de jeux. Cependant des zones avec pelouse ou un couvert herbacé sont également échantillonnées, aussi accessibles aux enfants lors d'activités de jeux ;

– 0 à 30 cm au niveau des sols cultivés (remaniés), potentiellement concernés également par la voie d'exposition ingestion de sol lors des activités de jardinage par les adultes, mais également au regard du transfert vers les

végétaux potager et l'ingestion de végétaux[15]. Cette profondeur concerne plus particulièrement les jardins potagers.

Quelques échantillons de sols de 0 à 10 cm ont également été prélevés à l'aide d'une une bêche ou d'une tarière manuelleafin de caractériser les matériaux des dépôts de résidus, ou les sols de pâturage.

Sols de surface (non remaniés)

Ces prélèvements ont été effectués à l'aide d'une une bêche ou d'une tarière manuelle nettoyée à chaque nouveau lieu investigué et concernent la tranche de sol comprise entre 0 et 5 cm de profondeur.

L'échantillon a été réalisé soit à partir d'un prélèvement unitaire, soit à partir de plusieurs prélèvements pour réaliser un échantillon composite comprenant plusieurs sous-échantillons (2 à 6) dans le même horizon à des emplacements proches sur une zone donnée en cercle, en carrée, en triangle ou autres (afin de minimiser l'incertitude sur la représentativité de l'échantillonnage des sols de surface), de volumes semblables homogénéisés.

Sols cultivés (remaniés) des jardins potagers

Ces prélèvements ont été réalisés à la bèche manuelle et concernent la tranche de sol comprise entre 0 et 30 cm de profondeur. Les composés susceptibles d'être quantifiés dans cette tranche de terrain ne sont pas volatils. Ces prélèvements concernent les sols des jardins potagers et ont été réalisés au regard de la superficie de la zone étudiée à partir de prélèvements unitaires ou de plusieurs prélèvements pour réaliser un échantillon composite comprenant plusieurs sous-échantillons (2 à 3) dans le même horizon à des emplacements proches, répartis de façon homogène sur l'ensemble des jardins potagers ou de parcelles avec des pratiques culturales spécifiques et concernées par les végétaux prélevés en parallèle des échantillons de sols.

Chaque prélèvement d'échantillon a fait l'objet d'une fiche de prélèvements. L'Annexe 2 reprend dans un tableau, les éléments de synthèse issus de ces fiches, indiquant notamment la description lithologique des sols prélevés, les indices visuels et organoleptiques, le type d'échantillon (unitaire, composite et le nombre de prises pour l'élaboration d'un échantillon à analyser), etc.

Cette annexe présente également quelques illustrations par le biais de photographies.

4.4.2 EAUX DE SURFACE ET SOUTERRAINES

Les prélèvements ont été effectués :

– directement en sortie du robinet (cas de la fontaine du lieu-dit « La Mine du Rosiers), en remplissant directement le flaconnage fourni par le laboratoire de l'INERIS ;

– directement depuis la berge pour les eaux de surface en remplissant directement le flaconnage fourni par le laboratoire.

[15] En rappel, lors de cette première campagne de terrain, au regard de la saison, aucun prélèvement de végétaux potagers n'a été réalisé.

Certains points de prélèvements ont conduit à la réalisation de deux types d'échantillons, l'un filtré (0,45 µm) et l'autre non filtré[16].

Chaque échantillon a fait l'objet d'une fiche de prélèvement qui indique notamment les paramètres physico-chimiques (pH, conductivité) mesurés lors de ces prélèvements. L'Annexe 2 reprend un tableau avec les éléments de synthèse issus de ces fiches ; la localisation des prélèvements étant présentée en l'annexe 1.

4.5 CONDITIONNEMENT DES ECHANTILLONS

Les échantillons prélevés ont été conditionnés selon les normes en vigueur en fonction des milieux : des sacs en plastique pour les sols, des flaconnages en verre (eaux de surface et souterraines) et placés au frais et à l'abri de la lumière jusqu'à leur acheminement dans les laboratoires de l'INERIS pour les analyses.

4.6 ANALYSES DES METAUX ET METALLOÏDES ET MESURES DE BIOACESSIBILITE

Substances analysées

Au regard de la minéralogie et de l'historique des activités minières, les substances sélectionnées pour les analyses sont principalement le plomb, l'arsenic ainsi que l'antimoine, l'argent, le cadmium, le cuivre, l'étain, le nickel, le zinc.

Pour les eaux, les analyses ont été réalisées sur brut et sur eau filtrée.

Les limites de quantification demandées au laboratoire d'analyses ont été définies au regard des objectifs de l'étude en tenant compte notamment des valeurs de gestion qui sont utilisées dans le cadre de l'IEM ou en l'absence de valeurs de gestion, au regard de la mise en œuvre de calculs de risques sanitaires et des valeurs toxicologiques de référence associées.

L'annexe 4 avec les bordereaux des analyses indique les protocoles ainsi que les normes et référentiels.

[16] Pour rappel, lors de comparaison aux limites de qualité pour les substances chimiques dans les eaux destinées à la consommation humaine pour les substances étudiées (extrait de Annexe I de l'arrêté du 11-01-2007), les valeurs de concentration sont à prendre en compte sur des échantillons d'eau filtrée. Dans le cadre d'une étude sanitaire et de l'usage de l'eau pour exemple l'arrosage des jardins potagers, les résultats sur des eaux non filtrées sont également nécessaires. De même dans le cadre des aspects environnementaux et de l'eau d'abreuvage du bétail, les résultats sur des eaux non filtrées sont également nécessaires.

Mesures de bioaccessibilité

Certains des échantillons de sols, ont également fait l'objet de mesures de bioaccessibilité.

En effet, les voies d'exposition liées à l'ingestion de sol sont conditionnées par différents paramètres comme par exemple, pour l'enfant, la quantité de terre ingérée, mais également la biodisponibilité (fraction de substance ayant passé les barrières biologiques) pour l'homme du composé chimique présent dans la matrice ingérée. Ce dernier paramètre, qui caractérise la fraction absorbée d'une substance, peut être approché notamment par la bioaccessibilité (« fraction d'une substance libérée dans les sucs gastro-intestinaux humains et donc disponible pour absorption »). Ce paramètre appliqué en tant que facteur correctif de la concentration totale, est une estimation plus réaliste de l'exposition et améliore ainsi l'estimation des niveaux de risques et permet de proposer des actions mieux proportionnées.

Classiquement, les calculs des expositions et des risques, effectués dans les études, considèrent selon une approche majorante, que la biodisponibilité d'un élément dans la terre, les végétaux autoproduits est totale.

Les données concernant la biodisponibilité/bioaccessibilité sont encore éparses, peu nombreuses et pas toujours adaptées au contexte étudié. En effet, les éléments bibliographiques actuellement disponibles, présentent d'importantes variabilités de valeurs de bioaccessibilité notamment dans les sols issus de différents contextes historiques, des différentes lithologies et minéralogies,. Aussi, il est difficile aujourd'hui d'intégrer des données de biodisponibilité/bioaccessibilité sur la base des seules données émanant de la littérature.

C'est pourquoi, pour proposer une estimation plus appropriée de l'exposition des populations liée à l'ingestion de terre, la mesure de la fraction bioaccessible sur les sols provenant de la zone étudiée est nécessaire.

Ainsi, dans le cadre de la présente étude, certains prélèvements de sols étaient destinés également à la détermination dans les laboratoires de l'INERIS de la concentration totale et de la concentration bioaccessible selon le protocole *in-vitro* « UBM (Unified Barge Method) procedure for the measurement of inorganic contaminant bioaccessibility from solid matrices » pour l'arsenic, le cadmium, le plomb et l'antimoine. Actuellement, ce test est uniquement validé pour ces substances parmi celles étudiées dans la présente étude.

Ce test, présenté plus en détail en Annexe 3, est basé sur la physiologie digestive humaine et comprend trois phases : buccale, stomacale et intestinale. Il permet la caractérisation de la bioaccessibilité gastrique et de la bioaccessibilité intestinale, la valeur la plus contraignante étant retenue pour l'évaluation de l'exposition.

Le choix des échantillons pour la mesure de bioaccessibilité a été réalisé en fonction des valeurs de concentrations totales observées et des scénarios étudiés. Ainsi, des mesures de bioaccessibilité dans les sols potentiellement ingérés par les enfants ont été privilégiées.

Par ailleurs, dans chaque échantillon, la mesure de bioaccessibilité a concerné systématiquement le plomb, l'arsenic, le cadmium et l'antimoine.

4.7 RÉSULTATS BRUTS DES ANALYSES DES PRELEVEMENTS

Les résultats analytiques bruts sont, dans ce paragraphe, fournis pour toutes les substances analysées, en soulignant que les principales substances d'intérêt sont le plomb et l'arsenic.

Pour chaque milieu, sols, eaux, les résultats des analyses chimiques et les incertitudes associées sont indiqués en annexe 4 avec les bordereaux d'analyses, pour ces dernières, elles sont reprises dans le tableau ci-après.

Tableau 3 : Incertitudes analytiques du laboratoire de l'INERIS pour les concentrations totales et la bioaccessibilité dans les sols, et les concentrations dans les eaux

Substances	Incertitudes sur les concentrations totales dans les sols (%)	Bioaccessibilité gastrique (%)[17] dans les sols	Bioaccessibilité intestinale (%)[18] dans les sols	Incertitudes sur les concentrations dans les eaux (%)
Ag	21	/	/	17
As	22	46	40	20
Sb	15	43	27	8
Cd	17	20	20	16
Cr	31	/	/	19
Cu	23	/	/	16
Ni	19	/	/	12
Pb	15	18	75	9
Sn	29	/	/	16
Zn	23	/	/	17

4.7.1 LES SOLS

Pour les sols, les résultats des analyses chimiques et de bioaccessibilités gastrique ou intestinale (la valeur la plus contraignante étant indiquée à titre conservatoire dans les tableaux suivants) sont synthétisés dans les tableaux ci-après et regrouper en fonction des scénarios d'exposition étudiés.

Les incertitudes analytiques dans les sols pour les substances majeures sont reprises dans le tableau suivant.

Les figures de l'annexe 1 reprennent la localisation des sites étudiés.

[17] les pourcentages indiqués se rapportent à la concentration associée à la bioaccessibilité et non au pourcentage de bioaccessibilité, les incertitudes associées aux pourcentages de bioaccessibilité sont donc plus faibles.

[18] les pourcentages indiqués se rapportent à la concentration associée à la bioaccessibilité et non au pourcentage de bioaccessibilité, les incertitudes associées aux pourcentages de bioaccessibilité sont donc plus faibles.

Tableau 4 : Concentrations en métaux et métalloïdes dans les sols dans la zone de « Pontgibaud-Stade » et bioaccessibilité

	Concentration dans les sols (mg/kg MS) et *bioaccessibilité (%)*									
Substances **Nom de l'échantillon de sol** *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Pb**	**As**	**Cd**	**Sb**	**Ag**	**Cr**	**Cu**	**Ni**	**Sn**	**Zn**
Zone des dépôts de résidus de « Pontgibaud-Stade » (commune de Pontgibaud)										
Scénarios 5a-1 et 5a-2 et scénario 5b - Scénario d'un enfant et d'un adulte habitant la parcelle avec le logement de fonction du complexe sportif de Pontgibaud										
po-s-1 *(PONT-S-01 (0-1))*	6 045	276	1,6	69,5	22,5	51,7	88,5	47,1	8,7	1 182
Bioaccessibilité (%)	*53 (G)*	*10 (G)*	*45 (G)*	*5 (I)*	/	/	/	/	/	/
po-s-1 *(PONT-S-01 (1-10))*	16 230	647	<1,2	119	58,1	13,2	106	21,6	4,4	947
Bioaccessibilité (%)	*54 (G)*	*5 (G)*	*49 (G)*	*5 (I)*	/	/	/	/	/	/
po-s-2 *(PONT-S-02 (1-10))*	15 330	730	1,5	133	*67,4*	5,2	82,3	7,0	4,4	1 078
Bioaccessibilité (%)	*60 (G)*	*8 (G)*	*59 (G)*	*8 (I)*	/	/	/	/	/	/
po-s-2 *(PONT-S-02-0-1)*	1 530	78,9	<1,2	15,8	4,0	50,5	29,1	38,2	<6,2	174
Bioaccessibilité (%)	*45 (G)*	*5 (G, I)*	*21 (G)*	*8 (I)*	/	/	/	/	/	/
po-s-3 *(PONT-S-03-0-20)*	3 136	161	1,3	44,1	12,8	40,6	56,7	38,0	7,5	558
Bioaccessibilité (%)	*50 (G)*	*13 (G)*	*38 (G)*	*6 (I)*	/	/	/	/	/	/
***Dépôts de résidus de « Pontgibaud-Stade »*[19]**										
Replat sommital du dépôt										
po-s-4 *(PONT-S-04-0-25)*	18 740	821	2,7	132	63,0	3,2	76,9	4,7	3,6	1 090
Bioaccessibilité (%)	*40 (G)*	*4 (G, I)*	*53 (G)*	*9 (I)*	/	/	/	/	/	/
Zone ouest, proche d'une ancienne galerie										
po-s-5 *(PONT-S-05)*	40 790	284	58,2	216	186	13,7	171	15,2	<6,2	3 810
Bioaccessibilité (%)	*27 (G)*	*12 (G)*	*21 (G)*	*2 (G, I)*	/	/	/	/	/	/
po-s-37 *(PONT-S-37-0-10)*	22 300	868	3,9	169	76,9	5,1	85,9	5,6	<6,2	1 423
Bord du talus est										
po-s-6 *(PONT-S-06-0-25)*	24 600	798	<1,2	182	72,1	2,3	125	4,1	4,0	683
Limite de quantification	*2,5*	*2,5*	*1,2*	*2,5*	*1,2*	*2,5*	*1,2*	*1,2*	*6,2*	*2,5*

Légende :
(G) : bioaccessibilité gastrique
(I) : bioaccessibilité intestinale
< X : X étant la limite de quantification analytique
/ : pas de mesure de bioaccessibilité pour cette substance, seuls Pb, As, Cd, et Sb concernés

[19] Il est à souligner que ces lieux de prélèvements ne sont plus « accessibles » suite à la finalisation des travaux de mise en sécurité avec confinement du dépôt de résidus de « Pontgibaud-Stade » en date de rédaction du présent rapport (revégétalisation du site, zone clôturée, cf. photographies de la figure 7). Ces concentrations ne seront donc *in fine* pas prises en compte dans le cadre de l'évaluation des risques sanitaires.

Suite du Tableau 4 : Concentrations en métaux et métalloïdes dans les sols dans la zone de « Pontgibaud-Stade » et bioaccessibilité

	Concentration dans les sols (mg/kg MS) et *bioaccessibilité (%)*									
Substances **Nom de l'échantillon de sol** *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Pb**	**As**	**Cd**	**Sb**	**Ag**	**Cr**	**Cu**	**Ni**	**Sn**	**Zn**
Scénario 1 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs fréquentant le terrain de football de Pontgibaud										
po-s-9 *(PONT-S-09-0-2)*	2 060	138	3,3	30,3	8,9	39,5	35,7	33,9	6,5	410
Bioaccessibilité (%)	*38 (G)*	*30 (G)*	*52 (G)*	*8 (I)*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*
po-s-10 *(PONT-S-10-0-2)*	1 495	129	3,7	12,3	3,2	17,8	22,1	18,0	4,9	218
po-s-11 *(PONT-S-11-1-2)*	2 260	190	6,2	43,6	5,62	43,6	35,4	35,1	7,8	626
Bioaccessibilité (%)	*34 (G)*	*29 (G)*	*51 (G)*	*35 (I)*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*
Zone de prairies à l'est de la zone du complexe sportif de Pontgibaud										
po-s-12 *(PONT-S-12-0-10)*	2 780	185	6,3	24,5	3,2	21,6	30,7	15,8	6,3	279
po-s-13 *(PONT-S-13-0-10)*	3 130	335	10,4	53,7	4,6	38,9	32,0	28,1	9,9	546
po-s-14 *(PONT-S-14-0-10)*	1 850	456	7,1	27,4	1,9	37,2	31,4	27,8	10,1	544
Bioaccessibilité (%)	*78 (G)*	*29 (G)*	*53 (I)*	*10 (I)*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*
po-s-15 *(PONT-S-15-0-10)*	2 290	317	7,1	47,9	4,1	42,4	35,0	28,3	16,2	378
Bioaccessibilité (%)	*76 (G)*	*20*	*69 (G)*	*7 (I)*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*
Scénario 2 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs fréquentant la zone en bordure du terrain de football de Pontgibaud										
po-s-7 *(PONT-S-07-0-1)*	20 710	1 025	1,3	153	66,4	8,6	112	9,4	6,5	1 600
Bioaccessibilité (%)	*28 (G)*	*3 (G, I)*	*22 (G)*	*7 (I)*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*
po-s-8 *(PONT-S-08-0-2)*	7 270	303	1,61	85,1	29,3	40,1	67,1	22,8	13,1	1 580
Bioaccessibilité (%)	*27 (G)*	*15 (G)*	*34 (G)*	*9 (I)*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*
po-s-16 *(PONT-S-16-0-2)*	1 240	122	2,7	9,7	3,48	35,0	23,8	21,9	7,1	245
Bioaccessibilité (%)	*59 (G)*	*20 (G)*	*45 (G)*	*12 (I)*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*
po-s-17 *(PONT-S-17-1-3)*	3 860	288	7,6	62,5	9,98	41,9	48,4	33,3	10,7	615
Bioaccessibilité (%)	*82 (G)*	*21 (G)*	*52 (G)*	*46 (I)*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*
po-s-18 *(PONT-S-18-0-2)*	17 970	621	1,3	133	67,1	7,0	64,7	6,02	6,4	1 145
Scénario 3 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs fréquentant la zone de l'ancien terrain de football situé au nord du complexe sportif actuel de Pontgibaud										
po-s-19 *(PONT-S-19-0-10)*	223	139	1,8	7,1	<1,2	23,3	20,9	18,6	4,2	113
Scénario 6 – Scénario d'un enfant vacancier fréquentant une parcelle d'une résidence secondaire, zone sitiuée au sud ouest du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »										
po-s-20 *(PONT-S-20-0-2)*	10 390	294	6,6	93,3	26,9	17,2	176	30,3	16,4	1 630
Bioaccessibilité (%)	*13 (I)*	*55 (G)*	*59 (G)*	*27 (I)*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*
po-s-21 *(PONT-S-21-0-25)*	14 530	337	6,54	123	35,8	25,3	110	44,9	18,0	1 650
Limite de quantification	*2,5*	*2,5*	*1,2*	*2,5*	*1,2*	*2,5*	*1,2*	*1,2*	*6,2*	*2,5*

Légende :
(G) : bioaccessibilité gastrique
(I) : bioaccessibilité intestinale
< x : x étant la limite de quantification analytique
/ : pas de mesure de bioaccessibilité pour cette substance, seuls Pb, As, Cd, et Sb concernés

Suite du Tableau 4 : Concentrations en métaux et métalloïdes dans les sols dans la zone de « Pontgibaud-Stade » et bioaccessibilité

	Concentration dans les sols (mg/kg MS) et *bioaccessibilité (%)*									
Substances **Nom de l'échantillon de sol** *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Pb**	**As**	**Cd**	**Sb**	**Ag**	**Cr**	**Cu**	**Ni**	**Sn**	**Zn**
Scénario 7- Scénario d'un enfant vacancier fréquentant une parcelle d'une résidence secondaire, maison mitoyenne située à l'ouest, zone au sud ouest du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »										
po-s-22 *(PONT-S-22-0-2)*	4 160	214	4,6	33,2	8,9	16,1	83,9	18,9	11,0	679
Bioaccessibilité (%)	*85 (G)*	*31 (G)*	*63 (G)*	*24 (I)*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*
po-s-24 *(PONT-S-24-0-3)*	9 720	309	6,7	121	28,1	29,4	138	36,1	13,6	622
Bioaccessibilité (%)	*85 (G)*	*37 (G)*	*59 (G)*	*17 (I)*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*
Scénario 8 - Scénario d'un enfant vacancier fréquentant une parcelle d'une résidence secondaire, maison mitoyenne située à l'est, zone au sud ouest du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »										
po-s-23 *(PONT-S-23-0-3)*	1 000	53,5	2,1	6,9	2,6	6,2	15,2	6,8	3,99	270
Scénario 9 - Scénario d'un enfant vacancier fréquentant une parcelle d'une résidence secondaire située sud est du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »										
po-s-25 *(PONT-S-25-0-3)*	7 200	238	8,1	104	17,6	29,4	138	30,4	21,2	1 210
Bioaccessibilité (%)	*82 (G)*	*41 (G)*	*65 (G)*	*12(I)*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*
po-s-26 *(PONT-S-26-0-3)*	7 770	414	6,0	57,6	17,5	16,2	169	24,0	14,6	1 730
Bioaccessibilité (%)	*88 (G)*	*39 (G)*	*67 (G)*	*28 (I)*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*
Scénario 14 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente fréquentant une autre parcelle mitoyenne située au sud ouest du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »										
po-s-27 *(PONT-S-27-0-10)*	8 860	320	7,7	195	18,5	40,4	216	50,3	17,5	1 190
Bioaccessibilité (%)	*75 (G)*	*29 (G)*	*51 (G)*	*14 (I)*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*
Scénario 13 - Scénario d'un adulte d'une résidence permanente située au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade » avec des activités de jardinage										
po-s-28 *(PONT-S-28-0-30)*	7 370	268	6,6	120	14,0	37,8	137	39,5	17,3	793
Bioaccessibilité (%)	*72 (G)*	*28 (G)*	*70 (G)*	*10 (I)*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*
Scénario 12 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente située au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »										
po-s-29 *(PONT-S-29-0-3)*	12 020	390	9,4	116	51,6	8,7	522	23,9	28,8	1 330
Bioaccessibilité (%)	*77 (G)*	*37 (G)*	*79 (G)*	*25 (I)*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*
po-s-30 *(PONT-S-30-0-3)*	6 180	156	3,8	160	17,1	7,3	57,1	11,0	5,8	507
po-s-31 *(PONT-S-31-0-3)*	5 600	242	7,7	159	17	18,2	103	22,9	12,0	621
Bioaccessibilité (%)	*82 (G)*	*48 (G)*	*69 (G)*	*11 (I)*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*
Scénario 10 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente située au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »										
po-s-*32* (PONT-S-32-0-3)	98,3	224	<1,2	3,2	<1,2	40,1	32,4	27,0	7,9	123
Bioaccessibilité (%)	*73 (G)*	*19 (G)*	*83 (G)*	*6 (G)*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*
Limite de quantification	*2,5*	*2,5*	*1,2*	*2,5*	*1,2*	*2,5*	*1,2*	*1,2*	*6,2*	*2,5*

Légende :
(G) : bioaccessibilité gastrique
(I) : bioaccessibilité intestinale
< x : x étant la limite de quantification analytique
/ : pas de mesure de bioaccessibilité pour cette substance, seuls Pb, As, Cd, et Sb concernés

Suite du Tableau 4 : Concentrations en métaux et métalloïdes dans les sols dans la zone de « Pontgibaud-Stade » et bioaccessibilité

	Concentration dans les sols (mg/kg MS) et *bioaccessibilité (%)*									
Substances **Nom de l'échantillon de sol** *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Pb**	**As**	**Cd**	**Sb**	**Ag**	**Cr**	**Cu**	**Ni**	**Sn**	**Zn**
Scénario 11 - Scénario d'un enfant vacancier fréquentant une parcelle d'une résidence secondaire située au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »										
po-s-33 *(PONT-S-33-0-10)*	4 590	233	3,3	55,5	11,0	31,3	62,6	27,3	8,1	711
Bioaccessibilité (%)	*73 (G)*	*31 (G)*	*64 (G)*	*10 (I)*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*
po-s-34 *(PONT-S-34-0-3)*	5 090	174	3,0	58,7	11,0	28,9	76,5	30,3	9,6	804
Bioaccessibilité (%)	*83 (G)*	*40 (G)*	*63 (G)*	*10 (I)*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*
Scénario 4 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs fréquentant la zone le long du chemin bordant les anciens bassins et les zones au droit de ces derniers, au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »										
po-s-35 *(PONT-S-35-0-10)*	59 460	4 116	3,3	610	207	8,9	427	16,9	18,1	5 230
Bioaccessibilité (%)	*20 (G)*	*2 (G, I)*	*11 (G)*	*4 (G, I)*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*
Zone de prairie au nord est du complexe sportif de Pontgibaud										
po-s-36 *(PONT-S-36-0-10)*	6 200	430	14,1	80,9	11,8	43,5	56,7	39,9	16,6	968
Zone de sous-bois à proximité du cours d'eau au sud de la zone de « Pontgibaud-Stade » en bordure sud de la départementale										
po-s-38 *(PONT-S-38-0-10)*	544	114	<1,2	16,9	1,71	20,6	16,5	15,0	<6,2	141
Limite de quantification	*2,5*	*2,5*	*1,2*	*2,5*	*1,2*	*2,5*	*1,2*	*1,2*	*6,2*	*2,5*

Légende :

(G) : bioaccessibilité gastrique

(I) : bioaccessibilité intestinale

< x : x étant la limite de quantification analytique

/ : pas de mesure de bioaccessibilité pour cette substance, seuls Pb, As, Cd, et Sb concernés

Tableau 5 : Concentrations en métaux et métalloïdes dans les sols dans la zone de « Roure/ Les Rosiers » et bioaccessibilité

	Concentration dans les sols (mg/kg MS) et *bioaccessibilité (%)*									
Substances **Nom de l'échantillon de sol** *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Pb**	**As**	**Cd**	**Sb**	**Ag**	**Cr**	**Cu**	**Ni**	**Sn**	**Zn**
Zone des dépôts de résidus de « Roure/ Les Rosiers » (commune de Saint-Pierre-le-Chastel)										
ro-s-2 *(ROSI-S-02-2-10)*	16 350	2 990	1,36	141	50,2	4,25	103	4,50	20,7	519
Scénario 15 - Scénario d'un enfant avec des activités de promenade et de loisirs (jeux) au droit du dépôt majeur de résidus de « Roure/ Les Rosiers »										
ro-s-1 *(ROSI-S-01-0-2a)*	27 850	875	<1,25	123	64,7	4,5	45,0	2,3	13,6	190
Bioaccessibilité (%)	*35 (G)*	*7 (G)*	*/*	4 *(G, I)*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*
ro-s-3 *(ROSI-S-03-0-2)*	14 210	691	2,7	92,6	43,4	16,3	64,4	23,3	11,0	554
Bioaccessibilité (%)	*65 (G)*	*20 (G)*	*45 (G)*	7 *(I)*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*
ro-s-8 *(ROSI-S-08-0-5)*	26 700	1 593	1,8	185	74,9	6,8	65,9	6,0	15,7	323
ro-s-9 *(ROSI-S-09-0-5)*	24 050	728	<1,2	102	101	1,3	34,0	2,1	7,2	153
ro-s-10 *(ROSI-S-10-0-5)*	33 060	678	<1,2	137	108	4,8	39,4	2,8	8,9	141
Bioaccessibilité (%)	*28 (G)*	*3 (G)*	*//*	5 *(I)*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*
ro-s-11 *(ROSI-S-11-0-1)*	13 790	604	2,4	71,2	52,1	1,4	37,7	3,3	5,0	234
ro-s-12 *(ROSI-S-12-0-1)*	26 740	657	<1,2	70,1	83,0	1,4	25,3	1,8	6,9	128
ro-s-13 *(ROSI-S-13-0-5)*	26 500	1 146	<1,2	84,8	58,6	1,4	39,8	2,6	6,1	247
Bioaccessibilité (%)	*34 (G)*	*2 (G)*	*//*	4 *(G, I)*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*
ro-s-19 *(ROSI-S-19-0-5)*	23 950	1203	<1,2	108	64,6	1,5	59,8	3,9	10,4	279
Scénario 16 - Scénario d'un enfant avec des activités de promenade et de loisirs (jeux) dans les zones des dépôts principaux de résidus de « Roure/ Les Rosiers », jouant principalement en bordure du Lac bleu										
ro-s-11 *(ROSI-S-11-0-1)*	13 790	604	2,4	71,2	52,1	1,4	37,7	3,3	4,99	234
ro-s-12 *(ROSI-S-12-0-1)*	26 740	657	<1,2	70,1	83,0	1,4	25,3	1,8	6,9	128
Scénario 17 - Scénario d'un enfant avec des activités de promenade et de loisirs (jeux) dans la branche sud du Y de la zone principale des dépôts de résidus de « Roure/ Les Rosiers »										
ro-s-4 *(ROSI-S-04-0-5)*	35 070	527	<1,2	115	65,0	4,1	32,3	2,3	<6,2	110
ro-s-5 *(ROSI-S-05-0-5)*	34 330	552	<1,2	108	67,4	3,4	39,4	4,4	5,2	268
Bioaccessibilité (%)	*28 (G)*	*4 (G)*	*32 (G)*	7 *(I)*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*
Zone située à l'intersection des branches sud et nord du Y de la zone principale des dépôts de résidus de « Roure/ Les Rosiers »										
ro-s-7 *(ROSI-S-07-0-5)*	27 000	1 260	<1,2	172	92,3	13,7	95,2	8,1	22,3	368
Scénario 18 - Scénario d'un enfant avec des activités de promenade et de loisirs (jeux) dans la branche nord du Y de la zone principale des dépôts de « Roure/ Les Rosiers »										
ro-s-14 *(ROSI-S-14-0-5)*	15 100	1 300	<1,2	116	73,0	4,2	56,5	4,1	18,4	130
Zone en bordure de forêt au nord de la branche sud du Y de la zone principale des dépôts de « Roure/ Les Rosiers »										
ro-s-6 *(ROSI-S-06-3-10)*	3 710	284	<1,25	22,0	3,4	22,7	28,8	14,1	4,7	161
Limite de quantification	*2,5*	*2,5*	*1,2*	*2,5*	*1,2*	*2,5*	*1,2*	*1,2*	*6,2*	*2,5*

Légende :

(G) : bioaccessibilité gastrique

(I) : bioaccessibilité intestinale

< x : x étant la limite de quantification analytique

/ : pas de mesure de bioaccessibilité pour cette substance, seuls Pb, As, Cd, et Sb concernés

// : pas de mesure de bioaccessibilité car concentration < LQ

Suite du Tableau 5 : Concentrations en métaux et métalloïdes dans les sols dans la zone de « Roure/ Les Rosiers » et bioaccessibilité

	Concentration dans les sols (mg/kg MS) et *bioaccessibilité (%)*									
Substances **Nom de l'échantillon de sol** *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Pb**	**As**	**Cd**	**Sb**	**Ag**	**Cr**	**Cu**	**Ni**	**Sn**	**Zn**
Zone du lieu-dit « La Mine des Rosiers » (commune de Saint-Pierre-le-Chastel)										
Scénario 20 - Scénario d'un enfant vacancier d'une résidence temporaire située face à la fontaine du lieu-dit « La Mine du Rosiers », au nord des dépôts majeurs de résidus de « Roure/ Les Rosiers »										
ro-s-15 *(ROSI-S-15-0-3)*	7 480	904	4,0	58,5	23,8	37,3	73,9	27,0	18,7	589
Bioaccessibilité (%)	*55 (G)*	*26 (G)*	*52 (G)*	7 *(I)*						
ro-s-16 *(ROSI-S-16-0-3)*	3 540	359	2,2	31,1	8,9	39,7	42,0	26,4	59,1	631
Bioaccessibilité (%)	*57 (G)*	*26 (G)*	*52 (G)*	7 *(I)*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*
Scénario 19 - Scénario d'un enfant vacancier d'une résidence temporaire située face à la fontaine du lieu-dit « La Mine du Rosiers », au nord des dépôts majeurs de résidus de « Roure/ Les Rosiers »										
ro-s-17 *(ROSI-S-17-0-3)*	4 650	450	4,1	21,1	11,2	20,6	53,1	19,0	10,7	536
Bioaccessibilité (%)	*64 (G)*	*25 (G)*	*53 (G)*	13 *(I)*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*
Zone de paririe au nord-est de la fontaine du lieu-dit « La Mine des Rosiers »										
ro-s-18 *(ROSI-S-18-0-10)*	631	124	1,38	14,2	1,5	47,2	35,0	27,0	9,52	234
Prairie entre les dépôts majeurs de résidus de « Roure/ Les Rosiers » et le hameau « La Bantusse »										
ro-s-20 *(ROSI-S-20-0-10)*	3 790	573	4,7	31,2	9,82	43,4	49,7	31,8	9,2	642
Zone du hameau « La Bantusse » (commune de Saint-Pierre-le-Chastel)										
Scénario 21 - Scénario d'un enfant « visiteur » fréquentant la parcelle d'une résidence permanente située dans le hameau de Bantusse à l'est des dépôts principaux de « Roure/ Les Rosiers »										
ro-s-21 *(ROSI-S-21-0-3)*	2 990	305	1,5	65,5	10,1	46,8	41,6	30,1	10,8	362
Bioaccessibilité (%)	*71 (G)*	*23 (I)*	*47 (G)*	4 *(I)*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*
Zone de prairie en bordure du ruisseau de la Veyssière au hameau de La Bantusse										
ro-s-22 *(ROSI-S-22-0-10)*	19 080	1 240	4,6	64,4	34,9	12,9	63,1	10,7	8,8	498
Bioaccessibilité (%)	*62 (G)*	*24 (G)*	*63 (G)*	16 *(I)*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*
Zone de prairie (en altitude) au sud du hameau de La Bantusse										
ro-s-23 *(ROSI-S-23-0-10)*	138	159	<1,2	36,2	<1,2	41,9	28,0	31,3	<6,2	117
Bioaccessibilité (%)	*49 (G)*	*14 (I)*	*50 (G)*	2 *(I)*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*
Limite de quantification	*2,5*	*2,5*	*1,2*	*2,5*	*1,2*	*2,5*	*1,2*	*1,2*	*6,2*	*2,5*

Légende :
(G) : bioaccessibilité gastrique
(I) : bioaccessibilité intestinale
/ : pas de mesure de bioaccessibilité pour cette substance, seuls Pb, As, Cd, et Sb concernés
< x : x étant la limite de quantification (LQ) analytique

En ce qui concerne les résultats de bioaccessibilité dans les sols, le présent rapport ne présente pas d'interprétation détaillée en termes de gamme de valeurs mesurées et de spécificités des sols.

La section 5 traite l'interprétation de l'état des milieux, pour les sols en termes sanitaires.

Cependant à titre informatif, il est à souligner des concentrations significatives dans les sols de parcelles de pâturage de :

– la zone de « Pontgibaud-Stade », en bordure droite de la D 418 en face du stade de Pontgibaud (côté est) au droit desquelles du bétail a été observé : dans une gamme de 1 850 mg/kg à 3 130 mg/kg en plomb et de 185 mg/kg à 456 mg/kg en arsenic (échantillons po-s-12 à 15). De même pour l'échantillon po-s-36 situé dans une prairie à 500 m au Nord-Est du complexe sportif de Pontgibaud[20] (mais absence de bétail lors des investigations de l'INERIS) qui indique également des concentrations significatives, en plomb de 6 200 mg/kg et en arsenic de 430 mg/kg[21].

– la zone de « Roure/ Les Rosiers », en aval des dépôts de résidus et à proximité du hameau de La Bantusse en bordure du ruisseau de la Veyssière : une concentration en plomb de 19 080 mg/kg et en arsenic de 1 240 mg/kg (prélèvement ro-s-22).

Bioaccessibilités dans les sols

L'examen des tableaux précédents indiquent que les valeurs de bioaccessibilité se situent dans les gammes suivantes :

– pour la zone de « Pontgibaud-Stade » :
  - de 20 à 88% pour le plomb,
  - de 2 à 55% pour l'arsenic,
  - de 11 à 83% pour le cadmium
  - de 2 à 19% pour l'antimoine.

– pour la zone de « Roure/ Les Rosiers » :
  - de 28 à 71% pour le plomb,
  - de 2 à 26% pour l'arsenic,
  - de 32 à 63% pour le cadmium
  - de 2 à 19% pour l'antimoine.

Les deux figures suivantes illustrent les gammes des bioaccessibilités mesurées avec en rappel les concentrations totales dans les sols.

En termes d'interprétation au regard des caractéristqiues des sols, ces données seront intégrées dans le cadre d'un retour d'expérience plus général sur des mesures de bioaccessibilité dans différents milieux, réalisé ultérieurement pour le Ministère chargé de l'Ecologie dans le cadre de la mission d'appui de l'INERIS.

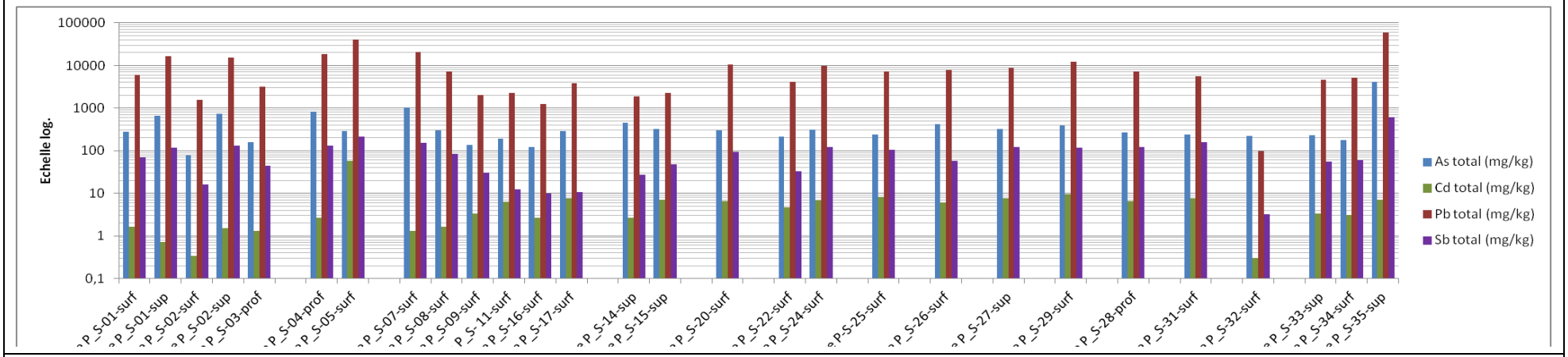
[20] Initialement cette zone avait été choisie en tant qu'environnement local témoin des zones de prairies situées juste à l'est du complexe sportif de Pontgibaud.

[21] Il est à souligner l'échantillon « po-s-36 », composite de 3 sous-échantillons en triangle, situés juste au nord d'un petit monticule de terre entouré d'un grillage, dans une zone de prairie au nord est du complexe sportif de Pontgibaud. Les sous-échantillons comportent pour certains une part majeure de résidus, avec une concentration en plomb de 6 200 mg/kg et en arsenic de 430 mg/kg. Le monticule comporte quant à lui une part majeure de matériau de type résidus jaune, de même que des zones à l'entrée de la parcelle (absence d'analyse chimique sur ces zones)

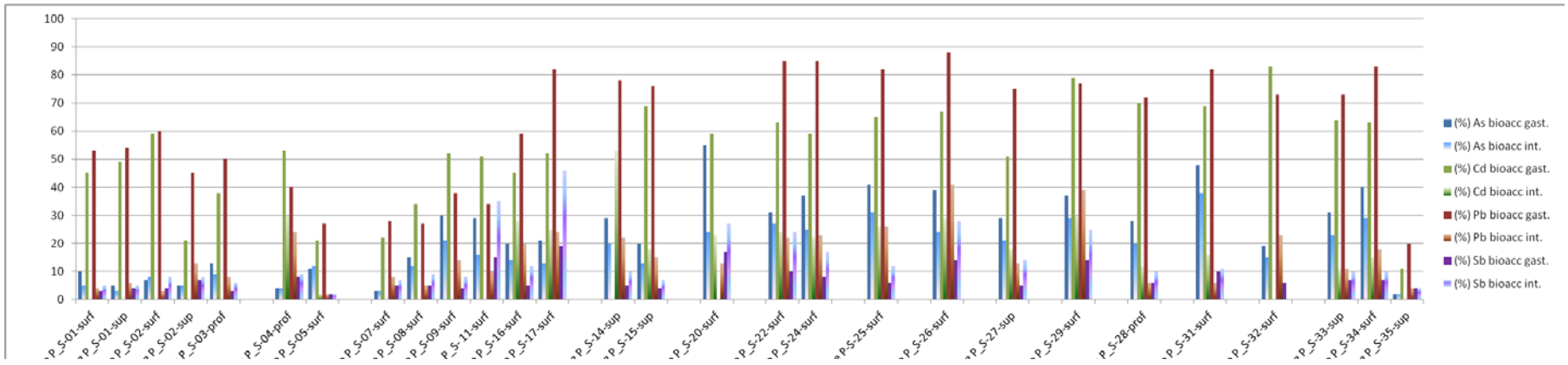
Il est à souligner que globalement les valeurs de bioaccessibilités les plus contraignantes sont généralement celles de la bioaccessibilité gastrique à l'exception de l'antimoine qui présente des bioaccessibilités intestinales plus faibles, et également pour certains échantillons pour l'arsenic.

Figure 10 : Gammes des bioaccessibilités des sols de la zone de « Pontgibaud-Stade »

Zone de « Pontgibaud-Stade »



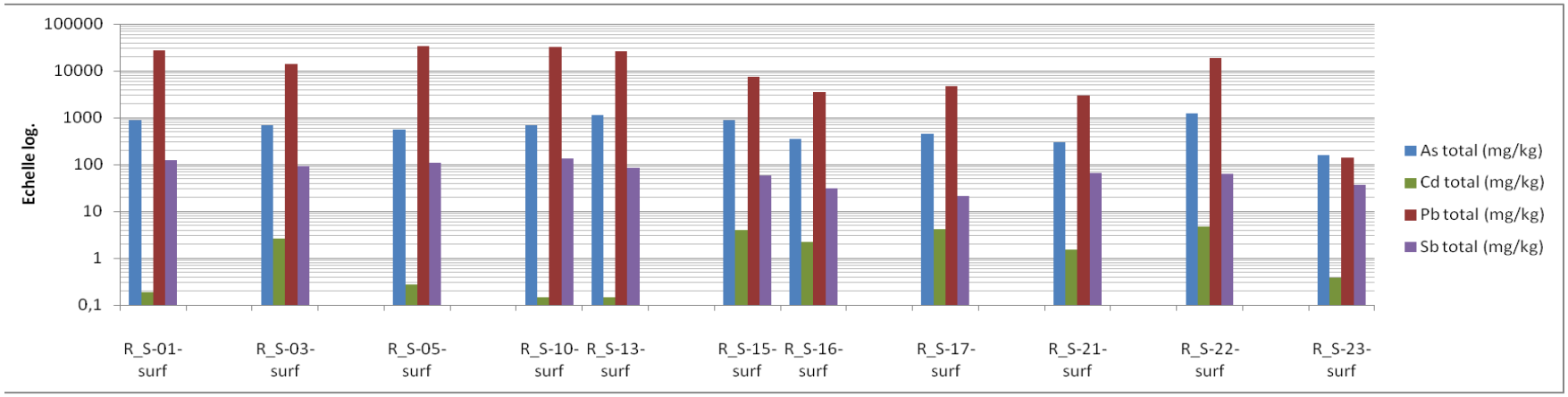
Rappel des concentrations dans les sols de surface (mg/kg)



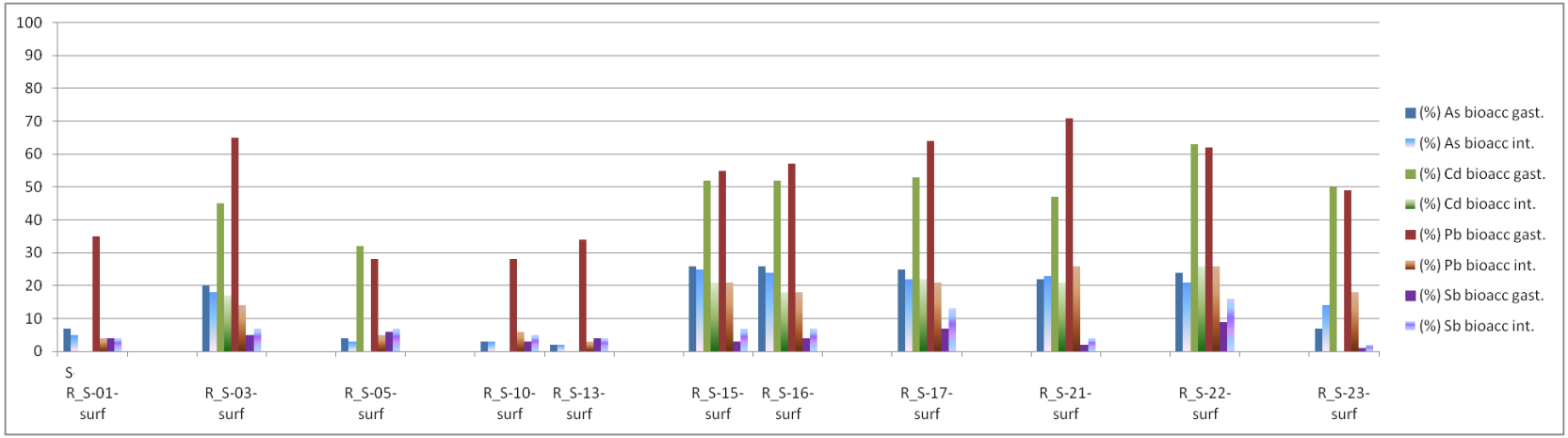
Bioaccessibilités gastriques et intestinales (%)

Figure 11 : Gammes des bioaccessibilité des sols de la zone de « Roure/ Les Rosiers »

Zone de « Roure/ Les Rosiers »



Rappel des concentrations dans les sols de surface (mg/kg)



Bioaccessibilités gastriques et intestinales (%)

4.7.2 LES EAUX

Les résultats des eaux de surface et souterraine sont indiqués dans les tableaux de la section 5.6.

Les figures de l'annexe 1 reprennent la localisation des sites étudiés.

5 INTERPRETATION DE L'ETAT DES MILIEUX EN TERMES SANITAIRES

5.1 PREAMBULE

Les sections suivantes reprennent les éléments spécifiques nécessaires à l'interprétation des résultats de caractérisation de l'état de chaque milieu étudié.

5.2 RAPPELS METHODOLOGIQUES

En termes sanitaires, sur la base des résultats bruts présentés dans les sections précédentes, une IEM a été conduite afin de statuer sur la compatibilité des milieux avec leurs usages constatés. Elle permet de distinguer :

– les milieux ne nécessitant pas d'action particulière et permettant une libre jouissance des usages constatés sans risque ;

– les milieux pouvant faire l'objet d'actions simples pour rétablir la compatibilité entre l'état des milieux et les usages constatés (« zone d'interprétation ») ;

– les milieux nécessitant la mise en œuvre d'un plan de gestion.

Lorsque les milieux ne permettent pas la jouissance des usages constatés sans exposer les populations à des niveaux de risques excessifs, il est nécessaire :

– d'élaborer des propositions d'actions simples de gestion ;

– le cas échéant, d'identifier des premières mesures de protection sanitaires ;

– de recourir aux outils de conservation de la mémoire et de restriction d'usage.

Lorsqu'il est acquis que les milieux nécessitent un plan de gestion, sont à conduire le plus rapidement possible l'identification des premières mesures de protection sanitaires et le recours aux outils de restriction d'usage, en attendant la mise en œuvre du plan de gestion.

Comme le montre la Figure 12, l'une des premières étapes de la démarche d'IEM conduit à comparer l'état des milieux à l'état des milieux naturels voisins de la zone d'investigation c'est-à-dire à l'environnement local témoin.

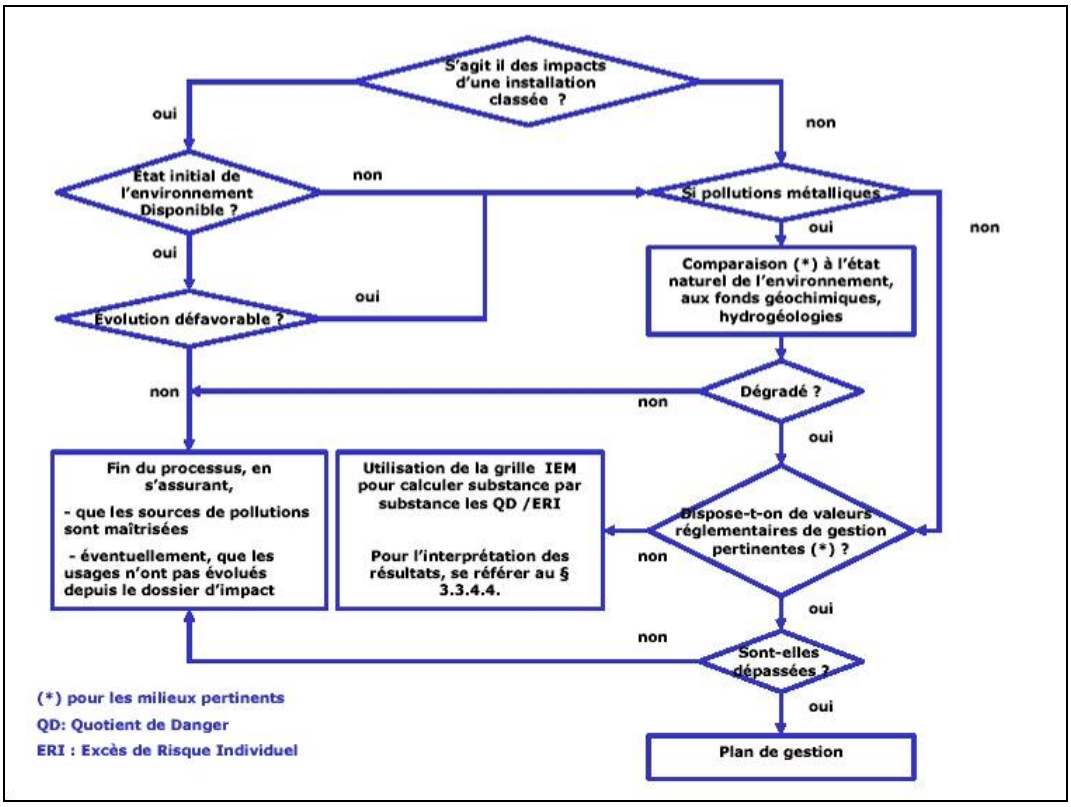


Figure 12 : Critères de gestion du risque de l'IEM (MEDD, 2007)

Suivant la démarche d'interprétation de l'état des milieux (MEDD, 2007), les concentrations mesurées dans les milieux d'exposition sont comparées notamment :

– aux concentrations de l'environnement local témoin, mises en perspective avec des gammes de concentrations communément observées dans la littérature française pour des situations similaires. Pour rappel (cf. section 4.3) dans le cadre de la présente étude, en contexte d'après-mine, il est à souligner la problématique de l'identification d'un environnement local témoin (ELT) pertinent, notamment au regard : de la complexité des lithologies en présence, du contexte d'anomalie géochimique qui caractérise tout site minier ;

– aux valeurs réglementant en France la qualité des milieux environnementaux (valeurs de gestion réglementaires et les objectifs de qualité des milieux en vigueur) ; et cela en cohérence pour les voies et les scénarios d'exposition pertinents identifiés dans le schéma conceptuel (usages effectivement constatés). Ces valeurs de gestion réglementaires mises en place par les pouvoirs publics correspondent au niveau du risque accepté par les pouvoirs publics pour l'ensemble de la population française. Les valeurs de gestion sont notamment, au regard de la présente étude, les suivantes :

- les limites de qualité des eaux destinées à la consommation humaine à l'exclusion des eaux conditionnées, reprises dans l'article R1321-2 du Code de la Santé Publique (CSP) modifié par l'article 1e du décret n°2007-49, repris dans l'annexe I de l'arrêté du 11-01-2007. Par défaut, elles seront utilisées pour tout usage de ces eaux : une eau potable est réputée saine pour la consommation humaine et pour tous les autres usages domestiques ou assimilés[22].

Lorsque l'état des milieux montre une dégradation ou que des valeurs de gestion ne sont pas disponibles, une Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) est réalisée en dernier recours. Elle est basée sur les scénarios et les voies d'exposition identifiés dans le schéma conceptuel, et apporte alors des éléments de jugement. Une grille de calculs des risques, à laquelle est associée des intervalles de gestion des risques, est adossée à la méthodologie d'IEM et permet la réalisation d'une EQRS pour chacune des substances et voies d'exposition étudiées prises indépendamment, en cohérence avec la démarche de gestion des pouvoirs publics.

Ainsi, plus particulièrement dans la présente étude, lorsque la comparaison à l'environnement local témoin montre une dégradation des milieux pour certaines substances et que des valeurs de gestion ne sont pas disponibles, ce qui est le cas pour les sols en France, il est alors nécessaire de vérifier si l'état de ces milieux est compatible avec l'usage qui en est fait par le biais d'une EQRS.

Les intervalles de gestion présentés dans la Figure 13 ci-après ont été définis par le MEDD pour interpréter les résultats de l'EQRS menée pour chacune des substances et voies d'exposition étudiées prises indépendamment. Les intervalles de gestion sont précisés ci-après pour les risques associés aux effets à seuil (Quotient de Danger – QD) et aux effets sans seuil (Excès de Risques Individuel – ERI) :

– $QD < 0,2$ et $ERI < 10^{-6}$: l'état des milieux est compatible avec les usages constatés ;

– $0,2 < QD < 5$ ou $10^{-6} < ERI < 10^{-4}$: zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion ;

– $QD > 5$ ou $ERI > 10^{-4}$: l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages, un plan de gestion est requis.

[22] La Directive Cadre Eau (DCE) au regard du bon état des milieux aquatiques (cours d'eau, plans d'eau, eaux souterraines, etc.) est également en cas de besoin à intégrer à la démarche. De même, en ce qui concerne l'abreuvement du bétail, des recommandations issues du rapport de l'ANSES (2010) sont prises en compte (cf. section 5.6)

Intervalle de gestion des risques		L'interprétation des résultats	Les actions à engager **Dans tous les cas, il convient de s'assurer que la source de pollution est maîtrisée**	
Substances à Effet de Seuil	Substances Sans Effets de Seuil		Sur les milieux	Sur les usages
Inférieur à 0,2	Inférieur à 10^{-6}	L'état des milieux est compatible avec les usages constatés	❑ S'assurer que la source de pollution est maîtrisée	❑ La mémorisation des usages peut être nécessaire pour s'assurer de la pérennité des usages actuels qui sont compatibles avec l'état des milieux
Compris entre 0,2 et 5	Compris entre 10^{-4} et 10^{-6}	Zone d'incertitude nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion	❑ Le recours à une argumentation appropriée, au retour d'expérience ❑ La mise en œuvre de mesures de gestion simples et de bon sens ❑ La réalisation d'une évaluation quantitative des risques réfléchie ❑ La mise en œuvre de restriction d'usage accompagnée d'une surveillance des milieux ❑ La mémorisation des usages peut être nécessaire pour s'assurer de la pérennité des usages actuels	
Supérieur à 5	Supérieur à 10^{-4}	L'état des milieux n'est pas compatible avec les usages	❑ La définition et la mise en œuvre d'un plan de gestion pour rétablir la compatibilité entre l'état des milieux et les usages	

Figure 13 : Intervalles de gestion donnés par la grille de calculs de l'IEM (source : MEDD, 2007)

Lorsque les résultats des calculs de risques pour les substances à effet de seuil et sans effet de seuil, sont compris respectivement comme suit $0,2 < QD < 5$ ou $10^{-6} < ERI < 10^{-4}$, comme indiqué dans la Figure 13, parmi les actions à engager est citée la réalisation d'une EQRS réfléchie, avec dans ce cas :

– les niveaux de risque de référence suivants :

- Quotient de Danger :

  Pour les effets à seuil, le Quotient de Danger (QD) théorique doit être inférieur à 1 ; lorsqu'il est supérieur à 1, la possibilité d'apparition d'un effet toxique ne peut être exclue ;

- Excès de Risque Individuel :

  Pour les effets sans seuil, l'Excès de Risques Individuel théorique (ERI) doit être inférieur à 10^{-5} (probabilité d'apparition d'un cas supplémentaire de cancer sur une population de 100 000 personnes exposées) ;

– et les règles d'additivité suivantes :

  - pour les effets à seuil, les calculs sont réalisés selon une première approche conservatoire, l'additivité des risques est prise en compte systématiquement via la sommation des QD de toutes les substances étudiées. En effet, *a minima*, il est nécessaire de réaliser la sommation des QD liés à des substances avec les mêmes effets sur le même organe cible induit par un même mécanisme d'action ;
  - pour les effets sans seuil, les calculs ont été réalisés en sommant les ERI de toutes les substances étudiées.

5.3 SCHEMA CONCEPTUEL

En rappel, le schéma conceptuel est, selon les textes du MEDD (2007), une véritable représentation de l'état des lieux du site considéré. Le schéma conceptuel doit permettre de mettre en évidence les relations entre :

– les sources de pollutions identifiées,

– les milieux de transferts,

– les enjeux qui sont ici les populations et plus particulièrement les enfants.

5.3.1 SOURCES DE POLLUTION

La « source » désigne le milieu à partir duquel les substances « non désirables » s'accumulent ou initient le transfert vers d'autres milieux.

Sur les zones investiguées, en termes sanitaires, les sources principales sont les sols.

Pour rappel, la majorité des sites étudiés sont au droit de résidus, pour lesquels la comparaison à un ELT n'est pas pertinente.

Pour les quelques sites situés en dehors de zones de stockage de résidus miniers ou des sols autres que des « sols » avec des quantités importantes de résidus miniers, la comparaison des concentrations observées à celles caractérisant l'environnement local témoin[23] indiquent dans certains cas des dépassements.

5.3.2 VECTEURS ET MILIEUX DE TRANSFERT, MILIEUX D'EXPOSITION ET ENJEUX

En termes sanitaires, au regard d'éléments présentés précédemment, d'une source principale, les sols, de vecteurs et milieux de transferts (notamment les sols, les eaux), de milieux d'exposition (principalement les sols), les enjeux considérés sont les populations (enfants et adultes) qui résident ou passent leurs vacances dans les parcelles avec des résidences permanentes ou temporaires, ou qui fréquentent des zones de promenades ou de loisirs au droit des sites étudiés.

[23] Comme mentionné précédemment la consultation de bases de données issues d'autres études sur la zone pour une mise en perspective de ces données a été également réalisée, les gammes des valeurs des concentrations de l'environnement local témoin étant mentionnées en fin de section 4.3.

Dans le cas des zones étudiées les voies d'exposition retenues sont les suivantes :

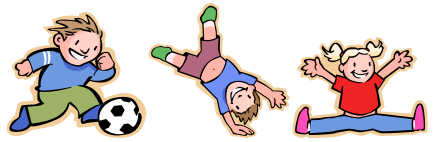
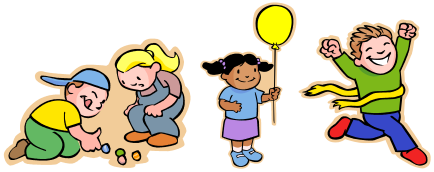
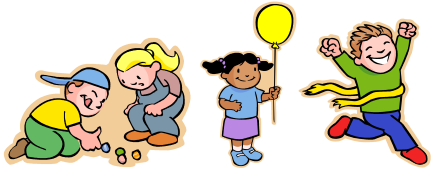
– l'ingestion de sol de surface pour les enfants les plus exposés au regard de leur comportement, le portage main-bouche lors des activités de jeux en extérieur au droit des zones précitées ;

– l'ingestion de sol (horizon de culture) pour des adultes lors des activités de jardinage.

