Antenne SUD
Pist Oasis 3 – Bât A
Rue de la Bergerie
30319 ALES CEDEX
Tél : +33 (0)4.66.61.09.80
Fax : +33 (0)4.66.25.89.68

Etude sanitaire et environnementale. Secteurs des Montmins et de Nades (03)

RAPPORT S2018/031DE –18AUV24040

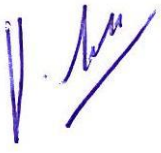
Date : 16/08/2018

Etude sanitaire et environnementale. Secteurs des Montmins et de Nades (03)

RAPPORT S2018/031DE –18AUV24040

Diffusion :

B3S	Aurélien GAY
Pôle Après-Mine SUD	Jehan GIROUD
DREAL Auvergne-Rhône-Alpes	Carole CHRISTOPHE
	Sophie SEYTRE
GEODERIS	Rafik HADADOU
	Nicolas ZORNETTE

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	P. BARANGER	N. ZORNETTE	C. VACHETTE N. ZORNETTE
Visa			

SOMMAIRE

1 Contexte 5
1.1 Origine de la demande 5
1.2 Déroulement de l'étude 6
1.3 Méthodologie adoptée 7
1.4 Les secteurs miniers des Montmins et de Nades 8
2 Phase informative 11
2.1 Contextes climatique et topographique 11
2.2 Contexte hydrologique 11
2.3 Contexte hydrogéologique 14
2.4 Contexte géologique, minéralogique et métallogénique 15
2.4.1 Contexte géologique 15
2.4.2 Contexte minéralogique et métallogénique 16
2.4.3 L'inventaire minier 17
2.4.4 Etude historique 19
2.4.4.1 Généralités 19
2.4.4.2 La concession des Montmins 21
2.4.4.3 La concession de Nades 38
3 La zone d'étude 45
3.1 Périmètre géographique 45
3.2 Enjeux et usages, voies de transfert et milieux d'exposition 46
3.2.1 Habitat et environnement 46
3.2.1.1 Généralités 46
3.2.1.2 Habitations situées dans la zone d'étude 46
3.2.2 Agriculture 48
3.2.3 Activités de loisirs 49
3.2.3.1 La pêche 49
3.2.3.2 La chasse 49
3.2.3.3 Les randonnées 50
3.2.3.4 Baignades 51
3.2.4 Zones naturelles 51
3.2.5 Eaux superficielles 53
3.2.6 Eaux souterraines 55
4 Elaboration du schéma conceptuel 59
4.1 Schéma conceptuel préliminaire 59
4.2 Eléments analysés 60
4.3 Diagnostic 60
4.3.1 Généralités 60
4.3.2 Protocoles de prélèvements 62
4.3.2.1 Les sols 62
4.3.2.2 Les eaux 62
4.3.2.3 Les sédiments 63
4.3.2.4 Les végétaux 63
4.3.3 Protocoles d'analyses et de mesures 63
4.3.3.1 Analyses de laboratoire 63
4.3.3.2 Mesures pXRF 64
4.3.4 Evaluation du fond "pédogéochimique" 65
4.3.4.1 Généralités 65
4.3.4.2 Synthèse 65
4.3.5 Evaluation des environnements locaux témoins (ELT) 67
4.3.6 Les sources de pollution 69
4.3.6.1 Les dépôts du Mazet 70
4.3.6.2 Le dépôt de Nades 74

