

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

Version anonymisée / données personnelles - février 2023

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

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 bioaccessibilité	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 [REDACTED] [REDACTED].....	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) aiguës 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 XIX^{ème} 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 XIX^{ème} 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 pollués, 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/m ²	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 m² évaluée à 0,33 mg/m², ainsi en multipliant par 3 la concentration surfacique (µg/m²) est obtenue la concentration massique (µg/g).

Recommandations

COMMUNICATION

Informez 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.

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.

MILIEU D'EXPOSITION : SOL³

Zone de « Pontgibaud-Stade »

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 [REDACTED] [REDACTED] 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]**

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 mesurées⁵.

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.

Recommandations

Zone de « Pontgibaud-Stade »

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]**

Zone de « Roure/ Les Rosiers »

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]**

Zone de « Pontgibaud-Stade »

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]**

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.

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.

Recommandations	
<p><u>Zone de « Roure/ Les Rosiers »</u></p> <p>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) :</p> <p>– 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]</p>	<p>Mise en place de mesures d'information de la population locale, rappelant les règles d'hygiène, comme le lavage soigné des mains des enfants.</p> <p>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.</p> <p>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.</p>
MILIEU D'EXPOSITION : VEGETAUX POTAGERS AUTOPRODUITS	
<p>Sur l'ensemble des zones investiguées comportant des zones de jardins potagers dans la zone de « Pontgibaud-Stade » :</p> <p>– Scénario- 5b, 13 [concentrations en Pb de 3 140 et 7 370 mg/kg, et en As de 160 et 270 mg/kg]</p>	<p>En rappel, les investigations de terrain ayant été effectuées en période hivernale, aucune caractérisation de végétaux potagers n'a été réalisée.</p> <p>Cependant, au regard des concentrations significatives en plomb et arsenic dans les sols, les recommandations proposées sont, en concertation avec les instances sanitaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> – l'information de la population locale en rappelant les règles suivantes : <ul style="list-style-type: none"> • 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. <p>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.</p>
MILIEUX D'EXPOSITION : EAUX SOUTERRAINES	
<p>Zone de « Roure/ Les Rosiers »</p>	<p>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.</p>
MILIEUX D'EXPOSITION : EAUX DE SURFACE	
<p><u>Zone de « Pontgibaud-Stade »</u></p> <p><i>[concentrations en Pb et en As de l'ordre de 8 µg/l dans les eaux]</i></p> <p><u>Zone de « Roure/ Les Rosiers »</u></p> <p><i>[concentrations en Pb de 0,5 à 564 µg/l et en As de 6 à 50 µg/l dans les eaux]</i></p>	<p>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).</p>

Recommandations	
AMENAGEMENTS ACTUELS ET FUTURS DES ZONES	
Zones de « Pontgibaud-Stade » et de « Roure/ Les Rosiers »	<p>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.</p> <p>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.</p>
BETAILS (SOLS DES PATURAGES ET EAUX DE SURFACE)	
<p>Zone de « Roure/ Les Rosiers »</p> <p>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]</p>	<p>Accès limité du bétail à ces zones de pâturages, de berges ainsi qu'à l'eau des cours d'eau.</p> <p>En complément de ces recommandations concernant les zones de pâturages :</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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.
<p>Zone de « Pontgibaud-Stade »</p> <p>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]</p> <p>Zones de pâturages au Nord Est ()m) du complexe sportif de Pontgibaud [concentrations en Pb de 6 200 et en As de 430 mg/kg dans les sols]</p>	<p>Accès limité du bétail à ces zones de pâturages.</p> <p>En complément de ces recommandations concernant les zones de pâturages :</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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 Authority
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 children
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 XIX^{ème} 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'élève à 230 000 m³ 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 touristique 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 BRGM 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 XIX^{ème} 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.