5.3.3 BILAN DU SCHÉMA CONCEPTUEL

Le Tableau 6 et le Tableau 7 récapitulent le schéma conceptuel et résume les voies d'exposition et les populations considérées, pour les différentes parcelles étudiées au regard d'informations observées lors de la campagne de terrain et communiquées par la population. Les scénarios sont également positionnés sur les figures de l'Annexe 1.

Tableau 6 : Récapitulatif du schéma conceptuel d'exposition en fonction des lieux ou propriétés étudiés dans la zone de « Pontgibaud-Stade »

Scénario et lieux publics ou propriétés privées (nom des échantillons de sol)	**Milieux d'exposition**	**Populations concernées et voies d'exposition / Illustrations**
Scénario 1 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs fréquentant le terrain de football de Pontgibaud lors d'activités sportives, comme le club de football (éch. : po-s- 9, 10, 11)	Sol de surface au droit des zones de pelouse, enherbées et partiellement de sol à nu	Enfant Ingestion de sol lors des activités sportives 
Scénario 2 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs fréquentant la zone en bordure du terrain de football de Pontgibaud (éch. : po-s- 7, 8, 16, 17, 18)	Sol de surface au droit des zones de pelouse, enherbées et partiellement de sol à nu	Enfant Ingestion de sol lors des activités de jeux en extérieur
Scénario 3 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs fréquentant la zone de l'ancien terrain de football situé au nord du complexe sportif actuel de Pontgibaud (éch. po-s- 19)		
Scénario 4 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs fréquentant la zone le long du chemin bordant les anciens bassins et les zones au droit de ces derniers, au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade » (éch. po-s- 35)	Sol de surface au droit des zones enherbées et partiellement de sol à nu	Enfant Ingestion de sol lors des activités de jeux en extérieur 
Scénario 5a-1 et 5a-2 - Scénario d'un enfant habitant le logement de fonction du complexe sportif de Pontgibaud (éch. po-s- 1, 2)	Sol de surface au droit des zones de pelouse, enherbées, ou partiellement de sol à nu	Enfant Ingestion de sol lors des activités de jeux en extérieur 
Scénarios 5b - Scénario d'un adulte habitant la parcelle avec le logement de fonction du complexe sportif de Pontgibaud (éch. po-s- 3)	Sol de l'horizon cultivé	Adulte Ingestion de sol lors des activités de jardinage

Suite du Tableau 5 : Récapitulatif du schéma conceptuel d'exposition en fonction des lieux ou propriétés étudiés dans la zone de « Pontgibaud-Stade »

Scénario et lieux publics ou propriétés privées (nom des échantillons de sol)	**Milieux d'exposition**	**Populations concernées et voies d'exposition / Illustrations**
Scénario 6 - Scénario d'un enfant vacancier fréquentant une parcelle d'une résidence secondaire, zone au sud ouest du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade » (éch.: po-s- 20)	Sol de surface au droit des zones de pelouse, enherbées, ou partiellement de sol à nu	Enfant Ingestion de sol lors des activités de jeux en extérieur
Scénario 7- Scénario d'un enfant vacancier fréquentant une parcelle d'une résidence secondaire, maison mitoyenne située à l'ouest, zone au sud ouest du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade » (éch. po-s- 22, 24)		
Scénario 8 - Scénario d'un enfant vacancier fréquentant une parcelle d'une résidence secondaire, maison mitoyenne située à l'est, zone au sud ouest du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade » (éch. po-s- 23)		
Scénario 9 - Scénario d'un enfant vacancier fréquentant une parcelle d'une résidence secondaire située au sud est du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade » (éch. po-s- 25, 26)		
Scénario 10 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente située au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade » (éch. po-s- 32)		
Scénario 11 - Scénario d'un enfant vacancier fréquentant une parcelle d'une résidence secondaire située au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade » (éch. po-s- 33, 34)		

Suite du Tableau 5 : Récapitulatif du schéma conceptuel d'exposition en fonction des lieux ou propriétés étudiés dans la zone de « Pontgibaud-Stade »

Scénario et lieux publics ou propriétés privées (nom des échantillons de sol)	**Milieux d'exposition**	**Populations concernées et voies d'exposition / Illustrations**
Scénario 12 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente située au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade » (éch. po-s- 29, 30, 31)	Sol de surface au droit des zones de pelouse, enherbées, ou partiellement de sol à nu	Enfant Ingestion de sol lors des activités de jeux en extérieur
Scénario 14 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente fréquentant une autre parcelle mitoyenne située au sud ouest du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade » (éch. po-s- 27)		
Scénario 13 - Scénario d'un adulte d'une résidence permanente située au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade » avec des activités de jardinage (éch. po-s- 28)	Sol de l'horizon cultivé	Adulte Ingestion de sol lors des activités de jardinage

Tableau 7 : Récapitulatif du schéma conceptuel d'exposition en fonction des lieux ou propriétés étudiés dans la zone de « Roure/ Les Rosiers »

Scénario et lieux publics ou propriétés privées (nom des échantillons de sol)	**Milieux d'exposition**	**Populations concernées et voies d'exposition / Illustrations**
Scénario 15 - Scénario d'un enfant avec des activités de promenade et de loisirs (jeux) au droit du dépôt majeur de « Roure/ Les Rosiers » (éch. ro-s- 1, 3, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 19)	Sol de surface au droit des dépôts Eau de la fontaine du lieu-dit « La Mine des Rosiers »	Enfant Ingestion de sol lors des activités de jeux Ingestion d'eau de la fontaine
Scénario 16 - Scénario d'un enfant avec des activités de promenade et de loisirs (jeux) dans les zones des dépôts principaux de « Roure/ Les Rosiers », jouant principalement en bordure du Lac Bleu (éch. ro-s- 11, 12)		
Scénario 17 - Scénario d'un enfant avec des activités de promenade et de loisirs (jeux) dans la branche sud du Y de la zone principale des dépôts de « Roure/ Les Rosiers » (éch. ro-s- 4, 5)		
Scénario 18 - Scénario d'un enfant avec des activités de promenade et de loisirs (jeux) dans la branche nord du Y de la zone principale des dépôts de « Roure/ Les Rosiers » (éch. ro-s- 14)		

Suite du Tableau 6 : Récapitulatif du schéma conceptuel d'exposition en fonction des lieux ou propriétés étudiés dans la zone de « Roure/ Les Rosiers »

Scénario et lieux publics ou propriétés privées (nom des échantillons de sol)	**Milieux d'exposition**	**Populations concernées et voies d'exposition / Illustrations**
Scénario 19 - Scénario d'un enfant vacancier d'une résidence temporaire située face à la fontaine du lieu-dit « La Mine du Rosiers », au nord des dépôts majeurs de résidus de « Roure/ Les Rosiers » (éch. ro-s- 17)	Sol de surface au droit des zones de pelouse, enherbées, ou partiellement de sol à nu Eau de la fontaine du lieu-dit « La Mine des Rosiers »	Enfant Ingestion de sol lors des activités de jeux en extérieur Ingestion d'eau de la fontaine
Scénario 20 - Scénario d'un enfant vacancier d'une résidence temporaire située face à la fontaine du lieu-dit « La Mine du Rosiers », au nord des dépôts majeurs de résidus de « Roure/ Les Rosiers » (éch. ro-s- 15, 16)		
Scénario 21 - Scénario d'un enfant « visiteur » fréquentant la parcelle d'une résidence permanente située dans le hameau de Bantusse à l'est des dépôts principaux de « Roure/ Les Rosiers » (éch. ro-s- 21)	Sol de surface au droit des zones de pelouse, enherbées, ou partiellement de sol à nu	Enfant Ingestion de sol lors des activités de jeux en extérieur

5.4 SUBSTANCES RETENUES

Les minéralisations (cf. section 2.2.2) contiennent quasi-exclusivement les substances suivantes : plomb, arsenic, argent. Mais l'antimoine, le cadmium, le cuivre, l'étain, le zinc sont également présents.

Dans ce contexte, les substances retenues pour l'étude des scénarios d'exposition et pour les calculs sanitaires, sont principalement le plomb, l'arsenic et l'argent, les autres substances précitées sont cependant également traitées d'emblé en l'absence de recherche documentaire complémentaire plus approfondie de la gîtologie (cf. section 2.2.2) et pas uniquement traitées dans la section relative à l'évaluation des incertitudes.

5.5 INTERPRETATION DES RESULTATS DES ANALYSES CHIMIQUES POUR LES SOLS

Pour rappel, la majorité des sites étudiés sont au droit de résidus, ou comportent des « sols » avec des quantités importantes de résidus miniers, pour lesquels la comparaison à un ELT n'est pas pertinente.

Pour les quelques sites situés en dehors de zones de stockage de résidus miniers ou des sols autres que des « sols » avec des quantités importantes de résidus miniers, la comparaison des concentrations observées à celles caractérisant l'environnement local témoin[24] indiquent dans certains cas des dépassements.

Les concentrations observées au droit de certains lieux de prélèvements comparées à la gamme de concentrations de l'environnement local témoin associé[25] mettent en évidence que la qualité des sols en certains lieux est dégradée, ou pour les autres, la majorité, en l'absence d'ELT pertinent[26], des concentrations très significatives.

Aussi, en l'absence de valeur de gestion pour les sols, la démarche IEM se poursuit par des calculs de risques sanitaires réalisés dans un premier temps pour chacune des substances tenant compte des scénarios d'exposition retenus et des intervalles de gestion de l'IEM. Cette étape est traitée ultérieurement en prenant en compte, en première approche, les concentrations maximales mesurées au droit de chacune des zones.

---

[24] Comme mentionné précédemment la consultation de bases de données issues d'autres études sur la zone pour une mise en perspective de ces données a été également réalisée, les gammes des valeurs des concentrations de l'environnement local témoin étant mentionnées en fin de section 4.3.

[25] En termes de gammes de concentrations de l'environnement local témoin, au regard des concentrations observées dans les sols issues de la campagne de terrain, ces dernières mettent en évidence que certains lieux ne peuvent être considérés comme tel, ainsi les données issues d'études antérieures ont également été prises en compte,

[26] Cf. le cas spécifique des zones de résidus miniers ou des sols avec des quantités importantes de résidus miniers comme mentionné en section 4.3.

5.6 INTERPRETATION DES RESULTATS DES ANALYSES CHIMIQUES POUR LES EAUX SOUTERRAINES ET DE SURFACE

Le Tableau 8 et le Tableau 9 indiquent respectivement pour la zone de « Pontgibaud-Stade » et celle de « Roure/ Les Rosiers », les concentrations dans les eaux de surface et souterraine.

Pour rappel, il n'a pas été mis en évidence dans les zones étudiées en termes d'usages constatés, des activités d'arrosage de certains jardins potagers [27], ou de baignade, ainsi uniquement à titre informatif, les concentrations dans les eaux de surface sont comparées en première approche aux valeurs réglementaires de qualité des eaux destinées à la consommation humaine (Arrêté Ministériel du 11 janvier 2007).

En ce qui concerne les eaux de surface de la zone de « Roure/ Les Rosiers », les concentrations en plomb et arsenic sont supérieures aux critères de potabilité. Pour rappel, l'échantillon « po-e-s-1 » correspond au prélèvement dans le « Lac Bleu ».

En ce qui concerne les eaux souterraines et plus particulièrement l'échantillon de l'eau de la Fontaine du lieu-dit « La Mine des Rosiers » (ro-e-font-7), ce dernier indique des concentrations inférieures aux critères de potabilité pour les substances étudiées dans la présente étude que sont le plomb, l'arsenic, le cadmium, le cuivre, le chrome, le nickel et l'antimoine. Pour rappel, cette voie d'exposition concerne plus particulièrement les scénarios de la zone de « Roure/ Les Rosiers » (Scénario -15, 16, 17, 18, 19, 20).

En outre, uniquement pour information, la présente étude n'étant pas concernée par un volet environnemental, pour les eaux de surface au regard de l'environnement, les Normes de Qualité Environnementales (NQE)[28] émanant de la Directive Cadre sur l'Eau concernant la qualité des eaux de surface sont également mentionnées dans le Tableau 8 et le Tableau 9. Il apparaît un état dégradé particulièrement pour le plomb et l'arsenic.

[27] Pour rappel, aucun prélèvement de végétaux potagers n'a été réalisé lors de la campagne hivernale d'investigations, indiquant le cas échéant une contamination suite à l'arrosage avec des eaux potentiellement contaminées.

[28] Circulaire française du 7 mai 2007 et arrêté du 25 janvier 2010 modifié par arrêté du 8 juillet 2010 et par l'arrêté du 28 juillet 2011.

Tableau 8 : Concentrations dans les eaux de surface de la zone de « Pontgibaud-Stade » et valeurs règlementaires de qualité des eaux destinées à la consommation humaine (et NQE)

	Concentrations dans l'eau (µg/l)									
Substance **Nom de l'échantillon d'eau** *(référence sur le bordereau)*	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Cr**	**Pb**	**Ni**	**Sb**	**Sn**	**Zn**
Zone de « Pontgibaud-Stade »										
Eau de surface										
La Sioule										
po-e-s-1 *(PONT-E-SUR-01)* *(éch. non filtré)*	<5,0	8,3	<2,0	<2,0	<2,0	8,3	<5,0	<5,0	<2,0	17,1
po-e-s-1 *(PONT-E-SUR-01)* *(éch. filtré)*	<5,0	4,7	<2,0	<2,0	<2,0	<5,0	<5,0	<5,0	<2,0	<5,0
po-e-s-2 *(PONT-E-SUR-02)* *(éch. non filtré)*	<5,0	6,1	<2,0	<2,0	<2,0	5,2	<5,0	<5,0	<2,0	8,8
po-e-s-2 *(PONT-E-SUR-01)* *(éch. filtré)*	<5,0	4,5	<2,0	<2,0	<2,0	<5,0	<5,0	<5,0	<2,0	5,6
Limite de quantification	*5,0*	*0,5*	*2,0*	*2,0*	*2,0*	*5,0*	*5,0*	*5,0*	*2,0*	*5,0*
Légende : *< X : X étant la limite de quantification analytique*										
Concentrations dans les eaux destinées à la consommation humaine pour les substances étudiées (extrait de Annexe I de l'arrêté du 11-01-2007) (µg/l)[29]	/	10	5	2000	50	10	20	5	/	/
NQE – moyenne annuelle	*(°°°)*	4,2 **	0,08 à 0,25 *	1,4 **	3,4 **	1,2 *	4	(°)	*(°°)*	3,1 – 7,8 (c) **

Légende
* NQE fixée pour l'atteinte du bon état chimique
** NQE fixée pour l'atteinte du bon état écologique
(°) : pour l'Sb, la NQE est définie comme le « bruit de fond géochimique » auquel est ajouté 113 µg/l
(°°) : pour l'Sn, NQE est définie comme le « bruit de fond géochimique » auquel est ajouté 1,5 µg/l
(°°°) : pour l'Ag, NQE est définie comme le « bruit de fond géochimique » auquel est ajouté 0,05 µg/l
(C) : 3,1 µg/L pour une dureté ≤ 24 µg $CaCO_3$/L – 7,8 µg/L pour une dureté > 24 µg $CaCO_3$/L
concentration à appliquer aux matières dissoutes (eau filtrée) pour Ag, Cd, Pb et Ni

[29] Ces valeurs de concentration sont à prendre en compte sur des échantillons d'eau filtrée.

Tableau 9 : Concentrations dans les eaux de surface et souterraine de la zone de « Roure/ Les Rosiers » et valeurs règlementaires de qualité des eaux destinées à la consommation humaine (et NQE)

	Concentrations dans l'eau (µg/l)									
Substance **Nom de l'échantillon d'eau** *(référence sur le bordereau)*	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Cr**	**Pb**	**Ni**	**Sb**	**Sn**	**Zn**
Zone de « Roure/ Les Rosiers »										
Eau de surface										
Le Lac Bleu										
ro-e-s-1 *(ROSI-E-SUR-01) (non filtré)*	<0,5	29,5	5,4	2,3	<2,0	564	10,8	<0,5	<2,0	768
ro-e-s-1 *(ROSI-E-SUR-01) (filtré)*	<0,5	6,3	4,1	<2,0	<2,0	221	8,2	<0,5	<2,0	765
Ruisseau de la Veyssière										
ro-e-s-2 *(ROSI-E-SUR-02) (non filtré)*	<0,5	39,2	<2,0	2,5	<2,0	8,9	<0,5	<0,5	<2,0	72,8
ro-e-s-2 *(ROSI-E-SUR-02) (filtré)*	<0,5	25,5	<2,0	<2,0	<2,0	<0,5	<0,5	<0,5	<2,0	50,9
ro-e-s-3 *(ROSI-E-SUR-03) (non filtré)*	<0,5	37,6	<2,0	3,3	<2,0	51,4	<0,5	<0,5	<2,0	113
ro-e-s-3 *(ROSI-E-SUR-03) (filtré)*	<0,5	22,6	<2,0	2,2	<2,0	15,9	<0,5	<0,5	<2,0	104
ro-e-s-6 *(ROSI-E-SUR-06) (non filtré)*	<0,5	37,6	<2,0	<2,0	<2,0	22,8	<0,5	<0,5	<2,0	61,2
ro-e-s-6 *(ROSI-E-SUR-06) (filtré)*	<0,5	25,7	<2,0	<2,0	<2,0	10,0	<0,5	<0,5	<2,0	53,8
Ruisseau de la Faye										
ro-e-s-4 *(ROSI-E-SUR-04) (non filtré)*	<0,5	39,6	<2,0	7,8	<2,0	60,0	<0,5	<0,5	<2,0	182
ro-e-s-4 *(ROSI-E-SUR-04) (filtré)*	<0,5	23,5	<2,0	5,8	<2,0	8,3	<0,5	<0,5	<2,0	172
ro-e-s-5 *(ROSI-E-SUR-05) (non filtré)*	<0,5	50,0	<2,0	7,3	<2,0	107	<0,5	<0,5	<2,0	278
ro-e-s-5 *(ROSI-E-SUR-05) (filtré)*	<0,5	21,5	<2,0	5,2	<2,0	17,4	<0,5	<0,5	<2,0	232
Eau souterraine										
Fontaine du lieu-dit « La Mine des Rosiers »										
ro-e-font-7 *(ROSI-E-SUR-07) (non filtré)*	<0,5	0,7	<2,0	<2,0	<2,0	<0,5	<0,5	<0,5	<2,0	5,8
ro-e-font-7 *(ROSI-E-SUR-07) (filtré)*	<0,5	0,6	<2,0	<2,0	<2,0	<0,5	<0,5	<0,5	<2,0	5,8
Zone du hameau La Bantusse situé à l'est de la zone de « Roure-les-Rosiers »										
Eau de surface										
La Sioule										
ro-e-s-8 *(ROSI-E-SUR-08) (non filtré)*	<0,5	48,7	<2,0	4,7	<2,0	174	<0,5	<0,5	<2,0	122
ro-e-s-8 *(ROSI-E-SUR-08) (filtré)*	<0,5	16,2	<2,0	<2,0	<2,0	25,3	<0,5	<0,5	<2,0	75,9
ro-e-s-9 *(ROSI-E-SUR-09) (non filtré)*	<0,5	33,3	<2,0	3,4	<2,0	89,8	<0,5	<0,5	<2,0	111
ro-e-s-9 *(ROSI-E-SUR-09) (filtré)*	<0,5	17,9	<2,0	2,4	<2,0	31,4	<0,5	<0,5	<2,0	91,8
Limite de quantification	*5,0*	*0,5*	*2,0*	*2,0*	*2,0*	*5,0*	*5,0*	*5,0*	*2,0*	*5,0*
Légende : *< X : X étant la limite de quantification analytique*										
Concentrations dans les eaux destinées à la consommation humaine pour les substances étudiées (extrait de Annexe I de l'arrêté du 11-01-2007) (µg/l)[30]	/	10	5	2000	50	10	20	5	/	/
NQE – moyenne annuelle	*(°°°)*	4,2 **	0,08 à 0,25 *	1,4 **	3,4 **	1,2 *	4	(°)	*(°°)*	3,1 – 7,8 (c) **

Légende
* NQE fixée pour l'atteinte du bon état chimique
** NQE fixée pour l'atteinte du bon état écologique
(°) : pour l'Sb, la NQE est définie comme le « bruit de fond géochimique » auquel est ajouté 113 µg/l
(°°) : pour l'Sn, NQE est définie comme le « bruit de fond géochimique » auquel est ajouté 1,5 µg/l
(°°°) : pour l'Ag, NQE est définie comme le « bruit de fond géochimique » auquel est ajouté 0,05 µg/l
(C) : 3,1 µg/L pour une dureté ≤ 24 µg $CaCO_3$/L – 7,8 µg/L pour une dureté > 24 µg $CaCO_3$/L
concentration à appliquer aux matières dissoutes (eau filtrée) pour Ag, Cd, Pb et Ni

[30] Ces valeurs de concentration sont à prendre en compte sur des échantillons d'eau filtrée.

Pour rappel, dans le cadre de la présente étude, principalement axée sur l'exposition potentielle des populations fréquentant les zones au droits des dépôts de résidus ou à proximité immédiate de ces derniers, il n'a pas été envisagé de prélèvements de denrées alimentaires issues de l'élevage domestique ou autres types d'élevage (bovins) ni de modélisation des transferts vers les denrées alimentaires issues de l'élevage domestique ou autres (bovins). En effet, l'IEM est uniquement basée sur des mesures dans les milieux d'exposition.

Cependant, à titre informatif, au regard de la présence de zones de pâturages avec du bétail en aval des dépôts de résidus de « Roure/ Les Rosiers », sont mentionnés les éléments suivants pour les eaux dans lesquelles le bétail vient s'abreuver au regard de données disponibles concernant les réglementations et les recommandations existantes en France sur l'eau d'abreuvement et particulièrement celles issues du rapport de l'ANSES de 2010 (ANSES, 2010).

Réglementation française : « Il n'existe pas d'obligations réglementaires (ni de résultats, ni de moyens) relatives à la qualité sanitaire de l'eau destinée à l'abreuvement des animaux d'élevage, excepté pour les troupeaux de volailles de l'espèce Gallus gallus. »

Recommandations en France : « Le "SEQ-Eau abreuvement", même s'il n'a plus de valeur réglementaire et n'a jamais été beaucoup utilisé, propose des valeurs limites en contaminants à ne pas dépasser sur la base des recommandations canadiennes sur l'eau d'abreuvement publiées par le Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement (cf. annexe 11) ainsi que sur l'avis d'experts. En effet, parmi les usages des ressources en eau envisagés par le « SEQ-Eau » figure l'usage "Abreuvage", correspondant à l'aptitude de l'eau à permettre l'abreuvement des animaux d'élevage.

Ce système d'évaluation de la qualité de l'eau classe les animaux en trois catégories d'âge et de sensibilité :

1 les animaux consommés "adolescents", volailles de chair, veaux de lait, porcs charcutiers. Ils ont une croissance accélérée et sont très sensibles à tous les polluants ;

2 les animaux consommés à maturité (ils ont une croissance lente et sont moins vulnérables) ;

3 les animaux de reproduction (exigences strictes pour la gestation et l'allaitement).

Le « SEQ-Eau » définit trois niveaux de qualité de l'eau :

Bleu	*Eau permettant l'abreuvage de tous les animaux, y compris les plus sensibles (animaux "adolescents", en gestation ou allaitant).*
Jaune	*Eau permettant l'abreuvage des animaux matures, moins vulnérables (bovins, ovins), mais demandant une surveillance accrue.*
Rouge	*Eau inapte à l'abreuvage des animaux.*

Le « SEQ-Eau abreuvement » prend en compte quatre altérations (grands types de dégradations de la qualité de l'eau) sur les 17 existantes, pour déterminer le niveau de qualité de l'eau d'abreuvement (MEDD/Agences-de-l'eau, 2003 ; MEDD/Agences-del'eau/BRGM, 2003 ; ONEMA et OIEau, 2010 ; Simonet, 2001) (cf. tableau II de l'annexe 12). »

Les critères de qualité proposés sont résumés dans le tableau ci-après pour les substances concernées par la présente étude.

Tableau 10 : Altération de l'usage abreuvement, paramètres associés et seuils de classement des altérations

			Classe d'altération		
Altération	**Paramètre de l'altération**	**Unités**	**Bleu**	**Jaune**	**Rouge**
Micropolluants minéraux	**Arsenic**	µg/L	50	500	>500
	Cadmium	µg/L	5	20	>20
	Cuivre	µg/L	500	5 000	>5 000
	Plomb	µg/L	50	100	>100
	Zinc	µg/L	5 000	50 000	>50 000

Ce document de l'ANSES mentionne également en termes de paramètres d'intérêt et recommandations de bonnes pratiques pour l'abreuvement des animaux, les éléments suivants.

« Dans les exploitations agricoles, les règlements du « paquet hygiène » imposent l'utilisation d'une eau conforme aux exigences de qualité réglementaires des EDCH pour certains usages comme l'hygiène corporelle des employés, le lavage des mains et de certains matériels (matériel de traite et de stockage du lait, etc.). Il en va de même pour l'administration de traitements médicamenteux. Cependant, pour d'autres usages comme l'abreuvement des animaux, une eau de qualité moindre peut être suffisante (cf. chapitre 5). Cette eau de qualité "adéquate" devrait être définie, ce qui est l'objectif de ce chapitre. »

Les recommandations relatives à l'eau d'abreuvement mentionnées doivent être nuancées et adaptées en fonction du mode d'élevage :

- *eaux alimentant des enceintes ou des bâtiments d'élevage, et dont la qualité peut être maîtrisée ;*
- *ressources en eau (rivières, lacs ou mares) dans lesquelles s'abreuvent directement les animaux et dont la qualité ne peut être maîtrisée.*

Les recommandations doivent être adaptées à la sensibilité de l'espèce considérée et à l'état physiologique de l'animal (âge notamment).

Les paramètres d'intérêt à rechercher dans l'eau d'abreuvement sont :

- *soit des paramètres indicateurs devant servir de signal d'alerte en cas de dépassement, sans toutefois avoir forcément de conséquence directe sur la santé animale ou la salubrité des denrées animales produites (paramètres d'alerte) ;*
- *soit des paramètres dont le dépassement présente un risque pour la santé animale ou la salubrité des denrées animales produites (paramètres à risque).*

Des analyses supplémentaires peuvent être réalisées en fonction de la situation locale. »

Le tableau ci-après reprend certaines de ces informations pour les substances étudiées dans la présente étude.

Tableau 11 : Paramètres et valeurs à risque – Synthèse des critères de qualité de l'eau d'abreuvement

Paramètres	**Concentration maximale (CM_{eau}) calculée dans l'eau d'abreuvement (mg/L)**
Arsenic	0,06
Cadmium	
– Bovins, ovins, caprins	0,03
– Jeunes ruminants et monogastriques	0,01
Plomb	
– Toutes espèces	0,1
Cuivre	
– Ovins	0,375
– Bovins	1
– Volailles, porcs, chevaux	6,25
Zinc	
– Ovins	7,5
– Bovins, volailles, chevaux	12,5
– Porcs	25

Il apparaît que certaines concentrations mesurées les eaux de surface des zones étudiées notamment en plomb, de plusieurs dizaines de µg/l et dépassant la centaine de µg/l, et plus particulièrement dans les zones des dépôts de « Roure/ Les Rosiers » et en aval de ces derniers, dépassent les concentrations mentionnées dans les deux tableaux précités.

Ainsi, il sera nécessaire d'approfondir l'usage de pâturage au regard de l'accès au bétail des berges de ces derniers, ainsi que la recherche plus précise des usages des denrées alimentaires (lait, viandes), et de se rapprocher des autorités vétérinaires pour la mise en place si besoin de contrôles de la qualité des denrées.

5.7 CALCULS DES RISQUES SANITAIRES

5.7.1 EVALUATION DE LA TOXICITÉ ET VALEURS TOXICOLOGIQUES DE RÉFÉRENCE

5.7.1.1 GÉNÉRALITÉS

L'évaluation de la toxicité regroupe les deux étapes suivantes détaillées dans l'annexe 5-a :

– l'identification du potentiel dangereux des substances, c'est-à-dire les effets indésirables qu'une substance est intrinsèquement capable de provoquer chez l'homme ;

– la définition des relations dose-effets et dose-réponse, c'est-à-dire définir une relation quantitative entre la dose ingérée ou la concentration inhalée et l'incidence de l'effet délétère. Cette relation est traduite par la Valeur Toxicologique de Référence (VTR), dont la dénomination dépend de l'organisme élaborateur. Les VTR « à seuil de dose » sont construites dans le cas de substances provoquant au-delà d'une certaine dose, des dommages dont la gravité augmente avec la dose absorbée. Les VTR « sans seuil de dose » sont construites dans le cas de substances pour lesquelles l'effet apparaît quelle que soit la dose reçue et où la probabilité de survenue augmente avec la dose.

5.7.1.2 CLASSIFICATIONS DISPONIBLES POUR LES SUBSTANCES ÉTUDIÉES

L'annexe 5-b reprend les différentes classifications de cancérogénicité proposées par les trois organismes suivants, l'Union Européenne, le CIRC-IARC et l'US EPA. Les informations sont extraites des fiches de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques INERIS disponibles pour les substances étudiées[31].

Pour le plomb et l'arsenic, les deux substances majeures dans la présente étude, des éléments sont également repris dans la section ci-après.

5.7.1.3 IDENTIFICATION DU POTENTIEL DANGEREUX

L'étape d'identification du potentiel dangereux des substances, c'est-à-dire les effets indésirables qu'une substance est intrinsèquement capable de provoquer chez l'homme, n'est pas reprise en détail dans ce rapport.

Ainsi, concernant les différents effets, le lecteur se reportera aux fiches INERIS de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques associées aux substances étudiées[32].

Pour le plomb et l'arsenic, les deux substances majeures dans la présente étude, des éléments de synthèse issus des fiches précitées sont repris ci-après.

---

[31] cf. le site INERIS : http://www.ineris.fr/rapports-d%C3%A9tude/toxicologie-et-environnement/fiches-de-donn%C3%A9es-toxicologiques-et-environnementales-d#stheme-1921

[32] Adresse du portail substances chimiques : http://ineris.fr/substances/fr/

Toxicité chronique du plomb[33]

En préambule, il est à mentionner que si l'exposition par ingestion prédomine dans la population générale, et l'inhalation en milieu professionnel, ces deux voies sont le plus souvent indiscernables l'une de l'autre. Pour pallier la difficulté qui consiste à identifier ces différentes voies et sources d'exposition, les effets du plomb chez l'homme sont identifiés à partir de la dose interne de plomb mesurée dans le sang (plombémie)[34].

Effets systémiques

Chez l'homme, les principaux effets systémiques sont observés au niveau du système nerveux central et périphérique (encéphalopathie, neuropathies périphériques, troubles mentaux organiques). Une anémie microcytaire hypochrome est aussi observée, de même que des atteintes rénales (néphropathie tubulaire proximale, fibrose interstitielle et atrophie tubulaire, insuffisance rénale avec sclérose glomérulaire), une augmentation de la pression artérielle, des effets sur la thyroïde, le système immunitaire ou la croissance des os chez les enfants.

Chez l'enfant, les effets du plomb sur le développement neurologique ont fait l'objet de nouvelles analyses qui conduisent à considérer ces effets comme étant les plus sensibles et pouvant apparaître pour des plombémies inférieures à celles considérées jusque là comme modérées (< 100 µg/L) (ANSES, 2010).

Effets cancérigènes (annexe 5b)

L'exposition professionnelle pourrait être associée à un risque accru de cancers des poumons, de l'estomac ou des reins. La classification (CIRC probablement cancérogène) du pouvoir cancérogène du plomb et de ses composés repose essentiellement sur les résultats des études expérimentales et plus spécifiquement lors d'expositions aux composés inorganiques, à l'acétate de plomb, au sous acétate de plomb, au chromate de plomb et au phosphate de plomb. Les composés d'oxyde de plomb, d'arséniate de plomb, la poudre de plomb et le tétraéthyle de plomb n'induisent pas d'effet cancérigène chez l'animal.

Effets sur la reproduction et le développement

Les données disponibles suggèrent un lien entre une plombémie élevée et la survenue d'avortements, d'accouchements avant terme mais aussi d'altérations du sperme. L'exposition des femmes enceintes ou des nouveau-nés à de faibles doses de plomb est à l'origine de malformations mineures et d'un ralentissement de la croissance et du développement psychomoteur. Le plomb peut altérer la capacité de reproduction masculine.

---

[33] A titre informatif, sont mentionnés les éléments suivants en termes de toxicité aiguë : chez l'homme, l'intoxication aiguë au plomb se traduit par des troubles digestifs, des atteintes rénales (atteinte tubulaire) et hépatiques, des effets sur le système nerveux central ainsi qu'une perturbation de la synthèse de l'hème.

[34] Le tableau de l'annexe 5-d reprend pour information les effets observés chez l'adulte et l'enfant en fonction de la plombémie minimale (d'après (INSERM, 2006)).

Toxicité chronique de l'arsenic[35]

Effets systémiques

Par voie orale, les effets chroniques de l'arsenic sont divers et variés : effets sur la peau (hyperkératose et hyperpigmentation, maladie de Bowen), le système respiratoire (toux, rhinorhées, laryngites), cardiovasculaire (arythmies, péricardites, maladie de Raynaud, maladie des pieds noirs « Blackfoot disease », gangrène), neurologique (neuropathies périphériques), gastro-intestinal, sanguin (anémie, leucopénie) et, découvert récemment, un possible impact sur le développement de certains types de diabète. Les effets sur la peau précédemment cités sont les signes les plus précoces traduisant une intoxication par l'arsenic. La grande majorité des informations disponibles, relatives à l'exposition par inhalation à l'arsenic, provient de situations professionnelles (fonderies, mines ou usines de produits chimiques) et rapporte des effets principalement au niveau de l'appareil respiratoire (emphysème, pneumoconiose), du systeme cardiovasculaire (maladie de Raynaud) et de la peau (hyperkératose et hyperpigmentation), mais aussi au niveau du système nerveux périphérique (neuropathies, diminution de la conduction nerveuse).

Effets cancérigènes (annexe 5b)

L'arsenic a été l'un des premiers composes chimiques reconnus comme cancérigène par le CIRC (groupe 1), l'US EPA (classe A) et l'Union Européenne (4 substances en Catégorie 1). Les principaux cancers liés à une exposition à l'arsenic sont les cancers de la peau, de la vessie, des poumons, des reins et du foie. L'arsenic est clastogène *in vitro* et *in vivo*. Le mécanisme d'action génotoxique impliqué serait indirect, l'arsenic agissant au niveau de l'apoptose, de la réplication de l'ADN ou des enzymes de réparation, ou en tant qu'analogue du phosphore. Il n'est pas classé par l'Union européenne.

Effets sur la reproduction et le développement

Ces effets ont été très peu étudiés chez l'homme. Toutefois pour des doses très faibles, avortements spontanés, mortalités fœtale et infantile tardive et faibles poids de naissance ont été mis en évidence ces dernières années. De même, des effets sur le développement intellectuel ont été observés.

[35] A titre informatif, sont mentionnés les éléments suivants en termes de toxicité aiguë : Les principaux effets aigus, observes suite à l'ingestion d'arsenic inorganique, sont typiquement gastro-intestinaux associant nausées, vomissements, hémorragies gastro-intestinales, douleurs abdominales et diarrhées. Des effets sur le système nerveux et la peau peuvent aussi apparaître dans les jours ou les semaines suivant l'exposition.

5.7.1.4 DÉMARCHE GÉNÉRALE D'ANALYSE ET DE SELECTION DES VTR

Les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) ont été sélectionnées conformément aux instructions du ministère en charge de la santé (cf. 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 étude d'impact et de la gestion des sites et sols pollués[36], qui abroge la circulaire précédente DGS/SD n°2006-234 de mai 2006), associées aux avis des experts toxicologues de l'INERIS.

La démarche de choix de VTR réalisée par l'INERIS est détaillée dans l'annexe 5-c.

5.7.1.5 VTR RETENUES POUR UNE EXPOSITION CHRONIQUE ET POUR LA VOIE D'EXPOSITION ORALE

En termes de choix des VTR pour une exposition chronique et pour la voie orale, l'INERIS a retenu les VTR synthétisées dans le Tableau 12, tenant compte de la démarche de choix approfondi présentée en annexe 5-c. L'annexe 5-c reprend les éléments de détails, issus pour certains des fiches de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques INERIS mises à disposition sur le site Internet de l'INERIS[37].

[36] La démarche de choix des VTR indiquée n'empêche pas une démarche approfondie conduite par des toxicologues, comme explicités en annexe 5.

[37] http://www.ineris.fr/rapports-d%C3%A9tude/toxicologie-et-environnement/fiches-de-donn%C3%A9es-toxicologiques-et-environnementales-d#stheme-1921

Tableau 12 : Synthèse des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) sélectionnées pour la voie orale et une exposition chronique

	Voie d'exposition orale et chronique				
Substance	**VTR à seuil mg/kg.j**	*Facteur de sécurité intégré dans la construction de la VTR*	**Organisme élaborateur**	**VTR sans seuil (mg/kg.j)$^{-1}$**	**Organisme élaborateur**
Argent	0,005	*3*	US EPA	*n.c.*	
Antimoine	0,0004	*1000*	US EPA (1991)	*n.c.*	
Arsenic	0,00045	*5*	Fobig (2009)	1,5	US EPA (1998), OEHHA (2009)
Cadmium	0,00036	*/*[38]	EFSA (2011)	*n.c.*	
Chrome III	1,5	*100*	US EPA (1998)	*n.c.*	
Cuivre	0,14	*30*	RIVM (2001)	*n.c.*	
Etain	0,2		RIVM (2009)	*n.c.*	
Nickel (sels solubles)	0,011		OEHHA (2012)/ OMS (2011)	*n.c.*	
Plomb	0,00063		ANSES (2013)	0,0085	OEHHA (2009)
Zinc	0,3	*3*	US EPA (2005)	*n.c.*	
Légende : *n.c. : non concerné par des effets sans seuil*					

5.7.2 EVALUATION DES EXPOSITIONS

5.7.2.1 GENERALITES ET RAPPELS MÉTHODOLOGIQUES

L'évaluation de l'exposition consiste sur la base du schéma conceptuel correspondant à l'étude :

– à identifier les personnes exposées (âge, sexe, caractéristiques physiologiques, budgets espace temps, etc.) et les voies d'exposition / de pénétration des substances,

– à quantifier la fréquence, la durée et l'intensité de l'exposition à ces substances.

[38] Aucun facteur d'incertitude n'a été retenu car il a été considéré que « d'une part, la valeur est basée sur un effet précurseur [marqueur précoce], et d'autre part, elle est basée sur des valeurs moyennes de 165 groupes tirés de 35 études (soit plus de 30 000 cas).

L'exposition à une substance chimique dépend :

– de sa concentration dans les milieux,

– de son comportement physico-chimique,

– des voies et des niveaux d'exposition des populations avec les milieux concernés.

Dans la présente étude en lien une exposition par voie orale, l'expression du calcul de l'évaluation de l'exposition est une Dose Journalière d'Exposition (DJE).

L'équation permettant de calculer cette DJE est donnée ci-après, ainsi que les paramètres associés.

$$DJE_{ij} = \frac{C_i \times Q_{ij} \times F \times T}{P \times Tm}$$

avec

Symbole	Paramètres	Dimensions
DJE_{ij}	dose journalière d'exposition moyenne sur la période d'exposition liée à une exposition au milieu i par la voie d'exposition j	$M\ M^{-1}T^{-1}$
C_i	concentration d'exposition relative au milieu i (sol, aliments, eau...)	$M\ M^{-1}$
Q_{ij}	quantité de milieu i, c'est-à-dire de sol, d'eau administrée par la voie j par unité de temps d'exposition	$M\ T^{-1}$
F	fréquence d'exposition : fraction du nombre annuel d'unités de temps d'exposition (heures ou jours) sur le nombre d'unités de temps de l'année	-
P	poids corporel de la personne	M
T	durée d'exposition	T
Tm	période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée ; pour une substance à effet à seuil T = Tm et pour une substance à effet sans seuil, Tm est assimilé à la durée de la vie entière (prise conventionnellement égale à 70 ans)[39]	T

[39] Cette distinction repose sur l'hypothèse d'un mécanisme d'action différent dans chacun des deux cas. Pour les effets à seuil, le risque est associé au dépassement d'une dose donnée pendant la période d'exposition. Pour les effets sans seuil, il est considéré que l'effet de chaque dose reçue isolément s'ajoute sans aucune perte et que la survenue de la réponse cancéreuse est fonction de la somme totale des doses reçues ; une forte dose sur une courte période produit le même effet qu'une plus faible dose reçue sur une période plus longue. Dans ce cas, le risque s'exprime sous la forme d'une probabilité d'occurrence qui augmente avec la dose reçue tout au long de la vie.

5.7.2.2 BIOACCESSIBILITÉ

En rappel de la section 4.3, classiquement, les calculs des expositions et des risques effectués dans les études considèrent, selon une approche majorante, que la biodisponibilité d'un élément dans les sols, ou autres matrices est totale.

Le rapport InVS et INERIS (2012) indique la démarche à suivre pour tenir compte de la bioaccessibilité déterminée avec le test UBM, afin de proposer une meilleure estimation de l'exposition des populations liée à l'ingestion de terre.

L'INERIS a conduit des travaux sur l'As et le Cd qui permettent de proposer un calcul de Biodisponibilité relative ($BD_{relative}$) (Caboche, 2009).

Il a ainsi été démontré, pour l'As et le Cd, l'égalité des absorptions de chacun de ces éléments, qu'il soit issu du sol contaminé ou d'eau de boisson, matrices de référence pour l'établissement des VTR pour ces deux éléments. Il en résulte que la fraction absorbée de la substance extraite de la matrice terre (fa_{TERRE}) est égale à la fraction absorbée de la substance extraite de la matrice de référence (fa_{VTR}).

Dans ce cas, l'équation générale présentée dans le rapport précité peut alors être simplifiée de la manière suivante :

$$DJE_{ajustée} = DJE \times (BA_{Terre} / BA_{VTR})$$

avec :

DJE : dose journalière d'exposition

BA_{Terre} : bioaccessibilité absolue de substance avec la matrice terre

BA_{VTR} : bioaccessibilité absolue de la substance avec la matrice de référence

Enfin, toujours pour l'As et le Cd, il a été démontré que les Bioaccessibilités Absolues (BA) en phase gastrique de ces éléments dans l'eau de boisson sont proches de 100%, soit $BA_i = 1$ (Caboche, 2009). Ce résultat permet la nouvelle simplification :

$$DJE_{ajustée} = DJE \times BA_{Terre}$$

Ainsi, dans le cas du Cd et de l'As, la mesure de la bioaccessibilité de ces éléments suffit à ajuster la DJE.

Le document précité de l'InVS et de INERIS (2012) présente également une formulation pour le plomb mais tenant compte de la VTR proposée par l'OMS à l'époque de la rédaction du rapport (2012). Or, dans le cadre de la présente étude, la VTR proposée depuis par l'ANSES[40] a été retenue. Cette VTR est celle de l'EFSA qui prend en compte le modèle pharmacocinétique IEUBK[41] et la valeur par défaut de biodisponibilité alimentaire de 50%, ce qui permet également de retenir la formulation proposée dans le rapport InVS et INERIS (2012).

---

[40] correspondant à une plombémie totale de 15 µg/l tant pour l'enfant que pour l'adulte, qui considère toutes les voies potentielles d'exposition.

[41] Integrated Exposure Uptake Biokinetic Model for Lead in chlildren (U.S. Environmental Protection Agency)

Ainsi pour le plomb, la formulation est :

$$DJE_{ajustée} = DJE \times 2 \times BA_{Terre}$$

Caboche (2009) indique que pour l'antimoine, les valeurs de biodisponibilité relative et de bioaccessibilité sont très faibles indépendamment des caractéristiques contrastées des sols (valeurs < 20%)[42]. De ce fait, ces conditions ne permettent pas de valider le test in vitro pour l'antimoine. Ainsi, le rapport InVS et INERIS (2012) ne présente pas de formulation pour l'ajustement de la doses d'exposition.

Les résultats des mesures de bioaccessibilité de la présente étude ne seront donc intégrés que dans le cadre de l'évaluation des incertitudes.

Les formules ci-dessus seront appliquées lors des calculs des expositions pour l'arsenic, le cadmium et le plomb, pour l'ingestion de sols en extérieur. Dans le cas de l'antimoine, les valeurs de bioaccessibilité sont uniquement intégrées dans l'étape d'évaluation des incertitudes.

5.7.2.3 PARAMÈTRES D'EXPOSITION RELATIFS AUX ENFANTS ET AUX ADULTES

Les choix des valeurs des paramètres d'exposition ont été fixés de façon raisonnablement conservatoire en première approche au regard de certaines incertitudes concernant notamment la fréquentation des lieux. Le Tableau 13 et le Tableau 14 reprennent l'ensemble des valeurs retenues.

Les valeurs des paramètres d'exposition pourront être affinées si besoin au regard des résultats des calculs de risques réalisés pour chacune des substances et des voies d'exposition et des intervalles de gestion des risques de l'IEM, et plus particulièrement lorsque les résultats seront dans la gamme $0,2 < QD < 5$ et $10^{-6} < ERI < 10^{-4}$, indiquant que les résultats se situent dans la zone d'interprétation et nécessitent une réflexion plus approfondie.

Poids corporel

La base de données CIBLEX (ADEME, IRSN, 2004), les documents INERIS (2005), US EPA (2011), InVS (2012) et DGS (2015) ont été consultés. Les valeurs retenues sont *in fine* celles également retenues dans le cadre de la démarche Etablissements sensibles (MEDD, BRGM, ADEME, INERIS, InVS, 2011) pour les tranches d'âge concernées.

[42] Des valeurs faibles sont également observées dans le cadre de la présente étude.

Enfant

En fonction des scénarios et des tranches d'âge considérées, les valeurs de poids corporels retenues sont les suivantes, tenant compte d'une moyenne des poids corporels fille et garçon, et d'une valeur moyenne (le choix du 95ème percentile dans ce cas ne s'avère pas conservatoire au regard du mode de calcul de la dose journalière) :

– 15,5 kg pour la période de 5 à 6 ans,

– 14,7 kg pour la période enfant de 2 à 6 ans,

– 13 kg pour la période de 6 mois à 6 ans.

Adulte

Pour la tranche d'âge 17 ans et plus, au regard de la valeur moyenne pour les hommes et celle de la femme, respectivement de 67,3 kg et 57,8 kg, une valeur moyenne 62,5 kg a été retenue.

Quantité ingérée de sol et de poussières issues du sol lors des activités en extérieur

Enfant

La quantité ingérée de sol et de poussières issues du sol par un enfant est un élément largement débattu en matière d'évaluation des risques liés aux sites et sols pollués. De nombreuses études de mesure d'ingestion de particules de sol ont été menées[43], ainsi que quelques études de synthèse durant ces dernières années en Europe[44]. Plus particulièrement, pour la cible enfant, deux synthèses ont été élaborées en France (Dor et *al.* 2009, InVS et INERIS, 2012) et en Belgique (région flamande) (Van Holderbeke et *al.* 2008) sur la base des démarches citées précédemment.

La valeur du paramètre d'exposition quantité de sol ingérée retenue pour la période enfant considérée dans la présente étude (de 6 mois jusqu'à l'âge de 6 ans) est de 91 mg/j. Cette valeur est le 95ème percentile présenté dans le document InVS et INERIS (2012) pour l'enfant de moins de 6 ans. Pour information, la valeur retenue est conservatoire, notamment au regard de l'étude de l'OVAM (2007) qui indique une valeur moyenne comprise entre 40 et 80 mg/j. Quant à l'US EPA (2011), elle indique une valeur moyenne de 100 mg/j.

Le cas d'un enfant présentant un comportement particulier de type Pica n'est pas étudié, avec dans ce cas une quantité ingérée de sol plus importante (1 000 mg/j).

Adulte

En rappel, du schéma conceptuel, la voie ingestion de sol est principalement considérée pour un adulte effectuant des travaux de jardinage.

La quantité de sols et poussières ingérée par un adulte est également mal connue.

---

[43] Hawley, 1997; Binder et *al.* 1986 ; Clausing et *al.* 1987 ; Thompson et *al.* 1991, Calabrese et *al.* 1998, 1989, 1990, 1991, 1995, 1997, 1998 ; Stanek et *al.* 2000, 2001, 2006 ; etc.

[44] Glorennec 2005, 2006 ; Van Holderbeke et *al.* 2008 ; Dor et *al.* 2009 ; etc.

Chez les adultes, une seule étude a été menée, il s'agit de l'étude de Calabrese et *al.* (1990). Les mesures indiquaient une ingestion d'environ 50 mg/j. Mais cette étude, portant sur un effectif restreint, ne distingue pas les individus selon leur type d'activité et le temps passé à l'intérieur ou à l'extérieur d'un bâtiment.

A partir d'hypothèses sur la surface corporelle et les fréquences de contact avec le sol et les poussières, Hawley (1985) estime qu'un adulte ingère une quantité de sol et de poussières de :

– 0,5 mg/j dans sa pièce de séjour ;
– 110 mg/j, s'il fréquente une zone empoussiérée comme un grenier ou un sous-sol ;
– 480 mg/j lors de travaux de jardinage.

Dans son guide pour l'évaluation des risques, l'US EPA (2011) propose comme valeur par défaut 50 mg/j de sol ingéré par un adulte dans un scénario résidentiel et dans un scénario industriel.

En l'absence de données spécifiques aux scénarios étudiés dans la présente étude, la valeur 50 mg/j est retenue. En effet, la vie d'un jardin potager comporte des périodes de bêchage, de plantation des légumes, d'entretien du jardin et de récolte des légumes et également de mise au « repos », la valeur de Hawley (1985) de 480 mg/j pour les scénarios avec activités de jardinage n'apparaît pas pertinente pour l'ensemble des activités de jardinage retenu dans le scénario étudié durant 136 jours sur l'année, nombre de jours retenu en présence d'un jardin de taille moyenne.

Nombre de jours et d'années d'exposition

Il s'agit du nombre de jours par an où l'enfant et/ ou l'adulte sont présents sur la zone d'étude, nécessaire pour calculer la fréquence d'exposition.

Pour les différents scénarios d'exposition, il a été considéré des fréquentations spécifiées dans les deux tableaux suivants.

Les deux tableaux suivants reprennent une synthèse des valeurs retenues pour les enfants et les adultes au regard de la voie ingestion de sol, respectivement lors des activités de promenade ou de loisirs ou sportives en extérieur, ou de jardinage.

Tableau 13 : Valeurs des paramètres d'exposition de l'enfant pour la voie ingestion de sol lors des activités de jeux ou sportives en extérieur

Paramètres d'exposition de l'enfant	Valeurs (références et justifications dans la section précédente)
Poids corporel [kg]	– 13 kg pour la tranche d'âge de 6 mois à 6 ans – 14,7 kg pour la tranche d'âge de 2 ans à 6 ans – 15,5 kg pour la tranche d'âge de 5 ans à 6 ans
Quantité ingérée de sol [mg/j]	91 mg/j pour les enfants jusqu'à l'âge de 6 ans
T : durée d'exposition [années]	– 5,5 ans pour l'enfant d'une résidence permanente (tranche d'âge de 6 mois à 6 ans), lors des activités de jeux dans les zones de pelouse, enherbées, ou partiellement de sol à nu de la propriété ; – 4 ans pour l'enfant d'une résidence permanente ou vacancier dans la région (tranche d'âge de 2 à 6 ans), en tenant compte de l'apprentissage de la marche pour l'enfant au regard des zones de promenade fréquentées ; – 1 an, ce dernier cas plus particulièrement pour les enfants (tranche d'âge de 5 à 6 ans) fréquentant seul la zone en bordure immédiate du Lac Bleu dans la zone de « Roure/ Les Rosiers », ou fréquentant le terrain de football de Pontgibaud dans le cadre des activités du club de football
Nombre annuel de jours d'exposition	
« Zone de Pontgibaud »	
Scénario 1 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs fréquentant le terrain de football de Pontgibaud lors d'activités sportives, comme le club de football	En l'absence d'informations précises sur la fréquentation de la zone par des enfants, un scénario raisonnablement conservatoire a été retenu pour les activités sportives en extérieur : – le cas d'un enfant (tranche d'âge de 5 à 6 ans) appartenant à un club de football (5 à 16 ans) Groupement du Val de Sioule Foot à Pontgibaud, avec une fréquence de 1 fois par semaine en période scolaire (9 mois), soit 36 jours et 30 jours comportant les tournois et quelques jours durant les vacances d'été, avec au total 66 jours d'exposition annuelle[45]
Scénario 2 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs fréquentant la zone en bordure du terrain de football de Pontgibaud	En l'absence d'informations précises sur la fréquentation de la zone par des enfants, un scénario raisonnablement conservatoire a été retenu pour les activités de jeux et sportives en extérieur : – le cas d'un enfant (tranche d'âge de 2 à 6 ans) accompagnant sa famille, des amis lors d'un match de football, d'une représentation sportive : 30 jours d'exposition annuelle
Scénario 3 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs fréquentant la zone de l'ancien terrain de football situé au nord du complexe sportif actuel de Pontgibaud	En l'absence d'informations précises sur la fréquentation de la zone par des enfants, un scénario raisonnablement conservatoire a été retenu pour les activités de jeux en extérieur : – le cas d'un enfant (tranche d'âge de 2 à 6 ans) en promenade avec des activités de jeux : 30 jours d'exposition annuelle)

[45] Pour rappel de la section 2.3.2, les élèves de l'école maternelle et élémentaire de Pontgibaud fréquentent également le complexe sportif une fois par semaine en période scolaire, avec des activités soit en intérieur ou en extérieur, ayant conduit à l'étude d'un Scénario 1 Bis dans l'évaluation des incertitudes (cf. section 5.7.4.3.2). Au regard des résultats du Scénario 1 Bis, il apparait que le scénario 1 avec la valeur de 66 jours par an d'exposition pour un enfant fréquentant le club de football avec les entrainements au stade de Pontgibaud, couvre le cas précité en termes de conclusions.

Suite du Tableau 13 : Valeurs des paramètres d'exposition de l'enfant lors des activités de jeux ou sportives en extérieur

Paramètres d'exposition de l'enfant	Valeurs (références et justifications dans la section précédente)
Nombre annuel de jours d'exposition	
« Zone de Pontgibaud »	
Scénario 4 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs fréquentant la zone le long du chemin bordant les anciens bassins et les zones au droit de ces derniers, au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »	En l'absence d'informations précises sur la fréquentation de la zone par des enfants, un scénario raisonnablement conservatoire a été retenu pour les activités de promenades et de loisirs (jeux) : – le cas d'un enfant (tranche d'âge de 2 à 6 ans) : 15 jours d'exposition annuelle
Scénario 5a-1 et 5a-2 - Scénario d'un enfant habitant le logement de fonction du complexe sportif de Pontgibaud (espace extérieur avec des zones de pelouse, enherbées, ou de partiellement sol à nu et jardin potager)	– Enfant d'une résidence permanente (tranche d'âge de 6 mois à 6 ans) : 234 jours d'exposition annuelle pour les activités de jeux en extérieur. – Remarque : il est à souligner qu'en 2015, la famille a déménagé
Scénario 6 - Scénario d'un enfant vacancier fréquentant une parcelle d'une résidence secondaire, zone au sud ouest du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »	En l'absence d'informations précises sur la fréquentation de la zone par des enfants dans ces propriétés avec une résidence temporaire), un scénario raisonnablement conservatoire a été retenu pour les activités de jeux en extérieur : – le cas d'un enfant vacancier (tranche d'âge de 6 mois à 6 ans) : 15 jours d'exposition annuelle
Scénario 7- Scénario d'un enfant vacancier fréquentant une parcelle d'une résidence secondaire, maison mitoyenne située à l'ouest, zone au sud ouest du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »	
Scénario 8 - Scénario d'un enfant vacancier fréquentant une parcelle d'une résidence secondaire, maison mitoyenne située à l'est, zone au sud ouest du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »	
Scénario 9 - Scénario d'un enfant vacancier fréquentant une parcelle d'une résidence secondaire située au sud est du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »	
Scénario 11 - Scénario d'un enfant vacancier fréquentant une parcelle d'une résidence secondaire située au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »	
Scénario 10 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »	– Enfant d'une résidence permanente (tranche d'âge de 6 mois à 6 ans) : 234 jours d'exposition annuelle pour les activités de jeux en extérieur (soit durant les 2/3 de l'année au regard du climat, tenant compte de 15 jours de vacances)
Scénario 12 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente située au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »	
Scénario 14 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente fréquentant une autre parcelle mitoyenne située au sud ouest du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »	

Suite du Tableau 13 : Valeurs des paramètres d'exposition de l'enfant lors des activités de jeux ou sportives en extérieur

Paramètres d'exposition de l'enfant	Valeurs (références et justifications dans la section précédente)
Nombre annuel de jours d'exposition	
Zone de « Roure/ Les Rosiers »	
Scénario 15 - Scénario d'un enfant avec des activités de promenade et de loisirs (jeux) au droit du dépôt majeur de « Roure/ Les Rosiers »	En l'absence d'informations précises sur la fréquentation de la zone par des enfants d'une résidence permanente, temporaire ou touriste, un scénario raisonnablement conservatoire a été retenu pour les activités de promenade et de loisirs (jeux) : – Enfant (tranche d'âge de 2 à 6 ans) : 15 jours d'exposition annuelle
Scénario 17 - Scénario d'un enfant avec des activités de promenade et de loisirs (jeux) dans la branche sud du Y de la zone principale des dépôts de « Roure/ Les Rosiers »	
Scénario 18 - Scénario d'un enfant avec des activités de promenade et de loisirs (jeux) dans la branche nord du Y de la zone principale des dépôts de « Roure/ Les Rosiers »	
Scénario 16 - Scénario d'un enfant avec des activités de promenade et de loisirs (jeux) dans les zones des dépôts principaux de « Roure/ Les Rosiers », jouant principalement en bordure du Lac Bleu	En l'absence d'informations précises sur la fréquentation de la zone par des enfants d'une résidence permanente, temporaire ou touriste, un scénario raisonnablement conservatoire a été retenu pour les activités de promenade et de loisirs (jeux) : – Enfant (tranche d'âge de 5 à 6 ans), 15 jours d'exposition annuelle
Scénario 19 - Scénario d'un enfant vacancier d'une résidence temporaire située face à la fontaine du lieu-dit « La Mine du Rosiers », au nord des dépôts majeurs de résidus de « Roure/ Les Rosiers »	En l'absence d'informations précises sur la fréquentation de la zone par des enfants vacanciers d'une résidence temporaire, un scénario raisonnablement conservatoire a été retenu pour les activités de jeux en extérieur : – Enfant (tranche d'âge de 6 mois à 6 ans) : 15 jours d'exposition annuelle
Scénario 20 - Scénario d'un enfant vacancier d'une résidence temporaire située face à la fontaine du lieu-dit « La Mine du Rosiers », au nord des dépôts majeurs de résidus de « Roure/ Les Rosiers »	
Scénario 21 - Scénario d'un enfant « visiteur » fréquentant la parcelle d'une résidence permanente située dans le hameau de Bantusse à l'est des dépôts principaux de « Roure/ Les Rosiers »	La maison est actuellement habitée en permanence uniquement par des adultes et adolescent (absence d'enfant de moins de 6 ans), ainsi un scénario raisonnablement conservatoire a été retenu pour les activités de jeux en extérieur : – Enfant « visiteur » (tranche d'âge de 6 mois à 6 ans) : 10 jours d'exposition annuelle

Suite du Tableau 13 : Valeurs des paramètres d'exposition de l'enfant lors des activités de jeux ou sportives en extérieur

Paramètres d'exposition de l'enfant	**Valeurs (références et justifications dans la section précédente)**
Nombre annuel de jours d'exposition	
Zone de « Roure/ Les Rosiers »	
Tm : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée [années]	– 5,5 ans, 4 ans ou 1 an, ce dernier cas plus particulièrement pour les enfants fréquentant seul la zone en bordure immédiate du Lac Bleu (effet à seuil : égale à la durée d'exposition) et 70 ans (effet sans seuil)[46]

En outre, il est à souligner qu'à titre informatif, un autre scénario, un « scénario générique » concernant l'enfant et l'ingestion de sol lors des activités de jeux en extérieur, pourrait être présenté dans le cas de résidences permanentes qui ne sont pas fréquentées au moment de l'étude par des enfants de moins de 6 ans ou dans le cas de résidences secondaires, cela également afin d'anticiper un éventuel « changement d'usage[47] et dans ce cas, en prenant en compte 234 jours d'exposition par an ou de « fréquentation » avec la présence de jeunes enfants. Cependant, au regard des concentrations significatives mesurées en plomb et en arsenic dans les sols au droit des parcelles avec des habitations permanentes ou secondaires, les résultats des calculs de risques avec un nombre inférieur de jour d'exposition par an, indiquent dans la majorité des cas un risque pour les effets à seuil (Quotient de Danger – QD) supérieur à celui seul à la valeur repère de 1. Et dans les autres cas de scénario, avec des concentrations en plomb plus faibles dans les sols, le nombre de jours de fréquentation par an conduisant à un QD pour le plomb inférieur à la valeur repère de 1 est également renseigné.