4.3.6.3 Les dépôts diffus 76
4.3.7 Les voies de transfert et milieux d'exposition 79
4.3.7.1 Les sols potentiellement sous influence minière et/ou localisés à proximité des principaux sites d'exploitation 79
4.3.7.2 Les sédiments 83
4.3.7.3 Les eaux superficielles 84
4.3.7.4 Les eaux souterraines 87
4.3.7.5 Les végétaux 89
4.4 Schéma conceptuel final 89
5 Interprétation en termes de risques sanitaires 91
5.1 Rappels méthodologiques 91
5.1.1 Comparaison à l'état des milieux 91
5.1.2 Evaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS) 92
5.1.3 Intervalles de gestion et EQRS approfondie 93
5.2 Comparaison aux environnements témoins et aux valeurs réglementaires 95
5.2.1 Les eaux superficielles 95
5.2.2 Les eaux souterraines 95
5.2.3 Les végétaux 96
5.2.4 Les sols 97
5.3 Elaboration des scénarios d'exposition 98
5.3.1 Objectif 98
5.3.2 Cas particulier d'un scénario générique (GEODERIS, 2015) 98
5.3.3 Enjeux considérés 98
5.3.4 Voies d'exposition 98
5.3.5 Scénarios d'exposition retenus 99
5.4 Evaluation de la toxicité et valeurs toxicologiques de référence 103
5.5 Evaluation des expositions 103
5.6 Fiches de scénarios et mise en œuvre des calculs 105
5.7 Résultats de calcul 105
6 Conclusions 113
7 Recommandations 115
Conformément à l'instruction N°DGS/EA1/DGPR/DGAL/2017/145 du 27 avril 2017, relative à la gestion des sites pollués et de leurs impacts, nécessitant la mise en œuvre de mesures de gestion sanitaire et d'études de santé et/ou de mesures de gestion sanitaire des productions animales et végétales, les recommandations suivantes restent soumises à la validation des services de l'Etat compétents, en particulier les autorités sanitaires pour les recommandations d'ordre sanitaire. 115
7.1 Volets sanitaires 115
7.2 Volet environnement 117
7.3 Information et conservation de la mémoire 117
8 Références 119

Mots clés : **inventaire DDIE, secteur en classe E, Montmins, Nades, tungstène, lithium, étude environnementale et sanitaire, IEM**

Avertissement !

Nous attirons l'attention sur l'utilisation du mot « minier » dans ce rapport qui est un terme générique et technique et n'a aucune signification d'ordre réglementaire ou juridique.

1 CONTEXTE

1.1 Origine de la demande

De 2009 à 2012, le groupement d'intérêt public GEODERIS, expert après-mine de l'Etat, a mis en œuvre l'inventaire des déchets miniers issus de l'industrie extractive sur l'ensemble du territoire métropolitain, en application de l'article 20 de la directive européenne 2006/21/CE (inventaire dit « DDIE ») qui stipule que : « *Les États membres veillent à ce qu'un inventaire des installations de gestion de déchets fermées, y compris les installations désaffectées, situées sur leur territoire et ayant des incidences graves sur l'environnement ou risquant, à court ou à moyen terme, de constituer une menace sérieuse pour la santé humaine ou l'environnement soit réalisé et mis à jour régulièrement. Cet inventaire, qui doit être mis à la disposition du public, est effectué avant le 1er mai 2012 […].* ».

A l'issue de cet inventaire, les dépôts enregistrés ont été regroupés en secteurs[1]. Dans le cadre du volet « sanitaire et environnemental », ces derniers ont été classés selon 6 niveaux : A, B, C-, C+, D et E ; la classe E regroupant les secteurs dont : « *les dépôts miniers identifiés lors de l'inventaire DDIE sont susceptibles de présenter un risque très significatif pour la santé humaine et l'environnement. Ils nécessitent une étude sanitaire et environnementale, si elle n'a pas déjà été réalisée* ». La classe A est associée aux secteurs dont : « *les dépôts miniers identifiés lors de l'inventaire ne présentent pas de risque pour la santé humaine et l'environnement. Ils ne nécessitent pas d'étude complémentaire* ».

Parallèlement au classement précédent, un classement d'ordre géotechnique a également été réalisé selon trois niveaux allant de I à III ; la classe III regroupant « *les secteurs présentant au moins un dépôt potentiellement instable susceptible de présenter un risque pour l'environnement immédiat. Les dépôts concernés nécessitent une étude géotechnique plus approfondie pour compléter les données et statuer sur le niveau de stabilité et des risques avant de mettre en œuvre des mesures éventuelles de gestion* ». La classe I est associée aux « *secteurs présentant des dépôts stables. Aucune action particulière n'est à mettre en place* ».