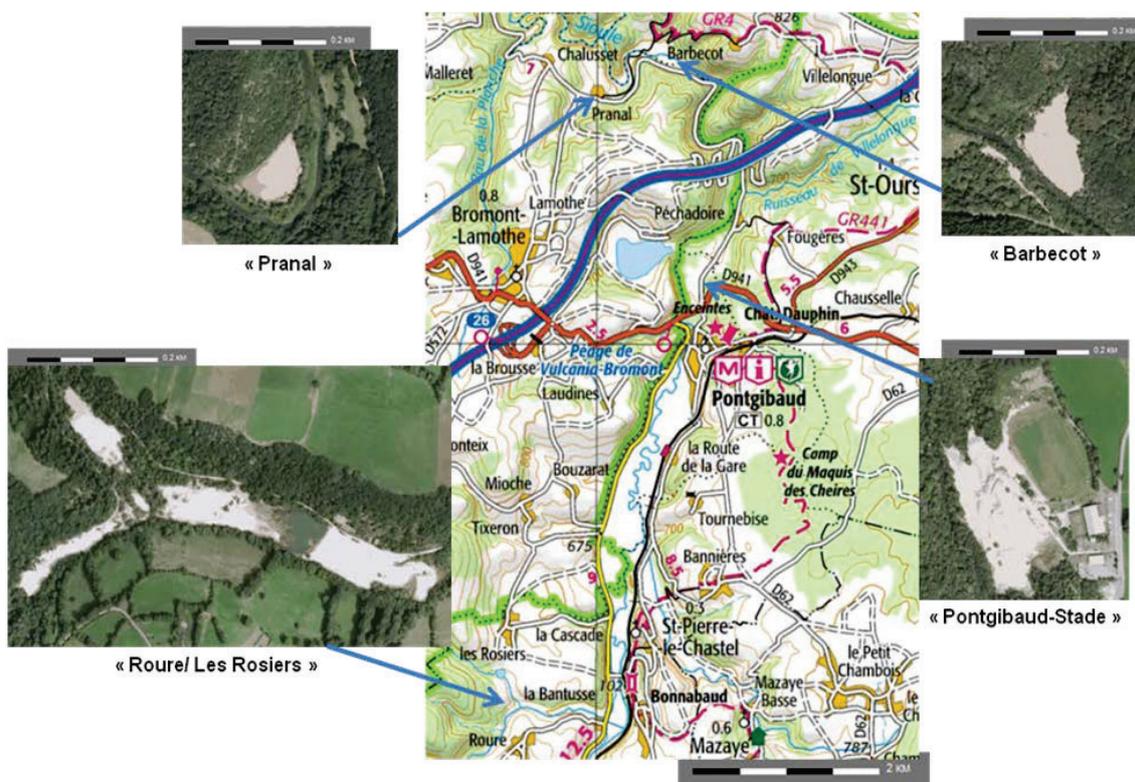


Figure 1 : Localisation des 4 sites de stockage de résidus du district métallifère de Pontgibaud

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 laverie minières du district de Pontgibaud (Puy-de-Dôme). 5 avril 2011 ;
- DREAL Auvergne (2011) – Résidus de laverie 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'écologie, 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 XIX^{ème} 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 XIX^{ème} 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 m³ (estimation DPSM d'après les cartes topographiques détaillées au 1/5000), soit environ 550 000 tonnes de matériaux qui se répartissent ainsi :

- 84 700 m³ sur le site de « Roure/ Les Rosiers »,
- 64 100 m³ sur le site de « Pontgibaud-Stade » auxquels il faut ajouter 37 300 m³ de scories métallurgiques,
- 32 400 m³ sur le site de « Barbecot »,
- 4 050 m³ 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).

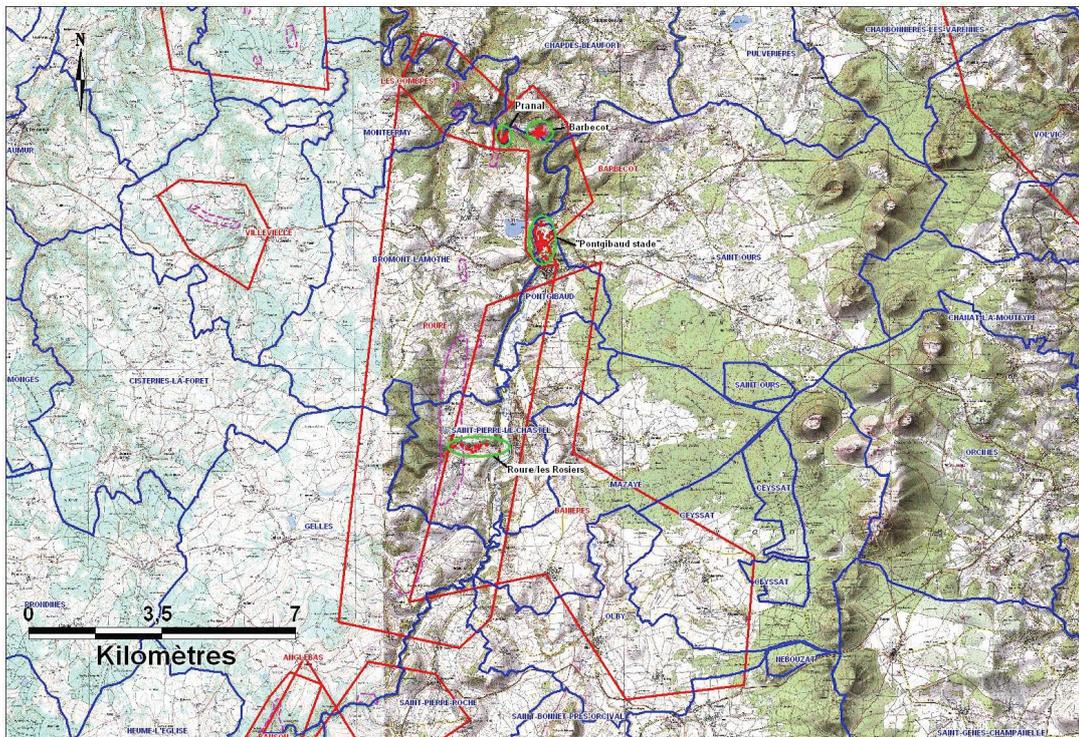


Figure 2 : Position géographique des secteurs étudiés (en rouge limite de concession, en bleu limite de commune) (extrait de GEODERIS, 2008)