[46] pour une substance à effet à seuil T = Tm et pour une substance à effet sans seuil, Tm est assimilé à la durée de la vie entière (prise conventionnellement égale à 70 ans).

[47] avec également 234 jours d'exposition par an (soit durant les 2/3 de l'année au regard du climat, tenant compte de 15 jours de vacances)

Tableau 14 : Valeurs des paramètres d'exposition de l'adulte lors des activités de jardinage

Paramètres d'exposition de l'adulte	**Valeurs (références et justifications dans la section précédente)**
Poids corporel [kg]	– 62,5 kg (pour la tranche d'âge 17 ans et plus, au regard de la valeur moyenne pour l'homme et celle de la femme, respectivement de 67,3 kg et 57,8 kg, une valeur moyenne 62,5 kg a été retenue)
Quantité ingérée de sol [mg/j]	– 50 mg/j pour les activités de jardinage, tenant compte de la valeur par défaut de 50 mg/j de sol ingéré par un adulte dans un scénario résidentiel et dans un scénario industriel (US EPA, 2011). En effet, la vie d'un jardin potager comporte des périodes de bêchage, de plantation des légumes, d'entretien du jardin et de récolte des légumes et également de mise au « repos », la valeur de Hawley (1985) de 480 mg/j pour les scénarios avec activités de jardinage n'apparaît pas pertinente pour l'activité de jardinage retenue dans les scénarios durant 136 ou 15 jours sur l'année, en fonction des scénarios étudiés
T : durée d'exposition [années]	– 53 ans, tenant compte que cette activité de jardinage qui débute à l'âge de l'adolescence (17 ans) pour les scénarios avec des activités de jardinage
Nombre annuel de jours d'exposition	
Scénarios 5b - Scénario d'un adulte habitant la parcelle avec le logement de fonction du complexe sportif de Pontgibaud (espace extérieur avec des zones de pelouse, enherbées, ou partiellement de sol à nu et jardin potager)	– Adulte d'une résidence permanente (âgé de 16 à 70 ans) : exposition annuelle lors des activités de jardinage de 15 jours compte-tenu de la taille restreinte du jardin potager (de l'ordre de 1 m sur 4 m). – Remarque : il est à souligner qu'en 2015, la famille a déménagé
Scénario 13 - Scénario d'un adulte d'une résidence permanente située au sud du dépôt majeur de résidus de la zone de « Pontgibaud-Stade » avec des activités de jardinage	En l'absence d'informations précises sur la fréquentation annuelle de la zone, un scénario raisonnablement conservatoire a été retenu : – Adulte d'une résidence permanente (âgé de 16 à 70 ans) : 136 jours d'exposition annuelle lors des activités de jardinage (des travaux dans le jardin potager 1 jour sur 2, durée rapportée aux ¾ de l'année pour prendre en compte les jours de repos des sols et de mauvais temps ; soit un nombre de jours = (365 x 1/2)*3/4 = 136 jours)
Tm : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée [années]	– 53 ans (effet à seuil : égale à la durée d'exposition) et 70 ans (effet sans seuil)[48]

[48] pour une substance à effet à seuil T = Tm et pour une substance à effet sans seuil, Tm est assimilé à la durée de la vie entière (prise conventionnellement égale à 70 ans).

5.7.2.4 PARAMÈTRES ENVIRONNEMENTAUX

Concentrations dans le sol

Les concentrations dans les sols retenues pour les différents sites sont reprises dans les tableaux spécifiques à chaque scénario en section 5.7.3. Elles correspondent aux concentrations maximales observées parmi les différents lieux de prélèvement au droit de la zone étudiée[49]. Ce choix de concentration maximale est retenu en première approche dans le cadre d'une démarche conservatoire.

Les valeurs de bioaccessibilité maximale intégrées à l'évaluation des expositions et des risques comme défini en section 4.6. pour le plomb, l'arsenic le cadmium et l'antimoine, sont également mentionnées dans les tableaux. En rappel, dans le cas de l'antimoine comme indiqué dans la section précitée, la bioaccessibilité n'est prise en compte que dans l'évaluation des incertitudes en section 5.7.4.

[49] En rappel, la dénomination « lieu de prélèvement » avec son résultat analytique est associé à un échantillon correspond au prélèvement d'un échantillon unitaire ou d'un échantillon composite comprenant plusieurs sous-échantillons prélevés dans le même horizon à des emplacements proches, et rassemblés en un seul échantillon pour l'analyse chimiques.

5.7.3 CARACTÉRISATION DES RISQUES

5.7.3.1 GÉNÉRALITÉS ET RAPPELS MÉTHODOLOGIQUES

Pour chaque substance et voie d'exposition, le risque est quantifié respectivement pour les effets à seuil, sous la forme d'un Quotient de Danger (QD) et pour les effets sans seuil, sous la forme d'Excès de Risque Individuel (ERI). Les formules de calcul sont rappelées ci-après pour la voie ingestion, la seule retenue.

- Pour les effets à seuil

$$QD = \frac{DJE}{VTR\,(ingestion)}$$

- Pour les effets sans seuil

$$ERI = DJE \times VTR\ (ingestion)$$

avec :

QD	Quotient de Danger[50]	-
ERI	Excès de Risque Individuel	-
DJE	Dose Journalière d'Exposition orale	$M\ M^{-1}\ T^{-1}$
VTR pour les effets à seuil	Valeur Toxicologique de Référence (correspondant à une concentration dans le cas de la voie inhalation et à une dose dans le cas de la voie orale)	$M\ L^{-3}$ ou $M\ M^{-1}\ T^{-1}$
VTR pour les effets sans seuil	Valeur Toxicologique de Référence (correspondant à l'inverse d'une concentration dans le cas de la voie inhalation et à l'inverse d'une dose dans le cas de la voie orale)	$(M\ L^{-3})^{-1}$ ou $(M\ M^{-1}\ T^{-1})^{-1}$

La démarche de la grille de calcul IEM a été suivie.

[50] Egalement appelé indice de risque avant les textes du 8 février 2007 du MEDD.

Pour rappel :

– les QD sont calculés spécifiquement pour chacune des tranches d'âges étudiées, dans la présente étude, l'enfant et l'adulte ;

– les ERI sont classiquement calculés pour la vie entière, soit la période enfant et adulte. Dans le cas présent, sont présentés des ERI uniquement pour l'enfant pour la voie ingestion de sols, au regard de leur comportement dans le cadre de la fréquentation de l'aire de jeux, et l'ERI uniquement pour l'adulte jardinier dans le cadre de l'ingestion de sol lors de ses activités de jardinage.

Les résultats des calculs des risques des scénarios étudiés sont commentés au regard des intervalles de gestion de la grille de calcul de l'IEM (cf. Figure 13, en section 5.2).

En rappel, dans le cas où le QD est inférieur à 0,2 et/ou l'ERI est inférieur à 1.10^{-6}, l'état des milieux est compatible avec les usages constatés.

Dans le cas où les QD et ERI sont dans la gamme $0,2 < QD < 5$ et $10^{-6} < ERI < 10^{-4}$, indiquant que les résultats des risques se situent dans la zone d'interprétation et nécessitent une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion.

Plusieurs approches peuvent alors être conduites, parmi les suivantes :

– le recours à une argumentation appropriée,
– la mise en œuvre de mesures de gestion simples et de bon sens,
– la réalisation d'une Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) réfléchie, permettant d'affiner les paramètres et hypothèses retenus.

Cette dernière approche nécessite la réalisation d'un calcul de risque global prenant en compte l'ensemble des substances et des voies d'exposition avec comme critères d'acceptabilité, la valeur de 1 pour les effets à seuil, et celle de 10^{-5} pour les effets sans seuil conformément aux méthodes en vigueur rappelées en section 5.2. Et conformément aux éléments de rappel mentionnés précédemment, pour les effets à seuil, les calculs sont réalisés en première approche selon une démarche conservatoire, l'additivité des risques a été prise en compte systématiquement *via* la sommation des QD de toutes les substances étudiées. En effet, *a minima,* il est nécessaire de réaliser la sommation des QD liés à des substances avec les mêmes effets sur le même organe cible *via* un même mécanisme d'action. Pour les effets sans seuil, les calculs ont été réalisés en sommant les ERI de toutes les substances étudiées.

A l'inverse, dans le cas où le QD est supérieur à 5 et/ou l'ERI est supérieur à 1.10^{-4}, la définition et la mise en œuvre d'un plan de gestion est nécessaire pour rétablir la compatibilité entre l'état des milieux et les usages constatés.

Les sections suivantes traitent spécifiquement chacune des parcelles étudiées et leurs scénarios d'exposition associés.

Pour rappel, les échantillons prélevés au droit du dépôt majeur du stade de Pontgibaud n'ont pas été retenus pour un scénario d'exposition. En effet, les travaux de confinement sont terminés depuis la réalisation de la campagne de terrain réalisée par l'INERIS, et les sols de surface ne sont plus directement accessibles aux promeneurs potentiels au droit de cette zone (cf. la Figure 7 avec quelques photographies de la configuration actuelle de la zone).

Les concentrations retenues dans les sols et la bioaccessibilité sont celles indiquées dans les tableaux suivants, les VTR choisies sont celles mentionnées dans le Tableau 12 et les paramètres d'exposition ceux présentés dans le Tableau 13 pour l'enfant et le Tableau 14 pour l'adulte.

5.7.3.2 RESULTATS PAR SCENARIO - PREAMBULE

Pour chacun des scénarios étudiés sont présentées les concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les milieux d'exposition, ainsi que les valeurs retenues pour les calculs des expositions et des risques, avec les modalités précédemment indiquées, afin de statuer sur la compatibilité des milieux avec leurs usages.

Les caractéristiques principales, comme les populations concernées et le nombre de jours d'exposition annuelle, sont également rappelées.

Des codes couleurs[51] sont indiqués au regard des intervalles de gestion de l'IEM et des critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS.

En termes de recommandations, elles ne sont pas présentées spécifiquement pour chaque scénario à l'issue des résultats des calculs de risque et de leur interprétation, mais mentionnées dans la section 6 « Conclusions et recommandations en termes sanitaires ».

[51] Il est à souligner que les codes couleurs intègrent également la prise en compte des incertitudes analytiques.

5.7.3.3 SCENARIO 1 - SCÉNARIO D'UN ENFANT D'UNE RÉSIDENCE PERMANENTE DE PONTGIBAUD OU DES ENVIRONS FRÉQUENTANT LE TERRAIN DE FOOTBALL DE PONTGIBAUD

Ce scénario 1 est associé à l'exposition par ingestion de sol par des enfants d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs lors d'activités sportives au droit de la zone du terrain de football du complexe sportif de Pontgibaud (zones de pelouse, enherbées, ou partiellement de sol à nu) (cf. figure de l'Annexe 1).

Le scénario concerne le cas d'un enfant âgé de 5 à 6 ans inscrit au club de football à Pontgibaud - Groupement du Val de Sioule Foot, qui accueille des enfants âgés de 5 à 16 ans, avec des entrainements une fois par semaine. Le scénario prend en compte une fréquence d'exposition d'une fois par semaine en période scolaire (9 mois), soit 36 jours et 30 jours comportant les tournois et quelques jours durant les vacances d'été, soit au total 66 jours d'exposition annuelle.

Le tableau suivant indique les concentrations dans les sols, les bioaccessibilités, prises en compte dans les calculs de risque, et les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI).

Pour l'ingestion de sol lors des activités en extérieur, tous les QD et ERI sont inférieurs aux bornes basses des intervalles de gestion de l'IEM, à l'exception du QD du plomb et de l'ERI de l'As. Ces derniers sont compris dans la gamme de l'intervalle de gestion de l'IEM respectivement de $0,2 < QD < 5$ et de $10^{-6} < ERI < 10^{-4}$.

Cependant, la mise en œuvre d'une EQRS avec l'ensemble des substances et les critères d'acceptabilité de 1 et de 10^{-5} n'a pas été réalisée, le QD associé au plomb excédant à lui seul avec une valeur de 2,6 le critère d'acceptabilité de 1.

Pour information, concernant le scénario présenté ci-dessus, la prise en compte en termes d'exposition d'une fréquentation de 22 jours par an conduirait à un QD_{total} de 0,8, dans ce cas inférieur à la valeur repère de 1 pour les effets à seuil et un ERI_{total} de 0,5E-07, également inférieur à la valeur repère de 10^{-5}.

Par ailleurs, dans le cadre de l'évaluation des incertitudes, le Scénario 1-bis d'un enfant fréquentant l'école maternelle et élémentaire de Pontgibaud et le complexe sportif de Pontgibaud dont le terrain de football dans le cadre des activités scolaires est traité en section 5.7.4.3.2.

Tableau 15 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 1

Scénario 1 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs fréquentant le terrain de football de Pontgibaud										
Substances	**Pb**	**As**	**Cd**	**Sb**	**Ag**	**Cr**	**Cu**	**Ni**	**Sn**	**Zn**
Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Concentrations dans les sols (mg/kg MS) et *bioaccessibilité (%)***									
po-s-9 *(PONT-S-09-0-2)*	2 060	138	3,3	30,3	**8,9**	39,5	**35,7**	33,9	6,5	410
Bioaccessibilité (%)	*38 (G)*	*30 (G)*	*52 (G)*	*8 (I)*	/	/	/	/	/	/
po-s-10 *(PONT-S-10-0-2)*	1 495	129	3,7	12,3	3,2	17,8	22,1	18,0	4,9	218
po-s-11 *(PONT-S-11-1-2)*	**2 260**	**190**	**6,2**	**43,6**	5,62	**43,6**	35,4	**35,1**	**7,8**	**626**
Bioaccessibilité (%)	***34 (G)***	***29 (G)***	***51 (G)***	***35 (I)***	/	/	/	/	/	/
Ingestion de sol lors des activités de jeux - Enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs (âgé de 5 à 6 ans et 66 jours d'exposition annuelle)										
Quotient de Danger (QD)	2,6E+00	1,3E-01	9,3E-03	1,2E-01	1,9E-03	3,1E-05	2,7E-04	3,4E-03	4,2E-05	4,2E-03
Excès de Risques Individuel (ERI)	2,0E-07	1,3E-06	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*
	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)									
	Pas mise en œuvre car déjà QD (Pb) = 2,6 et donc déjà > 1									

Légende :

X	**concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques ou bioaccessibilité retenue dans le calcul des expositions en présence d'une formule d'ajustement de la dose d'exposition (InVS & INERIS, 2012) pour As, Cd et Pb, et dans le cadre de l'évaluation des incertitudes en termes d'exposition en l'absence de formule d'ajustement pour l'Sb**
(G)	*bioaccessibilité gastrique*
(I)	*bioaccessibilité intestinale*
/	*pas de mesure de bioaccessibilité pour cette substance*
n.c.	*substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*

Intervalles de gestion de l'IEM		
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS		
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}	

5.7.3.4 SCENARIO 2 - SCÉNARIO D'UN ENFANT D'UNE RÉSIDENCE PERMANENTE DE PONTGIBAUD OU DES ENVIRONS FRÉQUENTANT LA ZONE EN BORDURE DU TERRAIN DE FOOTBALL DE PONTGIBAUD

Ce scénario 2 est associé à l'exposition par ingestion de sol par des enfants d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs fréquentant la zone en bordure du terrain de football de Pontgibaud avec des zones de pelouse, enherbées, ou partiellement de sol à nu (cf. figure de l'Annexe 1)[52]. Par exemple des enfants accompagnant la famille lors d'un match de football, d'une représentation sportive, etc. organisés dans le complexe sportif de Pontgibaud. Une zone de tir à l'arc est également présente à l'est.

Le tableau suivant indique les concentrations dans les sols, les bioaccessibilités, prises en compte dans les calculs de risque, et les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI).

Pour l'ingestion de sol lors des activités en extérieur, tous les QD à une exception ci-après, sont inférieurs à la borne basse de l'intervalle de gestion de l'IEM de 0,2. En effet, le QD du plomb, avec sa valeur de 9,4 est supérieure à la borne haute de l'intervalle de gestion de 5. Quant aux ERI du plomb et de l'As, ils sont compris dans la gamme de l'intervalle de gestion de l'IEM de $10^{-6} < ERI < 10^{-4}$.

La mise en œuvre d'une EQRS avec l'ensemble des substances et les critères d'acceptabilité de 1 et de 10^{-5} n'a pas été réalisée, le QD associé au plomb excédant à lui seul avec une valeur de 9 le critère d'acceptabilité de 1.

Pour information, concernant le scénario présenté ci-dessus, seul le cas de la prise en compte d'une fréquentation de 3 jours par an conduirait à un QD_{total} de 0,9 inférieur à la valeur repère de 1 pour les effets à seuil et un ERI_{total} de 3,8E-07 inférieur à la valeur repère de 10^{-5}.

[52] Il est à souligner que les travaux de mise en sécurité de la zone des dépôts ont laissé en l'état les zones de prélèvements.

Tableau 16 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 2

Scénario 2 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs fréquentant la zone en bordure du terrain de football de Pontgibaud										
Substances	**Pb**	**As**	**Cd**	**Sb**	**Ag**	**Cr**	**Cu**	**Ni**	**Sn**	**Zn**
Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Concentrations dans les sols (mg/kg MS) et *bioaccessibilité (%)***									
po-s-7 *(PONT-S-07-0-1)*	**20 710**	**1 025**	1,3	**153**	**66,4**	8,6	**112**	9,4	6,5	**1 600**
Bioaccessibilité (%)	***28 (G)***	***3 (G, I)***	*22 (G)*	***7 (I)***	/	/	/	/	/	/
po-s-8 *(PONT-S-08-0-2)*	7 270	303	1,61	85,1	29,3	40,1	67,1	22,8	**13,1**	1 580
Bioaccessibilité (%)	*27 (G)*	*15 (G)*	*34 (G)*	*9 (I)*	/	/	/	/	/	/
po-s-16 *(PONT-S-16-0-2)*	1 240	122	2,7	9,7	3,48	35,0	23,8	21,9	7,1	245
Bioaccessibilité (%)	*59 (G)*	*20 (G)*	*45 (G)*	*12 (I)*	/	/	/	/	/	/
po-s-17 *(PONT-S-17-1-3)*	3 860	288	**7,6**	62,5	9,98	**41,9**	48,4	**33,3**	10,7	615
Bioaccessibilité (%)	*82 (G)*	*21 (G)*	***52 (G)***	*46 (I)*	/	/	/	/	/	/
po-s-18 *(PONT-S-18-0-2)*	17 970	621	1,3	133	67,1	7,0	64,7	6,02	6,4	1 145
Ingestion de sol lors des activités de jeux - Enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs (âgé de 2 à 6 ans et 30 jours d'exposition annuelle)										
Quotient de Danger (QD)	9,4E+00	3,5E-02	5,6E-03	1,9E-01	6,8E-03	1,4E-05	4,1E-04	1,5E-03	3,3E-05	2,7E-03
Excès de Risques Individuel (ERI)	2,9E-06	1,3E-06	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*
	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies, et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)									
	Pas mise en œuvre car déjà QD (Pb) = 9,4 et donc déjà > 1									

Légende :

X	**concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques ou bioaccessibilité retenue dans le calcul des expositions en présence d'une formule d'ajustement de la dose d'exposition (InVS & INERIS, 2012) pour As, Cd et Pb, et dans le cadre de l'évaluation des incertitudes en termes d'exposition en l'absence de formule d'ajustement pour l'Sb**
(G)	*bioaccessibilité gastrique*
(I)	*bioaccessibilité intestinale*
/	*pas de mesure de bioaccessibilité pour cette substance*
n.c.	*substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*

Intervalles de gestion de l'IEM		
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion Rem. : choix du code couleur plus clair tenant compte des incertitudes analytiques
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS		
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}	

5.7.3.5 SCÉNARIO 3 - SCÉNARIO D'UN ENFANT D'UNE RÉSIDENCE PERMANENTE DE PONTGIBAUD OU DES ENVIRONS FRÉQUENTANT LA ZONE DE L'ANCIEN TERRAIN DE FOOTBALL SITUÉ AU NORD DU COMPLEXE SPORTIF ACTUEL DE PONTGIBAUD

Ce scénario 3 est associé à l'exposition par ingestion de sol par des enfants d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs fréquentant lors de promenades avec des activités de jeux, la zone de l'ancien terrain de football de Pontgibaud située au nord du complexe sportif actuel (cf. figure de l'Annexe 1).

Le tableau suivant indique les concentrations dans les sols prises en compte dans les calculs de risque, et les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI).

Pour l'ingestion de sol lors des activités de jeux en extérieur, tous les QD sont inférieurs à la borne basse de l'intervalle de gestion de l'IEM de 0,2[53], ainsi que l'ERI du plomb qui inférieur à la borne basse de l'intervalle de gestion de l'IEM de 10^{-6}. Quant à l'ERI de l'arsenic, il est compris dans la gamme de l'intervalle de gestion de l'IEM de $10^{-6} < ERI < 10^{-4}$.

La mise en œuvre d'une EQRS avec l'ensemble des substances et les critères d'acceptabilité de 1 et de 10^{-5} a été réalisée. Les résultats indiquent un QD_{total} de 0,3 et un ERI_{total} de 6,1E-06, valeurs inférieures aux critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI).

Pour information, concernant le scénario présenté ci-dessus, le cas de la prise en compte d'un nombre de jours d'activité de jardinage supérieur, de 90 jours par an conduirait alors à un QD_{total} supérieur à la valeur repère de 1 pour les effets à seuil et un ERI_{total} supérieur à la valeur repère de 10^{-5}.

[53] Dans le cas du plomb et de l'arsenic, les QD se rapprochent de la valeur de la borne basse de 0,2 en tenant compte des incertitudes analytiques.

Tableau 17 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 3

Scénario 3 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs fréquentant la zone de l'ancien terrain de football situé au nord du complexe sportif actuel de Pontgibaud										
Substances	**Pb**	**As**	**Cd**	**Sb**	**Ag**	**Cr**	**Cu**	**Ni**	**Sn**	**Zn**
Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Concentrations dans les sols (mg/kg MS) et *bioaccessibilité (%)***									
po-s-19 *(PONT-S-19-0-10)*	**223**	**139**	**1,8**	**7,1**	*<1,2*	**23,3**	**20,9**	**18,6**	**4,2**	**113**
Bioaccessibilité (%)	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Ingestion de sol lors des activités de jeux - Enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs (âgé de 2 à 6 ans et 30 jours d'exposition annuelle)										
Quotient de Danger (QD)	1,8E-01	1,6E-01	2,5E-03	9,0E-03	*n.r.*	7,9E-06	7,6E-05	8,6E-04	1,1E-05	1,9E-04
Excès de Risques Individuel (ERI)	5,5E-08	6,1E-06	*n.c.*	*n.c.*	*n.r.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*
	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies, et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)									
	QD_{total} = 0,3 et ERI_{total} = 6,1E-06									

Légende :

< *x*	*x étant la limite de quantification analytique*
X	**concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques**
/	*pas de mesure de bioaccessibilité pour cet échantillon ou cette substance*
n.r.	*substance non retenue au regard de la faible concentration, ou d'une concentration inférieure à la limite de quantification*
n.c.	*substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*

Intervalles de gestion de l'IEM		
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion Rem. : choix du code de couleur plus clair tenant compte des incertitudes analytiques
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS		
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}	

5.7.3.6 SCÉNARIO 4 - SCÉNARIO D'UN ENFANT D'UNE RÉSIDENCE PERMANENTE DE PONTGIBAUD OU DES ENVIRONS FRÉQUENTANT LA ZONE LE LONG DU CHEMIN BORDANT LES ANCIENS BASSINS ET LES ZONES AU DROIT DE CES DERNIERS, AU SUD DU DÉPÔT MAJEUR DE RÉSIDUS DE « PONTGIBAUD-STADE »

Ce scénario 4 est associé à l'exposition par ingestion de sol par des enfants d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs, fréquentant lors de promenades avec des activités de jeux, le chemin bordant les anciens bassins et les zones au droit de ces derniers, au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade » (cf. figure de l'Annexe 1).

Le tableau suivant indique les concentrations dans les sols, les bioaccessibilités, prises en compte dans les calculs de risque, et les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI).

Pour l'ingestion de sol lors des activités de jeux en extérieur, tous les QD sont inférieurs aux bornes basses des intervalles de gestion de l'IEM de 0,2, à l'exception du QD de l'antimoine compris dans la gamme de l'intervalle de gestion de l'IEM de $0,2 < QD < 5$ et au QD du plomb de 9,6, supérieur à la borne haute de 5. Quant aux ERI du plomb et de l'arsenic, ils sont compris dans l'intervalle de gestion de l'IEM de $10^{-6} < ERI < 10^{-4}$.

La mise en œuvre d'une EQRS avec l'ensemble des substances et les critères d'acceptabilité de 1 et de 10^{-5} n'a pas été réalisée, le QD associé au plomb excédant à lui seul avec une valeur de 9 le critère d'acceptabilité de 1.

Pour information, concernant le scénario présenté ci-dessus, seul le cas de la prise en compte d'une fréquentation de 1 jour par an conduirait à un QD_{total} de 0,8 inférieur à la valeur repère de 1 pour les effets à seuil et un ERI_{total} de 3,1E-07 inférieur à la valeur repère de 10^{-5}.

Tableau 18 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 4

Scénario 4 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs fréquentant la zone le long du chemin bordant les anciens bassins et les zones au droit de ces derniers, au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »										
Substances	**Pb**	**As**	**Cd**	**Sb**	**Ag**	**Cr**	**Cu**	**Ni**	**Sn**	**Zn**
Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Concentrations dans les sols (mg/kg MS) et *bioaccessibilité (%)***									
po-s-35 *(PONT-S-35-0-10)*	**59 460**	**4 116**	**3,3**	**610**	**207**	**8,9**	**427**	**16,9**	**18,1**	**5 230**
Bioaccessibilité (%)	***20 (G)***	***2 (G, I)***	***11 (G)***	***4 (G, I)***	/	/	/	/	/	/
Ingestion de sol lors des activités de jeux - Enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs (âgé de 2 à 6 ans et 15 jours d'exposition annuelle)										
Quotient de Danger (QD)	9,6E+00	4,6E-02	2,6E-04	3,9E-01	1,0E-02	1,5E-06	7,8E-04	3,9E-04	2,3E-05	4,4E-03
Excès de Risques Individuel (ERI)	2,9E-06	1,8E-06	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*
Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies, et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)	Pas mise en œuvre car déjà QD (Pb) = 9,6 et donc déjà > 1									

Légende :

X	**concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques ou bioaccessibilité retenue dans le calcul des expositions en présence d'une formule d'ajustement de la dose d'exposition (InVS & INERIS, 2012) pour As, Cd et Pb, et dans le cadre de l'évaluation des incertitudes en termes d'exposition en l'absence de formule d'ajustement pour l'Sb**
(G)	*bioaccessibilité gastrique*
(I)	*bioaccessibilité intestinale*
/	*pas de mesure de bioaccessibilité pour cette substance*
n.c.	*substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*

Intervalles de gestion de l'IEM		
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS		
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}	

5.7.3.7 SCENARIOS 5A-1 ET 5A-2 ET SCENARIO 5B - SCÉNARIO D'UN ENFANT ET D'UN ADULTE HABITANT LA PARCELLE AVEC LE LOGEMENT DE FONCTION DU COMPLEXE SPORTIF DE PONTGIBAUD

La parcelle (cf. figure de l'Annexe 1) comporte le logement de fonction du complexe sportif (construction datant d'une quinzaine d'années), avec des zones de pelouse, enherbées, ou partiellement de sol à nu et un jardin potager de taille très restreinte (de l'ordre de 1 m sur 4 m). Lors de la campagne de terrain, la famille comportait les parents et un enfant de 3 ans. Cette famille comptait déménager durant l'année 2015 (information transmise à la DREAL fin 2014 et communiquée à l'INERIS). En 2015, elle a effectivement déménagé pour s'installer dans la zone de « Roure/ Les Rosiers » (information transmise à la DREAL en 2015 et transmise à l'INERIS). En outre, le père a indiqué que sa fille allait se promener sur le tas de résidus de « Pontgibaud-Stade » avant sa mise en sécurité. Il a également mentionné que durant sa scolarité, des cours de gymnastique se déroulaient sur le tas de résidus

Ce scénario 5a est associé à l'exposition par ingestion de sol par l'enfant d'une résidence permanente lors des activités de jeux dans les zones de pelouse, enherbées ou partiellement de sol à nu.

Les deux tableaux suivants indiquent les concentrations dans les sols, les bioaccessibilités, prises en compte dans les calculs de risque, et les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI). associés au scénario 5a d'exposition pour l'enfant liée à l'ingestion de sol lors des activités de jeux en extérieur au droit des zones de pelouse, enherbées, ou partiellement de sol à nu (5a-1 : horizon de 0-1 cm de profondeur et 5a-2 : horizon de 1-10 cm de profondeur)[54].

Dans le premier cas, le scénario 5a-1 (échantillons de sol dans l'horizon 0-1 cm), les QD de l'arsenic et de l'antimoine sont compris dans la gamme de l'intervalle de gestion de l'IEM respectivement de $0,2 < QD < 5$. L'ERI du plomb et de l'arsenic sont compris également dans la gamme de l'intervalle de gestion de l'IEM de $10^{-6} < ERI < 10^{-4}$. Cependant le QD du plomb avec sa valeur de 43 est significativement supérieur à la borne haute de l'intervalle de gestion de l'IEM de 5.

La mise en œuvre d'une EQRS avec l'ensemble des substances et les critères d'acceptabilité de 1 et de 10^{-5} n'a pas été réalisée, au regard principalement du QD associé au plomb excédant à lui seul avec une valeur de 43 le critère d'acceptabilité de 1.

Pour information, concernant ce premier scénario, le cas de la prise en compte d'une fréquentation de 5 jours par an conduirait à un QD_{total} de 0,9 inférieur à la valeur repère de 1 pour les effets à seuil et un ERI total de 7,0E-07 inférieur à la valeur repère de 10^{-5}.

[54] Il est à rappeler que le premier centimètre de sol en surface comporte de la terre végétale, mais dès 1 à 2 cm de profondeur apparaît le matériau de type résidus, sableux, avec des concentrations plus significatives en plomb et en arsenic. Le propriétaire a informé qu'il y avait de la terre d'apport de la zone du hameau Les Rosiers (dans les champs)

Tableau 19 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 5a-1

Scénario 5a-1 - Scénario d'un enfant habitant la parcelle avec le logement de fonction du complexe sportif de Pontgibaud										
Substances	**Pb**	**As**	**Cd**	**Sb**	**Ag**	**Cr**	**Cu**	**Ni**	**Sn**	**Zn**
Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Concentrations dans les sols (mg/kg MS) et *bioaccessibilité (%)***									
po-s-1 *(PONT-S-01 (0-1))*	**6 045**	**276**	1,6	**69,5**	**22,5**	**51,7**	**88,5**	**47,1**	**8,7**	**1 182**
Bioaccessibilité (%)	***53 (G)***	***10 (G)***	*45 (G)*	***5 (I)***	/	/	/	/	/	/
po-s-2 *(PONT-S-02-0-1)*	1 530	78,9	<1,2	15,8	4,0	50,5	29,1	38,2	<6,2	174
Bioaccessibilité (%)	*45 (G)*	*5 (G, I)*	*21 (G)*	*8 (I)*	/	/	/	/	/	/
Ingestion de sol lors des activités de jeux - Enfant d'une résidence permanente (âgé de 6 mois à 6 ans et 234 jours d'exposition annuelle)										
Quotient de Danger (QD)	4,3E+01	2,8E-01	*n.r.*	7,8E-01	2,0E-02	1,5E-04	2,8E-03	1,9E-02	1,9E-04	1,8E-02
Excès de Risques Individuel (ERI)	1,8E-05	1,5E-05	*n.r.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*
	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies, et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)									
	Pas mise en œuvre car déjà QD (Pb) = 43 et donc déjà > 1 et ERI (Pb) et ERI (As) > 10^{-5}									

Légende :

< x :	*x étant la limite de quantification analytique*
X	**concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques ou bioaccessibilité retenue dans le calcul des expositions en présence d'une formule d'ajustement de la dose d'exposition (InVS & INERIS, 2012) pour As, Cd et Pb, et dans le cadre de l'évaluation des incertitudes en termes d'exposition en l'absence de formule d'ajustement pour l'Sb**
(G)	*bioaccessibilité gastrique*
(I)	*bioaccessibilité intestinale*
/	*pas de mesure de bioaccessibilité pour cet échantillon ou cette substance*
n.r.	*substance non retenue au regard de la faible concentration, ou d'une concentration inférieure à la limite de quantification*
n.c.	*substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*

Intervalles de gestion de l'IEM		
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS		
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}	

Dans le second cas, le scénario 5a-2 (échantillons de sol dans l'horizon 1-10 cm), les QD de l'arsenic et de l'antimoine sont compris dans la gamme de l'intervalle de gestion de l'IEM respectivement de 0,2 < QD < 5, et l'ERI du plomb et de l'arsenic sont compris dans la gamme de l'intervalle de gestion de l'IEM de 10^{-6} < ERI < 10^{-4}. Cependant le QD du plomb avec sa valeur de 120 est significativement supérieur à la borne haute de l'intervalle de gestion de l'IEM de 5.

Ainsi, la mise en œuvre d'une EQRS avec l'ensemble des substances et les critères d'acceptabilité de 1 et de 10^{-5} n'a pas été réalisée, au regard principalement du QD associé au plomb excédant à lui seul avec une valeur de 120 le critère d'acceptabilité de 1.

Dans ce second le cas, seule la prise en compte d'une fréquentation de 1 jour par an conduirait à un QD_{total} inférieur à la valeur repère de 1 pour les effets à seuil et un ERI_{total} inférieur à la valeur repère de 10^{-5}.

Il est à souligner que la zone de terrain très restreinte cultivée en bordure du bâtiment (de l'ordre de 1 m sur 4 m) est également accessible à l'enfant. Les sols y présentent également des concentrations significatives (cf. tableau 20 avec l'échantillon po-s-3 (PONT-S-03-0-20))[55] mais inférieures à celles au droit des zones de pelouse ou enherbées traitées dans les scénarios 5a-1 et 5a-2. Pour information, le risque associé à l'ingestion de sols par l'enfant lors d'activités de jeu également au droit de cette zone, pour le plomb et les effets à seuil (QD) est de l'ordre de 20 avec une concentration de 3 160 mg/kg dans le sol et donc significativement supérieur à la valeur repère de 1.

[55] Le propriétaire a mentionné à l'INERIS lors de la campagne de terrain l'apport de terre extérieur au droit de la zone de potager, cependant des sols de type résidus y sont déjà présents à très faibles profondeurs.

Tableau 20 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 5a-2

Scénario 5a-2 - Scénario d'un enfant habitant la parcelle avec le logement de fonction du complexe sportif de Pontgibaud										
Substances	**Pb**	**As**	**Cd**	**Sb**	**Ag**	**Cr**	**Cu**	**Ni**	**Sn**	**Zn**
Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Concentrations dans les sols (mg/kg MS) et *bioaccessibilité (%)***									
po-s-1 *(PONT-S-01 (1-10))*	**16 230**	647	<1,2	119	58,1	**13,2**	**106**	**21,6**	**4,4**	**947**
Bioaccessibilité (%)	***54 (G)***	*5 (G)*	*49 (G)*	*5 (I)*	/	/	/	/	/	/
po-s-2 *(PONT-S-02 (1-10))*	15 330	**730**	1,5	**133**	**67,4**	5,2	82,3	7,0	4,4	1 078
Bioaccessibilité (%)	*60 (G)*	***8 (G)***	*59 (G)*	***8 (I)***	/	/	/	/	/	/
Ingestion de sol lors des activités de jeux - Enfant d'une résidence permanente (âgé de 6 mois à 6 ans et 234 jours d'exposition annuelle)										
Quotient de Danger (QD)	1,2E+02	5,8E-01	*n.r.*	1,5E+00	1,0E-04	3,9E-05	3,4E-03	8,8E-03	9,9E-05	1,4E-02
Excès de Risques Individuel (ERI)	4,9E-05	3,1E-05	*n.r.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*
	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies, et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)									
	Pas mise en œuvre car déjà QD (Pb) = 120 et donc déjà > 1 et ERI (Pb) et ERI (As) > 10^{-5}									

Légende :

< *x*	*x étant la limite de quantification analytique*
X	**concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques ou bioaccessibilité retenue dans le calcul des expositions en présence d'une formule d'ajustement de la dose d'exposition (InVS & INERIS, 2012) pour As, Cd et Pb, et dans le cadre de l'évaluation des incertitudes en termes d'exposition en l'absence de formule d'ajustement pour l'Sb**
(G)	*bioaccessibilité gastrique*
(I)	*bioaccessibilité intestinale*
/	*pas de mesure de bioaccessibilité pour cet échantillon ou cette substance*
n.r.	*substance non retenue au regard de la faible concentration, ou d'une concentration inférieure à la limite de quantification*
n.c.	*substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*

Intervalles de gestion de l'IEM		
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS		
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}	

Le tableau suivant indique les concentrations dans les sols, les bioaccessibilités, prises en compte dans les calculs de risque, et les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) associés au scénario 5b d'exposition pour l'adulte lors des activités de jardinage, et cela malgré la superficie restreinte du jardin (de l'ordre de 1 m sur 4 m). En rappel, lors de la campagne de 2013, en période hivernale, aucun légume n'était disponible. Le propriétaire a mentionné plus particulièrement la culture de tomates.

Pour rappel, le propriétaire a mentionné à l'INERIS lors de la campagne de terrain l'apport de terre extérieur au droit de la zone de potager, cependant des sols de type résidus y sont déjà présents à très faibles profondeurs, en mélange avec la terre d'apport et dès 15 à 25 cm de profondeur uniquement des matériaux de type résidus.

Pour l'ingestion de sol lors des activités de jardinage, tous les QD[56] et ERI sont inférieurs aux bornes basses des intervalles de gestion de l'IEM.

Cependant, au regard de la taille très restreinte de la zone de culture, le nombre de jours de fréquentation de ce dernier avait été ajusté. Ainsi, au regard des concentrations significatives dans les sols notamment en plomb et arsenic, des recommandations sont formulées ultérieurement.

Pour information, concernant ce scénario, la prise en compte d'un nombre de jours plus important pour des activités de jardinage (en rappel, un choix initial de 15 jours au regard de la taille très restreinte de la zone cultivée), soit une fréquentation de 75 jours par an conduirait à un QD_{total} de 1, de l'ordre de la valeur repère de 1 pour les effets à seuil et un ERI_{total} de 8,0E-06 inférieur à la valeur repère de 10^{-5}.

[56] Pour le cas du plomb, en tenant compte des incertitudes analytiques, le QD se rapproche de la valeur de la valeur de la borne basse de 0,2.

Tableau 21 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 5b

Scénario 5b - Scénario d'un adulte habitant la parcelle avec le logement de fonction du complexe sportif de Pontgibaud										
Substances	**Pb**	**As**	**Cd**	**Sb**	**Ag**	**Cr**	**Cu**	**Ni**	**Sn**	**Zn**
Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Concentrations dans les sols (mg/kg MS) et *bioaccessibilité (%)***									
po-s-3 (PONT-S-03-0-20)	**3 136**	**161**	1,3	**44,1**	**12,8**	**40,6**	**56,7**	**38,0**	**7,5**	**558**
Bioaccessibilité (%)	***50 (G)***	***13 (G)***	*38 (G)*	***6 (I)***	/	/	/	/	/	/
Ingestion de sol lors des activités de jardinage - Adulte d'une résidence permanente (âgé de 16 à 70 ans et 15 jours d'exposition annuelle au regard de la taille très restreinte du jardin potager)										
Quotient de Danger (QD)	1,6E-01	1,5E-03	*n.r.*	3,6E-03	8,4E-05	8,9E-07	1,3E-05	1,1E-04	1,2E-06	6,1E-05
Excès de Risques Individuel (ERI)	6,6E-07	7,8E-07	*n.r.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*
	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies, et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)									
	Pas nécessaire car tous les QD < 0,2 et ERI < 10^{-6}									

Légende :

X	**concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques ou bioaccessibilité retenue dans le calcul des expositions en présence d'une formule d'ajustement de la dose d'exposition (InVS & INERIS, 2012) pour As, Cd et Pb, et dans le cadre de l'évaluation des incertitudes en termes d'exposition en l'absence de formule d'ajustement pour l'Sb**
(G)	*bioaccessibilité gastrique*
(I)	*bioaccessibilité intestinale*
/	*pas de mesure de bioaccessibilité pour cet échantillon ou cette substance*
n.r.	*substance non retenue au regard de la faible concentration, ou d'une concentration inférieure à la limite de quantification*
n.c.	*substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*

Intervalles de gestion de l'IEM		
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS		
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}	

5.7.3.8 SCENARIO 6 – SCENARIO D'UN ENFANT VACANCIER FREQUENTANT UNE PARCELLE D'UNE RESIDENCE SECONDAIRE, ZONE AU SUD OUEST DU DEPOT MAJEUR DE RESIDUS DE « PONTGIBAUD-STADE »

La parcelle comporte une résidence secondaire avec des zones de pelouse, enherbées, ou partiellement de sol à nu (cf. figure de l'Annexe 1).

Ce scénario 6 est associé à l'exposition par ingestion de sol par des enfants lors des activités de jeux au droit de ces zones. Seuls les prélèvements concernant l'horizon entre 0 et 2 cm de profondeur ont été pris en compte (po-s-20 (PONT-S-20-0-2))[57].

En l'absence d'information précise recueillie quant aux personnes fréquentant la parcelle, dont la présence de jeunes enfants, un scénario conservatoire a été pris en compte. Dans un premier temps, celui concernant un enfant (âgé de 6 mois à 6 ans) vacancier fréquentant 30 jours par an ces zones.

Le tableau suivant indique les concentrations dans les sols, les bioaccessibilités, prises en compte dans les calculs de risque, et les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI).

Pour l'ingestion de sol lors des activités en extérieur, tous les QD et ERI sont compris dans la gamme de l'intervalle de gestion de l'IEM respectivement de $0,2 < QD < 5$ et de $10^{-6} < ERI < 10^{-4}$.

Cependant, la mise en œuvre d'une EQRS avec l'ensemble des substances et les critères d'acceptabilité de 1 et de 10^{-5} n'a pas été réalisée, au regard principalement du QD associé au plomb excédant à lui seul avec une valeur de 2,5 le critère d'acceptabilité de 1.

Pour information, concernant le scénario présenté ci-dessus, seul le cas de la prise en compte d'une fréquentation de 10 jours par an conduirait à un QD_{total} de 0,8 inférieur à la valeur repère de 1 pour les effets à seuil et un ERI_{total} de 4,0E-06 inférieur à la valeur repère de 10^{-5}.

[57] Il est à souligner également les prélèvements de sols dans l'horizon entre 0 et 20 cm de profondeur « po-s-21 (PONT-S-21-0-25) », les concentrations en plomb et en arsenic y sont légèrement supérieures à celui concernant le premier cm « po-s-20 (PONT-S-20-0-2) » (respectivement de 14 530 mg/kg au regard de 10 390 mg/kg, et de 337 mg/kg au regard de 294 mg/kg). Cependant les conclusions à l'issue des calculs de risques présentés pour le Scénario 6 ne seraient pas significativement modifiées. En effet, le QD su plomb est déjà supérieur à la valeur repère de 1 et l'ERI de l'arsenic à la valeur repère de 10^{-5}.

Tableau 22 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 6

Scénario 6 – Scénario d'un enfant vacancier fréquentant une parcelle d'une résidence secondaire, zone au sud ouest du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »										
Substances	**Pb**	**As**	**Cd**	**Sb**	**Ag**	**Cr**	**Cu**	**Ni**	**Sn**	**Zn**
Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Concentrations dans les sols (mg/kg MS) et *bioaccessibilité (%)***									
po-s-20 (*PONT-S-20-0-2)*	***10 390***	***294***	***6,6***	***93,3***	***26,9***	***17,2***	***176***	***30,3***	***16,4***	***1 630***
Bioaccessibilité (%)	***13 (I)***	***55 (G***	***59 (G)***	***27 (I)***	/	/	/	/	/	/
Ingestion de sol lors des activités de jeux - Enfant vacancier d'une résidence secondaire (âgé de 6 mois à 6 ans et 30 jours d'exposition annuelle)										
Quotient de Danger (QD)	2,5E+00	2,1E-01	6,2E-03	1,3E-01	3,1E-03	6,6E-06	7,2E-04	1,6E-03	4,7E-05	3,1E-03
Excès de Risques Individuel (ERI)	1,0E-06	1,1E-05	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*
	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies, et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)									
	Pas mise en œuvre car déjà QD (Pb) = 2,5 et donc déjà > 1 et ERI (As) > 10^{-5}									

Légende :

X	**concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques ou bioaccessibilité retenue dans le calcul des expositions en présence d'une formule d'ajustement de la dose d'exposition (InVS & INERIS, 2012) pour As, Cd et Pb, et dans le cadre de l'évaluation des incertitudes en termes d'exposition en l'absence de formule d'ajustement pour l'Sb**
(G)	*bioaccessibilité gastrique*
(I)	*bioaccessibilité intestinale*
/	*pas de mesure de bioaccessibilité pour cette substance*
n.c.	*substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*

Intervalles de gestion de l'IEM		
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS		
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}	

5.7.3.9 SCENARIO 7 - SCENARIO D'UN ENFANT VACANCIER FREQUENTANT UNE PARCELLE D'UNE RESIDENCE SECONDAIRE, MAISON MITOYENNE SITUEE A L'OUEST, ZONE AU SUD OUEST DU DEPOT MAJEUR DE RESIDUS DE « PONTGIBAUD-STADE »

La parcelle comporte une résidence secondaire avec des zones de pelouse, enherbées, ou partiellement de sol à nu (cf. figure de l'Annexe 1), une autre maison est mitoyenne et fait l'objet du Scénario 8.

Ce scénario est associé à l'exposition par ingestion de sol par des enfants lors des activités de jeux au droit de ces zones.

En l'absence d'information précise recueillie quant aux personnes fréquentant la parcelle, dont la présence de jeunes enfants, un scénario conservatoire a été pris en compte. Dans un premier temps, celui concernant un enfant (âgé de 6 mois à 6 ans) vacancier fréquentant 30 jours par an ces zones.

Le tableau suivant indique les concentrations dans les sols, les bioaccessibilités, prises en compte dans les calculs de risque, et les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI).

Pour l'ingestion de sol lors des activités en extérieur, tous les ERI sont compris dans la gamme de l'intervalle de gestion de l'IEM respectivement de $10^{-6} < ERI < 10^{-4}$. Tous les QD sont inférieurs à la borne basse des intervalles de gestion de l'IEM de 0,2, à l'exception du QD du plomb avec une valeur de 8,9 supérieure à la borne haute des intervalles de gestion de l'IEM de 5.

Ainsi, la mise en œuvre d'une EQRS avec l'ensemble des substances et les critères d'acceptabilité de 1 et de 10^{-5} n'a pas été réalisée, le QD associé au plomb excédant à lui seul avec une valeur de 8,9 le critère d'acceptabilité de 1.

Pour information, concernant le scénario présenté ci-dessus, seul le cas de la prise en compte d'une fréquentation de 3 jours par an conduirait à un QD_{total} de 0,9 inférieur à la valeur repère de 1 pour les effets à seuil et un ERI_{total} de 1,1E-06 inférieur à la valeur repère de 10^{-5}.

Tableau 23 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 7

Scénario 7- Scénario d'un enfant vacancier fréquentant une parcelle d'une résidence secondaire, maison mitoyenne située à l'ouest, zone au sud ouest du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »										
Substances	**Pb**	**As**	**Cd**	**Sb**	**Ag**	**Cr**	**Cu**	**Ni**	**Sn**	**Zn**
Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Concentrations dans les sols (mg/kg MS) et *bioaccessibilité (%)***									
po-s-22 *(PONT-S-22-0-2)*	4 160	214	4,6	33,2	8,9	16,1	83,9	18,9	11,0	**679**
Bioaccessibilité (%)	*85 (G)*	*31 (G)*	*63 (G)*	*24 (I)*	/	/	/	/	/	/
po-s-24 *(PONT-S-24-0-3)*	**9 720**	**309**	**6,7**	**121**	**28,1**	**29,4**	**138**	**36,1**	**13,6**	622
Bioaccessibilité (%)	***85 (G)***	***37 (G)***	***59 (G)***	***17 (I)***	/	/	/	/	/	/
Ingestion de sol lors des activités de jeux - Enfant vacancier d'une résidence secondaire (âgé de 6 mois à 6 ans et 30 jours d'exposition annuelle)										
Quotient de Danger (QD)	8,9E+00	1,5E-01	6,3E-03	1,7E-01	3,2E-03	1,1E-05	5,7E-04	1,9E-03	3,9E-05	1,3E-03
Excès de Risques Individuel (ERI)	3,7E-06	7,8E-06	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*
	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies, et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)									
	Pas mise en œuvre car déjà QD (Pb) = 8,9 et donc déjà > 1									

Légende :

X	**concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques ou bioaccessibilité retenue dans le calcul des expositions en présence d'une formule d'ajustement de la dose d'exposition (InVS & INERIS, 2012) pour As, Cd et Pb, et dans le cadre de l'évaluation des incertitudes en termes d'exposition en l'absence de formule d'ajustement pour l'Sb**
(G)	*bioaccessibilité gastrique*
(I)	*bioaccessibilité intestinale*
/	*pas de mesure de bioaccessibilité pour cet échantillon ou cette substance*
n.c.	*substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*

Intervalles de gestion de l'IEM		
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS		
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}	

5.7.3.10 SCENARIO 8 - SCENARIO D'UN ENFANT VACANCIER FREQUENTANT UNE PARCELLE D'UNE RESIDENCE SECONDAIRE, MAISON MITOYENNE SITUEE A L'EST, ZONE AU SUD OUEST DU DEPOT MAJEUR DE RESIDUS DE « PONTGIBAUD-STADE »

La parcelle comporte une résidence secondaire avec des zones de pelouse, enherbées, ou partiellement de sol à nu (cf. figure de l'Annexe 1), une autre maison est mitoyenne et fait l'objet du Scénario 7.

Ce scénario 8 est associé à l'exposition par ingestion de sol par des enfants lors des activités de jeux au droit de ces zones.

En l'absence d'information précise recueillie quant aux personnes fréquentant la parcelle, dont la présence de jeunes enfants, un scénario conservatoire a été pris en compte. Dans un premier temps, celui concernant un enfant (âgé de 6 mois à 6 ans) vacancier fréquentant 30 jours par an ces zones.

Le tableau suivant indique les concentrations dans les sols, prises en compte dans les calculs de risque, et les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI).

Pour l'ingestion de sol lors des activités en extérieur, tous les QD sont inférieurs à la borne basse des intervalles de gestion de l'IEM de 0,2, à l'exception du QD du plomb qui est compris dans la gamme de l'intervalle de gestion de l'IEM respectivement de $0,2 < QD < 5$. Quant aux ERI, celui du plomb est inférieur à la borne basse des intervalles de gestion de l'IEM de 10^{-6} et celui de l'As compris dans la gamme de l'intervalle de gestion de l'IEM respectivement de $10^{-6} < ERI < 10^{-4}$.

La mise en œuvre d'une EQRS avec l'ensemble des substances et les critères d'acceptabilité de 1 et de 10^{-5} conduit à un QD_{total} de 0,99 proche de la valeur critère de 1 et un ERI_{total} de 4,0E-06, inférieur à la valeur critère de 10^{-5}.

Pour information, concernant le scénario présenté ci-dessus, seul le cas de la prise en compte d'une fréquentation de 27 jours par an conduirait à un QD_{total} de 0,9 inférieur à la valeur repère de 1 pour les effets à seuil et un ERI_{total} de 3,5E-06 inférieur à la valeur repère de 10^{-5}.

Tableau 24 : Concentrations mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 8

Scénario 8 - Scénario d'un enfant vacancier fréquentant une parcelle d'une résidence secondaire, maison mitoyenne située à l'est, zone au sud ouest du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »										
Substances	**Pb**	**As**	**Cd**	**Sb**	**Ag**	**Cr**	**Cu**	**Ni**	**Sn**	**Zn**
Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Concentrations dans les sols (mg/kg MS) et *bioaccessibilité (%)***									
po-s-23 *(PONT-S-23-0-3)*	**1 000**	**53,5**	**2,1**	**6,9**	**2,6**	**6,2**	**15,2**	**6,8**	**4,0**	**270**
Bioaccessibilité (%)	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Ingestion de sol lors des activités de jeux en extérieur - Enfant vacancier d'une résidence secondaire (âgé de 6 mois à 6 ans, et 30 jours d'exposition annuelle)										
Quotient de Danger (QD)	9,1E-01	6,8E-02	3,3E-03	1,0E-02	3,0E-04	2,4E-06	6,2E-05	3,5E-04	1,1E-05	5,2E-04
Excès de Risques Individuel (ERI)	3,8E-07	3,6E-06	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*
	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies, et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)									
	QD_{total} de 0,99 et ERI_{total} de 4,0E-06									

Légende :

X	**concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques**
/	*pas de mesure de bioaccessibilité pour cet échantillon ou cette substance*
n.c.	*substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*

Intervalles de gestion de l'IEM		
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS		
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5} (Rem. : choix du code couleur plus clair pour le QD tenant compte des incertitudes analytiques)	

5.7.3.11 SCENARIO 9 - SCENARIO D'UN ENFANT VACANCIER FREQUENTANT UNE PARCELLE D'UNE RESIDENCE SECONDAIRE SITUEE AU SUD EST DU DEPOT MAJEUR DE RESIDUS DE « PONTGIBAUD-STADE »

La parcelle comporte une résidence secondaire avec des zones de pelouse, enherbées, ou partiellement de sol à nu (cf. figure de l'Annexe 1).

Ce scénario 9 est associé à l'exposition par ingestion de sol par des enfants lors des activités de jeux au droit de ces zones.

En l'absence d'information précise recueillie quant aux personnes fréquentant la parcelle, dont la présence de jeunes enfants, un scénario conservatoire a été pris en compte. Dans un premier temps, celui concernant un enfant (âgé de 6 mois à 6 ans) vacancier fréquentant 30 jours par an ces zones.

Le tableau suivant indique les concentrations dans les sols, les bioaccessibilités, prises en compte dans les calculs de risque, et les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI).

Pour l'ingestion de sol lors des activités en extérieur, tous les QD sont inférieurs à la borne basse des intervalles de gestion de l'IEM de 0,2, à l'exception du QD de l'arsenic qui est compris dans la gamme de l'intervalle de gestion de l'IEM respectivement de 0,2 < QD < 5 et celui du plomb de 7,1, supérieur à la borne haute de 5. Quant aux ERI, ils sont compris dans la gamme de l'intervalle de gestion de l'IEM respectivement de 10^{-6} < ERI < 10^{-4}.

La mise en œuvre d'une EQRS avec l'ensemble des substances et les critères d'acceptabilité de 1 et de 10^{-5} n'a pas été réalisée, au regard principalement du QD associé au plomb excédant à lui seul avec une valeur de 7,1 le critère d'acceptabilité de 1.

Pour information, concernant le scénario présenté ci-dessus, seul le cas de la prise en compte d'une fréquentation de 4 jours par an conduirait à un QD_{total} de 0,9 inférieur à la valeur repère de 1 pour les effets à seuil et un ERI_{total} de 1,8E-06 inférieur à la valeur repère de 10^{-5}.

Tableau 25 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 9

Scénario 9 - Scénario d'un enfant vacancier fréquentant une parcelle d'une résidence secondaire située au sud est du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »										
Substances	**Pb**	**As**	**Cd**	**Sb**	**Ag**	**Cr**	**Cu**	**Ni**	**Sn**	**Zn**
Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Concentrations dans les sols (mg/kg MS) et *bioaccessibilité (%)***									
po-s-25 *(PONT-S-25-0-3)*	7 200	238	**8,1**	**104**	**17,6**	**29,4**	138	**30,4**	**21,2**	1 210
Bioaccessibilité (%)	*82 (G)*	*41 (G)*	***65 (G)***	***12(I)***	/	/	/	/	/	/
po-s-26 *(PONT-S-26-0-3)*	**7 770**	**414**	6,01	57,6	17,5	16,2	**169**	24,0	14,6	**1 730**
Bioaccessibilité (%)	***88 (G)***	***39 (G)***	*67 (G)*	*28 (I)*	/	/	/	/	/	/
Ingestion de sol lors des activités de jeux - Enfant vacancier d'une résidence secondaire (âgé de 6 mois à 6 ans et 30 jours d'exposition annuelle)										
Quotient de Danger (QD)	7,1E+00	2,1E-01	8,4E-03	1,5E-01	2,0E-03	1,1E-05	6,9E-04	1,6E-03	6,1E-05	3,3E-03
Excès de Risques Individuel (ERI)	3,0E-06	1,1E-05	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*
	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies, et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)									
	Pas mise en œuvre car déjà QD (Pb) = 7,1 et donc déjà > 1 et ERI (As) > 10^{-5}									

Légende :

X	**concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques ou bioaccessibilité retenue dans le calcul des expositions en présence d'une formule d'ajustement de la dose d'exposition (InVS & INERIS, 2012) pour As, Cd et Pb, et dans le cadre de l'évaluation des incertitudes en termes d'exposition en l'absence de formule d'ajustement pour l'Sb**
(G)	*bioaccessibilité gastrique*
(I)	*bioaccessibilité intestinale*
/	*pas de mesure de bioaccessibilité pour cet échantillon ou cette substance*
n.c.	*substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*

Intervalles de gestion de l'IEM		
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS		
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}	

5.7.3.12 SCENARIO 10 - SCENARIO D'UN ENFANT D'UNE RESIDENCE PERMANENTE AU SUD DU DEPOT MAJEUR DE RESIDUS DE « PONTGIBAUD-STADE »

La parcelle comporte une résidence permanente avec une zone de pelouse à l'arrière de cette dernière (cf. figure de l'Annexe 1, zone de 10 x 10 x 5 m). Les propriétaires ont informé avoir apporté de la terre pour la création de la zone de pelouse, la roche étant quasi affleurante.