Le secteur des Montmins, appartenant au district minier d'Echassières-Montmins, a été classé en E et en III. Compte tenu de ce classement et en accord avec le Ministère de la Transition écologique et solidaire ainsi que la DREAL Auvergne-Rhône-Alpes, une étude environnementale et sanitaire a été inscrite au programme de 2016-2017 de GEODERIS pour le secteur des Montmins. Elle fait suite à un premier audit environnemental ciblé sur l'aval du site de traitement du minerai (site du Mazet) suite à la vidange d'une des retenues d'eau située sur ce dernier (GEODERIS, 2014).

Pour l'aspect géotechnique, le classement en III était associé la présence du barrage de l'étang du Cotillon. Celui-ci ayant été vidé, aucune étude n'a été menée.

Même s'il n'est classé qu'en B et en I, le secteur de Nades a également été intégré à cette étude dans la mesure où il s'inscrit dans le district minier d'Echassières-Montmins.

[1] Les titres miniers comprenant des dépôts identifiés dans le cadre de l'inventaire ont été regroupés en « secteurs ». L'élaboration de ces secteurs repose sur une liste de critères établie par GEODERIS :

- statut administratif du ou des titres miniers auxquels appartiennent les dépôts : identification des titres miniers sur lesquels subsiste encore un exploitant connu, et/ou ;
- substances produites et/ou exploitées, et/ou ;
- contexte géologique et gîtologique, et/ou ;
- appartenance au même bassin versant, et/ou ;
- proximité géographique entre les titres constitutifs du secteur.

A noter que tous ces critères n'ont pas été systématiquement déterminants dans l'élaboration d'un secteur.

Le présent document constitue le rapport final de l'étude « sanitaire et environnementale ».

1.2 Déroulement de l'étude

L'étude a été décomposée selon les phases principales suivantes :

- Réunion de lancement réalisée le 28/04/2016 dans les locaux de la DREAL à Clermont Ferrand, en présence du pôle après-mine sud, de l'ONEMA, de l'ARS, du BRGM, de la DREAL et de GEODERIS. Mise en place des premières actions de communication (préfets, maires des communes concernées).

- Phase informative (mai 2016 à juillet 2016): revue des archives minières.

- Définition du périmètre de la zone d'étude.

- Repérage de terrain par l'INERIS des principaux usages situés dans les zones potentiellement exposées à une influence minière (du 05 au 07 juillet 2016).

- Etude documentaire sur l'hydrogéologie régionale dans laquelle s'inscrit la zone d'étude.

- Elaboration du schéma conceptuel préliminaire et du schéma d'échantillonnage.

- Mise en place d'actions de communication ciblées envers les habitants des communes concernées par l'étude. Dans le cadre de ces actions, à noter que pour le volet sanitaire :

    - les habitants d'Echassières concernés par l'étude ont été conviés par la mairie à une réunion publique le 12 septembre 2016. Au cours de cette réunion, certains habitants ont signifié à l'INERIS leur éventuel refus d'accès à leur propriété. Cette réunion s'est tenue au début de la première campagne de terrain ;

    - les habitants de Nades ont reçu un courrier de la part de la mairie en date du 8 septembre 2016 ;

    - les habitants de Louroux de Bouble ont été contactés physiquement par le maire qui a obtenu l'accord oral des propriétaires/locataires.

- Première campagne de terrain : volet sanitaire (du 12 au 23 septembre 2016).

- Deuxième campagne de terrain : volet environnemental ; évaluation du fond pédo-géochimique ; campagne basses eaux (du 10 au 21 octobre 2016).

- Troisième campagne de terrain : campagne hautes eaux (du 24 au 28 avril 2017).

- Interprétation des résultats ; élaboration du schéma conceptuel final ; évaluations quantitatives des risques sanitaires ; propositions de recommandations.