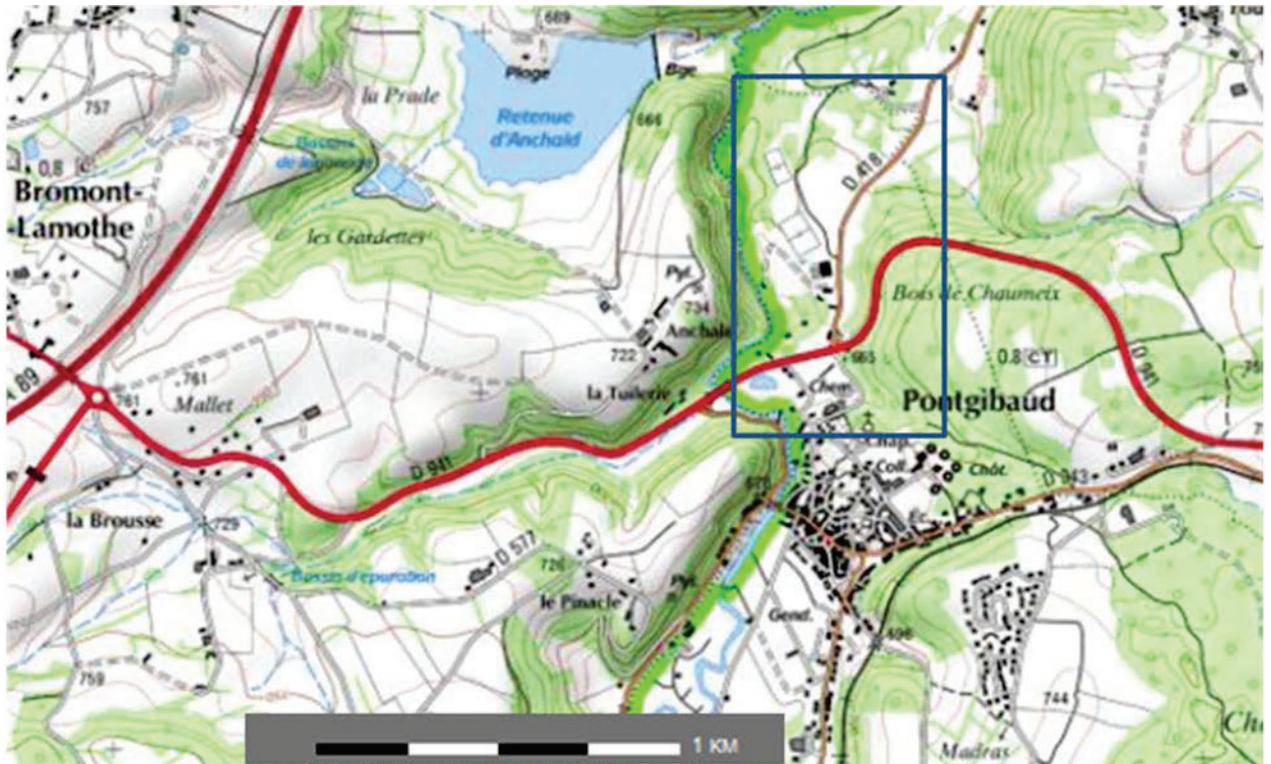


Figure 3 : Localisation du site de « Pontgibaud-Stade » avec les cours d'eau (extrait de la carte IGN au 1/25 000)

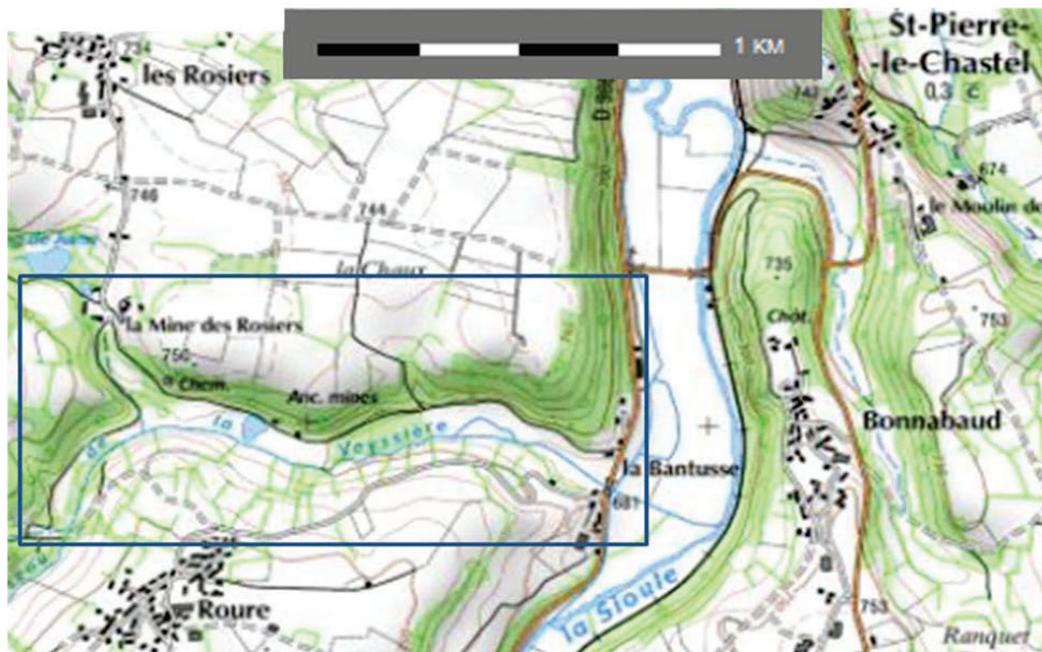


Figure 4 : Localisation du secteur de « Roure/Les Rosiers » avec les cours d'eau (extrait de la carte IGN au 1/25 000)

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.