La famille comportait lors de la campagne de terrain de l'INERIS, deux jeunes enfants (un âgé de moins d'un an et l'autre de 6 ans).

Ce scénario 10 est associé à l'exposition par ingestion de sol par des enfants lors des activités de jeux au droit de la pelouse.

Le tableau suivant indique les concentrations dans les sols, les bioaccessibilités, prises en compte dans les calculs de risque, et les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI).

Pour l'ingestion de sol lors des activités en extérieur, tous les QD sont inférieurs à la borne basse des intervalles de gestion de l'IEM de 0,2, à l'exception du QD du plomb et de l'As qui sont compris dans la gamme de l'intervalle de gestion de l'IEM respectivement de $0,2 < QD < 5$. Quant à l'ERI du plomb, il est inférieur à la borne basse des intervalles de gestion de l'IEM de 10^{-6} et celui de l'arsenic compris dans la gamme de l'intervalle de gestion de l'IEM de $10^{-6} < ERI < 10^{-4}$.

La mise en œuvre d'une EQRS avec l'ensemble des substances et les critères d'acceptabilité de 1 et de 10^{-5} n'a pas été réalisée, l'ERI associé à l'arsenic excédant à lui seul avec une valeur de $2,7.10^{-5}$ le critère d'acceptabilité de 10^{-5}.

En outre, tenant compte des incertitudes analytiques, le QD du plomb est proche de la valeur de 1.

Pour information, concernant le scénario présenté ci-dessus, seul le cas de la prise en compte d'une fréquentation de 80 jours par an conduirait à un QD_{total} de 0,6 inférieur à la valeur repère de 1 pour les effets à seuil et un ERI_{total} de $9,2. 10^{-6}$ inférieur à la valeur repère de 10^{-5}.

Tableau 26 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 10

Scénario 10 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »										
Substances	**Pb**	**As**	**Cd**	**Sb**	**Ag**	**Cr**	**Cu**	**Ni**	**Sn**	**Zn**
Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Concentrations dans les sols (mg/kg MS) et *bioaccessibilité (%)***									
po-s-32 *(PONT-S-32-0-3)*	**98,3**	**224**	<1,2	**3,2**	<1,2	**40,1**	**32,4**	**27,0**	**7,9**	**123**
Bioaccessibilité (%)	***73 (G)***	***19 (G)***	*83 (G)*	***6 (G)***	/	/	/	/	/	/
Ingestion de sol lors des activités de jeux - Enfant d'une résidence permanente (âgé de 6 mois à 6 ans et 234 jours d'exposition annuelle)										
Quotient de Danger (QD)	8,3E-01	5,0E-01	*n.r.*	4,2E-02	*n.r.*	1,4E-04	1,2E-03	1,3E-02	2,1E-04	2,2E-03
Excès de Risques Individuel (ERI)	3,5E-07	2,7E-05	*n.r.*	*n.c.*	*n.r.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*
	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies, et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)									
	Pas mise en œuvre car déjà ERI (As) de 2,7E-05 et donc déjà > 10^{-5}									

Légende :

< *x*	*x étant la limite de quantification analytique*
X	**concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques ou bioaccessibilité retenue dans le calcul des expositions en présence d'une formule d'ajustement de la dose d'exposition (InVS & INERIS, 2012) pour As, Cd et Pb, et dans le cadre de l'évaluation des incertitudes en termes d'exposition en l'absence de formule d'ajustement pour l'Sb**
(G)	*bioaccessibilité gastrique*
(I)	*bioaccessibilité intestinale*
/	*pas de mesure de bioaccessibilité pour cet échantillon ou cette substance*
n.r.	*substance non retenue au regard de la faible concentration, ou d'une concentration inférieure à la limite de quantification*
n.c.	*substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*

Intervalles de gestion de l'IEM		
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS		
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}	

5.7.3.13 SCENARIO 11 - SCÉNARIO D'UN ENFANT VACANCIER FREQUENTANT UNE PARCELLE D'UNE RESIDENCE SECONDAIRE SITUÉE AU SUD DU DEPOT MAJEUR DE RÉSIDUS DE « PONTGIBAUD-STADE »

La parcelle comporte une résidence secondaire avec des zones de pelouse, enherbées, ou partiellement de sol à nu entourant la bâtisse, comportant également une piscine à l'arrière de la propriété, dont le fond de parcelle (nord de la parcelle) est une zone de sous-bois également enherbée, ou partiellement de sol à nu, mitoyenne avec la parcelle du scénario 10 (cf. figure de l'Annexe 1).

En l'absence d'information précise recueillie quant aux personnes fréquentant la parcelle, dont la présence de jeunes enfants, un scénario conservatoire a été pris en compte. Dans un premier temps, celui concernant un enfant (âgé de 6 mois à 6 ans) vacancier fréquentant 30 jours la propriété.

Ce scénario 11 est associé à l'exposition par ingestion de sol par des enfants lors des activités de jeux au droit de ces zones.

Le tableau suivant indique les concentrations dans les sols, les bioaccessibilités, prises en compte dans les calculs de risque, et les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI).

Pour l'ingestion de sol lors des activités en extérieur, tous les QD sont inférieurs à la borne basse des intervalles de gestion de l'IEM de 0,2, à l'exception du QD du plomb qui est compris dans la gamme de l'intervalle de gestion de l'IEM respectivement de $0,2 < QD < 5$. Les ERI sont compris dans la gamme de l'intervalle de gestion de l'IEM respectivement de $10^{-6} < ERI < 10^{-4}$.

La mise en œuvre d'une EQRS avec l'ensemble des substances et les critères d'acceptabilité de 1 et de 10^{-5} n'a pas été réalisée, le QD associé au plomb excédant à lui seul avec une valeur de 4,6 le critère d'acceptabilité de 1.

Pour information, concernant le scénario présenté ci-dessus, seul le cas de la prise en compte d'une fréquentation de 6 jours par an conduirait à un QD_{total} de 0,9 inférieur à la valeur repère de 1 pour les effets à seuil et un ERI_{total} de 1,4E-06 inférieur à la valeur repère de 10^{-5}.

Tableau 27 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 11

Scénario 11 - Scénario d'un enfant vacancier fréquentant une parcelle d'une résidence secondaire située au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »										
Substances	**Pb**	**As**	**Cd**	**Sb**	**Ag**	**Cr**	**Cu**	**Ni**	**Sn**	**Zn**
Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Concentrations dans les sols (mg/kg MS) et *bioaccessibilité (%)***									
po-s-33 *(PONT-S-33-0-10) : zone de sous-bois, enherbée située à l'extrémité nord de la parcelle*	4 590	**233**	**3,3**	55,5	**11,0**	**31,3**	62,6	27,3	8,1	711
Bioaccessibilité (%)	*73 (G)*	***31 (G)***	***64 (G)***	*10 (I)*	/	/	/	/	/	/
po-s-34 *(PONT-S-34-0-3) : zone de pelouse devant la propriété*	**5 090**	174	3,0	**58,7**	11,0	28,9	**76,5**	**30,3**	**9,6**	**804**
Bioaccessibilité (%)	***83 (G)***	*40 (G)*	*63 (G)*	***10 (I)***	/	/	/	/	/	/
Ingestion de sol lors des activités de jeux - Enfant vacancier d'une résidence secondaire (âgé de 6 mois à 6 ans et 30 jours d'exposition annuelle)										
Quotient de Danger (QD)	4,6E+00	9,5E-02	3,4E-03	8,4E-02	1,3E-03	1,2E-05	3,1E-04	1,6E-03	2,8E-05	1,5E-03
Excès de Risques Individuel (ERI)	2,0E-06	5,1E-06	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*
	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies, et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)									
	Pas mise en œuvre car déjà QD (Pb) = 4,6 et donc déjà > 1									

Légende :

X	**concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques ou bioaccessibilité retenue dans le calcul des expositions en présence d'une formule d'ajustement de la dose d'exposition (InVS & INERIS, 2012) pour As, Cd et Pb, et dans le cadre de l'évaluation des incertitudes en termes d'exposition en l'absence de formule d'ajustement pour l'Sb**
(G)	*bioaccessibilité gastrique*
(I)	*bioaccessibilité intestinale*
/	*pas de mesure de bioaccessibilité pour cette substance*
n.c.	*substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*

Intervalles de gestion de l'IEM		
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS		
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}	

5.7.3.14 SCENARIO 12 - SCÉNARIO D'UN ENFANT D'UNE RÉSIDENCE PERMANENTE SITUEE AU SUD DU DEPOT MAJEUR DE RÉSIDUS DE « PONTGIBAUD-STADE »

Pour rappel, cette parcelle correspond à l'ancienne laverie de Caravaux.

La parcelle (cf. figure de l'Annexe 1) comporte un bâtiment avec des appartements et des zones de pelouse, enherbées, ou partiellement de sol à nu, ainsi qu'un jardin potager (cf. Scénario 13 traité ci-après). Des enfants y habitent, dont notamment un jeune enfant âgé de 5 ans lors des investigations de terrain de l'INERIS et y habitant depuis sa naissance.

Ce scénario 12 est associé à l'exposition par ingestion de sol par des enfants lors des activités de jeux au droit de ces zones.

Le tableau suivant indique les concentrations dans les sols, les bioaccessibilités, prises en compte dans les calculs de risque, et les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI).

Pour l'ingestion de sol lors des activités en extérieur, tous les QD sont inférieurs à la borne basse des intervalles de gestion de l'IEM de 0,2, à l'exception des QD de l'arsenic et de l'antimoine qui sont compris dans la gamme de l'intervalle de gestion de l'IEM respectivement de $0,2 < QD < 5$ et celui du plomb, de 86, significativement supérieur à la borne haute de 5. Quant aux ERI, ils sont compris dans la gamme de l'intervalle de gestion de l'IEM respectivement de $10^{-6} < ERI < 10^{-4}$.

La mise en œuvre d'une EQRS avec l'ensemble des substances et les critères d'acceptabilité de 1 et de 10^{-5} n'a pas été réalisée, au regard principalement du QD associé au plomb excédant à lui seul avec une valeur de 86 le critère d'acceptabilité de 1.

Pour information, concernant le scénario présenté ci-dessus, seul le cas de la prise en compte d'une fréquentation de 2 jours par an conduirait à un QD_{total} de 0,7 inférieur à la valeur repère de 1 pour les effets à seuil et un ERI_{total} de 9,5E-07 inférieur à la valeur repère de 10^{-5}.

Tableau 28 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 12

Scénario 12 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente située au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »										
Substances	**Pb**	**As**	**Cd**	**Sb**	**Ag**	**Cr**	**Cu**	**Ni**	**Sn**	**Zn**
Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Concentrations dans les sols (mg/kg MS) et *bioaccessibilité (%)***									
po-s-29 *(PONT-S-29-0-3)*	**12 020**	**390**	**9,4**	116	**51,6**	8,70	**522**	**23,9**	**28,8**	**1 330**
Bioaccessibilité (%)	***77 (G)***	***37 (G)***	***79 (G)***	*25 (I)*	/	/	/	/	/	/
po-s-30 *(PONT-S-30-0-3)*	6 180	156	3,8	**160**	17,1	7,3	57,1	11,0	5,8	507
Bioaccessibilité (%)	/	/	/	**/**	/	/	/	/	/	/
po-s-31 *(PONT-S-31-0-3)*	5 600	242	7,7	159	17	**18,2**	103	22,9	12,0	621
Bioaccessibilité (%)	*82 (G)*	*48 (G)*	*69 (G)*	*11 (I)*	/	/	/	/	/	/
Ingestion de sol lors des activités de jeux - Enfant d'une résidence permanente (âgé de 6 mois à 6 ans et 234 jours d'exposition annuelle)										
Quotient de Danger (QD)	8,6E+01	1,4E+00	9,3E-02	1,8E+00	4,6E-02	5,4E-05	1,7E-02	9,8E-03	6,5E-04	2,0E-02
Excès de Risques Individuel (ERI)	3,6E-05	7,6E-05	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*
	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies, et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)									
	Pas mise en œuvre car déjà QD (Pb) = 86 et donc déjà > 1, et ERI (Pb) = 3,6E-05 et ERI (As) = 7,6E-05 et donc déjà > 10^{-5}									

Légende :

X	**concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques ou bioaccessibilité retenue dans le calcul des expositions en présence d'une formule d'ajustement de la dose d'exposition (InVS & INERIS, 2012) pour As, Cd et Pb, et dans le cadre de l'évaluation des incertitudes en termes d'exposition en l'absence de formule d'ajustement pour l'Sb**
(G)	*bioaccessibilité gastrique*
(I)	*bioaccessibilité intestinale*
/	*pas de mesure de bioaccessibilité pour cet échantillon ou cette substance*
n.c.	*substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*

Intervalles de gestion de l'IEM		
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS		
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}	

5.7.3.15 SCENARIO 13 - SCENARIO D'UN ADULTE D'UNE RESIDENCE PERMANENTE SITUÉE AU SUD DU DEPOT MAJEUR DE RESIDUS DE « PONTGIBAUD-STADE » AVEC DES ACTIVITES DE JARDINAGE

Pour rappel, cette parcelle correspond à l'ancienne laverie de Caravaux.

La parcelle avec un bâtiment avec des appartements et des zones de pelouse, enherbées, ou partiellement de sol à nu, comporte également un jardin potager (cf. figure de l'Annexe 1).

En complément du scénario 12 associé à l'exposition des enfants fréquentant des zones enherbées situées autour de ce bâtiment avec des concentrations également significatives, ce scénario 13 est associé à l'exposition par ingestion de sol par l'adulte lors des activités de jardinage.

En l'absence d'information précise recueillie, absence de rencontre avec le jardinier, un scénario conservatoire a été pris en compte, 136 jours d'activité de jardinage tenant compte de sa superficie.

Le tableau suivant indique les concentrations dans les sols, les bioaccessibilités, prises en compte dans les calculs de risque, et les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI).

Pour l'ingestion de sol lors des activités de jardinage, tous les QD sont inférieurs à la borne basse des intervalles de gestion de l'IEM de 0,2, à l'exception du QD du plomb compris dans la gamme de l'intervalle de gestion de l'IEM respectivement de $0,2 < QD < 5$. Les ERI sont compris dans la gamme de l'intervalle de gestion de l'IEM de $10^{-6} < ERI < 10^{-4}$.

La mise en œuvre d'une EQRS avec l'ensemble des substances et les critères d'acceptabilité de 1 et de 10^{-5} n'a pas été réalisée, au regard principalement du QD associé au plomb excédant à lui seul avec une valeur de 3,5 le critère d'acceptabilité de 1.

Pour information, concernant le scénario présenté ci-dessus, seul le cas de la prise en compte d'une fréquentation de 30 jours par an conduirait à un QD_{total} de 0,8 inférieur à la valeur repère de 1 pour les effets à seuil et un ERI_{total} de 7,7E-06 inférieur à la valeur repère de 10^{-5}.

Tableau 29 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 13

Scénario 13 - Scénario d'un adulte d'une résidence permanente située au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade » avec des activités de jardinage										
Substances	**Pb**	**As**	**Cd**	**Sb**	**Ag**	**Cr**	**Cu**	**Ni**	**Sn**	**Zn**
Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Concentrations dans les sols (mg/kg MS) et *bioaccessibilité (%)***									
po-s-28 *(PONT-S-28-0-30)*	**7 370**	**268**	**6,6**	**120**	**14,0**	**37,8**	**137**	**39,5**	**17,3**	**793**
Bioaccessibilité (%)	***72 (G)***	***28 (G)***	***70 (G)***	***10 (I)***	/	/	/	/	/	/
Ingestion de sol lors des activités de jardinage - Adulte d'une résidence permanente (âgé de 16 ans à 70 ans et 136 jours d'exposition annuelle)										
Quotient de Danger (QD)	3,5E+00	5,0E-02	3,8E-03	8,9E-02	8,3E-04	7,5E-06	2,9E-04	1,1E-03	2,6E-05	7,9E-04
Excès de Risques Individuel (ERI)	1,4E-05	2,5E-05	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*
	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies, et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)									
	Pas mise en œuvre car déjà QD (Pb) = 3,5 et donc déjà > 1, et ERI (Pb) = 1,4E-05 et ERI (As) = 2,5E-05 et donc déjà > 10^{-5}									

Légende :

X	**concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques ou bioaccessibilité retenue dans le calcul des expositions en présence d'une formule d'ajustement de la dose d'exposition (InVS & INERIS, 2012) pour As, Cd et Pb, et dans le cadre de l'évaluation des incertitudes en termes d'exposition en l'absence de formule d'ajustement pour l'Sb**
(G)	*bioaccessibilité gastrique*
(I)	*bioaccessibilité intestinale*
/	*pas de mesure de bioaccessibilité pour cet échantillon ou cette substance*
n.c.	*substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*

Intervalles de gestion de l'IEM		
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS		
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}	

5.7.3.16 SCÉNARIO 14 - SCÉNARIO D'UN ENFANT D'UNE RÉSIDENCE PERMANENTE FRÉQUENTANT UNE AUTRE PARCELLE MITOYENNE SITUÉE AU SUD OUEST DU DÉPÔT MAJEUR DE RÉSIDUS DE « PONTGIBAUD-STADE »

La parcelle (cf. figure de l'Annexe 1) avec une zone enherbée se situe en bordure immédiate des parcelles traitées dans les scénarios 12 et 13, ces dernières comportant un bâtiment avec des appartements. Des enfants en bas âges y habitent.

Ainsi, ce scénario 14 est associé à l'exposition par ingestion de sol par ces enfants lors des activités de jeux au droit des zones enherbées.

Le tableau suivant indique les concentrations dans les sols, les bioaccessibilités, prises en compte dans les calculs de risque, et les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI).

Pour l'ingestion de sol lors des activités de jeux, tous les QD sont inférieurs à la borne basse des intervalles de gestion de l'IEM de 0,2, à l'exception des QD de l'arsenic et de l'antimoine compris dans la gamme de l'intervalle de gestion de l'IEM de $0,2 < QD < 5$ et celui du plomb de 63, valeur significativement supérieure à la celle de la borne haute des intervalles de gestion de gestion de 5. Les ERI du plomb et de l'arsenic sont compris dans la gamme de l'intervalle de gestion de l'IEM de $10^{-6} < ERI < 10^{-4}$.

La mise en œuvre d'une EQRS avec l'ensemble des substances et les critères d'acceptabilité de 1 et de 10^{-5} n'a pas été réalisée, au regard principalement du QD associé au plomb excédant à lui seul avec une valeur de 63 le critère d'acceptabilité de 1.

Pour information, concernant le scénario présenté ci-dessus, seul le cas de la prise en compte d'une fréquentation de 3 jours par an conduirait à un QD_{total} de 0,8 inférieur à la valeur repère de 1 pour les effets à seuil et un ERI_{total} de 9,8E-07 inférieur à la valeur repère de 10^{-5}.

Tableau 30 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 14

Scénario 14 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente fréquentant une autre parcelle mitoyenne située au sud ouest du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »										
Substances	**Pb**	**As**	**Cd**	**Sb**	**Ag**	**Cr**	**Cu**	**Ni**	**Sn**	**Zn**
Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Concentrations dans les sols (mg/kg MS) et *bioaccessibilité (%)***									
po-s-27 (PONT-S-27-0-10)	**8 860**	**320**	**7,7**	**195**	**18,5**	**40,4**	**216**	**50,3**	**17,5**	**1 190**
Bioaccessibilité (%)	***75 (G)***	***29 (G)***	***51 (G)***	***14 (I)***	/	/	/	/	/	/
Ingestion de sol lors des activités de jeux - Enfant d'une résidence permanente (âgé de 6 mois à 6 ans et 234 jours d'exposition annuelle)										
Quotient de Danger (QD)	6,3E+01	9,3E-01	4,9E-02	2,2E+00	1,7E-02	1,2E-04	6,9E-03	2,1E-02	3,9E-04	1,8E-02
Excès de Risques Individuel (ERI)	2,7E-05	4,9E-05	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*
	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies, et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)									
	Pas mise en œuvre car déjà QD (Pb) = 63 et donc déjà > 1, et ERI (Pb) = 2,7E-05 et ERI (As) = 4,9E-05 et donc déjà > 10^{-5}									

Légende :

X	**concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques ou bioaccessibilité retenue dans le calcul des expositions en présence d'une formule d'ajustement de la dose d'exposition (InVS & INERIS, 2012) pour As, Cd et Pb, et dans le cadre de l'évaluation des incertitudes en termes d'exposition en l'absence de formule d'ajustement pour l'Sb**
(G)	*bioaccessibilité gastrique*
(I)	*bioaccessibilité intestinale*
/	*pas de mesure de bioaccessibilité pour cet échantillon ou cette substance*
n.c.	*substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*

Intervalles de gestion de l'IEM		
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS		
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}	

5.7.3.17 SCENARIO 15 - SCÉNARIO D'UN ENFANT AVEC DES ACTIVITÉS DE PROMENADE ET DE LOISIRS (JEUX) AU DROIT DU DÉPÔT MAJEUR DE RESIDUS DE « ROURE/ LES ROSIERS »

Ce scénario 15 est associé à l'exposition par ingestion de sol par des enfants d'une résidence permanente ou temporaire ou l'enfant touriste lors des activités de promenade et de loisirs (jeux) dans la zone principale des dépôts de « Roure/ Les Rosiers » (cf. figure de l'Annexe 1).

Le tableau suivant indique les concentrations dans les sols, les bioaccessibilités, prises en compte dans les calculs de risque, et les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI).

Pour l'ingestion de sol lors des activités de jeux, tous les QD sont inférieurs à la borne basse des intervalles de gestion de l'IEM de 0,2, à l'exception du QD du plomb, de 7,5, supérieur à la borne haute des intervalles de gestion de l'IEM de 5. L'ERI du plomb est compris dans la gamme de l'intervalle de gestion de l'IEM de $10^{-6} < ERI < 10^{-4}$.

La mise en œuvre d'une EQRS avec l'ensemble des substances et les critères d'acceptabilité de 1 et de 10^{-5} n'a pas été réalisée, le QD associé au plomb excédant à lui seul avec une valeur de 7,5 le critère d'acceptabilité de 1.

Pour information, concernant le scénario présenté ci-dessus, seul le cas de la prise en compte d'une fréquentation de 1 jour par an conduirait à un QD_{total} de 0,6 inférieur à la valeur repère de 1 pour les effets à seuil et un ERI_{total} de 1,9E-06 inférieur à la valeur repère de 10^{-5}.

Et pour rappel de la section 5.6, les enfants de ce scénario ont également accès à l'eau de la Fontaine du lieu-dit « La mine des Rosiers » (ro-e-font-7), dont les résultats analytiques indiquent des concentrations inférieures aux critères de potabilité pour les substances étudiées dans la présente étude que sont le plomb, l'arsenic, le cadmium, le cuivre, le chrome, le nickel et l'antimoine.

Tableau 31 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 15

Scénario 15 - Scénario d'un enfant avec des activités de promenade et de loisirs (jeux) au droit du dépôt majeur de résidus de « Roure/ Les Rosiers »										
Substances	**Pb**	**As**	**Cd**	**Sb**	**Ag**	**Cr**	**Cu**	**Ni**	**Sn**	**Zn**
Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Concentrations dans les sols (mg/kg MS) et *bioaccessibilité (%)***									
ro-s-1 *(ROSI-S-01-0-2a)*	27 850	875	<1,2	123	64,7	4,5	45,0	2,3	13,6	190
Bioaccessibilité (%)	*35 (G)*	*7 (G)*	*//*	4 *(G, I)*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*
ro-s-3 *(ROSI-S-03-0-2)*	14 210	691	**2,7**	92,6	43,4	**16,3**	64,4	**23,3**	11,0	**554**
Bioaccessibilité (%)	*65 (G)*	*20 (G)*	***45 (G)***	7 *(I)*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*
ro-s-8 *(ROSI-S-08-0-5)*	26 700	**1 593**	1,8	**185**	74,9	6,8	**65,9**	6,0	**15,7**	323
Bioaccessibilité (%)	*/*	***I (+) : 2 (G)***	*/*	***I***	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*
ro-s-9 *(ROSI-S-09-0-5)*	24 050	728	<1,2	102	101	1,3	34,0	2,1	7,2	153
ro-s-10 *(ROSI-S-10-0-5)*	**33 060**	678	<1,2	137	**108**	4,8	39,4	2,8	8,9	141
Bioaccessibilité (%)	***28 (G)***	*3 (G)*	*//*	5 *(I)*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*
ro-s-11*(ROSI-S-11-0-1)*	13 790	604	2,4	71,2	52,1	1,4	37,7	3,3	5,0	234
ro-s-12 *(ROSI-S-12-0-1)*	26 740	657	<1,2	70,1	83,0	1,4	25,3	1,8	6,9	128
ro-s-13 *(ROSI-S-13-0-5)*	26 500	1 146	<1,2	84,8	58,6	1,4	39,8	2,6	6,1	247
Bioaccessibilité (%)	*34 (G)*	***2 (G)***	*//*	4 *(G, I)*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*	*/*
ro-s-19 *(ROSI-S-19-0-5)*	23 950	1 203	<1,2	108	64,6	1,5	59,8	3,9	10,4	279
Ingestion de sol lors des activités de jeux - Enfant d'une résidence permanente ou temporaire ou touriste (âgé de 2 à 6 ans et 15 jours d'exposition annuelle)										
Quotient de Danger (QD)	7,5E+00	1,8E-02	8,6E-04	1,2E-01	5,5E-03	2,8E-06	1,2E-04	5,4E-04	2,0E-05	4,7E-04
Excès de Risques Individuel (ERI)	2,3E-06	6,9E-07	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*
	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies, et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)									
	Pas mise en œuvre car déjà QD(Pb) = 7,5 et donc déjà > 1									

Légende :

< x	*x étant la limite de quantification analytique*
X	**concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques ou bioaccessibilité retenue dans le calcul des expositions en présence d'une formule d'ajustement de la dose d'exposition (InVS & INERIS, 2012) pour As, Cd et Pb, et dans le cadre de l'évaluation des incertitudes en termes d'exposition en l'absence de formule d'ajustement pour l'Sb**
(G)	*bioaccessibilité gastrique*
(I)	*bioaccessibilité intestinale*
(+)	*pas de mesure de bioaccessibilité sur cet échantillon mais prise en compte de la valeur maximale de bioaccessibilité mesurée sur un des autres échantillons, et intégration dans le calcul des expositions*
/	*pas de mesure de bioaccessibilité pour cet échantillon ou cette substance*
//	*pas de mesure de bioaccessibilité car la concentration en élément total est inférieure à la limite de quantification*
n.c.	*substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*

Intervalles de gestion de l'IEM		
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS		
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}	

5.7.3.18 SCENARIO 16 - SCÉNARIO D'UN ENFANT AVEC DES ACTIVITÉS DE PROMENADE ET DE LOISIRS (JEUX) DANS LES ZONES DES DÉPÔTS PRINCIPAUX DE RESIDUS DE « ROURE/ LES ROSIERS », JOUANT PRINCIPALEMENT EN BORDURE DU LAC BLEU

Ce scénario 16 est associé à l'exposition par ingestion de sol par des enfants d'une résidence permanente ou temporaire ou l'enfant touriste lors des activités de promenade et de loisirs (jeux) dans la zone principale des dépôts de « Roure/ Les Rosiers » et plus particulièrement en bordure du « Lac Bleu » (cf. figure de l'Annexe 1), au regard du constat de la présence d'enfants jouant dans le « sable » en bordure immédiate du « Lac Bleu ».

Le tableau suivant indique les concentrations dans les sols, les bioaccessibilités, prises en compte dans les calculs de risque, et les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI).

Pour l'ingestion de sol lors des activités de jeux, tous les QD sont inférieurs à la borne basse des intervalles de gestion de l'IEM de 0,2, à l'exception de celui de l'arsenic compris dans la gamme de l'intervalle de gestion de l'IEM de $0,2 < QD < 5$ et le QD du plomb avec une valeur de 10, supérieure à la borne haute des intervalles de gestion de 5. L'ERI de l'arsenic est compris dans la gamme de l'intervalle de gestion de l'IEM de $10^{-6} < ERI < 10^{-4}$, et également tenant compte des incertitudes analytiques, celui du plomb

La mise en œuvre d'une EQRS avec l'ensemble des substances et les critères d'acceptabilité de 1 et de 10^{-5} n'a pas été réalisée, le QD associé au plomb excédant à lui seul avec une valeur de 10 le critère d'acceptabilité de 1.

Pour information, concernant le scénario présenté ci-dessus, seul le cas de la prise en compte d'une fréquentation uniquement de 1 jour par an conduirait à un QD_{total} de 0,7 inférieur à la valeur repère de 1 pour les effets à seuil et un ERI_{total} de 2,8E-07 inférieur à la valeur repère de 10^{-5}.

Et pour rappel de la section 5.6, les enfants de ce scénario ont également accès à l'eau de la Fontaine du lieu-dit « La mine des Rosiers » (ro-e-font-7), dont les résultats analytiques indiquent des concentrations inférieures aux critères de potabilité pour les substances étudiées dans la présente étude que sont le plomb, l'arsenic, le cadmium, le cuivre, le chrome, le nickel et l'antimoine.

Tableau 32 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 16

Scénario 16 - Scénario d'un enfant avec des activités de promenade et de loisirs (jeux) dans les zones des dépôts principaux de résidus de « Roure/ Les Rosiers », jouant principalement en bordure du Lac Bleu										
Substances	**Pb**	**As**	**Cd**	**Sb**	**Ag**	**Cr**	**Cu**	**Ni**	**Sn**	**Zn**
Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Concentrations dans les sols (mg/kg MS) et *bioaccessibilité (%)***									
ro-s-11 *(ROSI-S-11-0-1)*	13 790	604	**2,4**	**71,2**	52,1	**1,4**	**37,7**	**3,3**	5,0	**234**
Bioaccessibilité (%)	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
ro-s-12 *(ROSI-S-12-0-1)*	**26 740**	**657**	<1,2	70,1	**83,0**	1,4	25,3	1,8	**6,9**	128
Bioaccessibilité (%)	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Ingestion de sol lors des activités de jeux - Enfant d'une résidence permanente ou temporaire ou touriste (âgé de 5 à 6 ans, et 15 jours d'exposition annuelle)										
Quotient de Danger (QD)	1,0E+01	3,5E-01	1,6E-03	4,3E-02	4,0E-03	2,3E-07	6,5E-05	7,2E-05	8,3E-06	1,9E-04
Excès de Risques Individuel (ERI)	7,8E-07	3,4E-06	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*
	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies, et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)									
	Pas mise en œuvre car déjà QD(Pb) = 10 et donc déjà > 1									

Légende :

< x	*x étant la limite de quantification analytique*
X	**concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques ou bioaccessibilité retenue dans le calcul des expositions en présence d'une formule d'ajustement de la dose d'exposition (InVS & INERIS, 2012) pour As, Cd et Pb, et dans le cadre de l'évaluation des incertitudes en termes d'exposition en l'absence de formule d'ajustement pour l'Sb**
n.c.	*substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*
/	*pas de mesure de bioaccessibilité pour cet échantillon ou cette substance*

Intervalles de gestion de l'IEM		
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion Rem. : choix du code couleur plus clair, tenant compte des incertitudes analytiques
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS		
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}	

5.7.3.19 SCENARIO 17 - SCÉNARIO D'UN ENFANT AVEC DES ACTIVITÉS DE PROMENADE ET DE LOISIRS (JEUX) DANS LA BRANCHE SUD DU Y DE LA ZONE PRINCIPALE DES DÉPÔTS DE RESIDUS DE « ROURE/ LES ROSIERS »

Ce scénario 17 est associé à l'exposition par ingestion de sol par des enfants d'une résidence permanente ou temporaire ou touriste lors des activités de promenade et de loisirs (jeux) dans la branche sud du Y de la zone principale des dépôts de « Roure/ Les Rosiers » (cf. figure de l'Annexe 1).

Le tableau suivant indique les concentrations dans les sols, les bioaccessibilités, prises en compte dans les calculs de risque, et les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI).

Pour l'ingestion de sol lors des activités de jeux, tous les QD sont inférieurs à la borne basse des intervalles de gestion de l'IEM de 0,2, à l'exception du QD du plomb de 7,9 supérieur à la borne haute des intervalles de gestion de l'IEM de 5. Seul l'ERI du plomb est compris dans la gamme de l'intervalle de gestion de l'IEM de $0,2 < QD < 5$.

La mise en œuvre d'une EQRS avec l'ensemble des substances et les critères d'acceptabilité de 1 et de 10^{-5} n'a pas été réalisée, le QD associé au plomb excédant à lui seul avec une valeur de 7,9 le critère d'acceptabilité de 1.

Pour information, concernant le scénario présenté ci-dessus, seul le cas de la prise en compte d'une fréquentation uniquement de 1 jour par an conduirait à un QD_{total} de 0,5 inférieur à la valeur repère de 1 pour les effets à seuil et un ERI_{total} de 1,6E-07 inférieur à la valeur repère de 10^{-5}.

Et pour rappel de la section 5.6, les enfants de ce scénario ont également accès à l'eau de la Fontaine du lieu-dit « La mine des Rosiers » (ro-e-font-7), dont les résultats analytiques indiquent des concentrations inférieures aux critères de potabilité pour les substances étudiées dans la présente étude que sont le plomb, l'arsenic, le cadmium, le cuivre, le chrome, le nickel et l'antimoine.

Tableau 33 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 17

Scénario 17 - Scénario d'un enfant avec des activités de promenade et de loisirs (jeux) dans la branche sud du Y de la zone principale des dépôts de résidus de « Roure/ Les Rosiers »										
Substances	**Pb**	**As**	**Cd**	**Sb**	**Ag**	**Cr**	**Cu**	**Ni**	**Sn**	**Zn**
Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Concentrations dans les sols (mg/kg MS) et *bioaccessibilité (%)***									
ro-s-4 *(ROSI-S-04-0-5)*	**35 070**	527	<1,2	**115**	65,0	4,1	32,3	2,3	<6,2	110
Bioaccessibilité (%)	***/ (+) : 28 (G)***	/	/	***/ (+) : 7 (I)***	/	/	/	/	/	/
ro-s-5 *(ROSI-S-05-0-5)*	34 330	**552**	<1,2	108	**67,4**	3,4	**39,4**	4,4	5,2	**268**
Bioaccessibilité (%)	***28 (G)***	***4 (G)***	*32 (G)*	***7 (I)***	/	/	/	/	/	/
Ingestion de sol lors des activités de jeux - Enfant d'une résidence permanente ou temporaire ou touriste (âgé de 2 à 6 ans et 15 jours d'exposition annuelle)										
Quotient de Danger (QD)	7,9E+00	1,2E-02	*n.r.*	7,3E-02	3,4E-03	*n.r.*	7,2E-05	*n.r.*	*n.r.*	2,3E-04
Excès de Risques Individuel (ERI)	2,4E-06	4,8E-07	*n.r.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.r.*	*n.c.*	*n.r.*	*n.r.*	*n.c.*
	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies, et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)									
	Pas mise en œuvre car déjà QD(Pb) = 7,9 et donc déjà > 1									

Légende :

< x	*x étant la limite de quantification analytique*
X	**concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques ou bioaccessibilité retenue dans le calcul des expositions en présence d'une formule d'ajustement de la dose d'exposition (InVS & INERIS, 2012) pour As, Cd et Pb, et dans le cadre de l'évaluation des incertitudes en termes d'exposition en l'absence de formule d'ajustement pour l'Sb**
(G)	*bioaccessibilité gastrique*
(I)	*bioaccessibilité intestinale*
/	*pas de mesure de bioaccessibilité pour cet échantillon ou cette substance)*
(+)	*pas de mesure de bioaccessibilité sur cet échantillon mais prise en compte de la valeur maximale de bioaccessibilité mesurée sur un des autres échantillons, et intégration*
n.r.	*substance non retenue au regard de la faible concentration, ou d'une concentration inférieure à la limite de quantification*
n.c.	*substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*

Intervalles de gestion de l'IEM		
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS		
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}	

5.7.3.20 SCENARIO 18 - SCÉNARIO D'UN ENFANT AVEC DES ACTIVITÉS DE PROMENADE ET DE LOISIRS (JEUX) DANS LA BRANCHE NORD DU Y DE LA ZONE PRINCIPALE DES DÉPÔTS DE « ROURE/ LES ROSIERS »

Ce scénario 18 est associé à l'exposition par ingestion de sol par des enfants d'une résidence permanente ou temporaire ou touriste lors des activités de promenade et de loisirs (jeux) dans la zone principale des dépôts de « Roure/ Les Rosiers » (cf. figure de l'Annexe 1).

Le tableau suivant indique les concentrations dans les sols prises en compte dans les calculs de risque, et les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI).

Pour l'ingestion de sol lors des activités de jeux, tous les QD sont inférieurs à la borne basse des intervalles de gestion de l'IEM de 0,2, à l'exception du QD de l'arsenic compris dans la gamme de l'intervalle de gestion de l'IEM de $0,2 < QD < 5$ et celui du plomb de 6,1 supérieur à la borne haute des intervalles de gestion de 5. Les ERI du plomb et de l'arsenic sont compris dans la gamme de l'intervalle de gestion de l'IEM de $10^{-6} < ERI < 10^{-4}$.

La mise en œuvre d'une EQRS avec l'ensemble des substances et les critères d'acceptabilité de 1 et de 10^{-5} n'a pas été réalisée, au regard principalement du QD associé au plomb excédant à lui seul avec une valeur de 6,1 le critère d'acceptabilité de 1.

Pour information, concernant le scénario présenté ci-dessus, dans le cas de la prise en compte d'une fréquentation uniquement de 2 jours par an conduirait à un QD_{total} de 0,8 inférieur à la valeur repère de 1 pour les effets à seuil et un ERI_{total} de 4,1E-06 inférieur à la valeur repère de 10^{-5}.

Et pour rappel de la section 5.6, les enfants de ce scénario ont également accès à l'eau de la Fontaine du lieu-dit « La mine des Rosiers » (ro-e-font-7), dont les résultats analytiques indiquent des concentrations inférieures aux critères de potabilité pour les substances étudiées dans la présente étude que sont le plomb, l'arsenic, le cadmium, le cuivre, le chrome, le nickel et l'antimoine.

Tableau 34 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 18

Scénario 18 - Scénario d'un enfant avec des activités de promenade et de loisirs (jeux) dans la branche nord du Y de la zone principale des dépôts de « Roure/ Les Rosiers »										
Substances	**Pb**	**As**	**Cd**	**Sb**	**Ag**	**Cr**	**Cu**	**Ni**	**Sn**	**Zn**
Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Concentrations dans les sols (mg/kg MS) et *bioaccessibilité (%)***									
ro-s-14 *(ROSI-S-14-0-5)*	**15 100**	**1 300**	<1,2	**116**	**73,0**	4,2	**56,5**	4,1	**18,4**	**130**
Bioaccessibilité (%)	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Ingestion de sol lors des activités de jeux - Enfant d'une résidence permanente ou temporaire ou touriste (âgé de 2 à 6 ans et 15 jours d'exposition annuelle)										
Quotient de Danger (QD)	6,1E+00	7,3E-01	*n.r.*	7,4E-02	3,7E-03	*n.r.*	1,0E-04	*n.r.*	2,3E-05	1,1E-04
Excès de Risques Individuel (ERI)	1,9E-06	2,8E-05	*n.r.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.r.*	*n.c.*	*n.r.*	*n.c.*	*n.c.*
	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies, et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)									
	Pas mise en œuvre car déjà QD(Pb) = 6,1 et donc déjà > 1, et et ERI (As) = 2,8E-05 et donc déjà > 10^{-5}									

Légende :

< *x*	*x étant la limite de quantification analytique*
X	**concentration retenue dans le calcul des expositions**
n.r.	*substance non retenue au regard de la faible concentration, ou d'une concentration inférieure à la limite de quantification*
n.c.	*substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*

Intervalles de gestion de l'IEM		
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS		
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}	

5.7.3.21 SCENARIO 19 - SCÉNARIO D'UN ENFANT VACANCIER D'UNE RÉSIDENCE TEMPORAIRE SITUÉE FACE À LA FONTAINE DU LIEU-DIT « LA MINE DES ROSIERS » AU NORD DU DÉPÔT MAJEUR DE « ROURE/ LES ROSIERS »

Cette parcelle comporte une habitation secondaire avec des zones de pelouse, enherbées, ou partiellement de sol à nu (cf. figure de l'Annexe 1).

Ce scénario 19 est associé à l'exposition par ingestion de sol par des enfants vacanciers d'une résidence temporaire lors des activités de jeux au droit de ces zones.

En l'absence d'information précise recueillie quant aux personnes fréquentant la parcelle, dont la présence de jeunes enfants, un scénario conservatoire a été pris en compte. Dans un premier temps, celui concernant un enfant (âgé de 6 mois à 6 ans) vacancier fréquentant 30 jours par an ces zones.

Le tableau suivant indique les concentrations dans les sols, les bioaccessibilités, prises en compte dans les calculs de risque, et les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI).

Pour l'ingestion de sol lors des activités de jeux, tous les QD sont inférieurs à la borne basse des intervalles de gestion de l'IEM de 0,2, à l'exception du QD du plomb de 4,2 compris dans la gamme de l'intervalle de gestion de l'IEM de $0,2 < QD < 5$. Les ERI sont compris dans la gamme de l'intervalle de gestion de l'IEM de $10^{-6} < ERI < 10^{-4}$.

La mise en œuvre d'une EQRS avec l'ensemble des substances et les critères d'acceptabilité de 1 et de 10^{-5} n'a pas été réalisée, le QD associé au plomb excédant à lui seul avec une valeur de 4,2 le critère d'acceptabilité de 1.

Pour information, concernant le scénario présenté ci-dessus, seul le cas de la prise en compte d'une fréquentation de 6 jours par an conduirait à un QD_{total} de 0,8 inférieur à la valeur repère de 1 pour les effets à seuil et un ERI_{total} de 1,8E-06 inférieur à la valeur repère de 10^{-5}.

Et pour rappel de la section 5.6, les enfants de ce scénario ont également accès à l'eau de la fontaine du lieu-dit « La mine des Rosiers » (ro-e-font-7), dont les résultats analytiques indiquent des concentrations inférieures aux critères de potabilité pour les substances étudiées dans la présente étude que sont le plomb, l'arsenic, le cadmium, le cuivre, le chrome, le nickel et l'antimoine.

Tableau 35 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 19

Scénario 19 - Scénario d'un enfant vacancier d'une résidence temporaire située face à la fontaine du lieu-dit « La Mine des Rosiers » au nord du dépôt majeur de « Roure/ Les Rosiers »										
Substances	**Pb**	**As**	**Cd**	**Sb**	**Ag**	**Cr**	**Cu**	**Ni**	**Sn**	**Zn**
Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Concentrations dans les sols (mg/kg MS) et *bioaccessibilité (%)***									
ro-s-17 *(ROSI-S-17-0-3)*	**4 650**	**450**	**4,1**	**21,1**	**11,2**	**20,6**	**53,1**	**19,0**	**10,7**	**536**
Bioaccessibilité (%)	***64 (G)***	***25 (G)***	***53 (G)***	***13 (I)***	/	/	/	/	/	/
Ingestion de sol lors des activités de jeux - Enfant vacancier d'une résidence temporaire *(âgé de 6 mois à 6 ans et 30 jours d'exposition annuelle)*										
Quotient de Danger (QD)	4,2E+00	1,4E-01	3,5E-03	3,0E-02	1,3E-03	7,9E-06	2,2E-04	9,9E-04	3,1E-05	1,0E-03
Excès de Risques Individuel (ERI)	1,8E-06	7,6E-06	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*
	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies, et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)									
	Pas mise en œuvre car déjà QD(Pb) = 4,2 et donc déjà > 1									

Légende :

X	**concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques ou bioaccessibilité retenue dans le calcul des expositions en présence d'une formule d'ajustement de la dose d'exposition (InVS & INERIS, 2012) pour As, Cd et Pb, et dans le cadre de l'évaluation des incertitudes en termes d'exposition en l'absence de formule d'ajustement pour l'Sb**
(G)	*bioaccessibilité gastrique*
(I)	*bioaccessibilité intestinale*
/	*pas de mesure de bioaccessibilité pour cette substance*
n.c.	*substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*

Intervalles de gestion de l'IEM		
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS		
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}	

5.7.3.22 SCENARIO 20 - SCÉNARIO D'UN ENFANT VACANCIER D'UNE RÉSIDENCE TEMPORAIRE SITUÉE FACE À LA FONTAINE DU LIEU-DIT « LA MINE DES ROSIERS » AU NORD DU DÉPÔT MAJEUR DE « ROURE/ LES ROSIERS »

Cette parcelle comporte une habitation secondaire (présence de deux bâtiments) avec des zones de pelouse, enherbées, ou partiellement de sol à nu (cf. figure de l'Annexe 1).

Ce scénario 20 est associé à l'exposition par ingestion de sol par des enfants vacanciers d'une résidence temporaire lors des activités de jeux au droit de ces zones.

En l'absence d'information précise recueillie quant aux personnes fréquentant la parcelle, dont la présence de jeunes enfants, un scénario conservatoire a été pris en compte. Dans un premier temps, celui concernant un enfant (âgé de 6 mois à 6 ans) vacancier fréquentant 30 jours par an ces zones.

Le tableau suivant indique les concentrations dans les sols, les bioaccessibilités, prises en compte dans les calculs de risque, et les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI).

Pour l'ingestion de sol lors des activités de jeux, tous les QD sont inférieurs à la borne basse des intervalles de gestion de l'IEM de 0,2, à l'exception du QD de l'arsenic compris dans la gamme de l'intervalle de gestion de l'IEM de $0,2 < QD < 5$ et celui du plomb de 6,8 supérieur à la borne haute des intervalles de gestion de gestion de 5. Les ERI du plomb et de l'arsenic sont compris dans la gamme de l'intervalle de gestion de l'IEM de $10^{-6} < ERI < 10^{-4}$.

La mise en œuvre d'une EQRS avec l'ensemble des substances et les critères d'acceptabilité de 1 et de 10^{-5} n'a pas été réalisée, le QD associé au plomb excédant à lui seul avec une valeur de 6,8 le critère d'acceptabilité de 1.

Pour information, concernant le scénario présenté ci-dessus, seul le cas de la prise en compte d'une fréquentation de 4 jours par an conduirait à un QD_{total} de 0,9 inférieur à la valeur repère de 1 pour les effets à seuil et un ERI_{total} de 2,5E-06 inférieur à la valeur repère de 10^{-5}.

Et pour rappel de la section 5.6, les enfants de ce scénario ont également accès à l'eau de la Fontaine du lieu-dit « La Mine des Rosiers » (ro-e-font-7), dont les résultats analytiques indiquent des concentrations inférieures aux critères de potabilité pour les substances étudiées dans la présente étude que sont le plomb, l'arsenic, le cadmium, le cuivre, le chrome, le nickel et l'antimoine.

Tableau 36 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 20

Scénario 20 - Scénario d'un enfant vacancier d'une résidence temporaire située face à la fontaine du lieu-dit « La Mine des Rosiers » au nord du dépôt majeur de « Roure/ Les Rosiers »										
Substances	**Pb**	**As**	**Cd**	**Sb**	**Ag**	**Cr**	**Cu**	**Ni**	**Sn**	**Zn**
Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Concentrations dans les sols (mg/kg MS) et *bioaccessibilité (%)***									
ro-s-15 *(ROSI-S-15-0-3)*	**7 480**	**904**	**4,0**	**58,5**	**23,8**	37,3	**73,9**	**27,0**	18,7	589
Bioaccessibilité (%)	***55 (G)***	***26 (G)***	***52 (G)***	***7 (I)***						
ro-s-16 *(ROSI-S-16-0-3)*	3 540	359	2,2	31,1	8,9	**39,7**	42,0	26,4	**59,1**	**631**
Bioaccessibilité (%)	*57 (G)*	*26 (G)*	*52 (G)*	*7 (I)*	/	/	/	/	/	/
Ingestion de sol lors des activités de jeux - Enfant vacancier d'une résidence temporaire (âgé de 6 mois à 6 ans et 30 jours d'exposition annuelle)										
Quotient de Danger (QD)	6,8E+00	3,0E-01	3,3E-03	8,4E-02	2,7E-03	1,5E-05	3,0E-04	1,4E-03	1,7E-04	1,2E-03
Excès de Risques Individuel (ERI)	2,9E-06	1,6E-05	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*
	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies, et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)									
	Pas mise en œuvre car déjà QD(Pb) = 6,8 et donc déjà > 1, et et ERI (As) = 1,6E-05 et donc déjà > 10^{-5}									

Légende :

X	**concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques ou bioaccessibilité retenue dans le calcul des expositions en présence d'une formule d'ajustement de la dose d'exposition (InVS & INERIS, 2012) pour As, Cd et Pb, et dans le cadre de l'évaluation des incertitudes en termes d'exposition en l'absence de formule d'ajustement pour l'Sb**
(G)	*bioaccessibilité gastrique*
(I)	*bioaccessibilité intestinale*
/	*pas de mesure de bioaccessibilité pour cette substance*
n.c.	*substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*

Intervalles de gestion de l'IEM		
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS		
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}	

5.7.3.23 SCENARIO 21 - SCÉNARIO D'UN ENFANT « VISITEUR » FRÉQUENTANT LA PARCELLE D'UNE RESIDENCE PERMANENTE SITUÉE DANS LE HAMEAU DE BANTUSSE A L'EST DES DÉPÔTS PRINCIPAUX DE « ROURE/ LES ROSIERS »

Cette propriété (cf. figure de l'Annexe 1) comporte des zones de pelouse, enherbées, ou partiellement de sol à nu, mais pas de jardin potager et une maison qui est actuellement habitée en permanence uniquement par des adultes et adolescent (absence d'enfant de moins de 6 ans).

A titre informatif est cependant présenté dans le tableau ci-dessous, les risques pour un enfant « visiteur » fréquentant la propriété, et les zones précitées 10 jours par an.

Le tableau suivant indique les concentrations dans les sols, les bioaccessibilités, prises en compte dans les calculs de risque, et les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI).

Pour l'ingestion de sol lors des activités de jeux, tous les QD sont inférieurs à la borne basse des intervalles de gestion de l'IEM de 0,2, à l'exception du QD du plomb compris dans la gamme de l'intervalle de gestion de l'IEM de $0,2 < QD < 5$. Seul l'ERI de l'arsenic est compris dans la gamme de l'intervalle de gestion de l'IEM de $10^{-6} < ERI < 10^{-4}$.

La mise en œuvre d'une EQRS avec l'ensemble des substances et les critères d'acceptabilité de 1 et de 10^{-5} conduit à un QD_{total} de 0,9, de l'ordre de la valeur critère de 1 et ERI_{total} de 1,9E-06 inférieur à la valeur repère de 10^{-5}.

Pour information, concernant le scénario présenté ci-dessus, le cas de la prise en compte d'une fréquentation supérieure à 11 jours par an conduirait à un QD_{total} supérieur à 1.

Ainsi, dans le cas d'un changement de la composition de la famille, avec un jeune enfant, le scénario d'exposition conservatoire d'un enfant de 6 mois à 6 ans fréquentant des zones de pelouse, enherbées, ou partiellement de sol à nu 234 jours par an (soit les deux tiers de l'année (au regard du climat) tenant compte également 15 jours d'absence (vacances)), conduirait à un QD pour le plomb de 21, un QD pour l'arsenic de 0,7 et un ERI de $3,7\ 10^{-5}$, des valeurs supérieures aux valeurs repères de 1 (QD) et de 10^{-5} (ERI).

Tableau 37 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 21

Scénario 21 - Scénario d'un enfant « visiteur » fréquentant la parcelle d'une résidence permanente située dans le hameau de Bantusse à l'est des dépôts principaux de « Roure/ Les Rosiers »										
Substances	**Pb**	**As**	**Cd**	**Sb**	**Ag**	**Cr**	**Cu**	**Ni**	**Sn**	**Zn**
Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Concentrations dans les sols (mg/kg MS) et *bioaccessibilité (%)***									
ro-s-21 *(ROSI-S-21-0-3)*	**2 990**	**305**	1,5	**65,5**	**10,1**	**46,8**	**41,6**	**30,1**	**10,8**	**362**
Bioaccessibilité (%)	***71 (G)***	***23 (I)***	*47 (G)*	***4 (I)***	/	/	/	/	/	/
Ingestion de sol lors des activités de jeux - Enfant « visiteur » (âgé de 6 mois à 6 ans et 10 jours d'exposition annuelle)										
Quotient de Danger (QD)	9,1E-01	3,0E-02	*n.r.*	3,1E-02	3,9E-04	6,0E-06	5,7E-05	5,2E-04	1,0E-05	2,3E-04
Excès de Risques Individuel (ERI)	3,8E-07	1,6E-06	*n.r.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*
	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies, et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)									
	QD total de 0,97 et ERI total de 1,9E-06 (choix du code couleur tenant compte des incertitudes analytiques)									

Légende :

X	**concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques ou bioaccessibilité retenue dans le calcul des expositions en présence d'une formule d'ajustement de la dose d'exposition (InVS & INERIS, 2012) pour As, Cd et Pb, et dans le cadre de l'évaluation des incertitudes en termes d'exposition en l'absence de formule d'ajustement pour l'Sb**
(G)	*bioaccessibilité gastrique*
(I)	*bioaccessibilité intestinale*
/	*pas de mesure de bioaccessibilité pour cette substance*
n.r.	*substance non retenue au regard de la faible concentration, ou d'une concentration inférieure à la limite de quantification*
n.c.	*substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*

Intervalles de gestion de l'IEM		
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS		
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}	

5.7.4 EVALUATION DES INCERTITUDES

Les incertitudes sont inhérentes à chaque étape de la démarche d'IEM. D'une manière générale, l'utilisation de données spécifiques aux sites étudiés réduit ces dernières mais certaines persistent.

Les incertitudes les plus importantes sont relatives à l'estimation prédictive des expositions des populations à long terme, cette étude a été réalisée en l'état actuel des connaissances.

L'analyse des incertitudes identifiées et présentées ci-après regroupent les sources d'incertitudes majeures des étapes de la présente étude pouvant interférer sur les résultats de l'étude et éventuellement définir la nécessité de réaliser des études complémentaires (enquête pour ajuster certains scénarios, nouvelles investigations, etc.).

5.7.4.1 INCERTITUDES SUR LES MILIEUX D'EXPOSITION

Incertitudes sur l'échantillonnage

Il s'agit ici des reconnaissances effectuées sur les différentes zones étudiées.

Le choix des parcelles et la constitution d'échantillons composites ont été effectués afin de couvrir des zones les plus représentatives possible en termes d'expositions.

Incertitudes sur les analyses chimiques

Les incertitudes sur les résultats des analyses, mentionnées dans les tableaux de résultats analytiques en annexe 4, sont pour rappel du Tableau 3 de la section 4.7.

Ces gammes d'incertitudes ont été prises en compte notamment lors de l'interprétation des résultats des calculs de risques au regard des intervalles de gestion de l'IEM et des critères de risques de 1 (QD) et de 10^{-5} (ERI) lors de la mise en œuvre d'une EQRS sur l'ensemble des substances.

Ainsi, les conclusions précédemment mentionnées tant en termes d'interprétation des concentrations dans les milieux d'exposition au regard des valeurs de gestion réglementaires, que les résultats des calculs de risques sanitaires ne sont pas significativement modifiés. En effet, notamment dans le cas de la mise en œuvre de l'EQRS, les QD et/ou ERI restent sous les bornes basses ou au-dessous des bornes hautes des intervalles de gestion. Quant aux résultats compris dans la zone d'interprétation, ils restent dans cette dernière. Lors de la mise en œuvre d'une EQRS, avec la réalisation de calculs de risque global prenant en compte l'ensemble des substances et des voies d'exposition, les QD et/ou ERI restent également inférieurs ou supérieurs aux valeurs critères.

Incertitudes sur la recherche et la sélection des substances d'intérêt

Les analyses et les substances chimiques retenues pour l'étude ont été réalisées au regard de l'étude documentaire, de l'historique et des résultats des investigations.

Pour rappel de la section 5.4, concernant le choix des substances dans les calculs des expositions et des risques, au regard des minéralisations (cf. section 2.2.2) contenant quasi-exclusivement du plomb, de l'arsenic et de l'argent, les autres substances que sont l'antimoine, le cadmium, le cuivre, l'étain, le zinc également présentes ont été retenues d'emblé en l'absence de recherche documentaire complémentaire plus approfondie de la gîtologie (cf. section 2.2.2) et pas uniquement traitées dans cette section relative à l'évaluation des incertitudes.

Il est cependant à mentionner que les substances tirant les risques étant le plomb et l'arsenic, les conclusions ne sont pas impactées par ce choix de l'ensemble des substances précités.

5.7.4.2 INCERTITUDES SUR L'ÉVALUATION DE LA TOXICITÉ

Les choix réalisés par l'INERIS sont conformes aux connaissances scientifiques actuelles et ne représentent que la connaissance disponible à un moment donné.

En plus du choix des VTR, de nombreuses sources d'incertitudes sont associées à l'élaboration des VTR, en raison notamment de l'extrapolation :

– de la réponse dose-effet pour de faibles doses à partir de hautes doses,
– de réponse pour des expositions de courtes durées à de longues durées,
– des résultats d'expérimentations chez l'animal pour prédire des effets chez l'homme,
– de réponses à partir d'études provenant de populations animales homogènes pour prédire les effets sur une population composée d'individus avec un large spectre de sensibilité, etc.

Les incertitudes associées aux VTR se situent ainsi à deux niveaux :

– les concepts d'extrapolation à partir des observations d'effets (principalement : extrapolation à de faibles doses pour les effets sans seuil, extrapolation de l'animal à l'homme pour les effets à seuil),
– la sélection des effets à considérer comme pertinents et des facteurs ou modes d'extrapolation par les organismes qui proposent ces VTR (par exemple, des facteurs « d'incertitudes » ou de « sécurité » de 10 à 3 000 appliqués entre les seuils d'observation d'effets sur animaux et les VTR, pour les effets à seuil).

Ainsi particulièrement pour les effets à seuil, le nombre de « facteurs de sécurité » ou « facteurs d'incertitude » et leur valeur numérique, qui est en général comprise entre 1 et 10, sont variables d'une équipe à l'autre, si bien que les résultats d'une même étude toxicologique peuvent aboutir à des valeurs toxicologiques de référence différentes. Toutefois, le facteur de sécurité considérant la variabilité intra-espèce est quasi toujours appliqué avec sa valeur maximale. Il est spécialement destiné à prendre en compte l'incertitude liée à la sensibilité particulière de certains individus d'une population, comme les enfants, les sujets âgés, les femmes enceintes ou toute autre personne particulièrement réceptive aux substances chimiques. En théorie, les valeurs toxicologiques de référence

peuvent ainsi être utilisées pour une population générale, incluant des groupes sensibles ou fragiles

Le Tableau 12 indique les valeurs des « facteurs de sécurité » ou « facteurs d'incertitude »associés à l'élaboration des VTR pour les effets à seuil.