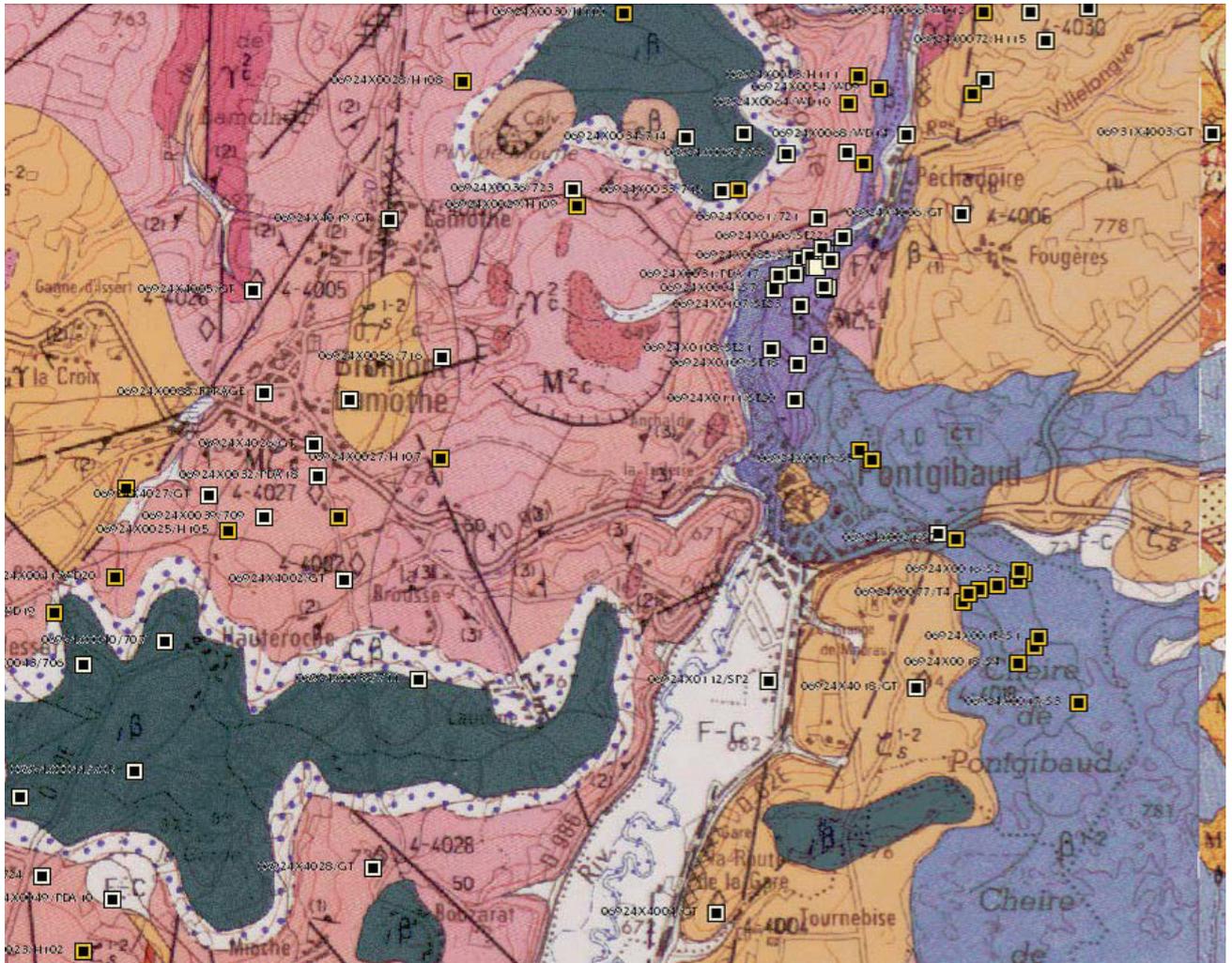


Figure 5 : Contexte géologique centrée sur Pontgibaud (extrait de la carte géologique de la France au 1/ 50 000)