En ce qui concerne le chrome, la VTR chronique retenue est celle associée au chrome III. Des VTR chroniques sont également disponibles pour le chrome VI. En termes de résultats analytiques dans la présente étude, ces derniers correspondent aux concentrations en chrome total.

A titre informatif, des calculs de risques ont été réalisés pour les deux scénarios comportant les concentrations les plus élevées, le Scénario 5a-1 (51,7 mg/kg de chrome total) et le Scénario 21 (46,8 mg/kg de chrome total), en considérant que la concentration mesurée correspondait uniquement à du chrome VI, ce qui est très conservatoire au regard des informations documentaires.

Les VTR retenues sont :

– pour les effets à seuil, celle proposée par l'ADSTR (2012)[58] de 0,0009 mg/kg.j,
– pour les effets sans seuil, celle proposée par l'OEHHA (2014)[59] de $(0,5\ mg/kg.j)^{-1}$.

Les résultats des calculs indiquent :

– pour le Scénario 5a-1 (enfant âgé de 6 mois à 6 ans et 234 jours d'exposition annuelle), un QD du chrome de 0,2 et un ERI de 7,3E-06, ce qui ne modifie pas les conclusions de ce scénario, le QD du plomb étant de 43, significativement supérieur à la valeur de 1 (cf. section 5.7.3.7) ;
– pour le scénario 21 (enfant âgé de 6 mois à 6 ans et 10 jours d'exposition annuelle), un QD du chrome de 0,008 et un ERI de 2,8E-07, ce qui dans ce cas également ne modifie pas les conclusions présentées pour ce scénario avec un QD total de 0,97 et ERI total de 2,1E-06 (pour rappel, le tableau de la section 5.7.3.23 indiquait un QD total de 0,97 et ERI total de 1,9E-06).

En ce qui concerne les autres scénarios avec des concentrations plus faibles en chrome total, les conclusions ne seront également pas modifiées.

En rappel des sections précédentes, et des durées d'exposition annuelle de certains scénarios, de 10 ou 15 jours, ou un jour pour la présentation à titre informatif de niveaux de risques inférieurs aux valeurs repères pour les scénarios associés aux concentrations les plus significatives dans les sols, ces dernières n'apparaissent plus comme des expositions chroniques pour les effets à seuil.

Cependant, en raison de l'absence pour la plupart des substances étudiées de VTR aigües ou même sub-chroniques, les résultats de risques pour les effets à seuil prenant en compte les VTR chroniques ont été présentés pour les scénarios avec quelques jours d'exposition annuelle.

[58] Cette VTR est plus conservatoire que celle proposée pour le chrome III.

[59] Pour rappel, aucune VTR pour les effets sans seuil n'est proposée pour le chrome III.

A titre informatif, sont reprises dans le tableau ci-après les VTR aigües disponibles[60].

Tableau 38 : Synthèse des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) aigües pour la voie orale

Substance	**VTR aigüe (mg/kg.j)**	*Facteur de sécurité intégré dans la construction de la VTR*	**Organismes**
As	0,005	*10*	ATSDR (2007)
Cu	0,01	*100*	ATSDR (2003)

Tenant compte des concentrations maximales mesurées dans les sols, pour ces deux substances, de 4 116 mg/kg en arsenic[61] et de la bioaccessibilité associée de 2%, et de 522 mg/kg pour le cuivre[62], et du calcul des doses d'exposition pour le scénario d'un enfant (âgé de 6 mois à 6 ans, 1 jour d'exposition) et la voie « ingestion de sol » lors des activités de jeux en extérieur, les VTR aigües de ces deux substances ne sont pas dépassées.

[60] pour l'ATSDR : VTR aigüe : de 1 à 14 jours d'exposition.

[61] Echantillon « po-s-35 (PONT-S-35-0-10) » du Scénario 4 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs fréquentant la zone le long du chemin bordant les anciens bassins et les zones au droit de ces derniers, au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »

[62] Echantillon « po-s-29 (PONT-S-29-0-3)" du Scénario 12 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente située au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »

5.7.4.3 INCERTITUDES SUR L'ÉVALUATION DE L'EXPOSITION

5.7.4.3.1 VOIES D'EXPOSITION

Exposition par ingestion de denrées alimentaires

Végétaux potagers autoproduits

Dans le cadre de la présente étude, en raison de la période hivernale lors de cette première campagne de prélèvements, aucun légume de jardin potager n'était disponible.

Denrées alimentaires issues de l'élevage domestique ou autres (bovins)

Dans le cadre de la présente étude, il n'a pas été envisagé de prélèvements de denrées alimentaires issues de l'élevage domestique ou autres types d'élevage (bovins). En outre, l'IEM est uniquement basée sur des mesures dans les milieux d'exposition, aucune modélisation du transfert vers la viande ou produits dérivés n'est réalisée. En effet, pour ce faire, il serait nécessaire d'utiliser des modèles entachés de nombreuses incertitudes ou des facteurs de transfert (BAF)[63], pour ces derniers, la littérature ne mentionne qu'un nombre très restreint de publications, dont Laurent et *al*., 2003. Cette publication ne mentionne des BAF pour le plomb, le cuivre, le zinc mais aucun BAF pour l'arsenic, ni le cadmium. A titre informatif, il apparaît à la lecture des quelques références disponibles, un transfert mineur vers les œufs de poules pour les substances concernées par la présente étude, notamment le plomb.

Des recommandations sont cependant proposées dans les conclusions du présent rapport. Des éléments concernant les pratiques et recommandations relatives à la qualité sanitaires de l'eau d'abreuvement des animaux d'élevage ont également été mentionnés.

Exposition par inhalation de poussières issues des sols

Comme mentionné en section 3, la voie inhalation n'avait pas été retenue dans le schéma conceptuel préliminaire.

Le choix apparaît effectivement proportionné au regard des caractéristiques des matériaux issus plus particulièrement des dépôts de résidus, de la configuration et des caractéristiques des sites de dépôts et de leurs environs (présence de zones boisées) et de la position éloignée des parcelles habitées par rapport à ces derniers dans le cas de la zone de « Roure/ Les Rosiers ». Dans le cas de la zone de « Pontgibaud-Stade », il est à prendre en compte les travaux de mise en sécurité réalisé avec recouvrement avec de la terre arable et ensemencement de prairie et une revégétalisation effective (cf. photographie de la Figure 7). En ce qui concerne la zone de « Roure/ Les Rosiers », il est également à mentionner la mise en sécurité des tas majeurs initiée depuis 2013, avec une perspective de mise en œuvre en 2016.

En outre, il est à souligner en termes d'exposition pour les enfants, au regard des substances en présence et plus particulièrement le plomb et l'arsenic, la prédominance de la voie d'exposition liée à l'ingestion de sol.

---

[63] Le facteur de bioaccumulation (BAF) qui donne le rapport de la concentration en une substance dans l'animal (si possible dans le muscle puisqu'il s'agit de la partie la plus consommée) sur la concentration en cette même substance dans une matrice initiale (aliment, sol, …).

5.7.4.3.2 SCENARIOS D'EXPOSITION

Autre scénario de fréquentation du complexe sportif de Pontgibaud dont la zone du terrain de football

En section 5.7.3.3, relative au « Scénario 1 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs fréquentant le terrain de football de Pontgibaud », il avait été considéré le cas d'un enfant âgé de 5 à 6 ans inscrit au club de football à Pontgibaud - Groupement du Val de Sioule Foot, qui accueille des enfants âgés de 5 à 16 ans, avec des entrainements une fois par semaine. Le scénario prenait en compte une fréquence d'exposition d'une fois par semaine en période scolaire (9 mois), soit 36 jours et 30 jours comportant les tournois et quelques jours durant les vacances d'été, soit au total 66 jours d'exposition annuelle.

Pour rappel de la section 2.3.2, les cours d'éducation physique des classes élémentaires et maternelles de l'école publique Aimé Coulaudon ont lieu une fois par semaine au gymnase de Pontgibaud. Ainsi, le scénario 1 bis - Scénario d'un enfant fréquentant l'école maternelle et élémentaire de Pontgibaud et le complexe sportif de Pontgibaud dont la zone du terrain de football dans le cadre des activités scolaires, est-il étudié.

Le tableau ci-après présente les concentrations dans les sols, les bioaccessibilités, prises en compte dans les calculs de risque, et les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) associés à l'ingestion de sol au droit des zones de pelouse, enherbées, ou partiellement de sol à nu de la zone du terrain de football par les enfants fréquentant l'école maternelle et élémentaire de Pontgibaud, lors de diverses activités. Une valeur de 12 jours par an (soit une fois sur deux et cela durant les 2/3 de l'année scolaire au regard du climat) a été retenue.

Pour l'ingestion de sol lors des activités en extérieur, tous les QD et ERI sont inférieurs aux bornes basses des intervalles de gestion de l'IEM, à l'exception du QD du plomb et de l'ERI de l'As. Ces derniers sont compris dans la gamme de l'intervalle de gestion de l'IEM respectivement de de $0,2 < QD < 5$ et de $10^{-6} < ERI < 10^{-4}$.

La mise en œuvre d'une EQRS avec l'ensemble des substances et les critères d'acceptabilité de 1 et de 10^{-5} indique un QD_{Total} de 0,6 et un ERI_{Total} de 2.10^{-6} inférieurs aux critères d'acceptabilité respectivement de 1 et de 10^{-5}.

Pour information, concernant ce scénario, la prise en compte en termes d'exposition d'une fréquentation de 20 jours par an conduirait à un QD_{total} de 0,9, dans ce cas inférieur à la valeur repère de 1 pour les effets à seuil et un ERI total de $3,4.\ 10^{-6}$, également inférieur à la valeur repère de 10^{-5}.

Tableau 39 : Concentrations et bioaccessibilités mesurées dans les sols et synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI) pour le Scénario 1-bis

Scénario 1 bis - Scénario d'un enfant fréquentant l'école maternelle et élémentaire de Pontgibaud et le complexe sportif de Pontgibaud dont la zone du terrain de football dans le cadre des activités scolaires										
Substances	**Pb**	**As**	**Cd**	**Sb**	**Ag**	**Cr**	**Cu**	**Ni**	**Sn**	**Zn**
Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Concentrations dans les sols (mg/kg MS) et *bioaccessibilité (%)***									
po-s-9 *(PONT-S-09-0-2)*	2 060	138	3,3	30,3	**8,9**	39,5	**35,7**	33,9	6,5	410
Bioaccessibilité (%)	*38 (G)*	*30 (G)*	*52 (G)*	*8 (I)*	/	/	/	/	/	/
po-s-10 *(PONT-S-10-0-2)*	1 495	129	3,7	12,3	3,2	17,8	22,1	18,0	4,9	218
po-s-11 *(PONT-S-11-1-2)*	**2 260**	**190**	**6,2**	**43,6**	5,6	**43,6**	35,4	**35,1**	**7,8**	**626**
Bioaccessibilité (%)	***34 (G)***	***29 (G)***	***51 (G)***	***35 (I)***	/	/	/	/	/	/
Ingestion de sol lors des activités de jeux - Enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs (âgé de 2 à 6 ans et 12 jours d'exposition annuelle)										
Quotient de Danger (QD)	5,0E-01	2,5E-02	1,8E-03	2,3E-02	3,6E-04	5,9E-06	5,1E-05	6,5E-04	8,0E-06	8,0E-04
Excès de Risques Individuel (ERI)	2,6E-07	1,7E-06	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*	*n.c.*
	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)									
	QD_{total} = 0,6 et ERI_{total} = 2,0E-06									

Légende :

X	**concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques ou bioaccessibilité retenue dans le calcul des expositions en présence d'une formule d'ajustement de la dose d'exposition (InVS & INERIS, 2012) pour As, Cd et Pb, et dans le cadre de l'évaluation des incertitudes en termes d'exposition en l'absence de formule d'ajustement pour l'Sb**
(G)	*bioaccessibilité gastrique*
(I)	*bioaccessibilité intestinale*
/	*pas de mesure de bioaccessibilité pour cette substance*
n.c.	*substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*

Intervalles de gestion de l'IEM		
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS		
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}	

Fréquentation de plusieurs zones et propriétés

Il n'a pas été considéré de cumul de fréquentation de plusieurs sites par des enfants, comme par exemple la parcelle d'habitation et le terrain de football de Pontgibaud pour l'ingestion de sol lors des activités en extérieur au droit des zones de pelouse, enherbées, ou partiellement de sol à nu.

Les conclusions en termes de risques sanitaires associés ne seraient pas modifiées significativement, la part de risque associée au plomb tant au droit des zones privées que publiques étudiées étant majoritaire, avec des QD déjà supérieurs à la valeur repère de 1 pour la plupart des cas.

5.7.4.3.3 PARAMETRES D'EXPOSITION

Concentrations dans les milieux

Il a été retenu, en première approche, en présence de plusieurs lieux de prélèvement[64] dans la zone étudiée, la concentration maximale de la zone étudiée pour les sols. Aucune modification significative des conclusions en termes sanitaires en cas de choix de concentrations moyennes n'est observée, en raison de gammes homogènes de concentrations au droit de chaque parcelle ou zone étudiée.

Quantité ingérée de sol lors des activités en extérieur

La quantité ingérée de sol par un enfant lors des activités en extérieur a été choisie dans le cadre d'une démarche raisonnablement conservatoire et tenant compte des données disponibles, à savoir 91 mg/j (le 95ème percentile), conformément aux pratiques dans le cadre des sites et sols pollués.

Ce rapport indique également la valeur médiane de 24 mg/j. A titre informatif, il est à souligner que cette valeur médiane de 24 mg/j est retenue par l'InVS et les CIRE pour des scénarios d'exposition tenant compte « d'une exposition moyenne » d'une enfant dans le cadre de plusieurs de leurs études sur la pertinence de la mise en œuvre de dépistage sur des sites lors notamment des calculs de plombémie attendue avec le modèle phramaco cinétique de l'US EPA, IEUBK, (Integrated Exposure Uptake Biokinetic Model for Lead in Children, développé par l'agence américaine de protection de l'environnement (US-EPA) pour estimer la distribution des plombémies attendues et le calcul de la probabilité de dépasser de seuil.

Uniquement à titre informatif, le choix de la valeur médiane de 24 mg/j proposée également dans le rapport InVS et INERIS (2012)[65] conduirait à une diminution des risques associés à cette voie d'exposition d'un facteur de 3,8 (91/24).

---

[64] En rappel, la dénomination « lieu de prélèvement » avec son résultat analytique associé peut être issue d'un échantillon ou d'un échantillon composite issu de plusieurs sous-échantillons.

[65] Il est à souligner que cette valeur médiane de 24 mg/j est retenue par l'InVS et les CIRE pour des scénarios d'exposition tenant compte « d'une exposition moyenne » d'une enfant dans le cadre de plusieurs de leurs études sur la pertinence de la mise en œuvre de dépistage sur des sites lors notamment des calculs de plombémie attendue avec le modèle phramaco cinétique de l'US EPA, IEUBK, (Integrated Exposure Uptake Biokinetic Model for Lead in Children, développé par l'agence américaine de protection de l'environnement (US-EPA) pour estimer la distribution des plombémies attendues et le calcul de la probabilité de dépasser le seuil.

En ce qui concerne la quantité ingérée de terre par l'adulte, comme mentionné précédemment, les données disponibles dans la littérature sont très peu nombreuses.

Fréquences d'exposition (nombre de jours d'exposition par an et nombre d'années d'exposition)

Les valeurs des paramètres (nombre de jours d'exposition par an et nombre d'années d'exposition) ont été choisies dans le cadre d'une démarche raisonnablement conservatoire.

Toutefois, des incertitudes persistent principalement sur le nombre de jours de fréquentation des enfants et des adultes dans les différents scénarios en l'absence d'échange avec tous les propriétaires.

Ainsi, en rappel de la section 5.7.2.3, il est à souligner qu'à titre informatif, un autre scénario, un « scénario générique » concernant l'enfant et l'ingestion de sol lors des activités de jeux en extérieur, aurait pu être présenté dans le cas de résidences permanentes qui ne sont pas fréquentées au moment de l'étude par des enfants de moins de 6 ans ou dans le cas de résidences secondaires, cela également afin d'anticiper un éventuel changement d'usage[66] et dans ce cas, en prenant en compte 234 jours d'exposition par an. Cependant, au regard des concentrations significatives mesurées en plomb et en arsenic dans les sols au droit des parcelles avec des habitations permanentes ou secondaires, les résultats des calculs de risques avec un nombre inférieur de jour d'exposition par an, indiquent dans la majorité des cas un risque pour les effets à seuil (Quotient de Danger – QD) supérieur à celui seul à la valeur repère de 1. Et dans les autres cas de scénario, avec des concentrations en plomb plus faibles dans les sols, le nombre de jours de fréquentation par an conduisant à un QD pour le plomb inférieur à la valeur repère de 1 est également renseigné.

En ce qui concerne la valeur de durée d'exposition de 53 ans, pour la voie ingestion de sols lors des activités de jardinage pour les adultes, elle pourrait être diminuée, mais les conclusions finales n'en seraient pas significativement modifiées. Par ailleurs, notamment dans le cas du Scénario 13, au regard des concentrations dans les sols en plomb de 7 370 mg/kg, des recommandations sont énoncées par la suite.

Bioaccessibilité

Des mesures de bioaccessibilité ont été réalisées avec un protocole développé par le groupe de recherche BARGE (BioAccessibility Research Group in Europe) qui fédère plusieurs laboratoires et instituts de recherche : « UBM (Unified Barge Method) procedure for the measurement of inorganic contaminant bioaccessibility from solid matrices ». Les tests de bioaccessibilité ont été développés depuis le début des années 1990, principalement par des équipes nord-américaines et européennes. Ils diffèrent entre eux notamment par le nombre de compartiments digestifs simulés, les temps de contact entre la matrice et les extractants, et les conditions de pH et Eh (potentiel d'oxydo-réduction) utilisées.

[66] avec également 234 jours d'exposition par an (soit durant les 2/3 de l'année au regard du climat, tenant compte de 15 jours de vacances)

Une diversité de protocoles de mesures de la bioaccessibilité existe. Les paramètres expérimentaux (pH, temps de contact entre la matrice et le fluide digestif, ratio du volume de solution extractante sur le volume de terre utilisé (ratio L/S)) varient sensiblement d'un test à l'autre. Pour une présentation plus exhaustive, il convient de se reporter au document issu de la commission de normalisation internationale ISO (ISO TS 17924 : 2007).

Un des critères de sélection du test de mesure est la validation de ce test par rapport aux mécanismes physiologiques de la digestion. Or, les méthodes de mesure ne sont pas suffisamment validées par des tests in vivo [47]. A ce jour, et à notre connaissance, seule la représentativité du test UBM a été démontrée par rapport aux mécanismes physiologiques de la digestion, pour un panel large de polluants inorganiques (Pb, Cd, As et Sb). Il est à noter que l'US-EPA a également édité un protocole, validé sur le plan physiologique, pour la caractérisation de la bioaccessibilité du plomb.

En revanche, les autres tests décrits dans la littérature présentent des limites : par exemple certains ne prennent pas en considération les variations des conditions physiologiques lors de la digestion. Pour d'autres tests, la validation est discutable, les auteurs n'ayant pas mené leurs propres expérimentations in vivo. De plus, des paramètres caractérisés par une valeur absolue (bioaccessibilité absolue) sont comparés à des paramètres caractérisés par une valeur relative (biodisponibilité relative).

Ainsi dans le cadre de la présente étude, les mesures de bioaccessibilité dans plusieurs cas, ont permis un ajustement des expositions et des risques, laissant apparaître des surestimations possibles des expositions et des risques en l'absence de ce type d'informations et cela plus particulièrement pour l'arsenic et le cadmium. Les valeurs de bioaccessibilité pour le plomb n'ont pas permis une diminution significative des expositions, ces dernières étant généralement supérieures à 50% à quelques exceptions près (pour rappel également, la prise en compte d'un facteur 2 lors de l'ajustement de la dose d'exposition en complément de la valeur de bioaccessibilité (cf. section 5.7.2.2)).

Concernant l'antimoine, les résultats des mesures de bioaccessibilité n'ont pu être intégrés dans l'évaluation des expositions. En effet, les valeurs de biodisponibilité relative et de bioaccessibilité sont très faibles (valeurs < 20%), et le test in vitro pour l'antimoine n'a pas été validé (Caboche, 2009). Ainsi, le rapport InVS et INERIS (2012) ne présente pas de formulation pour l'ajustement de la doses d'exposition. Seul un commentaire en termes qualitatif peut donc être émis. Les valeurs mesurées dans la présente étude sont indicatives d'une faible bioaccessibilité.

5.7.4.4 INCERTITUDES SUR LA CARACTÉRISATION DU RISQUE

Les incertitudes inhérentes à la caractérisation du risque sont directement fonction des incertitudes précisées dans les sections précédentes.

Bien que les résultats soient exprimés par des expressions numériques exactes, la quantification de ces dernières n'est pas toujours réalisable. Aussi, il convient de rappeler que, pour les différents scénarios étudiés, de nombreux choix de valeurs de paramètres ont été pris en l'absence d'informations plus précises, selon une approche plutôt conservatoire.

6 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS EN TERMES SANITAIRES

Une campagne de terrain, avec pour objectif la caractérisation des milieux d'exposition associés aux sites de stockages de résidus de traitement sur la zone de Pontgibaud-Stade » et celle de « Roure/ Les Rosiers », a été réalisée en décembre 2013 dans des lieux d'exposition potentielle des populations et plus particulièrement des enfants.

Une campagne de terrain a été réalisée fin 2013, dans des lieux d'exposition potentielle des populations et plus particulièrement des enfants, avec la caractérisation des sols de surface, de l'horizon cultivé de jardin potager, et des eaux de surface et souterraines.

Les investigations ont essentiellement porté :

– sur le secteur de « Pontgibaud-Stade », situé en périphérie nord de Pontgibaud (commune de Pontgibaud), et plus particulièrement sur les infrastructures sportives communales, le secteur habité de part et d'autre de la départementale D 941 au droit de parcelles privées avec des résidences permanentes ou temporaires de vacances, avec des zones de pelouses ou enherbées, ou partiellement de sol à nu, des zones de jardins potagers ;

– sur le secteur de « Roure/Les Rosiers », zone située entre les Rosiers au Nord, et Roure au Sud (commune de Saint-Pierre-le-Chastel), et plus particulièrement sur le secteur des dépôts majeurs en Y, et au droit des parcelles privées avec des résidences temporaires de vacances au lieu-dit- « La Mine des Rosiers » situé au Nord, de même qu'au hameau La Bantusse situé à l'est.

Les analyses chimiques ont concerné les métaux et métalloïdes (plomb, arsenic, cadmium, antimoine, argent, étain, nickel, chrome, cuivre et zinc). Des mesures de bioaccessibilité (plomb, arsenic, cadmium, antimoine) ont également été réalisées sur des sols afin de permettre une estimation plus réaliste de l'exposition des populations aux substances présentes dans l'environnement en approchant les quantités réellement absorbées par l'organisme.

Les résultats de cette campagne de terrain ont mis principalement en évidence, la présence de concentrations dans :

– les sols de surface, de l'ordre de plusieurs dizaines de milliers de mg/kg en plomb, de plusieurs centaines de mg/kg en arsenic,

– les sols de l'horizon cultivé de jardins potagers, de l'ordre de plusieurs milliers de mg/kg en plomb et arsenic,

– les eaux (non filtrées et filtrées) de surface, de l'ordre de plusieurs centaines de µg/l en plomb et dizaine de µg/l en arsenic en aval des dépôts de résidus de « Roure/ Les Rosiers »).

Ainsi, conformément à la démarche d'Interprétation de l'Etat des Milieux (IEM), afin de statuer sur la compatibilité des milieux avec leurs usages, les résultats analytiques des sols mettant en évidence une dégradation de la qualité des milieux, et en l'absence de valeurs de gestion, des calculs de risques sanitaires pour les voies d'exposition considérées ont été réalisés.

Les scénarios d’exposition retenus comprennent en fonction des usages et des populations (enfants et/ou adultes) comme voie d’exposition principale :

– l’ingestion de sol en extérieur, lors des activités de jeux en extérieur pour les enfants (portage main/bouche),

– l’ingestion de sol lors des activités de jardinage pour les adultes.

Les choix des valeurs des paramètres d’exposition ont été fixés de façon raisonnablement conservatoire en première approche au regard de certaines incertitudes notamment en termes de fréquentation des lieux.

Parmi les 21 scénarios étudiés (14 dans la zone de « Pontgibaud-Stade » (stade de Pontgibaud et parcelles au sud) et 7 dans la zone de « Roure/ Les Rosiers ») concernant des usages quotidiens et réguliers des lieux, une fréquentation régulière ou occasionnelle, l'ensemble des calculs réalisés montre que le plomb est le principal contributeur au risque sanitaire, dans une moindre mesure l’arsenic.

Le tableau suivant synthétise pour les différents lieux publics et privés, avec leurs scénarios d’exposition associés, les résultats des calculs de risques.

Tableau 40 : Synthèse des résultats des calculs de risques pour les scénarios étudiés

Scénario et population concernée	Positionnement des résultats de l'EQRS dans les intervalles de gestion de l'IEM			Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies, et critères de risques 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)	Remarque : fréquentation annuelle des sites étudiés conduisant à une qualité des milieux compatible ou incompatible
	QD < 0,2 ERI < 10^{-6}	**0,2 < QD < 5 et/ou 10^{-6} < ERI < 10^{-4}**	**QD > 5 ERI > 10^{-4}**	**QD_{total} > 1 et/ou ERI_{total} > 10^{-5}** Qualité des milieux non compatible	
Zone de Pontgibaud					
Scénario 1 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs fréquentant le terrain de football de Pontgibaud lors d'activités sportives, comme le club de football – Ingestion de sol lors des activités sportives – Enfant âgé de 5 à 6 ans d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs inscrit au club de football à Pontgibaud (66 jours d'exposition annuelle)	QD (As, Cd, Sb, Ag, Cr, Cu, Ni, Sn, Zn) ERI (Pb)	QD (Pb) ERI (As)		Pas mise en œuvre car déjà QD (Pb) = 2,6 *(prise en compte de la bioaccessibilité)*	une fréquentation de 22 jours conduit à un QD < 1 et ERI < 10^{-5}
Scénario 2 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs fréquentant la zone en bordure du terrain de football de Pontgibaud – Ingestion de sol lors des activités de jeux – Enfant âgé de 2 à 6 ans d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs (30 jours d'exposition annuelle)	QD (Cd, Sb, Ag, Cr, Cu, Ni, Sn, Zn)	QD (As)[67] ERI (Pb, As)	QD (Pb)	Pas mise en œuvre car déjà QD (Pb) = 9,4 *(prise en compte de la bioaccessibilité)*	une fréquentation de 3 jours conduit à un QD < 1 et ERI < 10^{-5}
Scénario 3 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs fréquentant la zone de l'ancien terrain de football situé au nord du complexe sportif actuel de Pontgibaud – Ingestion de sol lors des activités de jeux – Enfant âgé de 2 à 6 ans d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs (30 jours d'exposition annuelle)	QD (Cd, Sb, Ag, Cr, Cu, Ni, Sn, Zn) ERI (Pb)	QD (Pb, As)[68] ERI (As)		QD_{total} = 0,3 et ERI_{total} = 6,1E-06 *(pas de mesure de bioaccessibilité)*	une fréquentation > 90 jours conduit à un QD > 1 et un ERI > 10^{-5}
Scénario 4 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs fréquentant la zone le long du chemin bordant les anciens bassins et les zones au droit de ces derniers, au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade » – Ingestion de sol lors des activités de jeux – Enfant âgé de 2 à 6 ans d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs (15 jours d'exposition annuelle)	QD (As, Cd, Ag, Cr, Cu, Ni, Sn, Zn)	QD (Sb) ERI (Pb, As)	QD (Pb)	Pas mise en œuvre car déjà QD (Pb) = 9,6 *(prise en compte de la bioaccessibilité)*	une fréquentation de 1 jour conduit à un QD < 1 et ERI < 10^{-5}

[67] Choix du code couleur en tenant compte des incertitudes analytiques

[68] Choix du code couleur en tenant compte des incertitudes analytiques

Suite du Tableau 41 : Synthèse des résultats des calculs de risques pour les scénarios étudiés

Scénario et population concernée	Positionnement des résultats de l'EQRS dans les intervalles de gestion de l'IEM			Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies, et critères de risques 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)	Remarque : fréquentation annuelle des sites étudiés conduisant à une qualité des milieux compatible ou incompatible
	QD < 0,2 ERI < 10^{-6}	**0,2 < QD < 5 et/ou 10^{-6} < ERI < 10^{-4}**	**QD > 5 ERI > 10^{-4}**	**QD_{total} > 1 et/ou ERI_{total} > 10^{-5}** Qualité des milieux non compatible	
Zone de Pontgibaud					
Scénario 5a-1 - Scénario d'un enfant habitant la parcelle avec le logement de fonction du complexe sportif de Pontgibaud (échantillons de 0 à 1cm de profondeur) – Ingestion de sol lors des activités de jeux – Enfant âgé de 6 mois à 6 ans (234 jours d'exposition annuelle)	QD (Cd, Ag, Cr, Cu, Ni, Sn, Zn)	QD (As, Sb) ERI (Pb, As)	QD (Pb)	Pas mise en œuvre car déjà QD (Pb) = 43 et ERI (Pb) = 1,8E-05 et ERI (As) = 1,5E-05 *(prise en compte de la bioaccessibilité)*	une fréquentation de 5 jours conduit à un QD < 1 et ERI < 10^{-5}
Scénario 5a-2 - Scénario d'un enfant habitant la parcelle avec le logement de fonction du complexe sportif de Pontgibaud (échantillons de 1 à 10 cm de profondeur) – Ingestion de sol lors des activités de jeux – Enfant âgé de 6 mois à 6 ans (234 jours d'exposition annuelle)	QD (Cd, Ag, Cr, Cu, Ni, Sn, Zn)	QD (As, Sb) ERI (Pb, As)	QD (Pb)	Pas mise en œuvre car déjà QD (Pb) = 120 et ERI (Pb) = 4,9E-05 et ERI (As) = 3,1E-05 *(prise en compte de la bioaccessibilité)*	une fréquentation de 1 jour conduit à un QD < 1 et ERI < 10^{-5}
Scénario 5b - Scénario d'un adulte habitant la parcelle avec le logement de fonction du complexe sportif de Pontgibaud – Ingestion de sol lors des activités de jardinage – Adulte âgé de 16 à 70 ans (15 jours d'exposition annuelle au regard de la taille très restreinte du jardin potager)	QD (Pb, As, Cd, Sb, Ag, Cr, Cu, Ni, Sn, Zn) *ERI (Pb, As)* *(prise en compte de la bioaccassesibilité)*				une fréquentation > 75 jours conduit à un QD > 1 et ERI > 10^{-5}
Scénario 6 - Scénario d'un enfant vacancier fréquentant une parcelle d'une résidence secondaire, zone au sud ouest du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade » – Ingestion de sol lors des activités de jeux – Enfant âgé de 6 mois à 6 ans (30 jours d'exposition annuelle)	QD (Cd, Sb, Ag, Cr, Cu, Ni, Sn, Zn)	QD (Pb, As) ERI (Pb, As)		Pas mise en œuvre car déjà QD (Pb) = 2,5 et ERI (As) = 1,1E-05 *(prise en compte de la bioaccessibilité)*	une fréquentation de 10 jours conduit à un QD < 1 et ERI < 10^{-5}
Scénario 7 - **Scénario d'un enfant vacancier fréquentant une parcelle d'une résidence secondaire, maison mitoyenne située à l'ouest, zone au sud ouest du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »** – Ingestion de sol lors des activités de jeux – Enfant âgé de 6 mois à 6 ans (30 jours d'exposition annuelle)	QD (As, Cd, Ag, Cr, Cu, Ni, Sn, Zn)	QD (Sb) ERI (Pb, As)	QD (Pb)	Pas mise en œuvre car déjà QD (Pb) = 8,9 *(prise en compte de la bioaccessibilité)*	une fréquentation de 3 jours conduit à un QD < 1 et ERI < 10^{-5}
Scénario 8 - **Scénario d'un enfant vacancier fréquentant une parcelle d'une résidence secondaire, maison mitoyenne située à l'est, zone au sud ouest du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »** – Ingestion de sol lors des activités de jeux – Enfant âgé de 6 mois à 6 ans (30 jours d'exposition annuelle)	QD (As, Cd, Sb, Ag, Cr, Cu, Ni, Sn, Zn) ERI (Pb)	QD (Pb) ERI (As)		QD_{total} de 0,99 et ERI_{total} de 4,0E-06 *(choix code couleur pour le QD tenant compte des incertitudes analytiques)*	une fréquentation de 27 jours conduit à un QD < 1 et ERI < 10^{-5}

Suite du Tableau 41 : Synthèse des résultats des calculs de risques pour les scénarios étudiés

Scénario et population concernée	Positionnement des résultats de l'EQRS dans les intervalles de gestion de l'IEM			Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies, et critères de risques 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)	Remarque : fréquentation annuelle des sites étudiés conduisant à une qualité des milieux compatible ou incompatible
	QD < 0,2 ERI < 10^{-6}	**0,2 < QD < 5 et/ou 10^{-6} < ERI < 10^{-4}**	**QD > 5 ERI > 10^{-4}**	**QD_{total} > 1 et/ou ERI_{total} > 10^{-5}** Qualité des milieux non compatible	
Zone de Pontgibaud					
Scénario 9 - **Scénario d'un enfant vacancier fréquentant une parcelle d'une résidence secondaire située au sud est du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »** – Ingestion de sol lors des activités de jeux – Enfant âgé de 6 mois à 6 ans (30 jours d'exposition annuelle)	QD (Cd, Sb, Ag, Cr, Cu, Ni, Sn, Zn)	QD (Pb, As) ERI (Pb, As)	QD (Pb)	Pas mise en œuvre car déjà QD (Pb) = 7,1 et ERI (As) = 1,1E-05 *(prise en compte de la bioaccessibilité)*	une fréquentation de 4 jours conduit à un QD < 1 et ERI < 10^{-5}
Scénario 10 - **Scénario d'un enfant d'une résidence permanente au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »** – Ingestion de sol lors des activités de jeux – Enfant âgé de 6 mois à 6 ans (234 jours d'exposition annuelle)	QD (Cd, Sb, Ag, Cr, Cu, Ni, Sn, Zn) ERI (Pb)	QD (Pb, As) ERI (As)		Pas mise en œuvre car déjà ERI (As) = 2,7E-05 *(prise en compte de la bioaccessibilité)*	une fréquentation de 80 jours conduit à un QD < 1 et ERI < 10^{-5}
Scénario 11 - **Scénario d'un enfant vacancier fréquentant une parcelle d'une résidence secondaire située au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »** – Ingestion de sol lors des activités de jeux – Enfant âgé de 6 mois à 6 ans (30 jours d'exposition annuelle)	QD (As, Cd, Sb, Ag, Cr, Cu, Ni, Sn, Zn)	QD (Pb) ERI (Pb, As)		Pas mise en œuvre car déjà QD (Pb) = 4,6 *(prise en compte de la bioaccessibilité)*	une fréquentation de 6 jours conduit à un QD < 1 et ERI < 10^{-5}
Scénario 12 - **Scénario d'un enfant d'une résidence permanente située au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »** – Ingestion de sol lors des activités de jeux – Enfant âgé de 6 mois à 6 ans (234 jours d'exposition annuelle)	QD (Cd, Ag, Cr, Cu, Ni, Sn, Zn)	QD (As, Sb) ERI (Pb, As)	QD (Pb)	Pas mise en œuvre car déjà QD (Pb) = 86, et ERI (Pb) = 3,6E-05 et ERI (As) = 7,6E-05 *(prise en compte de la bioaccessibilité)*	une fréquentation de 2 jours conduit à un QD < 1 et ERI < 10^{-5}
Scénario 13 - **Scénario d'un adulte d'une résidence permanente située au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade » avec des activités de jardinage** – Ingestion de sol lors des activités de jardinage – Adulte âgé de 16 à 70 ans (136 jours d'exposition annuelle)	QD (As, Cd, Sb, Ag, Cr, Cu, Ni, Sn, Zn)	QD (Pb) ERI (Pb, As)		Pas mise en œuvre car déjà QD (Pb) = 3,5 et ERI (Pb) = 1,4E-05 et ERI (As) = 2,5E-05 *(prise en compte de la bioaccessibilité)*	une fréquentation de 30 jours conduit à un QD < 1 et ERI < 10^{-5}
Scénario 14 - **Scénario d'un enfant d'une résidence permanente fréquentant une autre parcelle mitoyenne située au sud ouest du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »** – Ingestion de sol lors des activités de jeux – Enfant âgé de 6 mois à 6 ans (234 jours d'exposition annuelle)	QD (Cd, Ag, Cr, Cu, Ni, Sn, Zn)	QD (As, Sb) ERI (Pb, As)	QD (Pb)	Pas mise en œuvre car déjà QD (Pb) = 63 et ERI (Pb) = 2,7E-05 et ERI (As) = 4,9E-05 *(prise en compte de la bioaccessibilité)*	une fréquentation de 3 jours conduit à un QD < 1 et ERI < 10^{-5}

Suite du Tableau 41 : Synthèse des résultats des calculs de risques pour les scénarios étudiés

Scénario et population concernée	Positionnement des résultats de l'EQRS dans les intervalles de gestion de l'IEM			Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies, et critères de risques 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)	Remarque : fréquentation annuelle des sites étudiés conduisant à une qualité des milieux compatible ou incompatible
	QD < 0,2 ERI < 10^{-6}	**0,2 < QD < 5 et/ou 10^{-6} < ERI < 10^{-4}**	**QD > 5 ERI > 10^{-4}**	**QD_{total} > 1 et/ou ERI_{total} > 10^{-5}** Qualité des milieux non compatible	
Zone de « Roure/ Les Rosiers »					
Scénario 15 - **Scénario d'un enfant avec des activités de promenade et de loisirs (jeux) au droit du dépôt majeur de « Roure/ Les Rosiers »** – Ingestion de sol lors des activités de jeux – Enfant âgé de 2 à 6 ans d'une résidence permanente ou temporaire ou touriste (15 jours d'exposition annuelle)	QD (As, Cd, Sb, Ag, Cr, Cu, Ni, Sn, Zn) ARI (As)	ERI (Pb)	QD (Pb)	Pas mise en œuvre car déjà QD (Pb) = 7,5 *(prise en compte de la bioaccessibilité)*	une fréquentation de 1 jour conduit à un QD < 1 et ERI < 10^{-5}
Scénario 16 - **Scénario d'un enfant avec des activités de promenade et de loisirs (jeux) dans les zones des dépôts principaux de « Roure/ Les Rosiers », jouant principalement en bordure du Lac Bleu** – Ingestion de sol lors des activités de jeux – Enfant âgé de 5 à 6 ans d'une résidence permanente ou temporaire ou touriste (15 jours d'exposition annuelle)	QD (Cd, Sb, Ag, Cr, Cu, Ni, Sn, Zn) ERI (Pb)	QD(As) ERI (As)	QD (Pb)	Pas mise en œuvre car déjà QD (Pb) = 10 *(pas de mesure de la bioaccessibilité)*	une fréquentation de 1 jour conduit à un QD < 1 et ERI < 10^{-5}
Scénario 17 - **Scénario d'un enfant avec des activités de promenade et de loisirs (jeux) dans la branche sud du Y de la zone principale des dépôts de « Roure/ Les Rosiers »** – Ingestion de sol lors des activités de jeux – Enfant âgé de 5 à 6 ans d'une résidence permanente ou temporaire ou touriste (15 jours d'exposition annuelle)	QD (As, Cd, Sb, Ag, Cr, Cu, Ni, Sn, Zn) ERI (As)	ERI (Pb)	QD (Pb)	Pas mise en œuvre car déjà QD (Pb) = 7,9 *(prise en compte de la bioaccessibilité)*	une fréquentation de 1 jour conduit à un QD < 1 et ERI < 10^{-5}
Scénario 18 - **Scénario d'un enfant avec des activités de promenade et de loisirs (jeux) dans la branche nord du Y de la zone principale des dépôts de « Roure/ Les Rosiers »** – Ingestion de sol lors des activités de jeux – Enfant âgé de 2 à 6 ans d'une résidence permanente ou temporaire ou touriste (15 jours d'exposition annuelle)	QD (Cd, Sb, Ag, Cr, Cu, Ni, Sn, Zn)	QD (As) ERI (Pb, As)	QD (Pb)	Pas mise en œuvre car déjà QD (Pb) = 6,1 et ERI (As) = 2,8E-05 *(pas de mesure de la bioaccessibilité)*	une fréquentation de 2 jours conduit à un QD < 1 et ERI < 10^{-5}

Suite du Tableau 41 : Synthèse des résultats des calculs de risques pour les scénarios étudiés

Scénario et population concernée	Positionnement des résultats de l'EQRS dans les intervalles de gestion de l'IEM			Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies, et critères de risques 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)	Remarque : fréquentation annuelle des sites étudiés conduisant à une qualité des milieux compatible ou incompatible
	QD < 0,2 ERI < 10^{-6}	**0,2 < QD < 5 et/ou 10^{-6} < ERI < 10^{-4}**	**QD > 5 ERI > 10^{-4}**	**QD_{total} > 1 et/ou ERI_{total} > 10^{-5}** Qualité des milieux non compatible	
Zone de « Roure/ Les Rosiers »					
Scénario 19 - **Scénario d'un enfant vacancier d'une résidence temporaire située face à la fontaine du lieu-dit « La Mine des Rosiers » au nord du dépôt majeur de « Roure/ Les Rosiers »** – Ingestion de sol lors des activités de jeux – Enfant âgé de 2 à 6 ans d'une résidence permanente ou temporaire ou touriste (15 jours d'exposition annuelle)	QD (As, Cd, Sb, Ag, Cr, Cu, Ni, Sn, Zn)	QD (Pb) ERI (Pb, As)		Pas mise en œuvre car déjà QD (Pb) = 4,2 *(prise en compte de la bioaccessibilité)*	une fréquentation de 6 jours conduit à un QD < 1 et ERI < 10^{-5}
Scénario 20 - **Scénario d'un enfant vacancier d'une résidence temporaire située face à la fontaine du lieu-dit « La Mine des Rosiers » au nord du dépôt majeur de « Roure/ Les Rosiers »** – Ingestion de sol lors des activités de jeux – Enfant âgé de 6 mois à 6 ans (30 jours d'exposition annuelle)	QD (Cd, Sb, Ag, Cr, Cu, Ni, Sn, Zn)	QD (As) ERI (Pb, As)	QD (Pb)	Pas mise en œuvre car déjà QD (Pb) = 6,8 et ERI (As) = 1,6E-05 *(prise en compte de la bioaccessibilité)*	une fréquentation de 4 jours conduit à un QD < 1 et ERI < 10^{-5}
Scénario 21 - **Scénario d'un enfant « visiteur » fréquentant la parcelle d'une résidence permanente située dans le hameau de Bantusse à l'est des dépôts principaux de « Roure/ Les Rosiers »** – Ingestion de sol lors des activités de jeux – Enfant âgé de 6 mois à 6 ans, en visite, absence d'enfant dans la famille (10 jours d'exposition annuelle)	QD (As, Cd, Sb, Ag, Cr, Cu, Ni, Sn, Zn) ERI (Pb)	QD (Pb) ERI (As)		QD total de 0,97 et ERI total de 1,9E-06 *(choix du code couleur tenant compte des incertitudes analytiques)* *(prise en compte de la bioaccessibilité)*	une fréquentation de 15 jours conduit à un QD > 1 et ERI > 10^{-5}

Parmi les scénarios étudiés associés à l'ingestion de sols principalement par les enfants lors des activités de jeux en extérieur, à l'issue de cette démarche :

– pour un seul scénario (5b), les résultats des calculs de risques indiquent des QD et des ERI inférieurs aux bornes basses des intervalles de gestion de 0,2 pour les effets à seuil et de 10^{-6} pour les effets sans seuil ;

– pour la grande majorité des scénarios (2, 4, 5a, 7, 9, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 20), le QD associé au plomb dépasse la borne haute des intervalles de gestion et parfois de manière très significative (QD > 10) ;

– pour les autres scénarios (1, 3, 6, 8, 10, 11, 13, 19, 21), les résultats de risques pour les effets à seuil (QD) du plomb et les effets sans seuil (ERI) de l'arsenic, se situent dans la zone d'interprétation (respectivement dans la gamme $0,2 < QD < 5$ ou $10^{-6} < ERI < 10^{-4}$).
  Un calcul de risque global n'a pas été réalisé pour la majorité des scénarios, le QD du plomb excédant à lui seul la valeur seuil de 1, et/ou l'ERI de l'arsenic excédant à lui seul avec la valeur seuil de 10^{-5}.
  Seuls dans le cas des scénarios 8 et 21, les résultats de risques associés aux effets à seuil du plomb sont de l'ordre de la valeur repère de 1.

Ainsi, les résultats de l'étude appellent des recommandations à mettre en place.

Pour la zone de « Pontgibaud-Stade », et celle de « Roure/ Les Rosiers », et la majorité des parcelles étudiées avec des habitations permanentes ou temporaires avec des zones de pelouse, enherbées, ou partiellement de sol à nu ou de jardin potager, il est recommandé des mesures d'information de la population locale en rappelant les règles d'hygiène visant à limiter l'ingestion de terre :

– pour les enfants :
  - le lavage soigné des mains à l'issue de périodes de jeux à l'extérieur ;
  - le maintien en bon état des zones enherbées afin d'éviter la fréquentation par les enfants de zones de sol à nu ;
  - la mise en place de bacs à sable en extérieur, dont la qualité aura été contrôlée, afin d'éviter les jeux de très jeunes enfants au droit de certaines zones de pelouse, enherbées, ou partiellement de sol à nu ;
  - la limitation des activités de jeux dans des pièces avec de potentielles accumulations de poussières déposées sur les planchers (comme notamment les tapis dans les chambres) ;

– pour les adultes :
  - le lavage soigné des mains, après des activités de jardinage.

Pour la zone des dépôts de « Roure/ Les Rosiers », il est recommandé l'absence de tout usage de promenade et de loisirs au droit et à proximité immédiate des dépôts[69], de même que de limiter (interdire) toute forme de prélèvement de matériaux pour un usage sur des parcelles privées.

Pour rappel, la mise en sécurité des tas majeurs du secteur de « Roure/ Les Rosiers », a été initié depuis 2013, avec une perspective de mise en œuvre en 2016.

Sur l'ensemble des zones investiguées comportant des jardins potagers, en l'absence à ce jour de caractérisation de végétaux potagers[70], au regard des concentrations significatives en plomb et arsenic dans les sols, les recommandations proposées sont, en concertation avec les instances sanitaires :

– l'information de la population locale en rappelant les règles suivantes :
  - le lavage soigné des végétaux avant consommation,
  - la consommation variée des fruits et légumes, et pas uniquement ceux issus du jardin potager.
– voire de ne plus utiliser ces parcelles en l'état pour la culture de végétaux potagers ou interdire de poursuivre les cultures potagères,
– une mesure de gestion proposée serait de décaisser les terres polluées et les substituant par des terres propres.

S'agissant du plomb, ces précautions devront tenir compte de l'avis du Haut Conseil de Santé Publique (HCSP) publié en juillet 2014 intitulée « Expositions au plomb : détermination de nouveaux objectifs de gestion »[71]. Il revient aux autorités sanitaires de juger de la pertinence de la mise en place d'un dépistage chez les jeunes enfants et les femmes enceintes.

En ce qui concerne les eaux souterraines, les concentrations de l'eau de la fontaine du lieu-dit « La Mines des Rosiers » hameau situé au nord des tas de résidus de « Roure/ Les Rosiers », respectent les critères de potabilité pour les métaux étudiés. Quant aux **eaux de surface**, qui pour rappel, n'ont pas été retenues en tant que milieu d'exposition en l'absence d'activités de loisirs comme la baignade, d'arrosage de jardin potager. A titre informatif, les concentrations mesurées, atteignant plusieurs centaines de µg/l en plomb et dizaine de µg/l en arsenic (les critères de potabilité étant de 10 µg/l).

---

[69] Pour rappel, des panneaux préconisant de ne pas fréquenter ces zones avaient déjà été mis en place en 2011, mais il est à souligner que plusieurs des panneaux avaient déjà disparu 3 jours après leur installation.

[70] En rappel, les investigations de terrain ayant été effectuées en période hivernale, aucune caractérisation de végétaux potagers n'a été réalisée

[71] Un extrait document est présenté en Annexe 6 et le lien pour télécharger le document est http://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=444

En termes de communication à la population locale de la situation (résultats des diagnostics, etc.), le format et la nature de la communication sera à définir sous l'égide de Monsieur le Préfet, avec l'appui de la DREAL et de l'ARS, en concertation avec Monsieur le Maire[72].

En termes d'aménagements actuels et futurs, sur les zones étudiées, dont des parcelles cadastrales dépendant de propriétaires particuliers, ces derniers, pour qui cela n'a pas encore été le cas, seront informés par les pouvoirs publics des résultats des investigations menées au droit de leurs parcelles, des concentrations parfois très importantes, liées aux activités passées, de leurs localisations, etc. La mise en place de la conservation de la mémoire de manière pérenne au travers de servitudes d'utilité publique sera à conduire. Et en cas de nouveaux aménagements, il est préconisé la réalisation d'une étude spécifique ayant pour objectif de s'assurer de la compatibilité de l'état des milieux avec les usages pressentis.

En outre, en ce qui concerne le bétail (bovins) présents sur les berges en aval des dépôts de résidus de « Roure/ Les Rosiers » et en bordure droite de la D418 en face du complexe sportif de Pontgibaud et au Nord-Est de ce dernier, compte tenu des concentrations en plomb et en arsenic mesurées dans les sols au droit des zones de pâturages ou dans les eaux de surface, il est également recommandé un accès limité du bétail à ces zones de pâturages, de berges ainsi qu'à l'eau des cours d'eau. En complément de ces recommandations, il serait à conduire une recherche plus précise des usages des denrées alimentaires (lait, viandes), et le cas échéant de se rapprocher des autorités vétérinaires pour la mise en place si besoin de contrôles de la qualité des denrées.

Par ailleurs, la démarche d'interprétation de l'état des milieux prévoit une maîtrise des sources de pollution au regard des usages. A ce titre, dans le cadre de la mise en sécurité des anciens sites miniers, des travaux sur la zone du tas de résidus de traitement de « Pontgibaud-Stade » ont été réalisés de novembre 2013 à février 2014 (remodelage des résidus, confinement, fossé périphérique, recouvrement avec de la terre arable et ensemencement de prairie, etc.). La mise en sécurité des tas majeurs du secteur de « Roure/ Les Rosiers » est initiée depuis 2013, avec une perspective de mise en œuvre en 2016.

[72] Pour information est rappelé le guide intitulé « guide pour l'implication des populations dans l'évaluation et la gestion d'un site et sol pollué (ADEME, INERIS, IRSN, en collaboration avec la Cellule interrégionale d'épidémiologie d'Ile de France, 2008), visant à aider à décider, concevoir et organiser l'implication des populations dans la gestion d'un site pollué. Ce rapport pourrait, servir de base de travail, par le biais notamment des outils l'accompagnant comme des plaquettes, des supports de communication. La démarche d'information doit être proportionnée aux enjeux identifiés.

Il est à souligner que la caractérisation de la bioaccessibilité réalisée pour le plomb, l'arsenic, le cadmium et l'antimoine, a permis de proposer une estimation plus appropriée de l'exposition des populations et des risques. En fonction des substances, les valeurs sont de quelques pourcents à quelques dizaines de pourcents dans les cas les plus favorables, sinon atteignant dans d'autres quasi 90%, plus particulièrement pour le plomb pour certains échantillons. Ces données seront intégrées dans le cadre d'un retour d'expérience plus général sur des mesures de bioaccessibilité dans différents milieux, réalisé ultérieurement pour le Ministère chargé de l'Ecologie dans le cadre de la mission d'appui de l'INERIS.

7 REFERENCES

ADEME, IRSN (2004) - CIBLEX : Base de données de paramètres descriptifs de la population française au voisinage d'un site pollué. CD-Rom coédité ADEME / IRSN, référence 4773.

ADEME et al. (2007-a) - Guide d'échantillonnage de plantes potagères dans le cadre de diagnostics environnementaux.

ADEME-INERIS-IRSN, en collaboration avec la Cellule interrégionale d'épidémiologie d'Ile de France (2008) – Guide pour l'implication des populations dans l'évaluation et la gestion d'un site et sol pollué.

Ahsan H., Chen Y., Parvez F., Zablotska L., Argos M., Hussain I., Momotaj H., Levy D., Cheng Z., Slavkovich V., van Geen A., Howe G.R. and Graziano J.H. (2006) - Arsenic exposure from drinking water and risk of premalignant skin lesions in Bangladesh: baseline results from the Health Effects of Arsenic Longitudinal Study. Am J Epidemiol, 163, 12, 1138-1148.

ANSES (2010) - État des lieux des pratiques et recommandations relatives à la qualité sanitaire de l'eau d'abreuvement des animaux d'élevage. Décembre 2010

ANSES (2013) - Expositions au plomb : effets sur la santé associés à des plombémies inférieures à 100 µg/L. Avis de l'Anses. Rapport d'expertise collective. Janvier 2013

ATSDR - http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/index.asp

Bertrand M. (1993) - Consommation et lieux d'achat des produits alimentaires en 1991. Collection INSEE Résultats, Paris 1993

Binder, S., Sokal, D., Maughan, D. (1986) - Estimating soil ingestion: the use of tracer elements in estimating the amount of soil ingested by young children. Arch. Environ. Health, 41, 341-345.

Calabrese EJ, Barnes RM, Stanek EJ, Pastides H, Gilbert CE, Veneman P, Wang X, Lasztity A, Kostecki PT. (1989) - How much soil do children ingest: an epidemiologic study. Regul Toxicol Pharmacol. 10 123-37.

Calabrese EJ, Stanek EJ, Gilbert CE, Barnes RM. (1990) - Preliminary adult soil ingestion estimates : results of a pilot study. Regul Toxicol Pharmacol. 12 88-95.

Calabrese EJ, Stanek EJ. (1991) - A guide to interpreting soil ingestion studies. II. Qualitative and quantitative evidence of soil ingestion. Regul Toxicol Pharmacol. 13 278-92.

Calabrese E., Stanek K. (1995) - Resolving intertracer inconsistencies in soil ingestion estimates, Environmental health perspectives, Vol. 103, n°5

Calabrese, E.J., Stanek, E.J., III, Pekow, P., Barnes, R.M. (1997) - Soil ingestion estimates for children residing on a superfund site. Ecotoxicol. Environ Saf, 36, 258-268.

Calabrese, E.J. and Stanek, E.J. (1998) - Soil ingestion estimation in children and adults: a dominant influence in site-specific risk assessment. ELR, New & Analysis, 28, 10660-10667.

Calabrese EJ, Barnes RM, Stanek EJ, Pastides H, Gilbert CE, Veneman P, Wang X, Lasztity A, Kostecki PT. (1989) - How much soil do children ingest: an epidemiologic study. Regul. Toxicol. Pharmacol., 10, 123-37.

Calabrese E.J., Stanek E.J., Gilbert C.E., Barnes R.M. (1990) - Preliminary adult soil ingestion estimates: results of a pilot study. *Regul Toxicol Pharmacol*, 12, 88-95.

Calabrese EJ, Stanek EJ. (1991) - A guide to interpreting soil ingestion studies. II. Qualitative and quantitative evidence of soil ingestion. *Regul Toxicol Pharmacol,* 13, 278-92.

Clausing P., Brunekreef B., Van Wijnen J.H. (1987) - A method for estimating soil ingestion by children. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 59, 73-82.

DGS (2006) - Circulaire du Ministère de la Santé et des Solidarités relative à « 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 », référencée DGS/SD7B/2006/234 et datée du 30 mai 2006./ abrogée

DGS (2014) – 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 étude d'impact et de la gestion des sites et sols pollués. http://circulaires.legifrance.gouv.fr/pdf/2014/11/cir_38905.pdf

Doornaert B. et Pichard A. (2006) - Valeurs toxicologiques de référence : comment choisir ? Environnement Risque et Santé, 5, n°3 mai-juin.

Dor F., Denys S., Daniau C., Bellenfant G., Zeghnoun K., Dabin C., Nedellec V., Mosqueron L., Floch-Barneaud A., Mathieu A. (2009) - Exposition des enfants par ingestion de sol et de poussières contaminés : quels choix pour les évaluations de risque ? Deuxième rencontres nationales de la recherche sur les sites et sols pollués du 20 et 21 octobre 2009, Paris.

Glorennec P. (2005) - Explicitation et réduction de l'incertitude liée à l'ingestion de sol en évaluation des expositions environnementales. Environnement, Risques & Santé, Vol. 4, n°4, juillet-août 2005

Glorennec P. (2006) - Aide à la décision d'un dépistage systématique du saturnisme infantile autour des sites industriels en France, Mémoire de thèse, Université de Rennes, Faculté de médecine, 2006

Hawley JK. (1997) - Assessment of health risk from exposure to contaminated soil. Risk Analysis. 5(4) 289-302.

HCSP (2014) - « Expositions au plomb : détermination de nouveaux objectifs de gestion »

HSDB (Hazardous substances Data Banck)

INERIS - Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. http://www.ineris.fr/rapports-d%C3%A9tude/toxicologie-et-environnement/fiches-de-donn%C3%A9es-toxicologiques-et-environnementales-d#stheme-1921

INERIS - http://www.ineris.fr/substances/fr/

INERIS (2005) - Pratique INERIS de choix des valeurs toxicologiques de référence dans les évaluations de risques sanitaires. Le 21 mars 2006.

Référence : INERIS-DRC-05-41113-ETSC/R01. (www.ineris.fr).

INERIS - Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. Disponible à partir de l'URL : http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/getDocument/2832

International Organization for Satndardization. Norme ISO/DIS 17924-1. (2007) - Soil quality assessment of human exposure from ingestion of soil and soil material. Part 1 : Guidance on the application and selection of physiologically based extraction methods for estimation of the human bioaccessibility/bioavailability of metals in soil. International Organization for Satndardization; 2007

INSEE (2013) – Base de données INSEE : recensement de la population de Pontgibaud http://www.insee.fr/fr/bases-de-donnees/esl/comparateur.asp?codgeo=com -12305 ;

InVS (2002) - Dépistage du saturnisme infantile autour des sources industrielles de plomb. Analyse de la pertinence de la mise en oeuvre d'un dépistage: du diagnostic environnemental à l'estimation des expositions. Saint-Maurice (France) : Institut de veille sanitaire; 2002. Disponible à partir de l'URL :

http://www.invs.sante.fr/publications/rap_saturnisme_1101/rap_saturnisme_t1.pdf

InVS (2002) - Dépistage du saturnisme infantile autour des sources industrielles de plomb. Organisation des programmes de dépistage et évaluation de l'efficacité des mesures de réduction de l'exposition. Saint-Maurice (France): Institut de veille sanitaire; 2002. Disponible à partir de l'URL :

http://www.invs.sante.fr/publications/rap_saturnisme_1101/rap_saturnisme_t2.pdf

InVS et INERIS (2012) – Quantités de terre et poussières ingérées par un enfant de moins de 6 ans et bioaccessibilité des polluants. Etat des connaissances et propositions. Guide pratique 2012.

InVS (2012) - Synthèse des travaux du Département santé environnement de l'Institut de veille sanitaire sur les variables humaines d'exposition, 28 p. http://www.invs.sante.fr

Laurent et *al.* (2004) – Etat de l'art sur les transferts de polluants organiques et métalliques du sol vers l'animal. Rapport INPL Nacy, ENSAIA, INRA et Université Henri Pointcarré de Nancy.

MEDD (2007) - Sites et sols pollués - Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués. Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. 08 février 2007. Lettre de la ministre aux préfets et 3 annexes.

MEDD, BRGM, ADEME, INERIS, InVS (2011) - Paramètres d'exposition – VTR et VGAI dans le cadre de la démarche Etablissement Sensible.

Norme EN ISO 17402 (2011) - Qualité du sol. Lignes directrices pour la sélection et l'application des méthodes d'évaluation de la biodisponibilité des contaminants dans le sol et les matériaux du sol. ICS 13.080.01

Norme XP ISO/TS 17924 (2008) - Qualité du sol. Evaluation de l'exposition humaine par ingestion de sol et de matériaux du sol. Lignes directrices pour l'application et la sélection de méthodes d'extraction fondées sur le point de vue physiologique pour l'estimation de la bioaccessibilité/biodisponibilité pour l'être humain de métaux dans le sol. ICS 13.080.30

OEHHA - http://www.oehha.ca.gov/

OMS - http://www.inchem.org/

OMS (2000) - Air Quality Guidelines for Europe.World Health Organization. Copenhagen. 2nd Ed.

OMS (2008) - Guidelines for drinking-water quality. Third edition incorporating the first and second addenda. . Geneva. 3rd, vol Volume 1 - recommendations.

OMS JEFCA (2010) – Joint FAO/WHO expert committee on food additives. Seventy-second meeting, Rome, 16-25 february 2010

RIVM - http://www.rivm.nl/

RIVM (2001) – Re-evaluation of human-toxicological maximum permissible risk levels. Rijksinstituut voor volksgezondheid en milieu. Report 711701025.

RIVM (2009) – Re-evaluation of some human-toxicological maximum permissible risk levels earlier evaluated in the period 1991-2001. Rijksinstituut voor volksgezondheid en milieu. Report 711701092/2009.

Santé Canada - http://www.hc-sc.gc.ca/index-fra.php

Stanek E.J., Calabrese E.J., Zorn M. (2001) - Biasing factors for simple soil ingestion estimates in mass balance studies of soil ingestion. Human and Ecological Risk Assessment, Vol. 7, n° 2, 329-355.

Stanek E., Calabrese E. (1995) - Daliy estimates of soil ingestion in children, Environmental Health perspectives, Vol. 103, number 3

Stanek E., Calabrese E. (2000) - Daily soil ingestion for children at Superfund site, Risk analysis, Vol. 20, n°5

Stanek, E.J., Calabrese, E.J., Zorn, M. (2001a) - Biasing factors for simple soil ingestion estimates in mass balance studies of soil ingestion. Human and Ecological Risk Assessment, 7, 329-355.

Stanek, E.J., Calabrese, E.J., Zorn, M. (2001b) - Soil ingestion distributions for monte carlo risk assessment in children. Human and Ecological Risk Assessment, 7, 357-368.

Stanek E J and Calabrese E. J. (2006) - Response to the letter to the editor. Risk Anal 26

Thompson K., Burmaster D. (1991) - Parametric distributions for soil ingestion by children, Risk analysis, Vol. 11, n°2, 1991

Tsai S.Y., Chou H.Y., The H.W., Chen C.M. and Chen C.J. (2003) - The effects of chronic arsenic exposure from drinking water on the neurobehavioral development in adolescence. Neurotoxicology, 24, 4-5, 747-753.

Tseng W.P. (1977) - Effects and dose-response relationships of skin cancer and blackfoot disease with arsenic. Environ Health Perspect, 19, 109-119.

Tseng W.P., Chu H.M., How S.W., Fong J.M., Lin C.S. and Yeh S. (1968) - Prevalence of skin cancer in an endemic area of chronic arsenicism in Taiwan. J Nat l Cancer Inst, 40, 3, 453-463.

US EPA - Integrated Risk Information System (IRIS) on line. *http://www.epa.gov/ngispgm3/iris/irisdat*

US EPA – 2008 Child-Specific Exposure Factors Handbook. EPA/600/R-06/96F. September 2008.

US EPA (2011) - Exposure factors handbook. EPA/600/R-090/052F. September 2011. http://www.epa.gov/ncea/efh/pdfs/efh-complete.pdf

Van Holderbeke M., Cornelis C., Bierkens J, & R. Torfs (2008) - Review of the soil ingestion pathway in human exposure assessment. Study in support of the BeNeKempen project. Final report. VITO, Mol, Belgique, 195 p.

Wasserman G.A., Liu X., Parvez F., Ahsan H., Factor-Litvak P., van Geen A., Slavkovich V., LoIacono N.J., Cheng Z., Hussain I., Momotaj H. and Graziano J.H. (2004) - Water arsenic exposure and children's intellectual function in Araihazar, Bangladesh. Environ Health Perspect, 112, 13, 1329-1333.

Yadrick M.K., Kenney M.A. and Winterfeldt E.A. (1989) - Iron, copper, and zinc status: response to supplementation with zinc or zinc and iron in adult females. Am J Clin Nutr, 49, 1, 145-150.

8 LISTE DES ANNEXES

Repère	Désignation précise	Nb/N°pages
1	Localisation des zones de prélèvement par site : sols, eaux souterraines, eaux de surface	2 A4 10 A3
2	Description des prélèvements réalisés par l'INERIS	19 A4
3	Protocole unifié du groupe BARGE : « UBM (Unified Barge Method) procedure for the measurement of inorganic contaminant bioaccessibility from solid matrices »	4 A4
4	Bordereaux d'analyses pour les sols, les eaux souterraines et de surface	25 A4
5		28 A4
5-a	Généralités sur l'évaluation de la toxicité et valeurs toxicologiques de référence	
5-b	Définitions des classes de cancérogénicité de l'UE, l'US EPA, du CIRC/IARC Classement des substances étudiées	
5-c	Démarche de choix des valeurs toxicologiques de référence Choix des valeurs toxicologiques de référence	
5-d	Effets observés chez l'adulte et l'enfant en fonction de la plombémie minimale (d'après (INSERM, 2006))	
6	Extrait du document du HCSP publié en juillet 2014, intitulée « Expositions au plomb : détermination de nouveaux objectifs de gestion ».	4 A4

ANNEXE 1

Localisation des zones de prélèvement par site : sols[73], eaux souterraines, eaux de surface

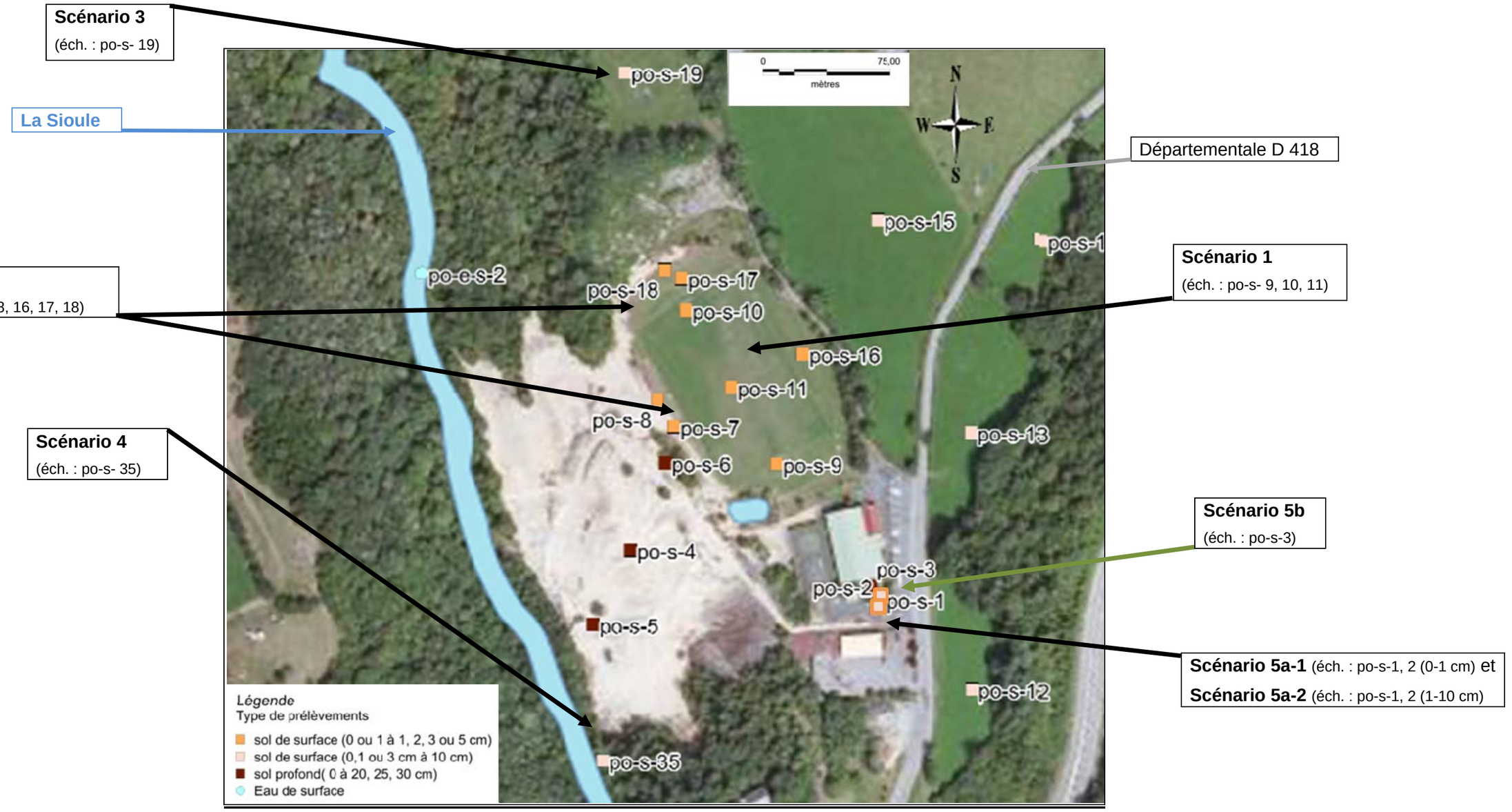
<u>Remarque :</u>

En présence de propriétés privées, les emplacements précis indiqués dans le présent rapport, seront pour certains ainsi que les photographies associées potentiellement à supprimer dans une version à diffusion plus large.

[73] En rappel, la dénomination « lieu de prélèvement » avec son résultat analytique est associé à un échantillon correspond au prélèvement d'un échantillon unitaire ou d'un échantillon composite comprenant plusieurs sous-échantillons prélevés dans le même horizon à des emplacements proches, et rassemblés en un seul échantillon pour l'analyse chimiques. Le nombre de prises est indiqué dans l'Annexe 2.

Figure : Plan de localisation générale de la zone de « Pontgibaud-Stade » et localisation d'un prélèvement excentré au nord

Figure : Localisation des prélèvements dans la zone du stade de Pontgibaud



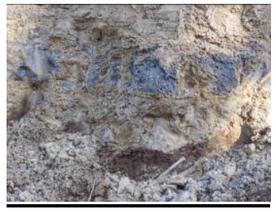
Remarque : vue aérienne prise avant les travaux de mise en sécurité du dépôt de « Pontgibaud-Stade »

Figure : Photographie des prélèvements de la zone du stade de Pontgibaud

Zone sommitale du dépôt

(po-s-37)

(10 cm)



Zone de la galerie d'eau souterraine mise à jour (po-s-5)

Scénario 5b (po-s-3)

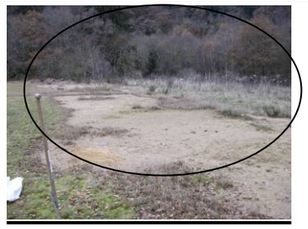
Jardin potager du logement du gardien du complexe sportif

Scénario 5a-1 et 5a-2 (po-s-1, 2)

Zones de pelouse, enherbées, ou partiellement de sol à nu de la parcelle du logement du gardien du complexe sportif

Scénario 4 (po-s-35)

Zone des anciens bassins au sud du dépôt



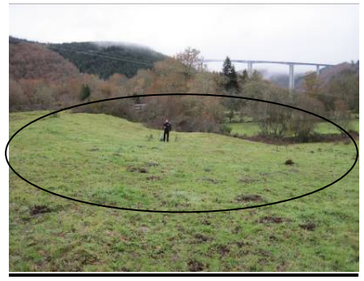
Scénario 2 (po-s-18)

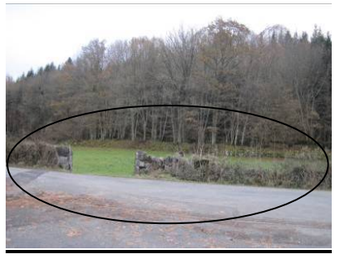
Bordure externe nord du terrain de football

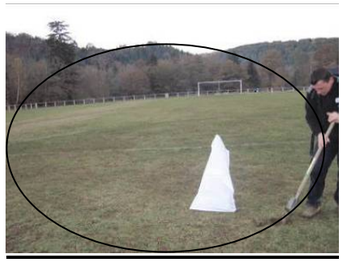
Scénario 2 (po-s-7)

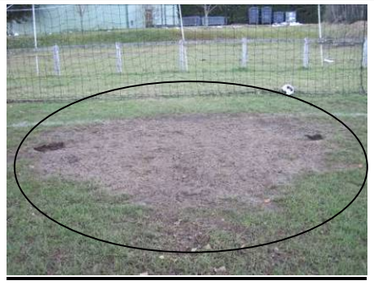
Bordure externe ouest du terrain de football

Figure : Photographie des prélèvements de la zone du stade de Pontgibaud

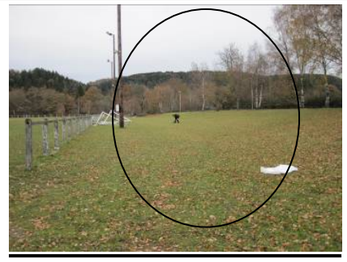
<table>
<tr>
<td> 

Paririe au nord du complexe sportif (po-s-36)</td>
<td> 

Paririe à l’est du complexe sportif (po-s-13)</td>
<td> 

Scénario 1 (po-s-11)
Centre du terrain de football</td>
<td> 

Scénario 1 (po-s-9)
Zone de but, sud du terrain de football</td>
<td>

Scénario 1 (po-s-7)
Bordure externe ouest du terrain de football</td>
<td> 

Scénario 2 (po-s-16)
Bordure externe est du terrain de football</td>
</tr>
</table>

Figure : Localisation des prélèvements dans la zone de « Pontgibaud-Stade », au sud du stade, de part et d'autre de la D 941

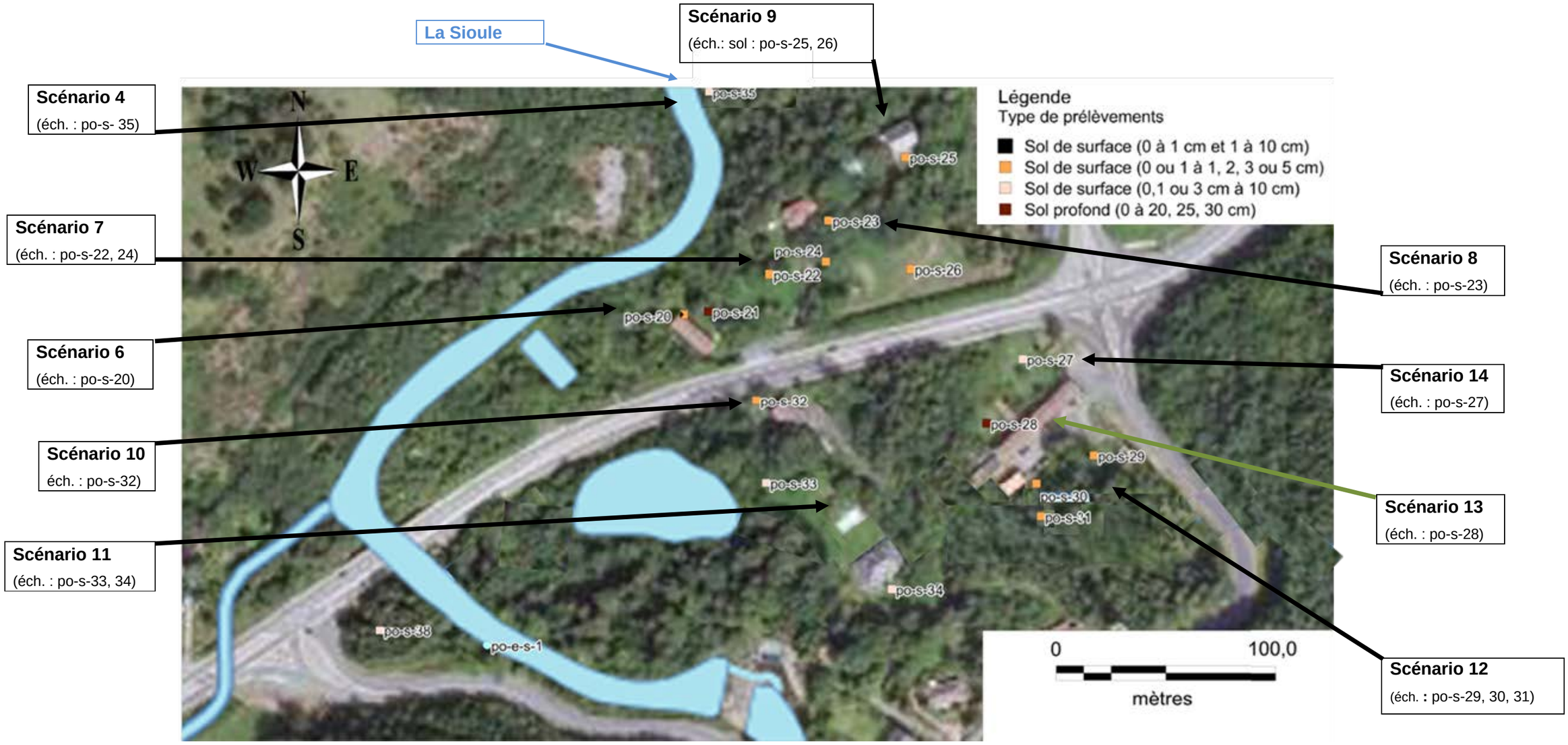


Figure : Photographie des prélèvements de la zone au sud de « Pontgibaud-Stade », de part et d'autre de la D 941

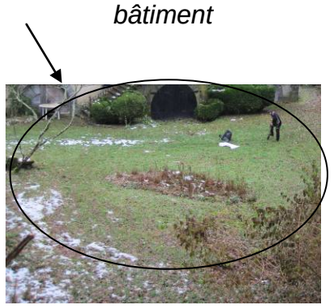
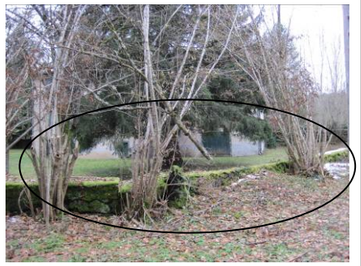
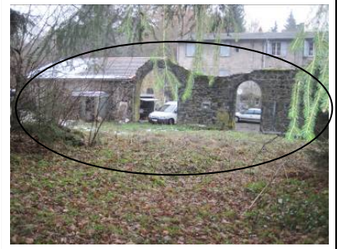
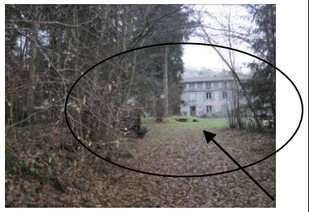
Zone de sous-bois en bordure de la Sioule (sol : po-s-38 et eau : po-e-s-1)	*bâtiment*  **Scénario 11 (po-s-34)** **Scénario 11 (po-s-33)**	 **Scénario 6 (po-s-20)** **Scénario 10 (po-s-32)**	**Scénario 10 (po-s-32)**	  **Scénario 12 (po-s-29)**	**Scénario 12 (po-s-30)**
Scénario 14 (po-s-27)	**Scénario 8 (po-s-23)**	**Scénario 13 (po-s-28)**	**Bâtiment des scénarios 12 et 13 (façade nord, côté jardin potager et façade sud)**	**Scénario 12 (po-s-29)**	**Scénario 12 (po-s-29)**

Figure : Plan de localisation générale de la zone de « Roure/ Les Rosiers »

Figure : Localisation des prélèvements dans la zone du lieu-dit « La Mine des Rosiers » au nord de la zone principale des dépôts de « Roure/ Les Rosiers » et photographies de prélèvements

Scénario 19
(éch. ro-s-17)

Scénario 20
(éch. ro-s-15, 16)

Fontaine du lieu-dit « La Mine des Rosiers »

Ruisseau la Faye

Extrémité nord de la branche nord du Y du dépôt de « Roure/ Les Rosiers »

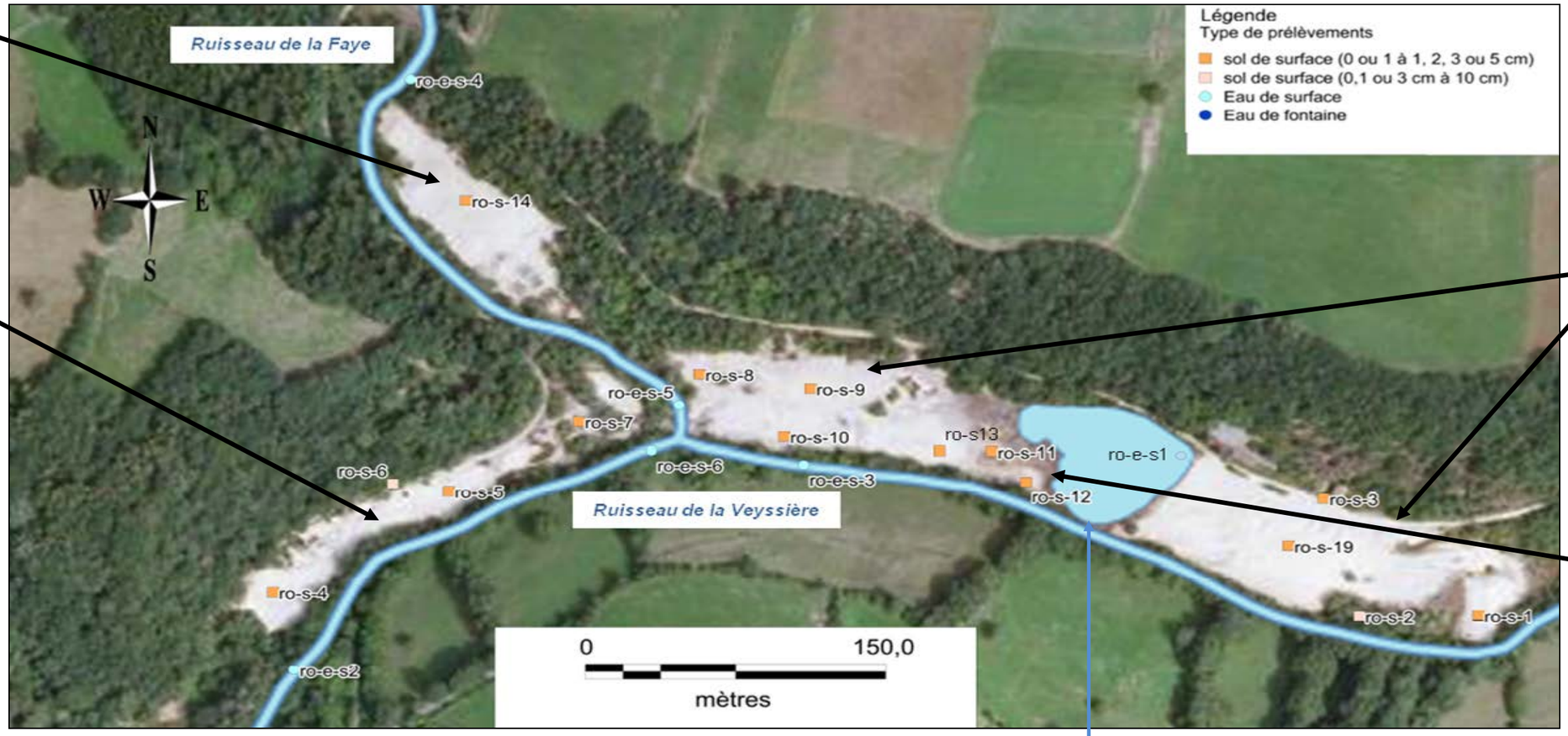
Scénario 20 (ro-s-15)

Scénario 19 (ro-s-17)

Zone de prairie (ro-s-18)

Fontaine (ro-e-font-7)

Figure : Localisation des prélèvements dans la zone principale des dépôts de résidus de « Roure/ Les Rosiers » et photographies de prélèvements

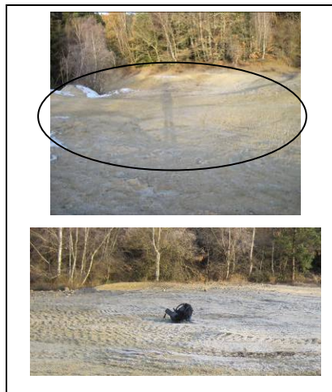


Scénario 18
(éch. ro-s-14)

Scénario 17
(éch. ro-s-4, 5)

Scénario 15
(éch. ro-s-1, 3, 19, 8, 9, 10, 11, 12, 13)

Scénario 16
écha. ro-s-11, 12)



Scénario 17 (ro-s-4)

ro-s-7 (2013) et 2012 avec panneau

Scénario 15 (ro-s-12 et 13 (2013) et enfant (2012, photo DREAL))

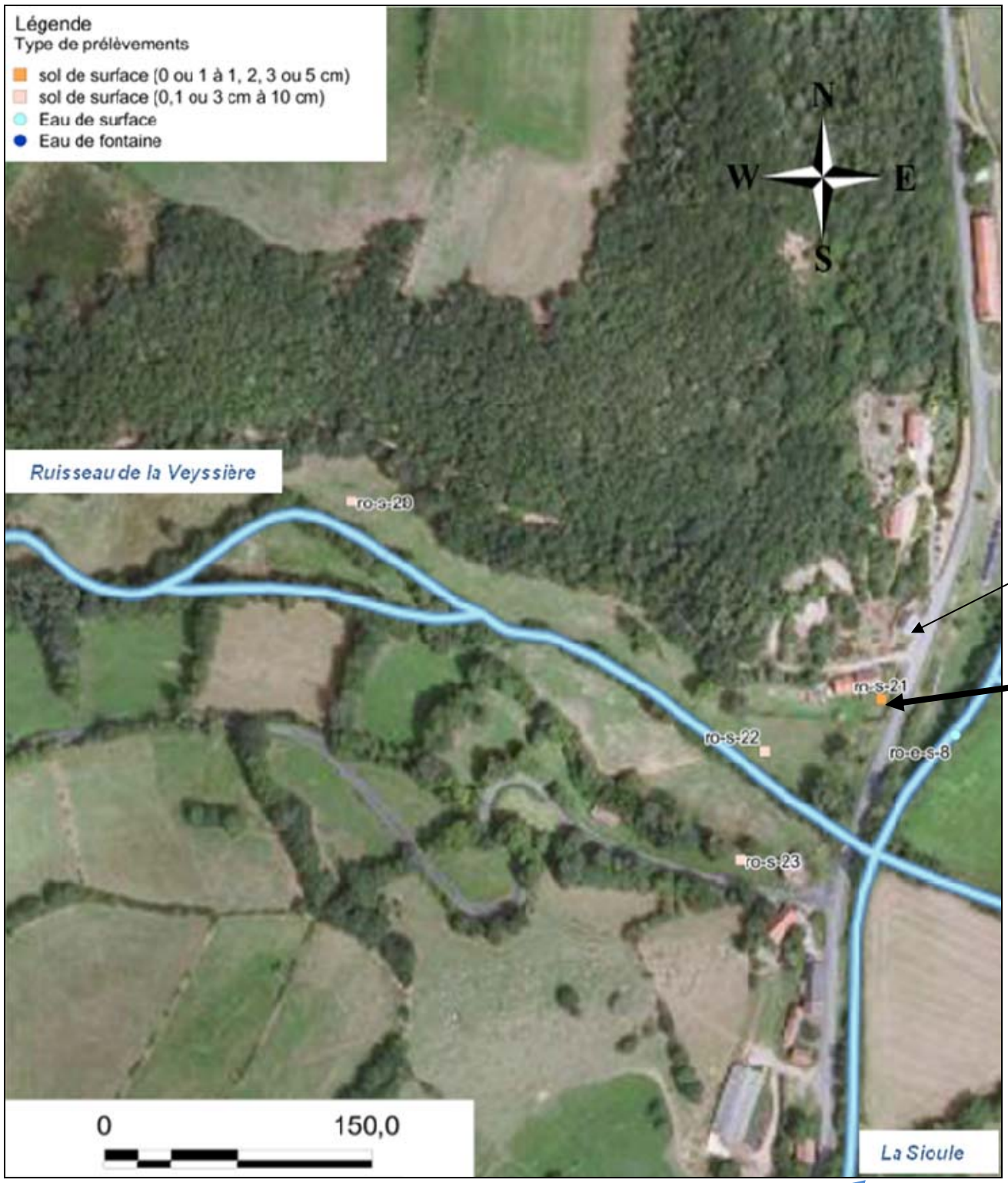
Scénario 15 (ro-s-1)

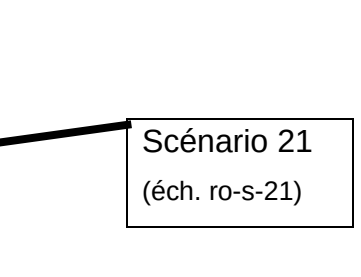
Vue vers le Lac Bleu (vue vers l'est) et indication ro-e-s1

Vue vers le Lac Bleu (vue vers l'ouest) et indication du prélèvement « ro-e-s1 »

Scénario 18 (ro-s-14)

Figure : localisation des prélèvements dans la zone du hameau de « La Bantusse » à l'est de la zone principale des dépôts de résidus de « Roure/ Les Rosiers » et photographies de prélèvements



Zone de pâturage (ro-s-20)	**Zone de pâturage (ro-s-22)**	**Scénario 21 (ro-s-21)**	 **Zone de pairie (ro-s-23)**

ANNEXE 2

Description des prélèvements réalisés par l'INERIS du 3 au 6 décembre

Liste des personnes ayant participé à la campagne de terrain :

Corinne Hulot – unité Impact sanitaire et expositions (ISAE) à la Direction des Risques Chroniques

Fabrice Richez - Unité Technologies et Procédés Propres et Durables (TPPD) à la Direction des Risques Chroniques

Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Référence INERIS de l'échantillon pour le laboratoire d'analyse**	**Coordonnées GPS (latitude/ longitude) (certains lieux ont été replacés sur les cartes de positionnement au regard des incertitudes du GPS) (/ : pas de mesure possible**		**Type de prélèvements et échantillon analysé (date de prélèvement)**	**Eléments descriptifs**	**Remarques**
Zone des dépôts de résidus de « Pontgibaud-Stade » (commune de Pontgibaud)						
Scénarios 5a-1 et 5a-2 et scénario 5b - Scénario d'un enfant et d'un adulte habitant la parcelle avec le logement de fonction du complexe sportif de Pontgibaud						
po-s-1 *(PONT-S-01 (0-1))*	13BJ110 et 13BJ111	45.838966994	2.850945216	Echantillon composite de 3 sous-échantillons en ligne espacés de 7 et 10 m (le plus à l'Est étant situé à 2 m du mur de la parcelle) couvrant la zone de pelouse, enherbée et de sol à nu, partiellement sous les arbres (4 déc.)	Terre brun foncé, légèrement sableuse Dès 2 cm de profondeur, présence du matériau de type résidus sableux, de couleur brune, jaune	Mesure de bioaccessibilité
po-s-1 *(PONT-S-01 (1-10))*	13BJ112 et 13BJ113	45.838966994	2.850945216	Echantillon composite de 2 sous-échantillons en ligne espacés de 10 m (le plus à l'Est étant situé à 9 m du mur de la parcelle) couvrant en partie la zone de pelouse, enherbée et de sol à nu, partiellement sous les arbres ; ces lieux sont identiques à po-s-1 (0-1) outre la profondeur plus importante (4 déc.)	Matériau de type résidus sableux, de couleur brune, jaune Un prélèvement réalisé plus en profondeur montre le même type de matériau jusqu'à une profondeur de 30 cm	Mesure de bioaccessibilité
po-s-2 *(PONT-S-02-0-1)*	13BJ116 et 13BJ117	45.838971246 / 45.839031316	2.850948358 / 2.850847052	Echantillon composite de 3 sous-échantillons en triangle espacés de 2 m couvrant en partie la zone de pelouse, enherbée et de sol à nu juste devant la façade sud du bâtiment et proche de la zone de jeu, dont la piscine gonflable (4 déc.)	Terre végétale dans le premier centimètre sous la pelouse et ensuite présence matériau de type résidus sableux, de couleur jaune Le propriétaire a informé qu'il y avait de la terre d'apport de la zone du hameau Les Rosiers (dans les champs)	Mesure de bioaccessibilité
po-s-2 *(PONT-S-02 (1-10))*	13BJ114 et 13BJ115	45.838971246	2.850948358	Echantillon composite de 2 sous-échantillons en ligne espacés de 2 m, correspondant aux deux points les plus à l'ouest de « po-s-2 (0-1), couvrant en partie la zone de pelouse, enherbée et de sol à nu juste devant la façade sud du bâtiment et proche de la zone de jeu, dont la piscine gonflable (4 déc.)	Matériau de type résidus sableux, de couleur jaune Le propriétaire a informé qu'il y avait de la terre d'apport de la zone du hameau Les Rosiers (dans les champs)	Mesure de bioaccessibilité

Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Référence INERIS de l'échantillon pour le laboratoire d'analyse**	**Coordonnées GPS (latitude/ longitude) (certains lieux ont été replacés sur les cartes de positionnement au regard des incertitudes du GPS) (/ : pas de mesure possible**		**Type de prélèvements et échantillon analysé (date de prélèvement)**	**Eléments descriptifs**	**Remarques**
po-s-3 *(PONT-S-03-0-20)*	13BJ118 et 13BJ120	45.839071228	2.850917347	Echantillon composite de 3 sous-échantillons en ligne espacés de 2 m, couvrant la zone cultivée (4 déc.)	En surface terre de couleur brune, végétale, rapportée, ensuite avec un mélange de matériau de type résidus, et dès une profondeur de 15 ou 25 cm, uniquement la présence de matériau de type résidus, sableux	Mesure de bioaccessibilité
Dépôts de résidus de « Pontgibaud-Stade »[74]						
Replat sommital du dépôt						
po-s-4 *(PONT-S-04-0-25)*	13BJ120 et 13BJ121	45.839257552	2.849081665	Echantillon composite de 4 sous-échantillons dans une zone en rectangle couvrant le 2ème quart (en partant de l'Est) de la partie sommitale du tas de résidus), la zone la moins remaniée (4 déc.)	Matériau de type résidus, sableux, de couleur jaune, moyen à fin, avec quelques passées de couleur plus verdâtre et de texture très très fine	Mesure de bioaccessibilité
po-s-5 *(PONT-S-05)*	13BJ122 et 13BJ123	45.838865647	2.848802131	Echantillon de prise unique dans la zone de la galerie d'eau souterraine mise à jour (4 déc.)	Matériau de de texture très très fine, de couleur grise argentée	Mesure de bioaccessibilité
po-s-37 *(PONT-S-37-0-10)*	13BJ010 et 13BJ011			Echantillon composite de 4 sous-échantillons dans une zone en rectangle (6 déc.)	Matériau de type résidus sableux, de couleur jaune, fin à moyen	
Bord du talus est						
po-s-6 *(PONT-S-06-0-25)*	13BJ124	45.839664098	2.849386151	Echantillon composite de 2 sous-échantillons en ligne espacés de 7 m, sur le replat sommital du bord du talus est du tas de résidus, à 4 m de l'aplomb (4 déc.)	Matériau de type résidus, sableux, de couleur jaune, fin à moyen	

[74] Il est à souligner que ces lieux de prélèvements ne sont plus « accessibles » suite à la finalisation des travaux de confinement du dépôt de résidus de Pontgibaud-Stade en date de rédaction du présent rapport (revégétalisation du site, zone clôturée, cf. photographie en Annexe 1). Ces concentrations ne seront donc pas prises en compte dans le cadre de l'évaluation des risques sanitaires.

Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Référence INERIS de l'échantillon pour le laboratoire d'analyse**	**Coordonnées GPS (latitude/ longitude) (certains lieux ont été replacés sur les cartes de positionnement au regard des incertitudes du GPS) (/ : pas de mesure possible**		**Type de prélèvements et échantillon analysé (date de prélèvement)**	**Eléments descriptifs**	**Remarques**
Scénario 1 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs fréquentant le terrain de football de Pontgibaud						
po-s-9 *(PONT-S-09-0-2)*	13BJ130 et 13BJ131	45.839703137	2.850166264	Echantillon composite de 2 sous-échantillons en ligne situés juste devant le dispositif de but situé au Sud du terrain de football (4 déc.)	En surface terre végétale de couleur brune, très très légèrement sableuse (cf. matériau de type résidus sableux) Un sondage à la tarière manuelle au droit de cette zone montre les mêmes caractéristiques de sol jusqu'à une profondeur de 60 cm, ensuite le sol est trop induré	Mesure de bioaccessibilité
po-s-10 *(PONT-S-10-0-2)*	13BJ132 et 13BJ133	45.840522295	2.849494074	Echantillon composite de 2 sous-échantillons en ligne situés juste devant le dispositif de but situé au Nord du terrain de football (4 déc.)	En surface terre végétale de couleur brune, très très légèrement sableuse (cf. matériau de type résidus sableux)	
po-s-11 *(PONT-S-11-1-2)*	13BJ134 et 13BJ135	45.840111453	2.849829474	Echantillon composite de 10 sous-échantillons en rectangle couvrant la totalité du terrain de football au droit de zones enherbées ou de sol à nu (4 déc.)	Terre végétale de couleur brune, grasse, très très légèrement sableuse (cf. matériau de type résidus sableux)	Mesure de bioaccessibilité

Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Référence INERIS de l'échantillon pour le laboratoire d'analyse**	**Coordonnées GPS (latitude/ longitude) (certains lieux ont été replacés sur les cartes de positionnement au regard des incertitudes du GPS) (/ : pas de mesure possible**		**Type de prélèvements et échantillon analysé (date de prélèvement)**	**Eléments descriptifs**	**Remarques**
Zone de prairies à l'est de la zone du complexe sportif de Pontgibaud						
po-s-12 *(PONT-S-12-0-10)*	13BJ136	45.838493250	2.851613512	Echantillon composite de 4 sous-échantillons en ligne, espacés de 20 m couvrant les deux prairies situées juste à l'est du complexe sportif de Pontgibaud (les deux points extrême étant situés à 10 m des limites des parcelles) (5 déc.)	Prairie Sol de couleur brune, gras	
po-s-13 *(PONT-S-13-0-10)*	13BJ138 et 13BJ139	45.839854450	2.851609787	Echantillon composite de 4 sous-échantillons en ligne, espacés de 25 m couvrant la prairie située juste au Nord-Est du complexe sportif de Pontgibaud (les deux points extrême étant situés à 15 m des limites des parcelles) (5 déc.)	Prairie Sol de couleur brune, gras La roche affleure en surface dans certaines zones, et est rencontrée dès la profondeur de 15 cm au droit des deux prélèvements centraux	
po-s-14 *(PONT-S-14-0-10)*	13BJ140 et 13BJ141	45.840876728	2.852130484	Echantillon composite de 3 sous-échantillons en ligne, espacés de 25 m couvrant la prairie située juste au Nord-Est du complexe sportif de Pontgibaud (le prélèvement le plus au sud étant situé à 10 m du mur de la parcelle) (5 déc.)	Prairie Sol de couleur brune, gras La roche affleure en surface dans certaines zones, et est rencontrée dès la profondeur de 15 cm au droit des deux prélèvements centraux	Mesure de bioaccessibilité
po-s-15 *(PONT-S-15-0-10)*	13BJ142 et 13BJ143	45.840986689	2.850918216	Echantillon composite de 6 sous-échantillons formant 2 transects d'un rectangle couvrant la prairie (5 déc.)	Prairie Sol de couleur brune, marron, moins gras que les po-s-13 et -14	

Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Référence INERIS de l'échantillon pour le laboratoire d'analyse**	**Coordonnées GPS (latitude/ longitude) (certains lieux ont été replacés sur les cartes de positionnement au regard des incertitudes du GPS) (/ : pas de mesure possible**		**Type de prélèvements et échantillon analysé (date de prélèvement)**	**Eléments descriptifs**	**Remarques**
Scénario 2 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs fréquentant la zone en bordure du terrain de football de Pontgibaud						
po-s-7 *(PONT-S-07-0-1)*	13BJ126 et 13BJ127	45.839909287	2.849404440	Echantillon composite de 4 sous-échantillons en ligne centré dans les zones non végétalisées situées juste à l'extérieur de la barrière ouest du terrain de football (4 déc.)	Matériau de type résidus sableux, de couleur jaune, fin à moyen, parfois beaucoup plus fin	Mesure de bioaccessibilité
po-s-8 *(PONT-S-08-0-2)*	13BJ128 et 13BJ129	45.840048274	2.849283309	Echantillon composite de 3 sous-échantillons en ligne centré dans les zones légèrement végétalisées situées juste à l'extérieur de la barrière ouest du terrain de football	Sol avec terre végétale de couleur marron, avec des passée légèrement sableuse, de matériau de type résidus sableux	Mesure de bioaccessibilité
po-s-16 *(PONT-S-16-0-2)*	13BJ144 et 13BJ145	45.840281725	2.850362650	Echantillon composite de 4 sous-échantillons en ligne, espacés de 25 m, sur le replat situé en bordure est externe du terrain de football et couvrant toute sa longueur (5 déc.)	Terre végétale sous la pelouse, de couleure brune, sableux fin, avec quelques passées avec des grains sableux moyens Des essais de prélèvements plus en profondeur indiquent la présence de matériau de type résidus sableux dès 10 cm de profondeur	Mesure de bioaccessibilité
po-s-17 *(PONT-S-17-1-3)*	13BJ146 et 13BJ147	45.840692023	2.849460857	Echantillon composite de 3 sous-échantillons en ligne, espacés de 25 m, situés en bordure nord externe du terrain de football et couvrant toute la largeur de ce dernier (5 déc.)	En surface de l'humus, et ensuite un sol sableux grossier à moyen, de couleur jaune beige, matériau de type résidus sableux Des essais de prélèvements plus en profondeur indiquent la présence au droit d'un des prélèvements la présence de roche dès 10 cm de profondeur	Mesure de bioaccessibilité
po-s-18 *(PONT-S-18-0-2)*	13BJ152	45.840737749	2.849337973	Echantillon composite de 2 sous-échantillons en ligne, espacés de 20 m, situés en bordure nord externe du terrain de football (5 déc.)	Sable grossier, de couleur jaune, beige : matériau de type résidus sableux	

Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Référence INERIS de l'échantillon pour le laboratoire d'analyse**	**Coordonnées GPS (latitude/ longitude) (certains lieux ont été replacés sur les cartes de positionnement au regard des incertitudes du GPS) (/ : pas de mesure possible**		**Type de prélèvements et échantillon analysé (date de prélèvement)**	**Eléments descriptifs**	**Remarques**
Scénario 3 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs fréquentant la zone de l'ancien terrain de football situé au nord du complexe sportif actuel de Pontgibaud						
po-s-19 *(PONT-S-19-0-10)*	13BJ148 et 13BJ149	45.841746431	2.849143568	Echantillon composite de 3 sous-échantillons en ligne, espacés de 25 m, centrés sur toute la longueur du terrain (5 déc.)	Terre végétale de couleur brune, avec présence de quelques cailloux centimétriques	
Scénario 6 – Scénario d'un enfant vacancier fréquentant une parcelle d'une résidence secondaire, zone située au sud ouest du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »						
po-s-20 *(PONT-S-20-0-2)*	13BJ150, 13BJ151	45.837191831	2.848748272	Echantillon composite de 6 sous-échantillons répartis devant les façades nord, est et sud dans les zones de pelouse et enherbées et de sol à nu (5 déc.)	Humus en surface et ensuite sol sableux de couleur brun (cf. matériau de type résidus sableux ?), gras	Mesure de bioaccessibilité
po-s-21 *(PONT-S-21-0-25)*	13BJ156 et 13BJ157	45.837202960	2.848894036	Echantillon composite de 2 sous-échantillons répartis devant les façades est et sud dans les zones de pelouse et enherbées et de sol à nu (5 déc.)	Humus en surface et ensuite sol sableux de couleur brun (cf. matériau de type résidus sableux ?), gras	
Scénario 7- Scénario d'un enfant vacancier fréquentant une parcelle d'une résidence secondaire, maison mitoyenne située à l'ouest, zone au sud ouest du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »						
po-s-22 *(PONT-S-22-0-2)*	13BJ158 et 13BJ159	45.837354236	2.849250014	Echantillon composite de 3 sous-échantillons en triangle dans les zones de pelouse et enherbées et de sol à nu (5 déc.)	Sol sableux, fin à moyen (cf. matériau de type résidus sableux ?), de couleur brun	Mesure de bioaccessibilité
po-s-24 *(PONT-S-24-0-3)*	13BJ178	/	/	Echantillon composite de 3 sous-échantillons en triangle couvrant les zones de pelouse et enherbées et de sol à nu (5 déc.)	Sol sableux, fin à moyen, de couleur marron clair (cf. matériau de type résidus sableux ?)	Mesure de bioaccessibilité
Scénario 8 - Scénario d'un enfant vacancier fréquentant une parcelle d'une résidence secondaire, maison mitoyenne située à l'est, zone au sud ouest du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »						
po-s-23 *(PONT-S-23-0-3)*	13BJ176	/	/	Echantillon composite de 2 sous-échantillons couvrant les zones de pelouse et enherbées et de sol à nu (5 déc.)	Terre de couleur marron foncé, pas sableuse	

Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Référence INERIS de l'échantillon pour le laboratoire d'analyse**	**Coordonnées GPS (latitude/ longitude) (certains lieux ont été replacés sur les cartes de positionnement au regard des incertitudes du GPS) (/ : pas de mesure possible**		**Type de prélèvements et échantillon analysé (date de prélèvement)**	**Eléments descriptifs**	**Remarques**
Scénario 9 - Scénario d'un enfant vacancier fréquentant une parcelle d'une résidence secondaire située sud est du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »						
po-s-25 *(PONT-S-25-0-3)*	13BJ180 et 13BJ1810	45.837777863	2.850046668	Echantillon composite de 3 sous-échantillons en ligne espacés de 8 (2 sous-échantillons devant la grande façade et 1 devant la petite façade) dans les zones de pelouse et enherbées et de sol à nu (5 déc.)	Sol brun très foncé, gras, pas sableux	Mesure de bioaccessibilité
po-s-26 *(PONT-S-26-0-3)*	13BJ182	45.837329839	2.850113192	Echantillon composite de 4 sous-échantillons répartis devant la maison couvrant les zones de pelouse et enherbées et de sol à nu (5 déc.)	Sol de couleur brune très foncée, gras, pas sableux Lors d'essais de prélèvements plus profonds, la roche est affleurante dès 15 cm de profondeur Sur l'allée, présence de sable grossier	Mesure de bioaccessibilité
po-s-27 *(PONT-S-27-0-10)*	13BJ022	45.836981738	2.850732563	Echantillon composite de 3 sous-échantillons dans une zone en triangle de 10 x 12 x11 m (6 déc.)	Dans une prairie Terre de couleur marron foncé, grasse, peu sableuse	Mesure de bioaccessibilité
Scénario 13 - Scénario d'un adulte d'une résidence permanente située au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade » avec des activités de jardinage						
po-s-28 *(PONT-S-28-0-30)*	13BJ020	45.836716272	2.850520740	Echantillon composite de 2 sous-échantillons espacés de 7 m dans la zone de jardin potager situé en façade nord du bâtiment (6 déc.)	Jardin potager en forme de rectangle de 12 m sur 11 m, situé à 16 m de la façade du bâtiment ; Terre de couleur marron foncé, très grasse Absence de végétaux potagers	Mesure de bioaccessibilité

Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Référence INERIS de l'échantillon pour le laboratoire d'analyse**	**Coordonnées GPS (latitude/ longitude) (certains lieux ont été replacés sur les cartes de positionnement au regard des incertitudes du GPS) (/ : pas de mesure possible**		**Type de prélèvements et échantillon analysé (date de prélèvement)**	**Eléments descriptifs**	**Remarques**
Scénario 12 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente située au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »						
po-s-29 *(PONT-S-29-0-3)*	13BJ018	45.836574983	2.851149130	Echantillon composite de 3 sous-échantillons, en triangle (centrés autour du banc) espacés de 10 m dans la zone enherbée du côté de la façade sud du bâtiment (6 déc.)	Zone enherbée avec feuilles (période hivernale), partiellement de sous-bois Terre de couleur brune, grasse, avec humus et passées de matériau de type résidus sableux fins à moyens, de couleur jaune, ocre	Mesure de bioaccessibilité
po-s-30 *(PONT-S-30-0-3)*	13BJ210	45.836457354	2.850812699	Echantillon composite de 2 sous-échantillons espacés de 10 m, celui le plus au nord étant situé à 7 m au sud de l'arche « est » en pierre située devant la façade sud du bâtiment, dans une zone enherbée au sud du bâtiment (6 déc.)	Zone enherbée avec feuilles (période hivernale) Terre de couleur brune, grasse, avec humus et passées de matériau de type résidus sableux fins à moyens, de couleur jaune, ocre	
po-s-31 *(PONT-S-31-0-3)*	13BJ014			Echantillon d'une seule prise situé à 10 m au sud de l'arche « ouest » en pierre située devant la façade sud du bâtiment, dans une zone enherbée au sud du bâtiment	Zone enherbée avec feuilles (période hivernale) Terre de couleur noire, très grasse, avec des matériaux de type résidus sableux, scories noirâtres (laissant des traces noires sur les doigts)	Mesure de bioaccessibilité
Scénario 10 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente située au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »						
po-s-*32* (PONT-S-32-0-3)	13BJ038 et 13BJ039	45.836773619	2.849135793	Echantillon composite de 2 sous-échantillons espacé de 5 m, centrés dans une zone de pelouse, enherbée, ou partiellement de sol à nu, en forme de triangle de 10 x 10 x 10 m en façade ouest de la maison (6 déc.)	La propriétaire a mentionné la présence de terre d'apport pour la création de la zone de pelouse, la roche étant quasi affleurante. Terre de couleur brune, grasse, très très légèrement sableuse	Mesure de bioaccessibilité

Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Référence INERIS de l'échantillon pour le laboratoire d'analyse**	**Coordonnées GPS (latitude/ longitude) (certains lieux ont été replacés sur les cartes de positionnement au regard des incertitudes du GPS) (/ : pas de mesure possible**		**Type de prélèvements et échantillon analysé (date de prélèvement)**	**Eléments descriptifs**	**Remarques**
Scénario 11 - Scénario d'un enfant vacancier fréquentant une parcelle d'une résidence secondaire située au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »						
po-s-33 *(PONT-S-33-0-10)*	13BJ036 et 13BJ037	45.836476129	2.849230212	Echantillon composite de 3 sous-échantillons en triangle 15 x 15 x 15 m centrés dans une zone de sous-bois avec des zones enherbées à l'extrémité sud de la parcelle, zone mitoyenne à la parcelle du scénario 10 (po-s-32) (6 déc.)	Terre de couleur brune, grasse, pas sableuse, et absence de matériau de type résidus sableux	Mesure de bioaccessibilité
po-s-34 *(PONT-S-34-0-3)*	13BJ034 et 13BJ035	/	/	Echantillon composite de 2 sous-échantillons en ligne, espacés de 20 m, centrés dans une zone de pelouse située en façade sud de la maison	Terre de couleur brune, grasse, pas sableuse, et absence de matériau de type résidus sableux	Mesure de bioaccessibilité
Scénario 4 - Scénario d'un enfant d'une résidence permanente de Pontgibaud ou des environs fréquentant la zone le long du chemin bordant les anciens bassins et les zones au droit de ces derniers, au sud du dépôt majeur de résidus de « Pontgibaud-Stade »						
po-s-35 *(PONT-S-35-0-10)*	13BJ012 et 13BJ013	45.836004186 / 45.838113235	2.850028418 / 2.849157150	Echantillon composite de 4 sous-échantillons en ligne, espacés de 6 m, centrés dans la zone des bassins situés au sud du complexe sportif de Pontgibaud (6 déc.)	Sol de couleur jaune, argentée, texteure très fine plus particulièrement en profondeur	Mesure de bioaccessibilité

Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Référence INERIS de l'échantillon pour le laboratoire d'analyse**	**Coordonnées GPS** **(latitude/ longitude)** **(certains lieux ont été replacés sur les cartes de positionnement au regard des incertitudes du GPS)** **(/ : pas de mesure possible**		**Type de prélèvements et échantillon analysé** **(date de prélèvement)**	**Eléments descriptifs**	**Remarques**
Zone de prairie à 500 m au nord est du complexe sportif de Pontgibaud						
po-s-36 *(PONT-S-36-0-10)*	13BJ008 et 13BJ009	45.842467014	2.853140553	Echantillon composite de 3 sous-échantillons en triangle, espacés de 25 m, situés juste au nord d'un petit monticule entouré d'un grillage (6 déc.)	Prairie Terre de couleur brune, pas très grasse avec des passées de type résidus sableux Le monticule comporte quant à lui une part majeure de matériau de type résidus sableux jaune, de même que des zones à l'entrée de la parcelle	
Zone de sous-bois à proximité du cours d'eau au sud de la zone de « Pontgibaud-Stade » en bordure sud de la départementale						
po-s-38 *(PONT-S-38-0-10)*	13BJ040 et 13BJ041	45.835893892	2.847104900	Echantillon composite de 3 sous-échantillons en ligne espacés de 10 m, situés à 15 m à l'ouest de la Sioule dans la zone de sous-bois, à proximité du prélèvement d'eau po-e-s-1 (6 déc.)	Sol de couleur brune avec de l'humus en surface, puis sableux, fin à moyen, avec pour l'un des sous-échantillons, des passées sableuses, jaune	

Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Référence INERIS de l'échantillon pour le laboratoire d'analyse**	**Coordonnées GPS (latitude/ longitude) (certains lieux ont été replacés sur les cartes de positionnement au regard des incertitudes du GPS) (/ : pas de mesure possible**		**Type de prélèvements et échantillon analysé (date de prélèvement)**	**Eléments descriptifs**	**Remarques**
Zone des dépôts de résidus de « Roure/ Les Rosiers » (commune de Saint-Pierre-le-Chastel)						
ro-s-2 *(ROSI-S-02-2-10) (en bordure sud)*	13BJ074 et 13BJ075	45.790247580	2.825079829	Echantillon composite de sous-échantillons espacés de 10 m, au droit du talus juste au bord du ruisseau (3 déc.)	Echantillons prélevés à partir de 2 cm de profondeur au regard de la présence d'humus en surface Sol de couleur marron, sableux (matériau de type résidus sableux) Un prélèvement réalisé à 30 cm de profondeur montre une couleur plus jaune avec des passées de couleur rouille	

Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Référence INERIS de l'échantillon pour le laboratoire d'analyse**	**Coordonnées GPS (latitude/ longitude) (certains lieux ont été replacés sur les cartes de positionnement au regard des incertitudes du GPS) (/ : pas de mesure possible**		**Type de prélèvements et échantillon analysé (date de prélèvement)**	**Eléments descriptifs**	**Remarques**
Scénario 15 - Scénario d'un enfant avec des activités de promenade et de loisirs (jeux) au droit du dépôt majeur de résidus de « Roure/ Les Rosiers » (ro-s-1, 3, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 19) ***Scénario 16 - Scénario d'un enfant avec des activités de promenade et de loisirs (jeux) dans les zones des dépôts principaux de résidus de « Roure/ Les Rosiers » jouant principalement en bordure du Lac Bleu (ro-s-11,12)***						
ro-s-1 *(ROSI-S-01-0-2a)*	13BJ072 (un des sous-échantillons) et 13BJ073 (l'autre sous-échantillon)	45.790319266	2.825809735	Echantillon composite de 3 sous-échantillons espacés de 13 m, situés en bordure sommitale du talus (3 déc.)	Matériau de type résidus, de couleur jaune, sableux moyen	Mesure de bioaccessibilité
ro-s-3 *(ROSI-S-03-0-2)*	13BJ076	45.790914485	2.824811672	Echantillon d'une seule prise situé juste devant la maison avant la laverie (3 déc.)	Sol marron, avec des passées sableuses de couleur ocre (matériau de type résidus sableux)	Mesure de bioaccessibilité
ro-s-8 *(ROSI-S-08-0-5)*	13BJ086 et 13BJ087	45.791591049	2.820831878	Echantillon composite de 2 sous-échantillons espacés de 12 m, couvrant la zone avec des traces de moto-cross (3 déc.)	Matériau de type résidus sableux, de couleur blanche, ocre, beige, jaune, sableux moyen à grossier	
ro-s-9 *(ROSI-S-09-0-5)*	13BJ088 et 13BJ089	45.791513980	2.821542670	Echantillon composite de 4 sous-échantillons, formant deux transects, celui à l'est avec 3 sous échantillons espacés de 12 m et 10 m, le point du second transect situé à l'ouest étant espacé de 12 m, couvrant une zone avec des traces de moto-cross (3 déc.)	Matériau de type résidus sableux, de couleur blanche, ocre, beige, orange, sableux fin à moyen	
ro-s-10 *(ROSI-S-10-0-5)*	13BJ090 et 13BJ091	45.791261452	2.821374957	Echantillon composite de 3 sous-échantillons en ligne, espacés de 10 m, situés à mi pente (3 déc.)	Matériau de type résidus sableux, de couleur ocre, beige, sableux fin à moyen	Mesure de bioaccessibilité
ro-s-11 *(ROSI-S-11-0-1)*	13BJ092 et 13BJ093	45.791183493	2.822698748	Echantillon composite de 2 sous-échantillons en ligne, espacés de 4 m, situés en bordure ouest du Lac Bleu (3 déc.)	Matériau de type résidus sableux, de couleur jaune, rouille juste en surface, puis verdâtre juste dessous, sableux fin à moyen	
ro-s-12 *(ROSI-S-12-0-1)*	13BJ094 et 13BJ095	45.791024061	2.822919230	Echantillon composite de 2 sous-échantillons en ligne, espacés de 4 m, situés en bordure sud ouest du Lac Bleu (3 déc.)	Matériau de type résidus sableux, verdâtre, sableux fin à moyen	
ro-s-13 *(ROSI-S-13-0-5)*	13BJ096 et 13BJ097	45.791160751	2.822417519	Echantillon composite de 2 sous-échantillons en ligne, sur un replat et à mi pente (3 déc.)	Matériau de type résidus sableux, de couleur verdâtre, sableux fin à moyen	Mesure de bioaccessibilité
ro-s-19 *(ROSI-S-19-0-5)*	13BJ070 et 13BJ070	45.790686379	2.824597931	Echantillon composite de 3 sous-échantillons en triangle couvrant le second tas situé à l'est (6 déc.)	Matériau de type résidus sableux, de couleur jaune, verdâtre, sableux fin à moyen	

Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Référence INERIS de l'échantillon pour le laboratoire d'analyse**	**Coordonnées GPS (latitude/ longitude) (certains lieux ont été replacés sur les cartes de positionnement au regard des incertitudes du GPS) (/ : pas de mesure possible**		**Type de prélèvements et échantillon analysé (date de prélèvement)**	**Eléments descriptifs**	**Remarques**
Scénario 17 - Scénario d'un enfant avec des activités de promenade et de loisirs (jeux) dans la branche sud du Y de la zone principale des dépôts de résidus de « Roure/ Les Rosiers »						
ro-s-4 *(ROSI-S-04-0-5)*	13BJ078 et 13BJ079	45.790406946	2.818178859	Echantillon composite de 4 sous-échantillons couvrant la zone sommitale avec des traces de moto-cross (3 déc.)	Matériau de type résidus sableux, de couleur ocre beige, fin à moyen	
ro-s-5 *(ROSI-S-05-0-5)*	13BJ080 et 13BJ081	45.790980538	2.819233159	Echantillon composite de 3 sous-échantillons en ligne distant de 26m et 18 m au droit du tas de résidu, le long du chemin couvrant la zone sommitale avec des traces de moto-cross (3 déc.)	Matériau de type résidus sableux, de couleur ocre beige, fin	Mesure de bioaccessibilité
Zone située à l'intersection des branches sud et nord du Y de la zone principale des dépôts de résidus de « Roure/ Les Rosiers »						
ro-s-7 *(ROSI-S-07-0-5)*	13BJ084 et 13BJ085	45.791339953	2.820063923	Echantillon d'une seule prise juste avant le petit pont du Y du tas de résidus (3 déc.)	Matériau de type résidus sableux très fin, de couleur verdâtre et induré	
Scénario 18 - Scénario d'un enfant avec des activités de promenade et de loisirs (jeux) dans la branche nord du Y de la zone principale des dépôts de « Roure/ Les Rosiers »						
ro-s-14 *(ROSI-S-14-0-5)*	13BJ160 et 13BJ161	45.792545625	2.819375413	Echantillon composite de 5 sous-échantillons couvrant la partie sommitale du tas (5 déc.)	Matériau de type résidus sableux moyen à grossier, de couleur ocre, orangée, beige, blanche Un autre prélèvement jusqu'à une profondeur de 60 cm indique la même texture	
Zone en bordure de forêt au nord de la branche sud du Y de la zone principale des dépôts de « Roure/ Les Rosiers »						
ro-s-6 *(ROSI-S-06-3-10)*	13BJ082 et 13BJ083	45.791130186	2.818894690	Echantillon composite de 2 sous-échantillons espacés de 3 m, dans la zone de sous-bois situés au nord du chemin longeant le tas de résidus, en face de l'échantillon ro-s-5 et du poteau sans plaque d'avertissement (3 déc.)	Terre végétale de couleur marron sous des feuille et de l'humus, laissant des traces brillantes sur les doigts	

Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Référence INERIS de l'échantillon pour le laboratoire d'analyse**	**Coordonnées GPS (latitude/ longitude) (certains lieux ont été replacés sur les cartes de positionnement au regard des incertitudes du GPS) (/ : pas de mesure possible**		**Type de prélèvements et échantillon analysé (date de prélèvement)**	**Eléments descriptifs**	**Remarques**
Zone du lieu-dit « La Mine des Rosiers » (commune de Saint-Pierre-le-Chastel)						
Scénario 20 - Scénario d'un enfant vacancier d'une résidence temporaire située face à la fontaine du lieu-dit « La Mine des Rosiers » au nord du dépôt majeur de « Roure/ Les Rosiers »						
ro-s-15 *(ROSI-S-15-0-3)*	13BJ168 et 13BJ169	45.794015016	2.818331228	Echantillon composite de 3 sous-échantillons en triangle (10 sur 25 sur 20 m) couvrant la zone enherbée, partiellement de sol à nu devant le bâtiment ouest (5 déc.)	Terre, de couleur brune (en surface des zones comportant un cm d'humus sous les herbes) avec matériau de type résidus sableux fin de couleur rouille	Mesure de bioaccessibilité
ro-s-16 *(ROSI-S-16-0-3)*	13BJ170 et 13BJ171	45.793926286	2.818660642	Echantillon composite de 3 sous-échantillons en ligne espacés de 10 m, le long du chemin face à la fontaine couvrant la zone enherbée, partiellement de sol à nu devant le bâtiment sud (5 déc.)	Terre, de couleur brune (en surface des zones comportant un cm d'humus sous les herbes) avec matériau de type résidus sableux fin de couleur rouille, noirâtre	Mesure de bioaccessibilité
Scénario 19 - Scénario d'un enfant vacancier d'une résidence temporaire située face à la fontaine du lieu-dit « La Mine des Rosiers » au nord du dépôt majeur de « Roure/ Les Rosiers »						
ro-s-17 *(ROSI-S-17-0-3)*	13BJ172 et 13BJ173	45.794344857	2.818466537	Echantillon composite de 2 sous-échantillons en ligne espacés de 10 m (celui de plus ou nord situé à 4 m de la façade du bâtiment), couvrant la zone de pelouse, enherbée et partiellement de sol à nu devant la façade sud du bâtiment (5 déc.)	Terre, de couleur brune, grasse (en surface des zones comportant un cm d'humus sous les herbes), très très légèrement sableux (cf. matériau de type résidus sableux fin)	Mesure de bioaccessibilité
Zone de prairie au nord-est de la fontaine du lieu-dit « La Mine des Rosiers »						
ro-s-18 *(ROSI-S-18-0-10)*	13BJ174 et 13BJ175	45.794311203	2.819007475	Echantillon composite de 3 sous-échantillons en triangle (20 sur 22 sur 30 m) couvrant la zone enherbée de la partie sud de la prairie (5 déc.)	Prairie avec sol de couleur brune, marron, gras, pas sableuse	
Prairie entre les dépôts majeurs de résidus de « Roure/ Les Rosiers » et le hameau « La Bantusse »						
ro-s-20 *(ROSI-S-20-0-10)*	13BJ044 et 13BJ045	45.791355065	2.831302377	Echantillon composite de 3 sous-échantillons en ligne, espacés de 25 m, dans la zone de prairies en bordure du ruisseau de la Veyssière (éloignés de l'ordre de 3 m de ce dernier) (6 déc.)	Prairie avec sol de couleur brune, marron, peu gras	

Nom de l'échantillon de sol *(référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)*	**Référence INERIS de l'échantillon pour le laboratoire d'analyse**	**Coordonnées GPS (latitude/ longitude) (certains lieux ont été replacés sur les cartes de positionnement au regard des incertitudes du GPS) (/ : pas de mesure possible**		**Type de prélèvements et échantillon analysé (date de prélèvement)**	**Eléments descriptifs**	**Remarques**
Zone du hameau « La Bantusse » (commune de Saint-Pierre-le-Chastel)						
Scénario 21 - Scénario d'un enfant visiteur fréquentant la parcelle d'une résidence permanente située dans le hameau de Bantusse à l'est des dépôts majeurs de résidus de « Roure/ Les Rosiers »						
ro-s-21 *(ROSI-S-21-0-3)*	13BJ046 et 13BJ047	45.790412638 et 45.790114861	2.835070395 et 2.834236187	Echantillon composite de 2 sous-échantillons en ligne, espacés de 10 m, dans la zone de pelouse, enherbées et partiellement de sol à nu devant la façade sud de la maison (6 déc.)	Terre, de couleur brune, grasse	Mesure de bioaccessibilité
Zone de prairie en bordure du ruisseau de la Veyssière au hameau de La Bantusse						
ro-s-22 *(ROSI-S-22-0-10)*	13BJ048 et 13BJ049	/	/	Echantillon composite de 2 sous-échantillons en ligne, espacés de 25 m, dans la zone de prairie en dans une zone située en bordure du ruisseau (éloignés de l'ordre de 10 m de ce dernier) ; présence de bétail, bovins), sol humide, et partiellement de sol à nu devant la façade sud de la maison (6 déc.)	Terre, de couleur brune, rouille, grisâtre, et passées sableuses, texture fine (matériau de type résidus sableux) Sol spongieux	Mesure de bioaccessibilité
Zone de prairie (en altitude) au sud du hameau de La Bantusse						
ro-s-23 *(ROSI-S-23-0-10)*	13BJ052	45.789577847	2.834102897	Echantillon composite de 2 sous-échantillons en ligne, espacés de 25 m, dans une zone de prairie en en bordure de la route (éloignés de l'ordre de 2 m de cette dernière) (6 déc.)	Terre, de couleur brune, grasse	Mesure de bioaccessibilité

Nom de l'échantillon d'eau *(référence sur le bordereau)*	**Référence INERIS de l'échantillon pour le laboratoire d'analyse**	**Coordonnées GPS (latitude/ longitude) (certains lieux ont été replacés sur les cartes de positionnement au regard des incertitudes du GPS) (/ : pas de mesure possible)**		**Eléments descriptifs de l'échantillon non filtré (date de prélèvement)**	**pH (mesure sur le terrain sur échantillon non filtré)**	**Conductivité (µS/cm) (mesure sur le terrain sur échantillon non filtré)**
Zone de « Pontgibaud-Stade »						
Eau de surface						
La Sioule						
po-e-s-1 *(PONT-E-SUR-01) (éch. non filtré / filtré)*	13BJ032 / 13BJ033	45.835786664	2.847569944	Eau limpide, légèrement verdâtre (06 déc.)	7,6	99,8
po-e-s-2 *(PONT-E-SUR-02) (éch. non filtré / filtré)*	13BJ056 / 13BJ057	45.840739741	2.847526135	Eau limpide, de couleur jaunâtre (6 déc.)	7,8	113,5
Zone de « Roure/ Les Rosiers »						
Eau de surface						
Le Lac Bleu						
ro-e-s-1 *(ROSI-E-SUR-01) (éch. non filtré / filtré)*	13BJ104 / 13BJ105	**/**	/	Eau peu limpide du Lac Bleu, prélèvement face au bâtiment situé à l'est de la laverie (3 déc.)	6,8	74,9
Ruisseau de la Veyssière						
ro-e-s-2 *(ROSI-E-SUR-02) (éch. non filtré / filtré)*	13BJ106 / 13BJ107	45.789946062	2.818238076	Eau limpide, claire (4 déc.) (les sédiments présents sont de couleur rouille)	7,86	81,5
ro-e-s-3 *(ROSI-E-SUR-03) (éch. non filtré / filtré)*	13BJ108 / 13BJ109	45.791136184	2.821537784	Eau limpide, claire (4 déc.) (les sédiments présents sont de couleur jaune)	7,10	30,5
ro-e-s-6 *(ROSI-E-SUR-06) (éch. non filtré / filtré)*	13BJ166 / 13BJ167	45.791164019	2.820696207	Eau limpide, claire (5 déc.)	7,08	85,4
Ruisseau de la Faye						
ro-e-s-4 *(ROSI-E-SUR-04) (éch. non filtré / filtré)*	13BJ162 / 13BJ163	45.793158940	2.819019342	Eau limpide, claire (5 déc.)	7,10	55,1
ro-e-s-5 *(ROSI-E-SUR-05) (éch. non filtré / filtré)*	13BJ164 / 13BJ165	45.791355548	2.820513666	Eau limpide, claire (5 déc.)	6,88	56,4

Nom de l'échantillon d'eau *(référence sur le bordereau)*	**Référence INERIS de l'échantillon pour le laboratoire d'analyse**	**Coordonnées GPS (latitude/ longitude) (certains lieux ont été replacés sur les cartes de positionnement au regard des incertitudes du GPS) (/ : pas de mesure possible)**		**Eléments descriptifs de l'échantillon non filtré (date de prélèvement)**	**pH (mesure sur le terrain sur échantillon non filtré)**	**Conductivité (µS/cm) (mesure sur le terrain sur échantillon non filtré)**
Eau souterraine						
Fontaine du lieu-dit « La Mine des Rosiers »						
ro-e-font-7 *(ROSI-E-SUR-07)* *(éch. non filtré, et ensuite*	13BJ042	45.793972165	2.818830771	Eau limpide, claire (6 déc.)	6,38	
Zone du hameau La Bantusse situé à l'est de la zone de « Roure-les-Rosiers »						
Eau de surface						
La Sioule						
ro-e-s-8 (ROSI-E-SUR-08) *(éch. non filtré, et ensuite filtré)*	13BJ050	45.790246812	2.835560332	Eau pas très limpide, brunâtre, prélevées à 50 cm de profondeur du cours d'eau d'une largeur de 1,5m (6 déc.) Peu de courant	6,88	81,2
ro-e-s-9 (ROSI-E-SUR-09) *(éch. non filtré, et ensuite filtré)*	13BJ051	45.787487419	2.834466855	Eau pas très limpide, légèrement brunâtre, prélevées à 50 cm de profondeur du cours d'eau d'une largeur de 1,5m Peu de courant	7,48	81,8

ANNEXE 3

Protocole unifié du groupe BARGE : « UBM (Unified Barge Method) procedure for the measurement of inorganic contaminant bioaccessibility from solid matrices »

(extrait de InVS, INERIS, 2012)

Le test de bioaccessibilité dans les terres développé par le groupe de recherche BARGE est basé sur la physiologie digestive humaine. Il comprend trois phases : buccale, stomacale et intestinale. La composition des fluides utilisés est récapitulée dans le tableau ci-dessous. Tout au long du test, la température est maintenue à 37°C. 0,6 g de terre est mélangé avec 9 mL de salive (pH 6,5). La suspension est agitée pendant 5 minutes. Ensuite, 13,5 mL de solution gastrique (pH 1,0) sont ajoutés à la suspension de terre. Le pH de la solution est ajusté à 1,2 à l'aide d'HCl (concentration : 37% g/g). La suspension est agitée pendant une heure. Suite à cette période, le pH est vérifié. S'il est au-dessus de 1,7 alors de l'HCl est ajouté à la suspension, dans le but d'obtenir un pH compris entre 1,2 et 1,7. La phase stomacale est alors extraite par centrifugation à 3 000 G pendant 5 minutes et la concentration de l'élément est déterminée dans le surnageant, permettant d'obtenir la concentration dans la phase gastrique. En parallèle, un second échantillon de la même terre est mélangé avec la phase gastro-intestinale. Ce second échantillon, après avoir subi la phase d'extraction salivaire et stomacale, est mis au contact de la bile et de la phase intestinale. Le pH augmente alors dans une gamme comprise entre 5,8 et 6,8. La suspension est agitée pendant 2 heures et centrifugée à 3 000 G. La concentration de l'élément considéré est alors mesurée dans le surnageant (phase gastro-intestinale). Pour chacune des phases, la bioaccessibilité de l'élément considéré est la concentration mesurée dans la phase extraite par centrifugation.

Tableau : Composition des fluides utilisés dans le test mis au point par le groupe BARGE pour le test « UBM (Unified Barge Method) procedure for the measurement of inorganic contaminant bioaccessibility from solid matrices »

	Composés inorganiques	**Composés organiques**	**Autres composés**
Salive	10 ml KCl 89.6 g L^{-1} 10 ml KSCN 20 g L^{-1} 10 ml NaH_2PO_4 88.8 g L^{-1} 1.7 ml NaCl 175.3 g L^{-1} 1.8 ml NaOH 40 g L^{-1}	8 ml urée 25 g L^{-1}	α-amylase 145 mg Acide urique 15 mg mucine 50 mg
Phase Gastrique	15.7 ml NaCl 175.3 g L^{-1} 3.0 ml NaH_2PO_4 88.8 g L^{-1} 9.2 ml KCl 89.6 g L^{-1} 18 ml $CaCl_2$. 2 H_2O 22.2 g L^{-1} 10 ml NH_4Cl 30.6 g L^{-1} 8.3 ml HCl 37% g g^{-1}	glucose 10 ml 65 g L^{-1} acide glucuronique 10 ml 2 g L^{-1} urée 3.4 ml 25 g L^{-1} glucosamine hydrochloride 10 ml 33 g L^{-1}	Albumine bovine 1 g pepsine 1 g mucine 3 g
Phase Intestinale	40 ml NaCl 175.3 g L^{-1} 40 ml $NaHCO_3$ 84.7 g L^{-1} 10 ml KH_2PO_4 8 g L^{-1} 6.3 ml KCl 89.6 g L^{-1} 10 ml $MgCl_2$ 5 g L^{-1} 180 µl HCl 37% g g^{-1}	urée 4 ml 25 g L^{-1}	$CaCl_2$. 2 H_2O 9 ml 22,2 g L^{-1} Albumine bovine 1 g pancréatine 3 g lipase 0,5 g
Bile	30 ml NaCl 175.3 g L^{-1} 68.3 ml $NaHCO_3$ 84.7 g L^{-1} 4.2 ml KCl 89.6 g L^{-1} 200 µl HCl 37% g g^{-1}	urée 10 ml 25 g L^{-1}	10 ml $CaCl_2$. 2 H_2O 22,2 g L^{-1} Albumine bovine 1,8 g Bile porcine

ANNEXE 4

Bordereaux d’analyses pour les sols, les eaux souterraines et de surface

Remarque : les normes et référentiels mis en œuvre pour les analyses sont indiqués sur les bordereaux

INERIS	RESULTATS D'ANALYSES	Parc Technologique Alata BP2 60550 VERNEUIL-EN-HALATTE Tél : 03.44.55.66.77 www.ineris.fr

Nota : *ce document a été émis et est géré par DRC/CARA/RESA*

Responsable d'affaires :	**C.HULOT**	**Date de réception des objets soumis à essai :**	11/12/2013
Demandeur :	F.RICHEZ, enregistrement, A. Marechal, le 13/02/14 MEDDE	**Prestation n°:**	133182
Demande de travail n°:	19601	**Contribution n°:**	140504
Demande du :	11/12/2013	**Date du rapport :**	22/01/2014

Exposé de la demande (description des objets soumis à essai si besoin) **:** *Analyses des métaux totaux :Ag (Argent), As (Arsenic),Cadmium(Cd), Chrome (Cr), Cuivre (Cu), Nickel (Ni), Plomb (Pb), Antimoine (Sb), Etain (Sn), Zinc (Zn) sur 64 sols et dosage du Fer (Fe) et du Soufre (S) sur 4 d'entre eux (13BJ 084-13BJ088-13BJ120-13BJ122)*

Description du mode opératoire, dates de traitement (extraction, minéralisation…) et d'analyse, nom des opérateurs :

Date	Traitement / analyse	Référentiel MO, norme / version	Opérateur
Décembre2013 Janvier 2014	-Séchage à 40°C - Broyage à 400 µm, minéralisation	NF EN 13346 (Déc 2000)	MKR
13/01/2014 au 21/01/2014	Analyse par ICP OES	MO-0679-NF EN ISO 11885 (Nov 2009)	

Prestations réalisées :

- (●) ISO 9001 seul
- ( ) COFRAC NF EN ISO 17025
- ( ) Art. annexe II à l'art. D523-8 du code de l'Environnement du 16/10/07 (BPL)

Sauf avis contraire et hors BPL, les objets soumis à essai et leur préparation seront éliminés 4 semaines après l'envoi des résultats. Dans le cas d'études BPL, les éléments d'essais seront conservés 3 mois.

L'incertitude sur les résultats et les contrôles qualité peuvent être communiqués sur demande.

Ce document ne peut être communiqué à des tiers sans autorisation écrite du responsable de l'Entité concernée

INERIS

RESULTATS D'ANALYSES

Parc Technologique Alata
BP2
60550 VERNEUIL-EN-HALATTE
Tél : 03.44.55.66.77
www.ineris.fr

Résultats : Teneurs en métaux totaux dans les sols en µg/g M.S. (matière sèche)

Réf. INERIS	nom étiquette	Ag total	As total	Cd total	Cr total	Cu total	Ni total	Pb total	Sb total	Sn total	Zn total	Taux M.S. (%)
13BJ008	PONT-S-36-0-10	11.8	430	14.1	43.5	56.7	39.9	6200	80.9	16.6	968	66
13BJ010	PONT-S-37-0-10	76.9	868	3.95	5.07	85.9	5.58	22300	169	<6.25	1420	87
13BJ012	PONT-S-35-0-10	207	4116	3.31	8.86	427	16.9	59460	610	18.1	5230	71
13BJ014	PONT-S-31-0-3	17	242	7.7	18.2	103	22.9	5600	159	12.0	621	76
13BJ018	PONT-S-29-0-3	51.6	390	9.42	8.70	522	23.9	12020	116	28.8	1330	65
13BJ020	PONT-S-28-0-30	14.0	268	6.64	37.8	137	39.5	7370	120	17.3	793	75
13BJ022	PONT-S-27-0-10	18.5	320	7.74	40.4	216	50.3	8860	195	17.5	1190	73
13BJ030	PONT-SED-01	<1.25	79.7	<1.25	9.10	7.58	6.76	177	5.84	<6.25	57.9	80
13BJ034	PONT-S-34-0-3	11.0	174	3.04	28.9	76.5	30.3	5090	58.7	9.57	804	74
13BJ036	PONT-S-33-0-10	11.0	233	3.34	31.3	62.6	27.3	4590	55.5	8.11	711	77
13BJ038	PONT-S-32-0-3	<1.25	224	<1.25	40.1	32.4	27.0	98.3	3.16	7.95	123	75
13BJ040	PONT-S-38-0-10	1.71	114	<1.25	20.6	16.5	15.0	544	16.9	<6.25	141	83
13BJ044	ROSI-S-20-0-10	9.82	573	4.74	43.4	49.7	31.8	3790	31.2	9.18	642	70
13BJ046	ROSI-S-21-0-3	10.1	305	1.52	46.8	41.6	30.1	2990	65.5	10.8	362	71
13BJ048	ROSI-S-22-0-10	34.9	1240	4.65	12.9	63.1	10.7	19080	64.4	8.85	498	55
13BJ052	ROSI-S-23-0-10	<1.25	159	<1.25	41.9	28.0	31.3	138	36.2	<6.25	117	78
13BJ070	ROSI-S-19-0-5	64.6	1203	<1.25	1.55	59.8	3.86	23950	108	10.4	279	86

Sauf avis contraire et hors BPL, les objets soumis à essai et leur préparation seront éliminés 4 semaines après l'envoi des résultats. Dans le cas d'études BPL, les éléments d'essais seront conservés 3 mois.

L'incertitude sur les résultats et les contrôles qualité peuvent être communiqués sur demande.

Ce document ne peut être communiqué à des tiers sans autorisation écrite du responsable de l'Entité concernée

INERIS

RESULTATS D'ANALYSES

Parc Technologique Alata
BP2
60550 VERNEUIL-EN-HALATTE
Tél : 03.44.55.66.77
www.ineris.fr

Réf. INERIS	nom étiquette	Ag total	As total	Cd total	Cr total	Cu total	Ni total	Pb total	Sb total	Sn total	Zn total	Taux M.S. (%)
13BJ072	ROSI-S-01-0-2a	64.7	875	<1.25	4.53	45.0	2.27	27850	123	13.6	190	84
13BJ074	ROSI-S-02-2-10	50.2	2990	1.36	4.25	103	4.50	16350	141	20.7	519	82
13BJ076	ROSI-S-03-0-2	43.4	691	2.68	16.3	64.4	23.3	14210	92.6	11.0	554	85
13BJ078	ROSI-S-04-0-5	65.0	527	<1.25	4.13	32.3	2.29	35070	115	<6.25	110	84
13BJ080	ROSI-S-05-0-5	67.4	552	<1.25	3.41	39.4	4.42	34330	108	5.22	268	87
13BJ082	ROSI-S-06-3-10	3.43	284	<1.25	22.7	28.8	14.1	3710	22.0	4.68	161	81
13BJ084	ROSI-S-07-0-5	92.3	1260	<1.25	13.7	95.2	8.11	27000	172	22.3	368	81
13BJ086	ROSI-S-08-0-5	74.9	1593	1.84	6.82	65.9	6.02	26700	185	15.7	323	90
13BJ088	ROSI-S-09-0-5	101	728	<1.25	1.27	34.0	2.11	24050	102	7.16	153	91
13BJ090	ROSI-S-10-0-5	108	678	<1.25	4.78	39.4	2.77	33060	137	8.90	141	92
13BJ092	ROSI-S-11-0-1	52.1	604	2.38	1.44	37.7	3.30	13790	71.2	4.99	234	82
13BJ094	ROSI-S-12-0-1	83.0	657	<1.25	1.38	25.3	1.83	26740	70.1	6.94	128	82
13BJ096	ROSI-S-13-0-5	58.6	1146	<1.25	1.37	39.8	2.57	26500	84.8	6.07	247	83
13BJ110	PONT-S-01-0-1	22.5	276	1.63	51.7	88.5	47.1	6040	69.5	8.26	1180	85
13BJ112	PONT-S-01-1-10	58.1	647	<1.25	13.2	106	21.6	16230	119	4.39	947	89
13BJ114	PONT-S-02-1-10	67.4	730	1.50	5.16	82.3	7.04	15330	133	4.42	1078	91
13BJ116	PONT-S-02-0-1	4.05	78.9	<1.25	50.5	29.1	38.2	1530	15.8	<6.25	174	81
13BJ118	PONT-S-03-0-20	12.8	161	1.3	40.6	56.7	38.0	3140	44.1	7.54	558	77
13BJ120	PONT-S-04-0-25	63.0	821	2.70	3.25	76.9	4.68	18740	132	3.59	1090	90

Sauf avis contraire et hors BPL, les objets soumis à essai et leur préparation seront éliminés 4 semaines après l'envoi des résultats. Dans le cas d'études BPL, les éléments d'essais seront conservés 3 mois.

L'incertitude sur les résultats et les contrôles qualité peuvent être communiqués sur demande.

Ce document ne peut être communiqué à des tiers sans autorisation écrite du responsable de l'Entité concernée

INERIS

RESULTATS D'ANALYSES

Parc Technologique Alata
BP2
60550 VERNEUIL-EN-HALATTE
Tél : 03.44.55.66.77
www.ineris.fr

Réf. INERIS	nom étiquette	Ag total	As total	Cd total	Cr total	Cu total	Ni total	Pb total	Sb total	Sn total	Zn total	Taux M.S. (%)
13BJ122	PONT-S-05	186	284	58.2	13.7	171	15.2	40790	216	<6.25	3810	75
13BJ124	PONT-S-06-0-25	72.1	798	<1.25	2.26	125	4.12	24600	182	4.02	683	92
13BJ126	PONT-S-07-0-1	66.4	1025	1.31	8.64	112	9.45	20710	153	6.53	1600	77
13BJ128	PONT-S-08-0-2	29.3	303	1.61	40.1	67.1	22.8	7270	85.1	13.1	1580	80
13BJ130	PONT-S-09-0-2	8.97	138	3.33	39.5	35.7	33.9	2060	30.3	6.52	410	77
13BJ132	PONT-S-10-0-2	3.22	129	3.67	17.8	22.1	18.0	1495	12.3	4.89	218	66
13BJ134	PONT-S-11-1-2	5.62	190	6.19	43.6	35.4	35.1	2260	43.6	7.82	626	72
13BJ136	PONT-S-12-0-10	3.16	185	6.32	21.6	30.7	15.8	2780	24.5	6.27	279	68
13BJ138	PONT-S-13-0-10	4.57	335	10.4	38.9	32.0	28.1	3130	53.7	9.96	546	66
13BJ140	PONT-S-14-0-10	1.91	456	7.13	37.2	31.4	27.8	1850	27.4	10.1	544	62
13BJ142	PONT-S-15-0-10	4.12	317	7.08	42.4	35.0	28.3	2290	47.9	16.2	378	66
13BJ144	PONT-S-16-0-2	3.48	122	2.66	35.0	23.8	21.9	1240	9.71	7.12	245	72
13BJ146	PONT-S-17-1-3	9.98	288	7.62	41.9	48.4	33.3	3860	62.5	10.7	615	69
13BJ148	PONT-S-19-0-10	<1.25	139	1.79	23.3	20.9	18.6	223	7.09	4.19	113	73
13BJ150	PONT-S-20-0-2	26.9	294	6.61	17.2	176	30.3	10390	93.3	16.4	1630	76
13BJ152	PONT-S-18-0-2	67.1	621	1.34	7.02	64.7	6.02	17970	133	6.38	1150	87
13BJ156	PONT-S-21-0-25	35.8	337	6.54	25.3	110	44.9	14530	123	18.0	1650	80
13BJ158	PONT-S-22-0-2	8.87	214	4.65	16.1	83.9	18.9	4160	33.2	11.0	679	78
13BJ160	ROSI-S-14-0-5	73.0	1300	<1.25	4.21	56.5	4.15	15100	116	18.4	130	93

Sauf avis contraire et hors BPL, les objets soumis à essai et leur préparation seront éliminés 4 semaines après l'envoi des résultats. Dans le cas d'études BPL, les éléments d'essais seront conservés 3 mois.

L'incertitude sur les résultats et les contrôles qualité peuvent être communiqués sur demande.

Ce document ne peut être communiqué à des tiers sans autorisation écrite du responsable de l'Entité concernée

INERIS

RESULTATS D'ANALYSES

Parc Technologique Alata
BP2
60550 VERNEUIL-EN-HALATTE
Tél : 03.44.55.66.77
www.ineris.fr

Réf INERIS	nom étiquette	Ag total	As total	Cd total	Cr total	Cu total	Ni total	Pb total	Sb total	Sn total	Zn total	Taux M.S. (%)
13BJ168	ROSI-S-15-0-3	23.8	904	3.98	37.3	73.9	27.0	7480	58.5	18.7	589	72
13BJ170	ROSI-S-16-0-3	8.95	359	2.24	39.7	42.0	26.4	3540	31.1	59.1	631	81
13BJ172	ROSI-S-17-0-3	11.2	450	4.15	20.6	53.1	19.0	4650	21.1	10.7	536	79
13BJ174	ROSI-S-18-0-10	1.46	124	1.38	47.2	35.0	27.0	631	14.2	9.52	234	73
13BJ176	PONT-S-23-0-3	2.61	53.5	2.08	6.18	15.2	6.77	1000	6.98	3.99	270	88
13BJ178	PONT-S-24-0-3	28.1	309	6.68	29.4	138	36.1	9720	121	13.6	622	74
13BJ180	PONT-S-25-0-3	17.6	238	8.1	29.4	138	30.4	7200	104	21.2	1210	72
13BJ182	PONT-S-26-0-3	17.5	414	6.01	16.2	169	24.0	7770	57.6	14.6	1730	63
13BJ210	PONT-S-30-0-3	17.1	156	3.77	7.27	57.1	11.0	6180	160	5.76	507	74
LQ		1.25	2.50	1.25	2.50	1.25	1.25	2.50	2.50	6.25	2.50	-

Référence INERIS	nom étiquette	Fe total	S total
13BJ084	ROSI-S-07-0-5	15300	5780
13BJ088	ROSI-S-09-0-5	6590	5640
13BJ120	PONT-S-04-0-25	11500	5196
13BJ122	PONT-S-05	9920	11090
LQ	-	2.5	2.5

Sauf avis contraire et hors BPL, les objets soumis à essai et leur préparation seront éliminés 4 semaines après l'envoi des résultats. Dans le cas d'études BPL, les éléments d'essais seront conservés 3 mois.

L'incertitude sur les résultats et les contrôles qualité peuvent être communiqués sur demande.

Ce document ne peut être communiqué à des tiers sans autorisation écrite du responsable de l'Entité concernée

INERIS	RESULTATS D'ANALYSES	Parc Technologique Alata BP2 60550 VERNEUIL-EN-HALATTE Tél : 03.44.55.66.77 www.ineris.fr

Observations (interférents, écarts par rapport aux normes et méthodes appliquées, etc…)

Objets soumis à essais : Entièrement consommés ☐
Retournés pour destruction après stockage ☐
Retournés pour restitution au demandeur ☒

	Technicien	Responsable technique	Responsable d'unité
NOM	MJ. Karbowski	A.Papin	H. Biaudet
Visa			

Sauf avis contraire et hors BPL, les objets soumis à essai et leur préparation seront éliminés 4 semaines après l'envoi des résultats. Dans le cas d'études BPL, les éléments d'essais seront conservés 3 mois.

L'incertitude sur les résultats et les contrôles qualité peuvent être communiqués sur demande.

Ce document ne peut être communiqué à des tiers sans autorisation écrite du responsable de l'Entité concernée

INERIS	RESULTATS D'ANALYSES	Parc Technologique Alata BP2 60550 VERNEUIL-EN-HALATTE Tél : 03.44.55.66.77 www.ineris.fr

Nota : *ce document a été émis et est géré par DRC/CARA/RESA*

Responsable d'affaires :	C.HULOT	**Date de réception des objets soumis à essai :**	21/02/2014
Demandeur :	F.RICHEZ, enregistrement, A. Marechal, le 14/03/14 MIE	**Prestation n°:**	133182 HEDDE
Demande de travail n°:	19682	**Contribution n°:**	140504
Demande du :	21/02/2014	**Date du rapport :**	04/03/2014

Exposé de la demande (description des objets soumis à essai si besoin) **:** *Analyses des teneurs de bioaccessibilité en Arsenic (As), Cadmium (Cd) et Plomb (Pb) et Antimoine (Sb) dans 39 sols.*

Description du mode opératoire, dates de traitement (extraction, minéralisation…) et d'analyse, nom des opérateurs :

Date	Traitement / analyse	Référentiel MO, norme / version	Opérateur
10/02/2014 au 26/02/2014	Extractions des fractions bioaccessibles - sols	Protocole BARGE modifié - UBM	MKR
13/02/2014 au 27/02/2014	Analyses des extraits de bioaccessibilité sols par ICP-OES (dosage As et Pb)	NF EN ISO 11885 (Novembre 2009)	
14/02/2014 au 28/02/2014	Analyses des extraits de bioaccessibilité sols par ICP-MS (dosage As Cd Sb)	NF EN ISO 17294-2 (Avril 2005)	

Prestations réalisées :

- (●) ISO 9001 seul
- ( ) COFRAC NF EN ISO 17025
- ( ) Art. annexe II à l'art. D523-8 du code de l'Environnement du 16/10/07 (BPL)

Sauf avis contraire et hors BPL, les objets soumis à essai et leur préparation seront éliminés 4 semaines après l'envoi des résultats. Dans le cas d'études BPL, les éléments d'essais seront conservés 3 mois.

L'incertitude sur les résultats et les contrôles qualité peuvent être communiqués sur demande.

Ce document ne peut être communiqué à des tiers sans autorisation écrite du responsable de l'Entité concernée

INERIS

RESULTATS D'ANALYSES

Parc Technologique Alata
BP2
60550 VERNEUIL-EN-HALATTE
Tél : 03.44.55.66.77
www.ineris.fr

Résultats : Teneurs en métaux bioaccessibles dans les sols exprimées en µg/g et pourcentages des phases gastriques (gast) et intestinales (int) correspondants.

As	Ref client	As gast (µg/g)	Incert (µg/g)	Rdt (*moyen) (%)	Rdt max (%)	As int (µg/g)	Incert (µg/g)	Rdt (*moyen) (%)	Rdt max (%)	As total (µg/g)	Incert (µg/g)
13BJ114*	PONT-S-02-1-10	*39.1*	*18.0*	**5**	**10**	*33.0*	*13.2*	**5**	**8**	*730*	*161*
13BJ110	PONT-S-01-0-1	*28.8*	*13.2*	**10**	**20**	*14.4*	*5.8*	**5**	**9**	*276*	*61*
13BJ112	PONT-S-01-1-10	*29.9*	*13.8*	**5**	**9**	*20.0*	*8.0*	**3**	**6**	*647*	*142*
13BJ116	PONT-S-02-0-1	*5.77*	*2.65*	**7**	**14**	*6.47*	*2.59*	**8**	**15**	*78.9*	*17.4*
13BJ118	PONT-S-03-0-20	*20.4*	*9.4*	**13**	**24**	*14.1*	*5.6*	**9**	**16**	*161*	*35.4*
13BJ126	PONT-S-07-0-1	*32.8*	*15.1*	**3**	**6**	*28.5*	*11.4*	**3**	**5**	*1025*	*226*
13BJ128	PONT-S-08-0-2	*46.4*	*21.3*	**15**	**29**	*35.1*	*14.0*	**12**	**21**	*303*	*66.7*
13BJ130	PONT-S-09-0-2	*41.1*	*18.9*	**30**	**56**	*29.3*	*11.7*	**21**	**38**	*138*	*30*
13BJ134	PONT-S- 11-1-2	*55.2*	*25.4*	**29**	**54**	*31.2*	*12.5*	**16**	**29**	*190*	*42*
13BJ150*	PONT-S-20-0-2	*163*	*75*	**55**	**104**	*71.5*	*28.6*	**24**	**44**	*294*	*65*
13BJ144	PONT-S-16-0-2	*24.6*	*11.3*	**20**	**38**	*17.0*	*6.8*	**14**	**25**	*122*	*27*
13BJ146	PONT-S-17-1-3	*59.5*	*27.4*	**21**	**39**	*38.2*	*15.3*	**13**	**24**	*288*	*63*
13BJ158	PONT-S-22-0-2	*65.3*	*30.0*	**31**	**57**	*57.9*	*23.2*	**27**	**49**	*214*	*47*
13BJ178	PONT-S-24-0-3	*113*	*52*	**37**	**68**	*76.5*	*30.6*	**25**	**44**	*309*	*68*
13BJ180	PONT-S-25-0-3	*96.9*	*44.6*	**41**	**76**	*74.5*	*29.8*	**31**	**56**	*238*	*52*
13BJ182	PONT-S-26-0-3	*161*	*74*	**39**	**73**	*100*	*40*	**24**	**43**	*414*	*91*
13BJ022	PONT-S-27-0-10	*94.3*	*43.4*	**29**	**55**	*68.5*	*27.4*	**21**	**38**	*320*	*70*
13BJ018	PONT-S-29-0-3	*145*	*67*	**37**	**70**	*112*	*45*	**29**	**52**	*390*	*86*
13BJ120*	PONT-S-04-0-25	*34.9*	*16.1*	**4**	**8**	35.3	*14.1*	**4**	**8**	*821*	*181*
13BJ020	PONT-S-28-0-30	*73.9*	*34.0*	**28**	**52**	54.6	*21.8*	**20**	**37**	*268*	*59*
13BJ014	PONT-S-31-0-3	*117*	*54*	**48**	**90**	91.9	*36.8*	**38**	**68**	*242*	*53*
13BJ038	PONT-S-32-0-3	*43.2*	*19.9*	**19**	**36**	32.5	*13.0*	**15**	**26**	*224*	*49*
13BJ036	PONT-S-33-0-10	*71.6*	*32.9*	**31**	**58**	52.8	*21.1*	**23**	**41**	*233*	*51*
13BJ034	PONT-S-34-0-3	*70.2*	*32.3*	**40**	**76**	50.3	*20.1*	**29**	**52**	*174*	*38*

Sauf avis contraire et hors BPL, les objets soumis à essai et leur préparation seront éliminés 4 semaines après l'envoi des résultats. Dans le cas d'études BPL, les éléments d'essais seront conservés 3 mois.

L'incertitude sur les résultats et les contrôles qualité peuvent être communiqués sur demande.

Ce document ne peut être communiqué à des tiers sans autorisation écrite du responsable de l'Entité concernée

INERIS

RESULTATS D'ANALYSES

Parc Technologique Alata
BP2
60550 VERNEUIL-EN-HALATTE
Tél : 03.44.55.66.77
www.ineris.fr

As	Ref client	As gast (µg/g)	Incert (µg/g)	Rdt (*moyen) (%)	Rdt max (%)	As int (µg/g)	Incert (µg/g)	Rdt (*moyen) (%)	Rdt max (%)	As total (µg/g)	Incert (µg/g)
13BJ140	PONT-S-14-0-10	132	61	29	54	92.9	37.2	20	37	456	100
13BJ142	PONT-S-15-0-10	63.1	29.0	20	37	42.7	17.1	13	24	317	70
13BJ012	PONT-S-35-0-10	91.0	41.9	2	4	71.6	28.6	2	3	4116	906
13BJ076*	ROSI-S-03-0-2	141	65	20	38	124	49.4	18	32	691	152
13BJ122	PONT-S-05	32.5	15.0	11	21	33.2	13.3	12	21	284	62
13BJ046	ROSI-S-21-0-3	67.8	31.2	22	42	68.8	27.5	23	41	305	67
13BJ168	ROSI-S-15-0-3	234	108	26	48	227	91	25	45	904	199
13BJ170	ROSI-S-16-0-3	93.3	42.9	26	49	87.9	35.2	24	44	359	79
13BJ172	ROSI-S-17-0-3	111	51	25	46	97.2	38.9	22	39	450	99
13BJ048	ROSI-S-22-0-10	300	138	24	45	259	103	21	37	1240	273
13BJ052	ROSI-S-23-0-10	11.8	5.4	7	14	23.0	9.2	14	26	159	35
13BJ072	ROSI-S-01-0-2a	58.6	27.0	7	13	46.2	18.5	5	9	875	193
13BJ080	ROSI-S-05-0-5	20.6	9.5	4	7	18.8	7.5	3	6	552	121
13BJ096	ROSI-S-13-0-5	23.2	10.7	2	4	22.0	8.8	2	3	1146	252
13BJ090	ROSI-S-10-0-5	19.0	8.7	3	5	19.6	7.8	3	5	678	149
LQ		0.10				0.25				2.50	

Sauf avis contraire et hors BPL, les objets soumis à essai et leur préparation seront éliminés 4 semaines après l'envoi des résultats. Dans le cas d'études BPL, les éléments d'essais seront conservés 3 mois.

L'incertitude sur les résultats et les contrôles qualité peuvent être communiqués sur demande.

Ce document ne peut être communiqué à des tiers sans autorisation écrite du responsable de l'Entité concernée

INERIS

RESULTATS D'ANALYSES

Parc Technologique Alata
BP2
60550 VERNEUIL-EN-HALATTE
Tél : 03.44.55.66.77
www.ineris.fr

Cd	Ref client	Cd gast (µg/g)	Incert (µg/g)	Rdt (*moyen) (%)	Rdt max (%)	Cd int (µg/g)	Incert (µg/g)	Rdt (*moyen) (%)	Rdt max (%)	Cd total (µg/g)	Incert (µg/g)
13BJ114*	PONT-S-02-1-10	0.31	0.06	21	30	<0.25	_	_	_	1.50	0.26
13BJ110	PONT-S-01-0-1	0.73	0.15	45	65	<0.25	_	_	_	1.63	0.28
13BJ112	PONT-S-01-1-10	0.35	0.07	49	70	<0.25	_	_	_	0.72	0.12
13BJ116	PONT-S-02-0-1	0.20	0.04	59	85	<0.25	_	_	_	0.34	0.06
13BJ118	PONT-S-03-0-20	0.49	0.10	38	54	<0.25	_	_	_	1.30	0.22
13BJ126	PONT-S-07-0-1	0.29	0.06	22	32	<0.25	_	_	_	1.31	0.22
13BJ128	PONT-S-08-0-2	0.55	0.11	34	49	<0.25	_	_	_	1.61	0.27
13BJ130	PONT-S-09-0-2	1.74	0.35	52	76	<0.25	_	_	_	3.33	0.57
13BJ134	PONT-S-11-1-2	3.18	0.64	51	74	<0.25	_	_	_	6.19	1.05
13BJ150*	PONT-S-20-0-2	3.93	0.79	59	86	1.50	0.30	23	33	6.61	1.12
13BJ144	PONT-S-16-0-2	1.20	0.24	45	65	0.75	0.15	28	41	2.66	0.45
13BJ146	PONT-S-17-1-3	3.93	0.79	52	75	1.87	0.37	25	35	7.62	1.30
13BJ158	PONT-S-22-0-2	2.93	0.59	63	91	1.12	0.22	24	35	4.65	0.79
13BJ178	PONT-S-24-0-3	3.93	0.79	59	85	1.49	0.30	22	32	6.68	1.14
13BJ180	PONT-S-25-0-3	5.27	1.05	65	94	2.11	0.42	26	38	8.10	1.38
13BJ182	PONT-S-26-0-3	4.01	0.80	67	96	1.72	0.34	29	41	6.01	1.02
13BJ022	PONT-S-27-0-10	3.91	0.78	51	73	1.40	0.28	18	26	7.74	1.32
13BJ018	PONT-S-29-0-3	7.42	1.48	79	114	2.80	0.56	30	43	9.42	160
13BJ120*	PONT-S-04-0-25	1.43	0.29	53	77	0.80	0.16	30	43	2.70	0.46
13BJ020	PONT-S-28-0-30	4.63	0.93	70	101	0.78	0.16	12	17	6.64	1.13
13BJ014	PONT-S-31-0-3	5.32	1.06	69	100	1.24	0.25	16	23	7.70	1.31
13BJ038	PONT-S-32-0-3	0.25	0.05	83	120	<0.25	_	_	_	0.30	0.05
13BJ036	PONT-S-33-0-10	2.13	0.43	64	92	0.38	0.08	11	16	3.34	0.57
13BJ034	PONT-S-34-0-3	1.91	0.38	63	91	0.45	0.09	15	21	3.04	0.52
13BJ140	PONT-S-14-0-10	5.26	1.05			1.43	0.29	53	77	2.70	0.46
13BJ142	PONT-S-15-0-10	4.89	0.98	69	99	1.28	0.26	18	26	7.13	1.21
13BJ012	PONT-S-35-0-10	0.76	0.15	11	16	<0.25	_	_	_	7.08	1.20

Sauf avis contraire et hors BPL, les objets soumis à essai et leur préparation seront éliminés 4 semaines après l'envoi des résultats. Dans le cas d'études BPL, les éléments d'essais seront conservés 3 mois.

L'incertitude sur les résultats et les contrôles qualité peuvent être communiqués sur demande.

Ce document ne peut être communiqué à des tiers sans autorisation écrite du responsable de l'Entité concernée

INERIS

RESULTATS D'ANALYSES

Parc Technologique Alata
BP2
60550 VERNEUIL-EN-HALATTE
Tél : 03.44.55.66.77
www.ineris.fr

Cd	Ref client	Cd gast (µg/g)	Incert (µg/g)	Rdt (*moyen) (%)	Rdt max (%)	Cd int (µg/g)	Incert (µg/g)	Rdt (*moyen) (%)	Rdt max (%)	Cd total (µg/g)	Incert (µg/g)
13BJ076*	ROSI-S-03-0-2	*1.21*	*0.24*	**45**	**65**	*0.45*	*0.09*	**17**	**24**	*2.68*	*0.46*
13BJ122	PONT-S-05	*12.0*	*2.40*	**21**	**30**	*1.03*	*0.21*	**2**	**3**	*58.2*	*9.9*
13BJ046	ROSI-S-21-0-3	*0.72*	*0.14*	**47**	**68**	*0.32*	*0.06*	**21**	**30**	*1.52*	*0.26*
13BJ168	ROSI-S-15-0-3	*2.08*	*0.42*	**52**	**76**	*0.85*	*0.17*	**21**	**31**	*3.98*	*0.68*
13BJ170	ROSI-S-16-0-3	*1.16*	*0.23*	**52**	**75**	*0.41*	*0.08*	**18**	**26**	*2.24*	*0.38*
13BJ172	ROSI-S-17-0-3	*2.22*	*0.44*	**53**	**77**	*0.90*	*0.18*	**22**	**31**	*4.15*	*0.71*
13BJ048	ROSI-S-22-0-10	*2.95*	*0.59*	**63**	**92**	*1.21*	*0.24*	**26**	**38**	*4.65*	*0.79*
13BJ052	ROSI-S-23-0-10	*0.19*	*0.04*	**50**	**72**	*<0.13*	_	_	_	*0.38*	*0.06*
13BJ072	ROSI-S-01-0-2a	*<0.05*	_	_	_	*<0.13*	_	_	_	*0.19*	*0.03*
13BJ080	ROSI-S-05-0-5	*0.09*	*0.02*	**32**	**46**	*<0.13*	_	_	_	*0.28*	*0.05*
13BJ096	ROSI-S-13-0-5	*<0.05*	_	_	_	*<0.13*	_	_	_	*<0.15*	_
13BJ090	ROSI-S-10-0-5	*<0.05*	_	_	_	*<0.13*	_	_	_	*<0.15*	_
LQ		*0.05*				*0.13*				*0.15*	

Sauf avis contraire et hors BPL, les objets soumis à essai et leur préparation seront éliminés 4 semaines après l'envoi des résultats. Dans le cas d'études BPL, les éléments d'essais seront conservés 3 mois.

L'incertitude sur les résultats et les contrôles qualité peuvent être communiqués sur demande.

Ce document ne peut être communiqué à des tiers sans autorisation écrite du responsable de l'Entité concernée

INERIS

RESULTATS D'ANALYSES

Parc Technologique Alata
BP2
60550 VERNEUIL-EN-HALATTE
Tél : 03.44.55.66.77
www.ineris.fr

Pb	Ref client	Pb gast (µg/g)	Incert (µg/g)	Rdt (*moyen) (%)	Rdt max (%)	Pb int (µg/g)	Incert (µg/g)	Rdt (*moyen) (%)	Rdt max (%)	Pb total (µg/g)	Incert (µg/g)
13BJ114*	PONT-S-02-1-10	6969	1254	45	63	2036	1527	13	27	15330	2300
13BJ110	PONT-S-01-0-1	3231	582	53	74	216	162	4	7	6040	906
13BJ112	PONT-S-01-1-10	8778	1580	54	75	899	674	6	11	16230	2435
13BJ116	PONT-S-02-0-1	912	164	60	83	47.9	36	3	6	1530	230
13BJ118	PONT-S-03-0-20	1584	285	50	70	247	185	8	16	3140	471
13BJ126	PONT-S-07-0-1	5754	1036	28	39	1647	1235	8	16	20710	3107
13BJ128	PONT-S-08-0-2	1983	357	27	38	352	264	5	10	7270	1091
13BJ130	PONT-S-09-0-2	777	140	38	52	293	220	14	29	2060	309
13BJ134	PONT-S-11-1-2	776	140	34	48	221	166	10	20	2260	339
13BJ150*	PONT-S-20-0-2	10825	1949	104	145	1302	977	13	26	10390	1559
13BJ144	PONT-S-16-0-2	737	133	59	83	248	186	20	41	1240	186
13BJ146	PONT-S-17-1-3	3173	571	82	114	908	681	24	48	3860	579
13BJ158	PONT-S-22-0-2	3542	638	85	118	926	695	22	46	4160	624
13BJ178	PONT-S-24-0-3	8276	1490	85	118	2268	1701	23	48	9720	1458
13BJ180	PONT-S-25-0-3	5870	1057	82	113	1860	1395	26	53	7200	1080
13BJ182	PONT-S-26-0-3	6871	1237	88	123	3163	2372	41	84	7770	1166
13BJ022	PONT-S-27-0-10	6631	1194	75	104	1156	867	13	27	8860	1329
13BJ018	PONT-S-29-0-3	9304	1675	77	107	4713	3535	39	81	12020	1803
13BJ120*	PONT-S-04-0-25	7564	1362	40	56	4482	3362	24	49	18740	2811
13BJ020	PONT-S-28-0-30	5321	958	72	100	428	321	6	12	7370	1106
13BJ014	PONT-S-31-0-3	4593	827	82	114	317	238	6	12	5600	840
13BJ038	PONT-S-32-0-3	72.1	13	73	102	22.5	17	23	47	98.3	14.7
13BJ036	PONT-S-33-0-10	3355	604	73	101	488	366	11	22	4590	689
13BJ034	PONT-S-34-0-3	4217	759	83	115	905	679	18	37	5090	764
13BJ140	PONT-S-14-0-10	1438	259	78	108	416	312	22	46	1850	278
13BJ142	PONT-S-15-0-10	1738	313	76	105	351	263	15	32	2290	344
13BJ012	PONT-S-35-0-10	11973	2155	20	28	2460	1845	4	9	59460	8919

Sauf avis contraire et hors BPL, les objets soumis à essai et leur préparation seront éliminés 4 semaines après l'envoi des résultats. Dans le cas d'études BPL, les éléments d'essais seront conservés 3 mois.

L'incertitude sur les résultats et les contrôles qualité peuvent être communiqués sur demande.

Ce document ne peut être communiqué à des tiers sans autorisation écrite du responsable de l'Entité concernée

INERIS

RESULTATS D'ANALYSES

Parc Technologique Alata
BP2
60550 VERNEUIL-EN-HALATTE
Tél : 03.44.55.66.77
www.ineris.fr

Pb	Ref client	Pb gast (µg/g)	Incert (µg/g)	Rdt (*moyen) (%)	Rdt max (%)	Pb int (µg/g)	Incert (µg/g)	Rdt (*moyen) (%)	Rdt max (%)	Pb total (µg/g)	Incert (µg/g)
13BJ076*	ROSI-S-03-0-2	*9182*	*1653*	**65**	**90**	*1984*	*357*	**14**	**19**	*14210*	*2132*
13BJ122	PONT-S-05	*10831*	*1950*	**27**	**37**	*738*	*133*	**2**	**3**	*40790*	*6119*
13BJ046	ROSI-S-21-0-3	*2129*	*383*	**71**	**99**	*772*	*139*	**26**	**36**	*2990*	*449*
13BJ168	ROSI-S-15-0-3	*4119*	*741*	**55**	**76**	*1546*	*278*	**21**	**29**	*7480*	*1122*
13BJ170	ROSI-S-16-0-3	*2035*	*366*	**57**	**80**	*626*	*113*	**18**	**25**	*3540*	*531*
13BJ172	ROSI-S-17-0-3	*2966*	*534*	**64**	**89**	*984*	*177*	**21**	**29**	*4650*	*698*
13BJ048	ROSI-S-22-0-10	*11889*	*2140*	**62**	**87**	*4954*	*892*	**26**	**36**	*19080*	*2862*
13BJ052	ROSI-S-23-0-10	*67.2*	*12.1*	**49**	**68**	*24.3*	*4.4*	**18**	**24**	*138*	*21*
13BJ072	ROSI-S-01-0-2a	*9783*	*1761*	**35**	**49**	*1219*	*219*	**4**	**6**	*27850*	*4178*
13BJ080	ROSI-S-05-0-5	*9712*	*1748*	**28**	**39**	*1765*	*318*	**5**	**7**	*34330*	*5150*
13BJ096	ROSI-S-13-0-5	*9005*	*1621*	**34**	**47**	*672*	*121*	**3**	**4**	*26500*	*3975*
13BJ090	ROSI-S-10-0-5	*9412*	*1694*	**28**	**40**	*2088*	*376*	**6**	**9**	*33060*	*4959*
LQ		*4*				*10*				*2.50*	

Sauf avis contraire et hors BPL, les objets soumis à essai et leur préparation seront éliminés 4 semaines après l'envoi des résultats. Dans le cas d'études BPL, les éléments d'essais seront conservés 3 mois.

L'incertitude sur les résultats et les contrôles qualité peuvent être communiqués sur demande.

Ce document ne peut être communiqué à des tiers sans autorisation écrite du responsable de l'Entité concernée

INERIS

RESULTATS D'ANALYSES

Parc Technologique Alata
BP2
60550 VERNEUIL-EN-HALATTE
Tél : 03.44.55.66.77
www.ineris.fr

Sb	Ref client	Sb gast (µg/g)	Incert (µg/g)	Rdt (*moyen) (%)	Rdt max (%)	Sb int (µg/g)	Incert (µg/g)	Rdt (*moyen) (%)	Rdt max (%)	Sb total (µg/g)	Incert (µg/g)
13BJ114*	PONT-S-02-1-10	9.48	4.08	7	12	11.3	3.05	8	13	133	20
13BJ110	PONT-S-01-0-1	2.07	0.89	3	5	3.14	0.85	5	7	69.5	10.4
13BJ112	PONT-S-01-1-10	5.27	2.27	4	7	5.61	1.51	5	7	119	18
13BJ116	PONT-S-02-0-1	0.56	0.24	4	6	1.21	0.33	8	11	15.8	2.4
13BJ118	PONT-S-03-0-20	1.29	0.55	3	5	2.61	0.70	6	9	44.1	6.6
13BJ126	PONT-S-07-0-1	8.21	3.53	5	9	10.7	2.89	7	10	153	23
13BJ128	PONT-S-08-0-2	4.54	1.95	5	9	7.49	2.02	9	13	85.1	12.8
13BJ130	PONT-S-09-0-2	1.13	0.49	4	6	2.48	0.67	8	12	30.3	4.5
13BJ134	PONT-S-11-1-2	1.79	0.77	15	24	4.35	1.17	35	53	12.3	1.8
13BJ150*	PONT-S-20-0-2	15.4	6.6	17	28	24.8	6.7	27	40	93.3	14.0
13BJ144	PONT-S-16-0-2	0.51	0.22	5	9	1.20	0.32	12	18	9.7	1.5
13BJ146	PONT-S-17-1-3	2.02	0.87	19	32	4.97	1.34	46	69	10.7	1.6
13BJ158	PONT-S-22-0-2	3.30	1.42	10	17	8.09	2.18	24	36	33.2	5.0
13BJ178	PONT-S-24-0-3	9.83	4.23	8	14	20.0	5.4	17	25	121	18
13BJ180	PONT-S-25-0-3	6.42	2.76	6	10	12.4	3.3	12	18	104	16
13BJ182	PONT-S-26-0-3	7.89	3.39	14	23	16.3	4.4	28	42	57.6	8.6
13BJ022	PONT-S-27-0-10	5.86	2.52	5	8	17.0	4.6	14	21	120	18
13BJ018	PONT-S-29-0-3	16.3	7.01	14	24	28.9	7.8	25	37	116	17
13BJ120*	PONT-S-04-0-25	10.9	4.69	8	14	11.3	3.1	9	13	132	20
13BJ020	PONT-S-28-0-30	6.60	2.84	6	9	12.0	3.2	10	15	120	18
13BJ014	PONT-S-31-0-3	15.5	6.67	10	16	16.8	4.5	11	16	159	24
13BJ038	PONT-S-32-0-3	0.20	0.09	6	11	<0.25	_	_	_	3.16	0.47
13BJ036	PONT-S-33-0-10	3.70	1.59	7	11	5.32	1.44	10	14	55.5	8.3
13BJ034	PONT-S-34-0-3	3.94	1.69	7	11	5.88	1.59	10	15	58.7	8.8
13BJ140	PONT-S-14-0-10	1.32	0.57	5	8	2.78	0.75	10	15	27.4	4.1
13BJ142	PONT-S-15-0-10	2.02	0.87	4	7	3.34	0.90	7	10	47.9	7.2
13BJ012	PONT-S-35-0-10	21.7	9.3	4	6	22.3	6.02	4	5	610	92

Sauf avis contraire et hors BPL, les objets soumis à essai et leur préparation seront éliminés 4 semaines après l'envoi des résultats. Dans le cas d'études BPL, les éléments d'essais seront conservés 3 mois.

L'incertitude sur les résultats et les contrôles qualité peuvent être communiqués sur demande.