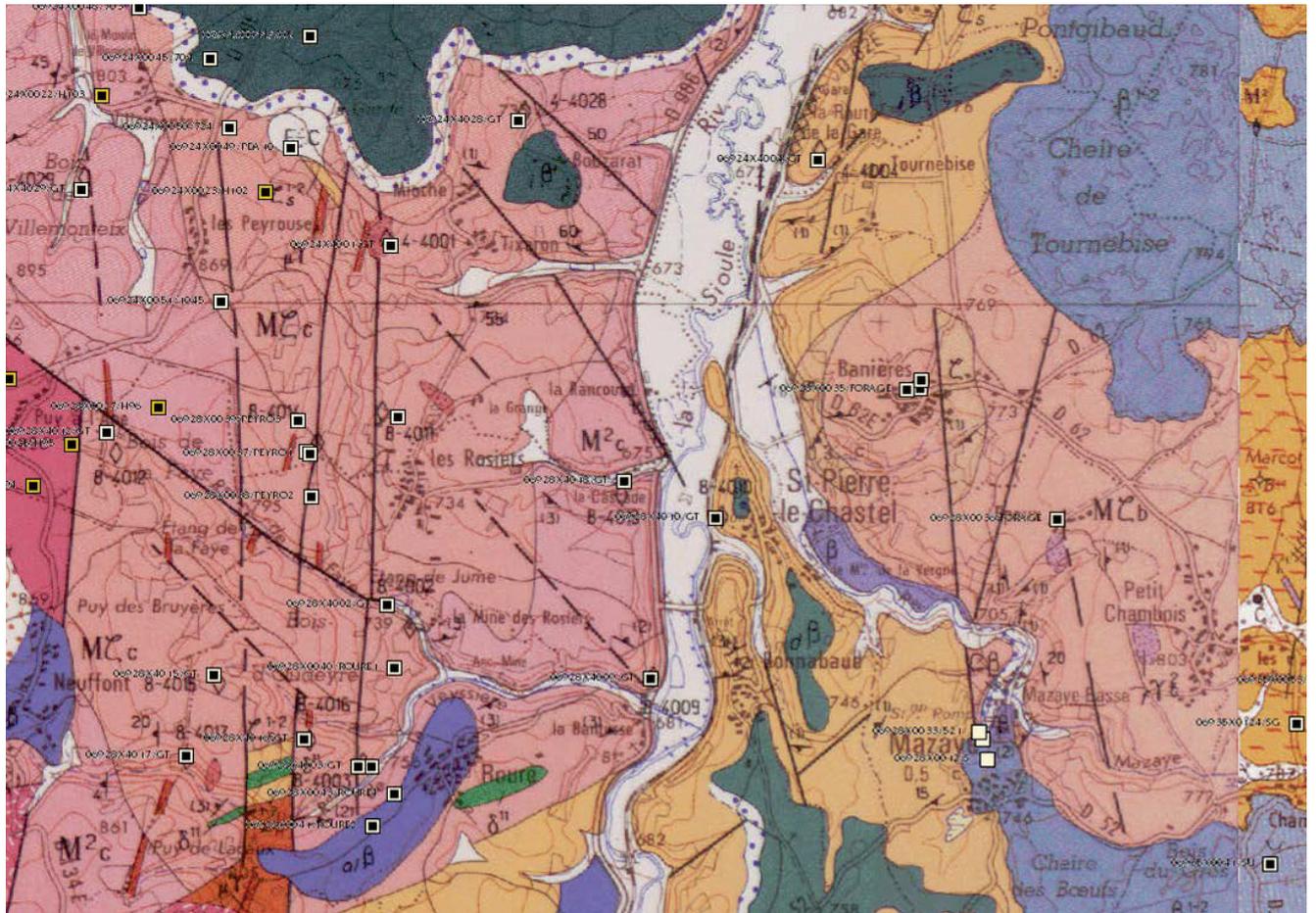


Figure 6 : Contexte géologique centrée sur la zone de « Roure/ Les Rosiers »
(extrait de la carte géologique de la France au 1/ 50 000)

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 XVI^{ème} siècle, puis ils se développèrent à partir de 1790. Au XIX^{ème} 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 MINÉRALOGIE

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 paragenèse 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), chalcopryrite (FeCuS₂), 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 paragenèses à quartz, cassitérite (SnO₂) 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 paragenèses 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 m², 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 XIX^{ème} 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 XIX^{ème} 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 XX^{ème} 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 disparaît 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'Équipement (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).

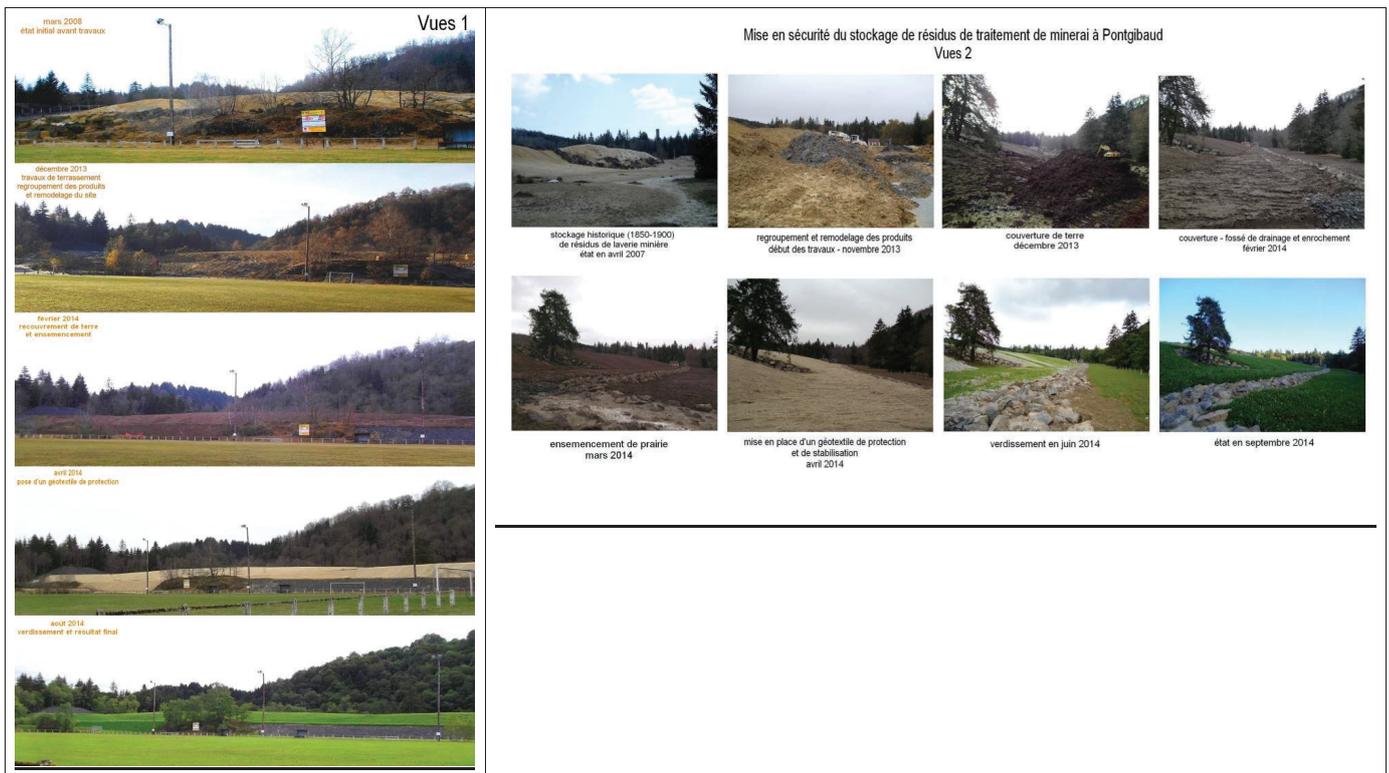


Figure 7 : Photographies des travaux de mise en sécurité illustrant l'évolution du site de « Pontgibaud-Stade » (DREAL, 2014)

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 m³, 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 m³ 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 m³ 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 m². 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 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 entraînés 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 apparaît 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'entraînement 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 m² 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 surfacage, 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.

POP G2 - Population par grandes tranches d'âges



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 côté 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, élémentaire⁸) 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 étude⁹.

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/milieus 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 passées 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 bâtiments¹⁰

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 réalisés 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’abreuvement (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.

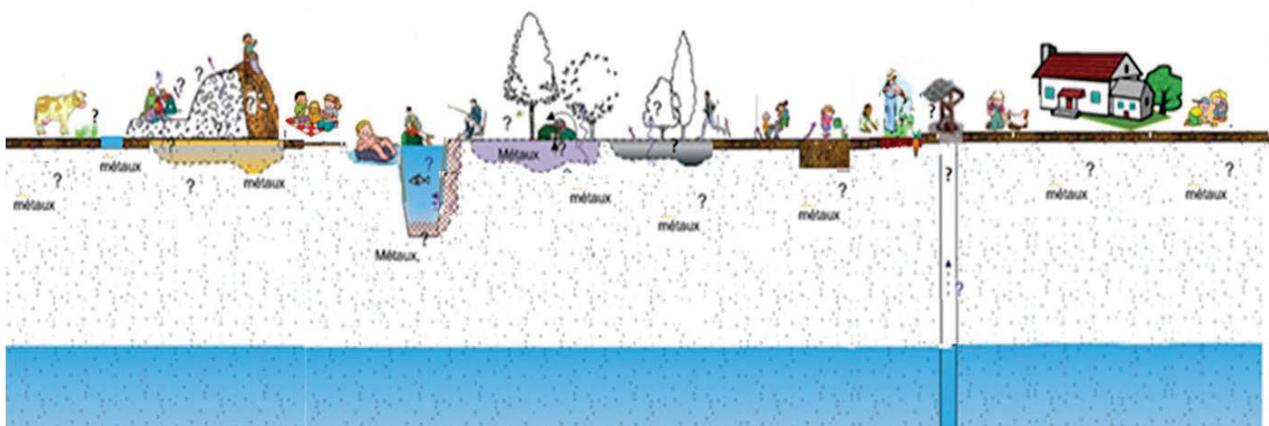
¹¹ Le facteur de bioaccumulation (BAF) qui donne le rapport de la concentration en une substance dans l'animal (si possible dans le muscle puisqu'il s'agit de la partie la plus consommée) sur la concentration en cette même substance dans une matrice initiale (aliment, sol, ...).

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'ÉCHANTILLONNAGE

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 comparés 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 (INDIQUASOL¹⁴), 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 apparaît 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 végétaux¹⁵. 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 bêche ou d'une tarière manuelle afin 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 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 bêche 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 filtré¹⁶.

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 flacons 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 BIOACCESSIBILITE

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'abreuvement 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 regroupés 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

Substances Nom de l'échantillon de sol (référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)	Concentration dans les sols (mg/kg MS) et bioaccessibilité (%)									
	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										
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										
<i>Replat sommital du dépôt</i>										
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)	/	/	/	/	/	/
<i>Zone ouest, proche d'une ancienne galerie</i>										
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
<i>Bord du talus est</i>										
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

Substances Nom de l'échantillon de sol (référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)	Concentration dans les sols (mg/kg MS) et bioaccessibilité (%)									
	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 située 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

Substances Nom de l'échantillon de sol (référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)	Concentration dans les sols (mg/kg MS) et bioaccessibilité (%)									
	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

Substances Nom de l'échantillon de sol (référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)	Concentration dans les sols (mg/kg MS) et bioaccessibilité (%)									
	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

Substances Nom de l'échantillon de sol (référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)	Concentration dans les sols (mg/kg MS) et bioaccessibilité (%)									
	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

Substances Nom de l'échantillon de sol (référence sur le bordereau, les deux derniers chiffres étant la profondeur investiguée en cm)	Concentration dans les sols (mg/kg MS) et bioaccessibilité (%)									
	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 prairie 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 [REDACTED] de la D 418 [REDACTED] [REDACTED] 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 [REDACTED] m au Nord-Est du complexe sportif de Pontgibaud²⁰ (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/kg²¹.
- 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 caractéristiques 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 »