Ce document ne peut être communiqué à des tiers sans autorisation écrite du responsable de l'Entité concernée

INERIS

RESULTATS D'ANALYSES

Parc Technologique Alata
BP2
60550 VERNEUIL-EN-HALATTE
Tél : 03.44.55.66.77
www.ineris.fr

Sb	Ref client	Sb gast (µg/g)	Incert (µg/g)	Rdt (*moyen) (%)	Rdt max (%)	Sb int (µg/g)	Incert (µg/g)	Rdt (*moyen) (%)	Rdt max (%)	Sb total (µg/g)	Incert (µg/g)
13BJ076*	ROSI-S-03-0-2	*4.81*	*2.07*	**5**	**9**	*6.05*	*1.63*	**7**	**10**	*92.6*	*13.9*
13BJ122	PONT-S-05	*4.93*	*2.12*	**2**	**4**	*5.31*	*1.43*	**2**	**4**	*216*	*32*
13BJ046	ROSI-S-21-0-3	*1.33*	*0.57*	**2**	**3**	*2.62*	*0.71*	**4**	**6**	*65.5*	*9.8*
13BJ168	ROSI-S-15-0-3	*1.73*	*0.74*	**3**	**5**	*3.89*	*1.05*	**7**	**10**	*58.5*	*8.8*
13BJ170	ROSI-S-16-0-3	*1.27*	*0.55*	**4**	**7**	*2.16*	*0.58*	**7**	**10**	*31.1*	*4.7*
13BJ172	ROSI-S-17-0-3	*1.48*	*0.64*	**7**	**12**	*2.70*	*0.73*	**13**	**19**	*21.1*	*3.2*
13BJ048	ROSI-S-22-0-10	*5.68*	*2.44*	**9**	**15**	*10.4*	*2.81*	**16**	**24**	*64.4*	*9.7*
13BJ052	ROSI-S-23-0-10	*0.30*	*0.13*	**1**	**1**	*0.75*	*0.20*	**2**	**3**	*36.2*	*5.4*
13BJ072	ROSI-S-01-0-2a	*4.43*	*1.90*	**4**	**6**	*4.92*	*1.33*	**4**	**6**	*123*	*19*
13BJ080	ROSI-S-05-0-5	*6.69*	*2.88*	**6**	**10**	*7.87*	*2.12*	**7**	**11**	*108*	*16*
13BJ096	ROSI-S-13-0-5	*3.28*	*1.41*	**4**	**7**	*3.33*	*0.90*	**4**	**6**	*84.8*	*12.7*
13BJ090	ROSI-S-10-0-5	*4.79*	*2.06*	**3**	**6**	*7.02*	*1.90*	**5**	**8**	*137*	*21*
LQ		*0.10*				*0.25*				*2.50*	

Les incertitudes associées aux résultats sont mentionnées dans le tableau suivant :

Paramètres	Teneurs totales %	Bioaccessibilité gastrique %	Bioaccessibilité intestinale %
As	22	46	40
Cd	17	20	20
Pb	15	18	75
Sb	15	43	27

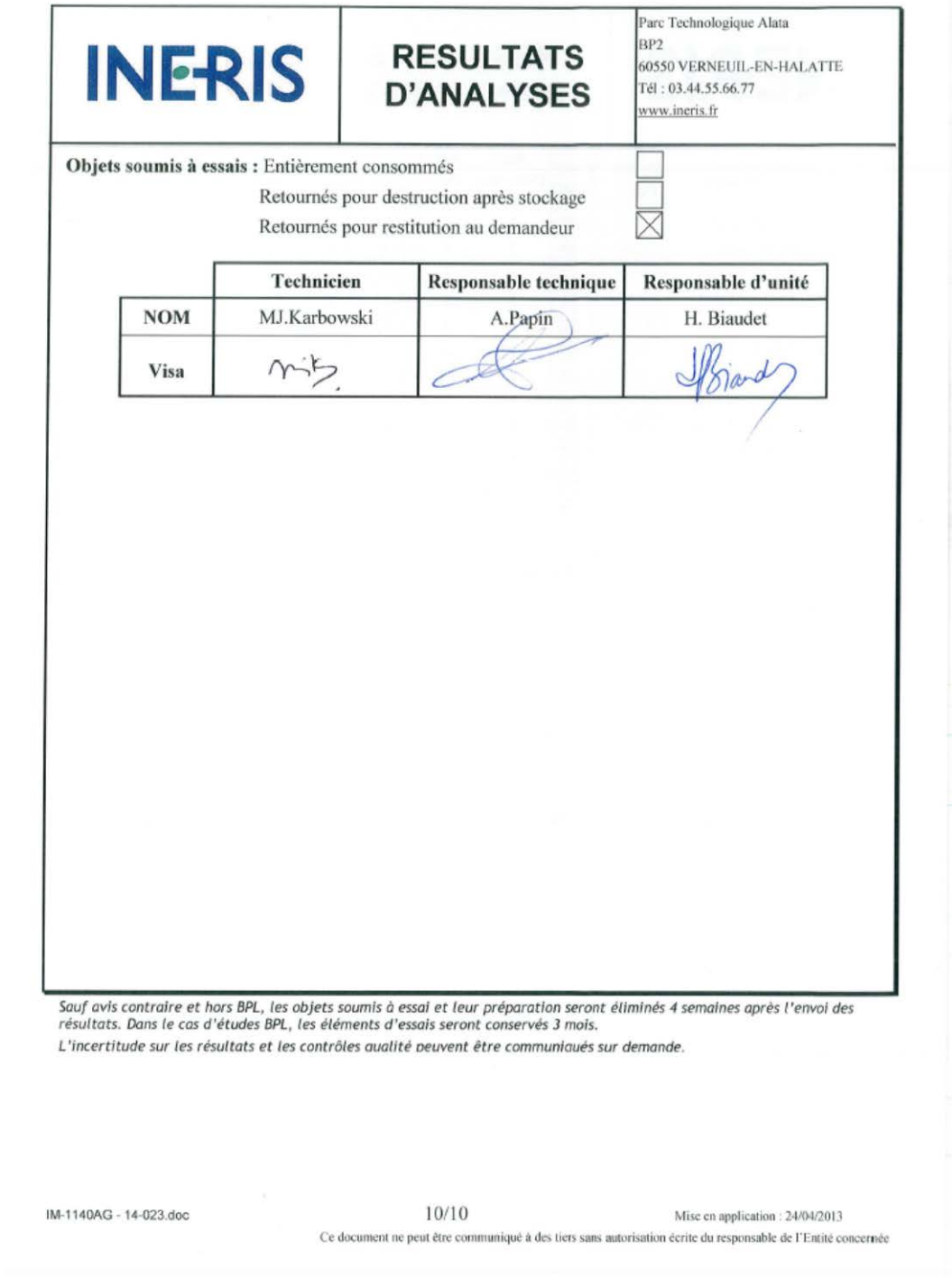
Sur chaque série un échantillon a été réalisé en triple, les triplicats sont homogènes et les résultats en sont leur moyenne .Ce sont les échantillons : 13BJ114 ; 13BJ150 ; 13BJ120 ; 13BJ076, notés en gras et par un *.

Observations (interférents, écarts par rapport aux normes et méthodes appliquées, etc...)
Les teneurs en métaux totaux sont celles issues du dossier 133182/M13/085

Sauf avis contraire et hors BPL, les objets soumis à essai et leur préparation seront éliminés 4 semaines après l'envoi des résultats. Dans le cas d'études BPL, les éléments d'essais seront conservés 3 mois.

L'incertitude sur les résultats et les contrôles qualité peuvent être communiqués sur demande.

Ce document ne peut être communiqué à des tiers sans autorisation écrite du responsable de l'Entité concernée



INERIS

RESULTATS D'ANALYSES

Parc Technologique Alata
BP2
60550 VERNEUIL-EN-HALATTE
Tél : 03.44.55.66.77
www.ineris.fr

Objets soumis à essais : Entièrement consommés ☐
Retournés pour destruction après stockage ☐
Retournés pour restitution au demandeur ☒

	Technicien	Responsable technique	Responsable d'unité
NOM	MJ.Karbowski	A.Papin	H. Biaudet
Visa			

Sauf avis contraire et hors BPL, les objets soumis à essai et leur préparation seront éliminés 4 semaines après l'envoi des résultats. Dans le cas d'études BPL, les éléments d'essais seront conservés 3 mois.
L'incertitude sur les résultats et les contrôles qualité peuvent être communiqués sur demande.

Ce document ne peut être communiqué à des tiers sans autorisation écrite du responsable de l'Entité concernée

Rem. : les pourcentages indiqués se rapportent à la concentration associée à la bioaccessibilité et non au pourcentage de bioaccessibilité », les incertitudes associées aux pourcentages de bioaccessibilité sont donc plus faibles. »

Concentrations en métaux et métalloïdes dans les eaux

INERIS

Parc Technologique Alata
BP2
60550 VERNEUIL-EN-HALATTE
Tél : 03.44.55.66.77
www.ineris.fr

RESULTATS D'ANALYSES

Nota : *ce document a été émis et est géré par DRC/CARA/RESA*

Responsable d'affaires :	**C.HULOT**	**Date de réception des objets soumis à essai :**	11/12/2013
Demandeur :	F.RICHEZ, enregistrement A. Marechal, le 09/12/13 MEDDE	**Prestation n°:**	133182 MEDDE
Demande de travail n°:	19599	**Contribution n°:**	140504
Demande du :	11/12/2013	**Date du rapport :**	18/12/2013

Exposé de la demande (description des objets soumis à essai si besoin) **:** : *Dosage de l'argent (Ag), de l'arsenic (As), du cadmium (Cd), du cuivre (Cu),du chrome (Cr), du plomb (Pb), du nickel (Ni), de l'antimoine (Sb), de l'étain (Sn) et du zinc (Zn) dans des eaux de surface : teneurs dissoutes sur échantillons filtrés et teneurs totales sur échantillons non filtrés et minéralisés.*

Description du mode opératoire, dates de traitement (extraction, minéralisation…) et d'analyse, nom des opérateurs :

Date	Traitement / analyse	Référentiel MO, norme / version	Opérateur
12/12/2013 17/12/2013	Analyse des échantillons filtrés (teneurs dissoutes) à l'ICP-MS	NF EN ISO 17294-2 (Avril 2005)-MO-0918	MKR
11/12/2013	Minéralisation des solutions au four micro-onde	NF EN ISO 15587-1(Mai 2002)	
12/12/2013 17/12/2013	Analyse des minéralisats (teneurs totales) à l'ICP-MS	NF EN ISO 17294-2 (Avril 2005)-MO-0918	

Sauf avis contraire et hors BPL, les objets soumis à essai et leur préparation seront éliminés 4 semaines après l'envoi des résultats. Dans le cas d'études BPL, les éléments d'essais seront conservés 3 mois.
L'incertitude sur les résultats et les contrôles qualité peuvent être communiqués sur demande.

Ce document ne peut être communiqué à des tiers sans autorisation écrite du responsable de l'Entité concernée

INERIS

RESULTATS D'ANALYSES

Parc Technologique Alata
BP2
60550 VERNEUIL-EN-HALATTE
Tél : 03.44.55.66.77
www.ineris.fr

Prestations réalisées :

◉ ISO 9001 seul

○ COFRAC NF EN ISO 17025

○ Art. annexe II à l'art. D523-8 du code de l'Environnement du 16/10/07 (BPL)

Résultats :

	Référence externe :	ROSI-E-SUR-01		ROSI-E-SUR-02		ROSI-E-SUR-03	
		TOTAL	DISSOUS	TOTAL	DISSOUS	TOTAL	DISSOUS
	Référence INERIS :	**13BJ104**	**13BJ105**	**13BJ106**	**13BJ107**	**13BJ108**	**13BJ109**
	LQ µg/l	µg/l					
Ag	5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
As	0.5	29.5	6.33	39.2	25.5	37.6	22.6
Cd	2.0	5.35	4.06	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Cu	2.0	2.32	<2.0	2.45	<2.0	3.27	2.18
Cr	2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Pb	5.0	564	221	8.91	<5.0	51.4	15.9
Ni	5.0	10.8	8.19	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
Sb	5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
Sn	2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Zn	5.0	768	765	72.8	50.9	113	104

Sauf avis contraire et hors BPL, les objets soumis à essai et leur préparation seront éliminés 4 semaines après l'envoi des résultats. Dans le cas d'études BPL, les éléments d'essais seront conservés 3 mois.

L'incertitude sur les résultats et les contrôles qualité peuvent être communiqués sur demande.

Ce document ne peut être communiqué à des tiers sans autorisation écrite du responsable de l'Entité concernée

INERIS

RESULTATS D'ANALYSES

Parc Technologique Alata
BP2
60550 VERNEUIL-EN-HALATTE
Tél : 03.44.55.66.77
www.ineris.fr

	Référence externe :	ROSI-E-SUR-04		ROSI-E-SUR-05		ROSI-E-SUR-06	
		TOTAL	DISSOUS	TOTAL	DISSOUS	TOTAL	DISSOUS
	Référence INERIS :	**13BJ162**	**13BJ163**	**13BJ164**	**13BJ165**	**13BJ166**	**13BJ167**
	LQ µg/l	µg/l					
Ag	5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
As	0.5	39.6	23.5	50.0	21.5	37.6	25.7
Cd	2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Cu	2.0	7.77	5.80	7.28	5.17	<2.0	<2.0
Cr	2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Pb	5.0	60.0	8.27	107	17.4	22.8	10.0
Ni	5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
Sb	5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
Sn	2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Zn	5.0	182	172	278	232	61.2	53.8

Sauf avis contraire et hors BPL, les objets soumis à essai et leur préparation seront éliminés 4 semaines après l'envoi des résultats. Dans le cas d'études BPL, les éléments d'essais seront conservés 3 mois.

L'incertitude sur les résultats et les contrôles qualité peuvent être communiqués sur demande.

Ce document ne peut être communiqué à des tiers sans autorisation écrite du responsable de l'Entité concernée

INERIS

RESULTATS D'ANALYSES

Parc Technologique Alata
BP2
60550 VERNEUIL-EN-HALATTE
Tél : 03.44.55.66.77
www.ineris.fr

	Référence externe :	ROSI-E-SUR-07(TOTAL)		ROSI-E-SUR-08(TOTAL)		ROSI-E-SUR-09(TOTAL)	
		TOTAL	DISSOUS	TOTAL	DISSOUS	TOTAL	DISSOUS
	Référence INERIS :	13BJ042		13BJ050		13BJ051	
	LQ µg/l	µg/l					
Ag	5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
As	0.5	0.74	0.64	48.7	16.2	33.3	17.9
Cd	2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Cu	2.0	<2.0	<2.0	4.72	<2.0	3.37	2.36
Cr	2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Pb	5.0	<5.0	<5.0	174	25.3	89.8	31.4
Ni	5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
Sb	5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
Sn	2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Zn	5.0	5.78	5.80	122	75.9	111	91.8

Sauf avis contraire et hors BPL, les objets soumis à essai et leur préparation seront éliminés 4 semaines après l'envoi des résultats. Dans le cas d'études BPL, les éléments d'essais seront conservés 3 mois.

L'incertitude sur les résultats et les contrôles qualité peuvent être communiqués sur demande.

Ce document ne peut être communiqué à des tiers sans autorisation écrite du responsable de l'Entité concernée

INERIS

RESULTATS D'ANALYSES

Parc Technologique Alata
BP2
60550 VERNEUIL-EN-HALATTE
Tél : 03.44.55.66.77
www.ineris.fr

	Référence externe :	PONT-E-SUR-01		PONT-E-SUR-02	
		TOTAL	DISSOUS	TOTAL	DISSOUS
	Référence INERIS :	13BJ032	13BJ033	13BJ056	13BJ057
	LQ µg/l	µg/l			
Ag	5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
As	0.5	8.31	4.71	6.05	4.50
Cd	2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Cu	2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Cr	2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Pb	5.0	8.28	<5.0	5.23	<5.0
Ni	5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
Sb	5.0	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
Sn	2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Zn	5.0	17.1	<5.0	8.78	5.63

Observations (interférents, écarts par rapport aux normes et méthodes appliquées, etc…)

Par convention : LQ = 3 x LD

Sauf avis contraire et hors BPL, les objets soumis à essai et leur préparation seront éliminés 4 semaines après l'envoi des résultats. Dans le cas d'études BPL, les éléments d'essais seront conservés 3 mois.

L'incertitude sur les résultats et les contrôles qualité peuvent être communiqués sur demande.

Ce document ne peut être communiqué à des tiers sans autorisation écrite du responsable de l'Entité concernée

INERIS	RESULTATS D'ANALYSES	Parc Technologique Alata BP2 60550 VERNEUIL-EN-HALATTE Tél : 03.44.55.66.77 www.ineris.fr

Objets soumis à essais : Entièrement consommés ☐
Retournés pour destruction après stockage ☐
Retournés pour restitution au demandeur ☒

	Technicien	Responsable technique	Responsable d'unité
NOM	MJ. Karbowski	A. Papin	H. Biaudet
Visa	mjk		

Sauf avis contraire et hors BPL, les objets soumis à essai et leur préparation seront éliminés 4 semaines après l'envoi des résultats. Dans le cas d'études BPL, les éléments d'essais seront conservés 3 mois.

L'incertitude sur les résultats et les contrôles qualité peuvent être communiqués sur demande.

Ce document ne peut être communiqué à des tiers sans autorisation écrite du responsable de l'Entité concernée

ANNEXE 5

Annexe 5-a

Généralités sur l'évaluation de la toxicité et valeurs toxicologiques de référence

L'évaluation de la toxicité regroupe les deux étapes suivantes :

– l'identification du potentiel dangereux des substances, c'est-à-dire les effets indésirables qu'une substance est intrinsèquement capable de provoquer chez l'homme. Ces effets pour des expositions aiguës ou chroniques peuvent être de différents types : effets locaux, systémiques, non cancérigènes, cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques. La connaissance d'informations sur les effets toxiques identiques sur un même organe peut s'avérer nécessaire lors de la quantification du risque pour décider du cumul ou non des risques liés aux substances à seuil. Cette étape comporte également la recherche de la classification des substances pour leurs effets cancérigène et génotoxique, qui provient principalement des banques de données suivantes : Union Européenne avec l'inventaire EINECS (European Inventory of Existing Commercial Substances) ; site web : http://ecb.jrc.it/existing-chemicals/ ; IARC / CIRC (International Agency for Research on Cancer / Centre International de Recherche sur le Cancer) ; site web : http://www.monographs.iarc.fr/FR/classification/index.php ; US EPA (United States Environmental Protection Agency) et son programme IRIS (Integrated Risk Information System) ; site web : http://www.epa.gov/iris/ ;

– la définition des relations dose-effets et dose-réponse, c'est-à-dire définir une relation quantitative entre la dose ingérée ou la concentration inhalée et l'incidence de l'effet délétère. Cette relation est traduite par la Valeur Toxicologique de Référence (VTR), dont la dénomination dépend de l'organisme élaborateur. Les VTR « à seuil de dose » sont construites dans le cas de substances provoquant au-delà d'une certaine dose, des dommages dont la gravité augmente avec la dose absorbée. Les VTR « sans seuil de dose » sont construites dans le cas de substances pour lesquelles l'effet apparaît quelle que soit la dose reçue et où la probabilité de survenue augmente avec la dose.

La VTR d'une substance est établie à partir des données disponibles sur l'effet de la substance (http://www.sante-environnement-travail.fr ; 2008). Elle est spécifique d'un effet, d'une voie et d'une durée d'exposition. Ainsi, une substance chimique pourra disposer de plusieurs VTR : une pour l'inhalation et une pour l'ingestion par exemple. La VTR s'appuie sur des données animales issues d'études expérimentales ou, lorsqu'elles existent, sur des données humaines issues d'études épidémiologiques. Les VTR sont établies par des organismes sanitaires nationaux ou internationaux. Les étapes et les hypothèses nécessaires à leur élaboration à partir de résultats de tests toxicologiques sont différentes pour les effets considérés comme à seuil de dose et pour ceux sans seuil de dose.

Les VTR se définissent comme suit :

– Effets à seuil et VTR associée (voir le glossaire pour les abréviations et acronymes)

Pour les effets à seuil, il est supposé l'existence d'un seuil de dose en deçà duquel la probabilité d'occurrence de l'effet néfaste chez l'homme est considérée comme nulle. Il est fait l'hypothèse que les mécanismes d'action toxique conduisant à ces effets néfastes surviennent eux-mêmes avec un seuil. Les effets cancérogènes résultant d'un mécanisme non génotoxique appartiennent à cette catégorie.

Les effets cancérogènes ont longtemps été considérés comme des effets sans seuil. Depuis quelques années, seuls les effets cancérogènes génotoxiques suivent cette hypothèse d'absence de seuil. Il peut ainsi exister pour un composé des VTR à seuil pour les effets cancérogènes, coexistantes avec d'autres VTR à seuil (effets non cancérogènes) et des VTR cancérogènes sans seuil.

Pour les substances à effet à seuil, les VTR ont comme démarche d'élaboration, la détermination de l'effet critique, la détermination d'une dose ou d'une concentration critique (No Observed Adverse Effect Level - NOAEL, LOAEL, BMD) et l'utilisation de facteurs d'incertitude. Cette démarche est majoritairement issue d'études sur des animaux. Pour l'obtenir, la valeur de la dose seuil estimée sans effet sur l'animal est divisée par un certain nombre de ces facteurs, dits d'incertitude, Uncertainty Factor, UF. Ces derniers ont généralement des valeurs comprises entre 1 et 10 000, par exemple, pour la variation inter-espèces (la transposition à l'homme d'un seuil obtenu sur l'animal, sachant que les effets qualitatifs observés chez l'animal seront considérés identiques pour l'homme ; 3 à 10), pour la variation de sensibilité inter-individus au sein d'une même espèce (3 à 10), pour l'utilisation d'un LOAEL (3 à 10), pour l'utilisation d'une BMD/BMC (benchmark dose ou concentration) : rapprochement d'une dose sans effet (3), pour l'extrapolation temporelle souvent nécessaire pour passer d'un résultat issu d'une expérience réalisée sur une durée moyenne à une valeur protectrice sur le long terme, pour la prise en compte de la durée de l'étude (subchronique - chronique : 3 à 10), de la sévérité de l'effet (3 à 10), de la fiabilité des données (3 à 10).

Les noms attribués aux VTR et leurs définitions varient en fonction de l'organisme qui les ont établies, dont les principales sont : DJA, DJT / Tolerable Concentration in Air (TCA) pour l'OMS, Oral Reference dosis (RfD) / Reference concentration (RfC) pour l'US EPA, MRL pour l'ATSDR, DJA / CA pour Health Canada, Tolerable Daily Intake (TDI) / TCA pour le RIVM définies dans le glossaire.

Ces VTR sont exprimées respectivement pour la voie orale et la voie inhalation respectivement en (mg/kg/j) ou en (mg/m^3).

– Effets sans seuil et VTR associée (voir le glossaire pour les abréviations et acronymes)

Pour les effets sans seuil, l'hypothèse est qu'il n'y a pas de seuil de toxicité : toute dose peut produire l'effet toxique avec une probabilité donnée. Aussi l'objectif est de disposer d'informations quantitatives permettant de déterminer une dose pour laquelle il est estimé que cette probabilité de survenue de l'effet est « acceptable ». Les effets cancérogènes résultant d'un mécanisme génotoxique appartiennent à cette catégorie.

La VTR associée à des effets sans seuil est la probabilité d'observer un effet néfaste lié à une substance par unité de dose.

La VTR est obtenue à partir d'une extrapolation de la relation dose-réponse observée lors d'une expérimentation sur des animaux ou pour de fortes expositions humaines (le plus souvent professionnelles) vers les faibles ou très faibles valeurs de risque correspondant aux doses des expositions environnementales.

Pour l'US EPA, cette probabilité est souvent exprimée par un excès de risque unitaire. Pour Health Canada, il s'agit de DT0,05 et CT0,05, la dose totale ou concentration générale dans l'air qui induit une augmentation de 5 % de l'indice des tumeurs ou de la mortalité attribuable à des tumeurs. Les VTR s'expriment en mg/kg/j ou en mg/m^3. Health Canada propose de diviser ces valeurs par 5 000 et 50 000 pour assurer une protection similaire à celle donnée par l'ERU, ces particularités techniques rendent son utilisation moins immédiate, cas nécessitant la connaissance de la valeur spécifique à chaque substance étudiée. En effet elles ne sont pas assimilées par Health Canada à des ERU directement utilisables dans une EQRS. Pour le CR du RIVM, la VTR s'exprime comme la quantité ou la concentration de substance induisant un excès de risque cancérogène (souvent de l'ordre de 10^{-4}, soit 1 cas de cancer additionnel pour 10 000 individus) ; le CRo est exprimé en mg/kg/j et le CRi en mg/m^3.

A la VTR associée, les noms attribués aux VTR et leurs définitions varient en fonction de l'organisme qui les ont établies : ERU / Slope Factor - Sf (US EPA (IRIS) / OMS) / URF, CPF (OEHHA), qui correspondent à la probabilité par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu de développer un cancer s'il est exposé pendant sa vie entière à une unité de dose ou de concentration de la substance cancérogène.

Ces VTR sont exprimées pour la voie orale et la voie inhalation respectivement en $(mg/kg/j)^{-1}$ ou en $(mg/m^3)^{-1}$.

Annexe 5-b

Définitions des classes de cancérogénicité de l'UE, l'US EPA, du CIRC/IARC

Classement des substances étudiées

Les définitions des classes de cancérogénicité de l'UE, l'US EPA, du CIRC/IARC sont indiquées ci-après.

- La classification de l'US EPA prend en compte toutes les données humaines et animales, qu'elles soient positives ou négatives. Six classes sont définies :
  - Classe A : substance cancérigène pour l'homme.
  - Classe B1 : substance probablement cancérigène pour l'homme. Des données limitées chez l'homme sont disponibles.
  - Classe B2 : substance probablement cancérigène pour l'homme. Il existe des preuves suffisantes chez l'animal et des preuves non adéquates ou pas de preuve chez l'homme.
  - Classe C : cancérigène possible pour l'homme.
  - Classe D : substance non classifiable quant à la cancérogénicité pour l'homme.
  - Classe E : substance pour laquelle il existe des preuves de non cancérogénicité pour l'homme.
- La classification du CIRC ne retient que les données positives humaines ou animales. Cinq classes sont définies :
  - Groupe 1 : l'agent (ou le mélange) est cancérigène pour l'homme.
  - Groupe 2A : l'agent (ou le mélange) est probablement cancérigène pour l'homme : indices limités de cancérogénicité chez l'homme et indices suffisants de cancérogénicité pour l'animal de laboratoire.
  - Groupe 2B : l'agent (ou le mélange) pourrait être cancérigène pour l'homme : indices limités de cancérogénicité chez l'homme et indices pas tout à fait suffisants de cancérogénicité pour l'animal de laboratoire.
  - Groupe 3 : l'agent (ou le mélange) ne peut être classé pour sa cancérogénicité pour l'homme.
  - Groupe 4 : l'agent (ou le mélange) n'est probablement pas cancérigène pour l'homme.

♦ L’Union Européenne (Communauté Européenne, 1993) classe les substances, en vue de leur étiquetage, en 3 catégories:

– première catégorie : substances que l'on sait être cancérigènes pour l'homme : on dispose de suffisamment d'éléments pour établir une relation de cause à effet entre l'exposition de l'homme à de telles substances et l'apparition d'un cancer ;

– deuxième catégorie : substances devant être assimilées à des substances cancérogènes pour l'homme : on dispose de suffisamment d'éléments pour justifier une forte présomption que l'exposition de l'homme à de telles substances peut provoquer un cancer ;

– troisième catégorie : substances préoccupantes pour l'homme en raison d'effets cancérogènes possibles mais pour lesquelles les informations disponibles ne permettent pas une évaluation suffisante.

Les symboles et les phrases de risques particuliers ci-après s’appliquent :

- <u>Pour les première et deuxième catégories</u> :

symbole T (toxique)

phrase R45 (peut provoquer le cancer)

ou phrase R49 (peut provoquer le cancer par inhalation)

- <u>Pour la troisième catégorie</u> :

symbole Xn (nocif)

phrase R40 (possibilité d’effets irréversibles

Classement des substances étudiées

Les informations ci-dessous sont extraites des fiches de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques INERIS.

Antimoine

Union Européenne

Le trioxyde d'antimoine (JOCE, 1994), le trichlorure d'antimoine (JOCE, 1998), le pentachlorure d'antimoine (JOCE, 2004) et les composés de l'antimoine à l'exception du tétroxyde (Sb_2O_4), du pentoxyde (Sb_2O_5), du trisulfure (Sb_2S_3), du pentasulfure (Sb_2S_5) et de ceux nommément cités dans l'annexe (JOCE, 2004) ont été examinés mais ne sont pas classés quant à leur caractère reprotoxique par l'Union européenne.

CIRC – IARC

Le trioxyde d'antimoine est classé dans le groupe 2B (l'agent pourrait être cancérigène pour l'homme).

Le trisulfure d'antimoine est classé dans le groupe 3 (l'agent ne peut être classé pour sa cancérogénicité pour l'homme).

US EPA (IRIS)

L'antimoine ne fait pas l'objet d'une classification par l'US EPA.

Argent

Union Européenne

L'argent n'a pas fait l'objet d'une classification.

CIRC – IARC

L'argent n'a pas fait l'objet d'une classification.

US EPA (IRIS)

Arsenic : Classe D, substance non classifiable quant à la cancérogénicité pour l'homme.

Arsenic

Union Européenne

Compte tenu du nombre important de dérivés de l'arsenic, seuls sont pris en considération les dérivés les plus courants ayant fait l'objet d'une classification par l'Union Européenne.

Pentoxyde d'arsenic (JOCE, 1998), trioxyde d'arsenic (JOCE, 1998), arséniate de plomb (JOCE, 1998), l'acide arsénique et ses sels (JOCE, 1998) : première catégorie : « substances que l'on sait être cancérogènes pour l'homme ».

Arsenic : non classé cancérigène (JOCE, 2004).

CIRC – IARC

Arsenic et ses composés : Groupe 1 : l'agent (ou le mélange) est cancérigène pour l'homme (1987).

Cette classification s'applique à l'ensemble du groupe mais pas nécessairement à chacun des agents.

US EPA (IRIS)

Arsenic : Classe A : substance cancérigène pour l'homme (1998).

Cadmium

Union Européenne

Cadmium : catégorie 2 : substance devant être assimilée à des substances cancérogènes pour l'homme (JOCE, 2004).

Chlorure de cadmium : catégorie 2 : substance devant être assimilée à des substances cancérogènes pour l'homme (JOCE, 2004).

Oxyde de cadmium : catégorie 2 : substance devant être assimilée à des substances cancérogènes pour l'homme (JOCE, 2004).

Sulfate de cadmium : catégorie 2 : substance devant être assimilée à des substances cancérogènes pour l'homme (JOCE, 2004).

Sulfure de cadmium : catégorie 2 : substance devant être assimilée à des substances cancérogènes pour l'homme (JOCE, 2004).

CIRC – IARC

Groupe 1 : l'agent (ou le mélange) est cancérigène pour l'homme (1993).

US EPA (IRIS)

Classe B1 : substance probablement cancérigène pour l'homme (1987).

Chrome

Union Européenne

Compte tenu du nombre de dérivés du chrome, sont pris en considération les dérivées les plus courants ayant fait l'objet d'une classification pour l'U.E.

Composés du chrome VI :

Trioxyde de chrome (JOCE, 2004), chromates de zinc (JOCE, 1996), première catégories « substances que l'on sait cancérigènes pour l'homme ».

Dichromate de sodium (JOCE, 2004), dichromate d'amonium Dichromate de sodium (JOCE, 2004), Dichromate d'ammonium (JOCE, 2004), Chromate de sodium (JOCE, 2004), Chromate de calcium (JOCE, 1996), Dichromate de potassium (JOCE, 2004), Dichloro-dioxyde de chrome (JOCE, 1996), Chromate de strontium (JOCE, 1996), Chromate de potassium (JOCE, 1996) : catégorie 2: «substances devant être assimilées à des substances cancérogènes pour l'homme.

Chromate de plomb (JOCE, 1998), Molybdène orange (JOCE, 1998, 2000) : catégorie 3 : « substances préoccupantes pour l'homme en raison d'effets cancérogènes possibles »

CIRC – IARC

Composés du chrome VI : groupe 1 : « l'agent (ou le mélange) est cancérigène pour l'homme » (1990).

Composés du chrome Ill : groupe 3 : « l'agent (ou le mélange) ne peut être classé pour sa cancérogénicité pour l'homme » (1990).

US EPA (IRIS)

Composés du chrome VI : groupe A pour l'exposition par inhalation : « substance cancérigène pour l'homme » (1998).

Composés du chrome VI : groupe D pour l'exposition par voie orale : « substance non classifiable quant à sa cancérogénicité pour l'homme » (1998).

Composés du chrome Ill : groupe D : « substance non classifiable quant à sa cancérogénicité pour l'homme » (1998).

Cuivre

Union Européenne

Le chlorure cuivreux (JOCE, 1998), l'oxyde cuivreux (JOCE, 2004), le sulfate de cuivre (JOCE, 1998) ont été examiné par l'Union Européeenne mais non pas été classés cancérigène.

CIRC – IARC

Classe 3 : le 8-hydroxyquinoléate de cuivre ne peut être classée pour sa cancérogenicité pour l'homme (1987).

Pour le cuivre et autres composés, il n'existe pas de classification.

US EPA (IRIS)

Classe D : substance non classifiable quant à sa cancérogenicité pour l'homme (1991).

Etain

Union Européenne

L'étain n'a pas fait l'objet d'une classification.

CIRC – IARC

L'étain n'a pas fait l'objet d'une classification.

US EPA (IRIS)

L'étain n'a pas fait l'objet d'une classification.

Nickel

Union Européenne

Le dioxyde de nickel (JOCE, 2001), le sous sulfure de nickel (JOCE, 2001), le monoxyde de nickel (JOCE, 2001), le sulfure de nickel (JOCE, 2001) et le trioxyde de di-nickel (JOCE, 2001) sont classés dans la catégorie 1 (substances que l'on sait être cancérogènes pour l'homme).

Le nickel (JOCE, 1993), le carbonate de nickel (JOCE, 1998), le tétracarbonylnickel (JOCE, 1998), le dihydroxyde de nickel (JOCE, 1998) et le sulfate de nickel (JOCE, 1998) sont classés dans la catégorie 3 (substances préoccupantes pour l'homme en raison d'effets cancérogènes possibles).

CIRC – IARC

Les composés du nickel sont classés dans le groupe 1 (cancérigène pour l'homme).

Le nickel métallique est classé dans le groupe 2B (probablement cancérigène pour l'homme).

US EPA (IRIS)

Le sous sulfure de nickel et les poussières de raffinerie de nickel sont classés dans la classe A (substances cancérigènes pour l'homme) (1991b).

Le tétracarbonyl nickel est classé dans la classe B2 (substances probablement cancérigènes pour l'homme) (1991c).

Plomb

Union Européenne

Chromates, acétate de plomb, sulfochromates et sulfochromates molybdates de plomb : Catégorie 3.

CIRC – IARC

Plomb et dérivés inorganiques :

Groupe 2A.

US EPA (IRIS)

Plomb et dérivés inorganiques :

Classe B2 (1993).

Zinc

Union Européenne

Zinc poudre : non classé (JOCE, 2004).

Chlorure de zinc : non classé (JOCE, 2004).

Oxyde de zinc : non classé (JOCE, 2004).

Phosphate de zinc : non classé (JOCE, 2004).

Sulfate de zinc : non classé (JOCE, 2004).

Pour information, les chromates de zinc sont classés en catégorie 1 : "substances que l'on sait être cancérogènes pour l'homme". Ces composés sont des dérivés du chrome VI et nous renvoyons donc à la fiche du chrome pour de plus amples renseignements.

CIRC – IARC

Le zinc et ses dérivés n'ont pas fait l'objet d'une classification par l'IARC.

US EPA (IRIS)

Zinc et ses dérivés : Classe D : « substances non classifiables quant à leur cancérogénicité pour l'homme »(1991).

Annexe 5-c

Démarche de choix des valeurs toxicologiques de référence

Choix des valeurs toxicologiques de référence

Démarche de choix des valeurs toxicologiques de référence

Les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) ont été sélectionnées conformément aux instructions du ministère en charge de la santé (cf. Note d'information N°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 [75]), relative aux modalités de sélection des VTR, comme repris dans la lettre de la Ministre aux Préfets du 8 février 2007 et ses annexes (MEDD, 2007).

Les VTR retenues sont issues d'un choix parmi celles proposées par les organismes et agences reconnues, et classiquement consultées, que sont :

– ANSES - Agence Nationale de Sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

– ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. htpp://www.atsdr.cdc.gov/ toxpro2.html

– OEHHA - Office of Environmental Health Hazard Assessment, Agency Oakland California. http://www.oehha.ca.gov/risk/ChemicalDB/index.asp

– RIVM - Rijksinstituut voor volksgezondheid en milieu (national institute of public health and environment) (2001) - Re-evaluation of human-toxicological maximum permissible risk levels, report 711701 025, March 2001 - http:/www.rivm.nl

– Santé Canada - VTR Substances. http://www.hc-sc.gc.ca/francais/

– US EPA : IRIS - Integrated Risk Information System - U.S. Environmental Protection Agency. http://www.epa.gov/ngispgm3/iris/

Dans le cadre de la présente étude, a également été consulté l'organisme suivant :

– FoBiG - Forschungs und Beratungsinstitut Gefahrstoffe (Institut de Recherche allemand sur les dangers des substances chimiques).

En outre, la position de l'INERIS est de proposer la meilleure approche au vu des connaissances disponibles ; le niveau d'approfondissement vers la meilleure connaissance disponible, comme tout aspect des études, sera proportionné aux enjeux.

Ainsi, ont été pris en compte les avis d'experts toxicologiques lorsqu'ils étaient disponibles pour les substances étudiées, notamment ceux de l'INERIS.

Les VTR retenues sont issues d'une démarche de sélection approfondie de la part de l'INERIS. La méthodologie de réalisation du choix approfondi de VTR est basée sur celle décrite par Doornaert (2006) et INERIS (2005).

Un choix parmi les différentes valeurs disponibles est réalisé pour chacune des voies d'exposition, pour des durées d'exposition chroniques pour les effets avec et sans seuil. La justification scientifique des valeurs retenues est basée sur les VTR

---

75 La démarche de choix des VTR indiquée n'empêche pas une démarche approfondie conduite par des toxicologues, comme explicités ci-après.

disponibles. Selon les substances, le niveau de détail apporté dans la justification dépend du volume des données disponibles et de leur qualité.

De manière générale, les VTR élaborées à partir d'études épidémiologiques sont privilégiées. Une analyse de la qualité de chaque étude clef est pratiquée ainsi que celle des différents paramètres servant à l'élaboration de chaque VTR : effet critique, dose ou concentration critique, méthode de calcul et choix des facteurs d'incertitude. Seule la VTR la plus pertinente est alors retenue.

Les extrapolations voie à voie ne sont pas conseillées pour des effets à seuil et seront donc rarement retenues pour les VTR élaborées pour ce type d'effet. En revanche, l'extrapolation voie à voie peut être retenue pour les VTR élaborées pour des effets sans seuil, dans la mesure où le nombre d'études disponibles permettant l'établissement d'une VTR est très souvent limité. Cette extrapolation n'est alors envisageable que sous réserve qu'il soit clairement démontré que des effets cancérigènes sont observés pour les deux voies d'exposition considérées.

Les valeurs proposées par les organismes précités dans des documents non finalisés, en version projet (DRAFT) ne sont pas retenues dans les choix.

Les valeurs provisoires sont analysées au même titre que les autres VTR, la notion de « provisoire » étant alors considérée comme une limite de confiance émise par l'organisme qui l'élabore. De ce fait, ces valeurs provisoires sont rarement préférées lorsque d'autres valeurs sont disponibles. Les valeurs identifiées dans des tableaux récapitulatifs et non justifiées par les organismes qui les proposent, ne sont pas prises en considération dans le présent choix.

Les valeurs guides long terme de l'OMS et l'ANSES ne sont retenues que dans la mesure où elles sont construites selon le même principe que les VTR.

Si une seule valeur est disponible, l'analyse critique de sa validité est réalisée.

Si la ou les valeurs disponibles sont jugées de faible qualité mais qu'au regard des risques pour les populations exposées, il est indispensable de disposer d'une valeur, celle-ci est malgré tout retenue mais la mention « par défaut » permettra d'alerter sur les limites de sa qualité.

En l'absence de valeur disponible, il n'est pas proposé de valeur.

Cette approche de choix approfondi réalisé par l'INERIS ne déroge pas à la circulaire de la DGS (Note d'information N°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014), tenant compte de la meilleure approche au vu des connaissances disponibles.

Choix des valeurs toxicologiques de référence

Les choix de VTR présentés ci-après sont des choix INERIS tenant compte de la méthodologie présentée précédemment, et pour certains mentionnés dans les fiches de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques de l'INERIS actuellement disponibles sur Internet.

Argent

Effets à seuil

La seule VTR disponible est celle proposée par l'US EPA de 0,005 mg/kg.j.

Antimoine

Effets à seuil

La VTR retenue pour une exposition chronique par voie orale à l'antimoine est la valeur de 4.10^{-4} mg. $kg^{-1}.j^{-1}$ de l'US EPA.

Trois VTR sont proposées par l'OMS, l'US EPA et le RIVM.

La valeur de l'US EPA est construite à partir d'une étude chronique réalisée avec du tartrate d'antimoine (Schroeder *et al*., 1970) et portant sur des effets critiques biochimiques (glucose sanguin et cholestérol). Un facteur d'incertitude de 1 000 (10 x 10 x 10) a été utilisé pour tenir compte des paramètres inter- et intra-espèces ainsi que de l'utilisation d'un LOAEL.

L'OMS se base sur une étude sub-chronique plus récente, utilisant du tartrate d'antimoine et de potassium mais pour laquelle les effets critiques sont le gain de poids corporel et la diminution de la prise alimentaire. Ces deux études sont sensiblement équivalentes mais la durée de l'étude sélectionnée par l'US EPA est plus adaptée et les effets critiques retenus pour la construction de la VTR de l'US EPA sont cohérents par rapport au profil toxicologique de la substance.

Enfin, en 2009, le RIVM reprend intégralement la valeur de l'OMS.

L'INERIS propose la valeur de l'US EPA pour des expositions chroniques par voie orale.

Arsenic

Effets à seuil

La VTR retenue pour une exposition chronique à l'arsenic par voie orale est la valeur du FoBIG (2009) de $4{,}5.10^{-4}$ $mg.kg^{-1}.j^{-1}$.

Plusieurs organismes proposent des valeurs pour des expositions chroniques par voie orale.

Les VTR chroniques proposées par l'US EPA et l'ATSDR pour la voie orale sont identiques. Les mêmes études clefs ont été retenues et le même raisonnement a été suivi.

La valeur établie par le RIVM est basée sur la VTR provisoire de l'OMS en 1996, sans aucune mention des études sources. Or, dans son nouveau rapport de 2008, l'OMS ne propose plus de VTR pour l'arsenic.

L'OEHHA (2008) a élaboré une VTR, à partir d'études épidémiologiques récentes (Wasserman et *al.,* 2004 ; Tsai et *al.,* 2003). L'effet critique correspond à une diminution des capacités intellectuelles et des altérations du comportement chez 200 enfants âgés de 10 ans, exposés depuis leur naissance *via* l'eau de boisson. Cette population constituant une population sensible est très intéressante mais de taille limitée pour une étude épidémiologique. Ces effets apparaissent pour des doses très faibles, inférieures à celles entraînant des effets cutanés. Cette VTR est de bonne qualité mais probablement un peu trop sécuritaire du fait de la population retenue dans l'étude clef.

Enfin en 2009, le Forschungs und Beratungsinstitut Gefahrstoffe (FoBiG) a dérivé une VTR à partir d'une étude transversale de plus de 10 000 personnes (Ahsan et *al.,* 2006), dans laquelle les variations des lésions cutanées observées, en fonction du sexe et du statut nutritionnel, ont été prises en compte dans l'élaboration de la relation dose/réponse. Une $BMDL_{05}$ a de plus été calculée et prise comme point de départ à l'élaboration de la VTR. Cette VTR est donc la plus solide et prend en compte les données épidémiologiques les plus récentes ainsi que la population la plus représentative.

Habituellement, l'INERIS ne regarde pas de manière systématique les valeurs proposées par le FoBiG, toutefois, compte tenu de la qualité de l'étude sur laquelle repose cette VTR et de la qualité de sa construction, l'INERIS préconise de retenir cette VTR dans le cas d'une exposition chronique par voie orale.

Effets sans seuil

La VTR retenue pour une exposition chronique à l'arsenic par voie orale est la valeur proposée par l'OEHHA (2009) et l'US EPA (1998) qui est de 1,5 $(mg.kg^{-1}.j^{-1})^{-1}$.

L'OEHHA et l'US EPA proposent la même valeur. La valeur établie par Santé Canada présente des contradictions entre le texte explicatif et le tableau de valeurs utilisé. Ainsi, Santé Canada précise que le potentiel cancérigène de l'arsenic est 10 fois supérieur chez l'homme par rapport à la femme, mais sans impact de l'âge sur ce potentiel est plus grand chez la femme. Ainsi, les TD0,05 sont similaires chez la femme et chez l'homme car les deux éléments se compenseraient. Mais lorsque l'on regarde le tableau de valeurs, il apparaît que la femme est plus sensible que l'homme. L'INERIS préconise donc de retenir les valeurs de l'OEHHA et de l'US EPA, même si la consommation d'eau journalière chez la population taïwanaise pris en compte n'est pas la même pour l'élaboration de la VTR pour les effets à seuil et pour les effets sans seuil.

Cadmium

Effets à seuil

La VTR retenue pour une exposition chronique par voie orale au cadmium est la valeur de l'EFSA de $3{,}6.10^{-4}$ $mg.kg^{-1}.j^{-1}$.

Plusieurs organismes proposent des valeurs : l'ATSDR, l'OMS, l'OEHHA, l'US EPA, le RIVM, Santé Canada mais également l'European Food Safety Autority (EFSA).

Compte tenu du manque de transparence de l'élaboration de la valeur de Santé Canada, celle-ci n'est pas retenue.

La VTR de l'ATSDR est basée sur les atteintes rénales à partir du dosage de la β_2-microglobinurie.

L'US EPA, le RIVM, l'OEHHA et l'OMS proposent une VTR basée sur le même critère d'effet : l'apport de cadmium ne doit pas dépasser 1.10^{-3} mg $Cd.kg^{-1}.j^{-1}$. Les informations prises en compte dans la littérature sont de bonne qualité et le même raisonnement a été tenu pour établir les facteurs de sécurité. Les valeurs proposées par l'OEHHA et le RIVM peuvent être retenues car elles prennent un facteur de sécurité de 2 supplémentaire par rapport à l'US EPA. Par ailleurs, la valeur établie par l'OMS est provisoire. L'INERIS conseille en général de ne pas retenir les valeurs provisoires.

Enfin, la valeur de l'EFSA est basée sur le dosage de la β2-microglobinurie mais prend en compte les méta-analyses et les apports journaliers. Il s'agit donc de la valeur la plus récente qui tient compte de l'ensemble des données disponibles. La démarche parait recevable et la valeur proposée est proche des autres, c'est donc cette valeur que l'INERIS retient.

Chrome

Les VTR attribuées au chrome dépendent de sa valence (trivalent ou hexavalent).

Chrome III, sels insolubles de chrome

Effets à seuil

Deux organismes proposent des valeurs le RIVM et l'US EPA.

La valeur de l'US EPA est établie à partir d'une étude expérimentale chez le rat (Ivankovic et Preussman, 1975). Un NOAEL est retenu. Un facteur de 100 tient compte à la fois de l'extrapolation des données expérimentales à l'homme et de la différence de sensibilité au sein de l'espèce humaine. Un autre facteur de 10 tient compte du manque de données expérimentales disponibles.

La valeur proposée par l'US EPA de 1,5 $mg.kg^{-1}.j^{-1}$ est celle retenue car c'est la seule pour laquelle l'étude source est clairement rapportée ainsi que la démarche d'élaboration de la VTR.

A titre informatif, pour une exposition chronique par voie orale aux sels solubles de chrome III la valeur de 5.10^{-3} $\mu g.kg^{-1}.j^{-1}$ est proposée par le RIVM. Seul le RIVM propose une valeur pour les sels solubles de chrome (III). Cette valeur est établie à partir d'une étude expérimentale utilisant l'acétate de chrome (III) (très soluble). Un NOAEL est retenu. Un facteur 10 est appliqué pour l'extrapolation des données expérimentales à l'homme et un facteur 10 pour tenir compte des différences de sensibilité au sein de l'espèce humaine. Cependant, en l'absence d'une description complète de l'élaboration de cette valeur, celle-ci n'est pas retenue dans la présente étude.

Chrome VI

Effets à seuil

Parmi les deux VTR disponibles pour des expositions chroniques par voie orale au chrome VI proposées par l'US EPA et l'ATSDR, la valeur de 0,0009 mg/kg/j (ATSDR - 2012) est retenue après un choix approfondi de l'INERIS.

Effets sans seuil

A l'issue d'un choix approfondi de l'INERIS, la VTR pour des expositions chroniques par voie orale au chrome VI de 0,42 $(mg/kg/j)^{-1}$ (OEHHA - 2002) n'était pas retenue, cette dernière ayant par ailleurs été supprimée par l'OEHHA de sa base de données.

En 2014, l'OEHHA propose une nouvelle valeur de 0,5 $(mg/kg/j)^{-1}$. En l'absence de choix approfondi actuellement conduit par l'INERIS, cette VTR est retenue par défaut dans le cadre d'un choix conservatoire.

Cuivre

Effets à seuil

La VTR retenue pour des expositions chroniques par voie orale au cuivre est la valeur de 140 µg.kg-1.j-1 du RIVM.

La valeur du RIVM est la seule valeur établie pour des expositions autres que celle par l'eau de boisson. Elle est basée sur une étude chronique chez la souris et retient comme critère d'effet la diminution de l'espérance de vie (Massie et Aiello, 1984). Cette valeur prend également en compte les résultats des études chez l'homme ce qui modifie les critères habituels d'application des facteurs d'incertitude. Le RIVM considère que sa valeur est de fiabilité moyenne. La démarche est claire et cohérente. L'INERIS propose de retenir cette valeur.

Etain

Effets à seuil

Deux organismes proposent une VTR pour une exposition chronique par voie orale, l'OMS et le RIVM (2009).
Les deux valeurs sont basées sur la même étude source.
La valeur de l'OMS a été établie de manière provisoire en 1988 et a été reconfirmée en 2000 par le JECFA sans modification. Cette valeur est basée sur une étude sub-chronique chez le rat (De Groot *et al.*, 1973). Un NOAEL est retenu et un facteur d'incertitude de 10 est appliqué pour tenir compte des différences inter-espèces. Cette valeur est citée dans un document de l'EFSA en 2005. Ainsi, bien qu'elle soit toujours proposée sous forme de valeur provisoire, elle a été maintenue lors des différentes mises à jour.
Le RIVM reprend le travail de l'OMS et propose d'ajouter un facteur d'incertitude de 2 pour prendre en compte durée d'exposition. Cette démarche argumentée paraît justifiée. Ainsi, l'INERIS préconise de retenir la valeur du RIVM.

Nickel

Effets à seuil

La VTR retenue pour des expositions chroniques au nickel par voie orale est la valeur proposée pour le nickel (sels solubles) par l'OEHHA (2012) et l'OMS (2011), la VTR la plus conservatoire.

Plomb

Effets à seuil

La VTR retenue pour des expositions chroniques au plomb inorganique par voie orale est la valeur proposée récemment par l'ANSES (2013) de 0,63 µg/kg/j. Cette valeur correspond à une plombémie de 15 µg/l tant pour l'enfant que pour l'adulte.

Effets sans seuil

Seul l'OEHHA (2009) propose une VTR sans seuil de 0,0085 $(mg.kg^{-1}.j^{-1})^{-1}$, qui est actuellement retenue.

Zinc

Effets à seuil

La VTR retenue pour des expositions chroniques au zinc par voie orale est la valeur de l'US EPA et de l'ATSDR de 3.10^{-1} $mg.kg^{-1}.j^{-1}$.

Quatre VTR sont proposées par l'ATSDR, l'US EPA, le RIVM et l'OMS pour des expositions chroniques au zinc par voie orale. La valeur de l'OMS est une valeur provisoire ancienne. La valeur proposée par le RIVM prend en compte un facteur d'incertitude de 2, valeur non conventionnelle qui n'est pas justifiée par l'organisme. Les valeurs de l'US EPA et de l'ATSDR sont élaborées à partir de la même étude épidémiologique (Yadrick et *al.*, 1989) et retiennent comme effet critique les effets sur la biochimie sanguine (diminution de l'hématocrite, de la ferritine sanguine et de l'activité de la superoxyde dismutase érythrocytaire). Le même facteur d'incertitude de 3 a été appliqué car l'étude concerne une population sensible et également car le zinc est un nutriment essentiel. Il est cohérent par rapport à cette étude.

Annexe 5-d

Effets observés chez l'adulte et l'enfant en fonction de la plombémie minimale (d'après (INSERM, 2006))

Enfants	Plombémie ($\mu g.L^{-1}$)	Adultes
		Décès
	1 500	
Décès		Douleurs abdominales
	1 000	Encéphalopathie
Encéphalopathie		
		Longévité diminuée Troubles de la mémoire, effets sur l'habileté manuelle
Douleurs abdominales		Effets sur la thyroïde
	500	
		↘ Vitesse de conduction nerveuse Neuropathie périphérique
	400	Anémie Effets musculo-squelettiques
		Pression artérielle systolique ↗ (hommes)
Altération synthèse hémoglobine Effets sur les reins ↘ Métabolisme de la vitamine D	300	Altération de la synthèse d'hémoglobine
		Effets sur le système immunitaire ↘ Acuité auditive
		↗ Protoporphyrines urinaires (hommes)
↘ Vitesse de conduction nerveuse Anémie	200	Néphropathie
		↗ Protoporphyrines urinaires (femmes)
↗ Protoporphyrines urinaires	150	
	100	
↘ QI	10	
↘ Acuité auditive		
↘ Croissance		
Passage placentaire		

Annexe 6

Extrait du rapport du HCSP publié en juillet 2014, intitulée « Expositions au plomb : détermination de nouveaux objectifs de gestion »[76]

[76] Le lien vers le document est http://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=444

Haut Conseil de la Santé Publique

Détermination de nouveaux **objectifs de gestion** des expositions au **plomb**

Synthèse et recommandations

Actuellement, la concentration de plomb dans le sang (ou plombémie) qui définit règlementairement le saturnisme infantile et implique la déclaration du cas aux autorités sanitaires départementales et le déclenchement de l'enquête environnementale est de 100 µg/L. Cependant, des effets nocifs du plomb sur la santé sont démontrés pour des plombémies inférieures à 100 µg/L chez les jeunes enfants, les adolescents, les adultes et la femme enceinte.

En conséquence, le HCSP préconise une politique de réduction des expositions au plus bas niveau possible pour tenir compte des effets sans seuil du plomb.

Pour 2017, il fixe les objectifs suivants de **diminution de la plombémie de la population générale** :

- une plombémie moyenne (géométrique) attendue de 12 µg/L ;
- 98 % de la population avec une plombémie inférieure à 40 µg/L.

Par ailleurs, il recommande de cibler les actions de dépistage, de prise en charge médicale et de prévention des intoxications sur personnes les plus exposées.

Rappelant les facteurs de risques individuels devant conduire à un dépistage chez les enfants (<7 ans) et les femmes enceintes, le HCSP propose **deux niveaux de plombémie pour organiser la prévention** du saturnisme infantile:

- ***un niveau d'intervention rapide*** de 50 µg/L, impliquant la déclaration obligatoire du cas, déclenchant une enquête environnementale et l'ensemble des mesures collectives et individuelles actuellement déclenchées lorsque la plombémie est égale ou supérieure à 100 µg/L ; il s'agirait donc de la nouvelle définition opérationnelle du saturnisme infantile ;
- ***un niveau de vigilance*** de 25 µg/L; son dépassement indique l'existence probable d'au moins une source d'exposition au plomb dans l'environnement et justifie une information des familles sur les dangers du plomb et les sources usuelles d'imprégnation, ainsi qu'une surveillance biologique rapprochée accompagnée de conseils hygiéno-diététiques visant à diminuer l'exposition.

Ces nouveaux niveaux de référence devront être actualisés tous les 10 ans.

Des **valeurs d'alerte** sont également proposées **pour les principales sources de plomb dans l'environnement** (sols, poussières de maisons, eau du robinet). Selon le seuil et le milieu concerné, le dépassement implique de mesurer la plombémie des personnes exposées et/ou une analyse approfondie du risque.

Le HCSP préconise enfin que l'ensemble des données recueillies sur la contamination par le plomb des milieux de contact (sols, poussières de maison, eau de boisson) et des individus (plombémie), assorties d'informations caractérisant les sujets et les conditions d'exposition, soient enregistrées pour **constituer une base de données nationale**, outil de connaissance et de gestion.

Haut Conseil de la santé publique
14 avenue Duquesne
75350 Paris 07 SP
www.hcsp.fr

« Concentration moyenne entraînant un dépistage du saturnisme (plombémie attendue > 50 µg/L chez environ 5 % des enfants) :

- *Sols : 300 mg(Pb)/kg(sol) ;*
- *Poussières déposées dans les logements : 70 µg/m²*
- *Eau de boisson : 20 µg/L*

Pour l'autre cas, en lien avec "la définition d'un "niveau de vigilance" proposé par le HCSP correspondant à une plombémie supérieure à 24 µg/L (mais inférieure à 50 µg/L)", il n'y a pas de valeur concentration proposée dans les poussières déposées dans les logements.

"Ce niveau n'implique pas de dépistage mais un suivi et des conseils.

Cependant, dans le cas particulier des sols d'espaces collectifs habituellement fréquentés par des enfants (aire de jeu, cour de récréation, parc public, jardins municipaux partagés, etc.), lorsque les teneurs atteignent des niveaux susceptibles d'induire une exposition des enfants présents localement telle que la plombémie attendue est supérieure ou égale à 25 µg/L chez au moins 5 % des enfants (soit pour des teneurs moyennes supérieures à 100 ppm dans le sol), une évaluation des risques fondée sur la VTR proposée par l'Efsa et prenant en compte les conditions locales d'exposition, est nécessaire dans le but d'évaluer la nécessité et d'aider au dimensionnement des mesures de gestion à mettre en œuvre. Cette évaluation des risques devra être suivie d'une analyse technico-économique pour déterminer

- *les mesures de gestions spécifiques à ce site. Dans le contexte d'un quartier d'habitat ancien aux peintures dégradées, on pourrait être amené à mesurer le plomb dans les poussières de maison. La découverte de*
- *valeurs supérieures à 25 µg(Pb)/m² (mais inférieures à 70 µg(Pb)/m²) devrait conduire à donner des conseils hygiéno-diététiques aux familles et l'accompagnement social approprié. »*

[VTR : valeur toxicologique de référence]

INERIS

maîtriser le risque
pour un développement durable

Institut national de l'environnement industriel et des risques

Parc Technologique Alata
BP 2 - 60550 Verneuil-en-Halatte

Tél. : +33 (0)3 44 55 66 77 - Fax : +33 (0)3 44 55 66 99

E-mail : ineris@ineris.fr - **Internet** : http://www.ineris.fr