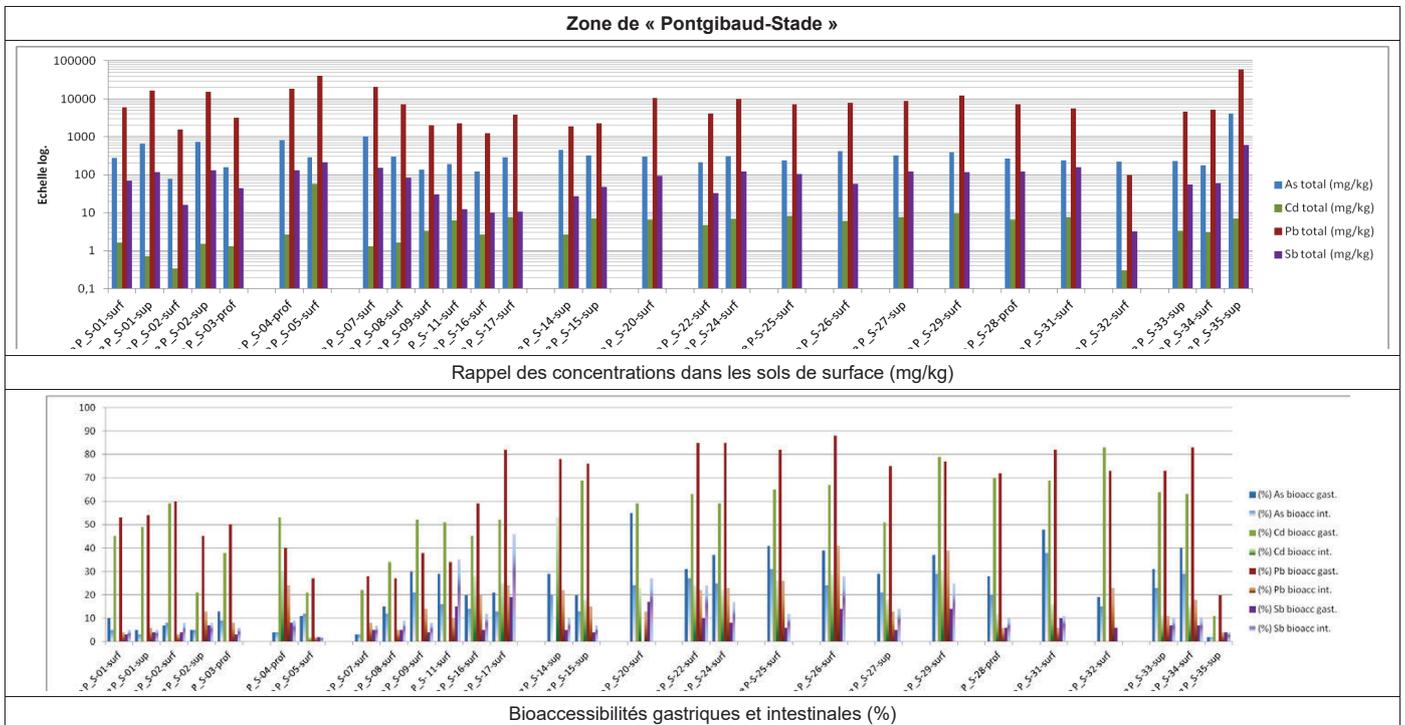
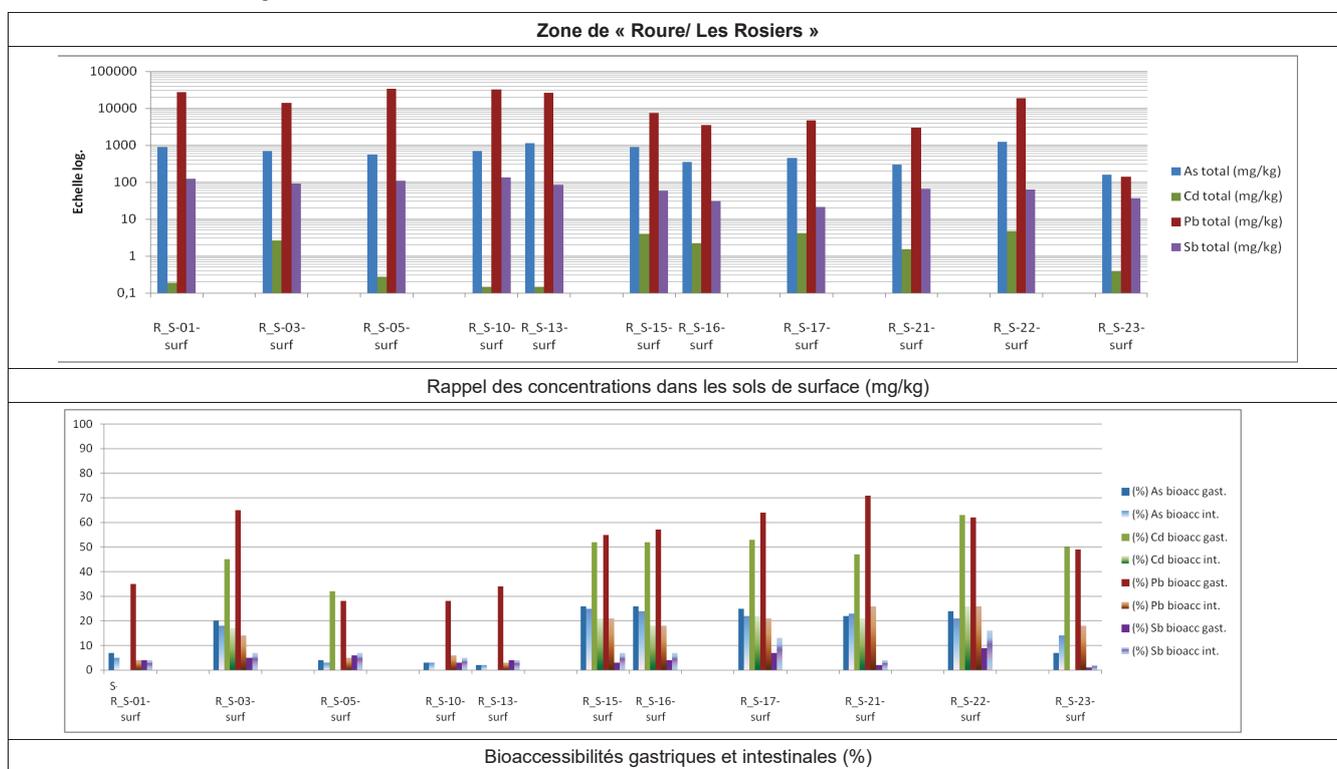


Figure 11 : Gammes des bioaccessibilité des sols de la zone de « Roure/ Les Rosiers »



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.

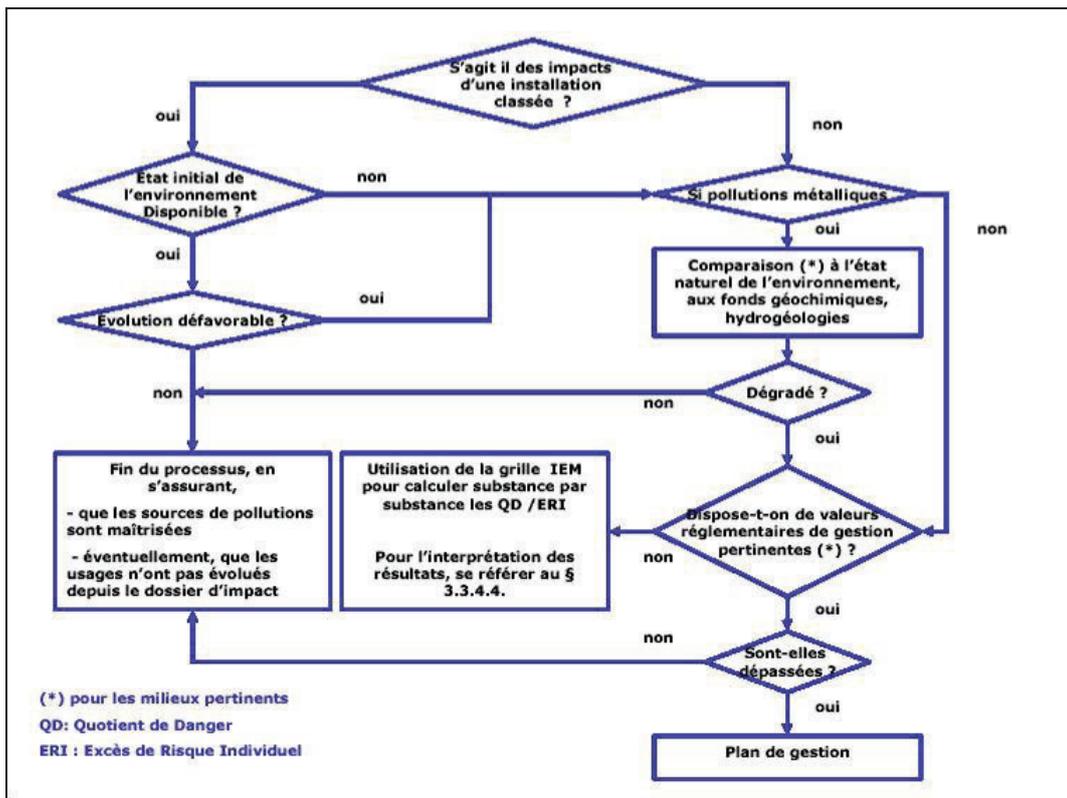


Figure 12 : Critères de gestion du risque de l'IEM (MEDD, 2007)

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 1^e 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 assimilés²².

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	<input type="checkbox"/> S'assurer que la source de pollution est maîtrisée	<input type="checkbox"/> 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	<input type="checkbox"/> Le recours à une argumentation appropriée, au retour d'expérience <input type="checkbox"/> La mise en œuvre de mesures de gestion simples et de bon sens <input type="checkbox"/> La réalisation d'une évaluation quantitative des risques réfléchie <input type="checkbox"/> La mise en œuvre de restriction d'usage accompagnée d'une surveillance des milieux <input type="checkbox"/> 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	<input type="checkbox"/> 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 témoin²³ 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)		Enfant Ingestion de sol lors des activités de jeux en extérieur 
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 [REDACTED] (éch. po-s- 1, 2)	Sol de surface au droit des zones de pelouse, enherbées, ou partiellement de sol à nu	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
<p>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)</p>	<p>Sol de surface au droit des zones de pelouse, enherbées, ou partiellement de sol à nu</p>	<p>Enfant</p> <p>Ingestion de sol lors des activités de jeux en extérieur</p> 
<p>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)</p>		
<p>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)</p>		
<p>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)</p>		
<p>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)</p>		
<p>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)</p>		

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)		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
<p>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)</p>	<p>Sol de surface au droit des zones de pelouse, enherbées, ou partiellement de sol à nu</p>	<p>Enfant</p> <p>Ingestion de sol lors des activités de jeux en extérieur</p> 
<p>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)</p>	<p>Eau de la fontaine du lieu-dit « La Mine des Rosiers »</p>	<p>Ingestion d'eau de la fontaine</p> 
<p>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)</p>	<p>Sol de surface au droit des zones de pelouse, enherbées, ou partiellement de sol à nu</p>	<p>Enfant</p> <p>Ingestion de sol lors des activités de jeux en extérieur</p> 

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 géologie (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 témoin²⁴ 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 associé²⁵ mettent en évidence que la qualité des sols en certains lieux est dégradée, ou pour les autres, la majorité, en l'absence d'ELT pertinent²⁶, 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)

Substance Nom de l'échantillon d'eau (référence sur le bordereau)	Concentrations dans l'eau (µg/l)									
	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
<i>Limite de quantification</i>	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 *	<u>1,4</u> **	3,4 **	<u>1,2</u> *	<u>4</u>	(°)	(°°)	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)

Substance	Concentrations dans l'eau (µg/l)									
	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
<i>Limite de quantification</i>										
	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 *	<u>1,4 **</u>	3,4 **	<u>1,2 *</u>	<u>4</u>	(°)	(°)	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 droit 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 "Abreuvement", 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'abreuvement de tous les animaux, y compris les plus sensibles (animaux "adolescents", en gestation ou allaitant).

Jaune Eau permettant l'abreuvement des animaux matures, moins vulnérables (bovins, ovins), mais demandant une surveillance accrue.

Rouge Eau inapte à l'abreuvement 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-de-l'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

Altération	Paramètre de l'altération	Unités	Classe d'altération		
			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 cancérogénéité 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 étudiées³¹.

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 étudiées³².

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/>