1.3 Méthodologie adoptée

Pour cette étude, l'approche utilisée s'appuie sur une des démarches élaborées dans le cadre de la politique nationale de gestion des sites et sols pollués. Cette démarche est notamment basée sur l'élaboration d'un schéma conceptuel et sur l'Interprétation de l'Etat des Milieux (IEM) (figure 1).

Elle a pour but de distinguer, lorsque les usages sont déjà fixés :

- « *Les milieux qui ne nécessitent aucune action particulière, c'est-à-dire ceux qui permettent une libre jouissance des usages constatés sans exposer les populations à des niveaux de risques excessifs* » ;
- « *Les milieux qui peuvent faire l'objet d'actions simples de gestion pour rétablir la compatibilité entre l'état des milieux d'exposition et leurs usages constatés* » ;
- « *Les milieux qui nécessitent la mise en œuvre d'un plan de gestion. La zone concernée devient alors un site au sens du plan de gestion* ».

Ainsi, des mesures de gestion devront être entreprises dès lors que l'IEM conclut à un état des milieux incompatible avec les usages actuels. Ces mesures sont des actions visant à améliorer / restaurer la qualité des milieux affectés afin de les rendre compatibles avec l'usage considéré.

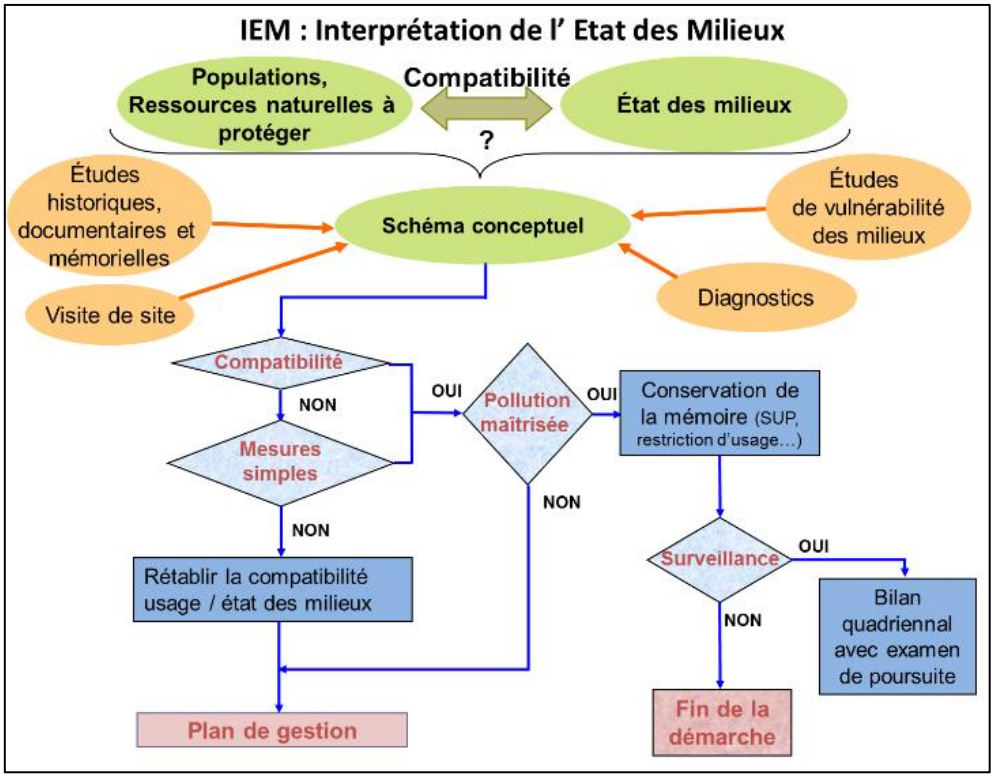


Figure 1 : Démarche d'interprétation de l'état des milieux (IEM) (MTES, 2017)

Le bilan factuel du site étudié a pour but d'appréhender l'état de pollution des milieux et les modes de contamination potentiels au regard des usages présents sur le site étudié et dans son environnement. Cette méthode repose sur l'établissement d'un schéma conceptuel qui précise les relations entre les sources de pollution, les milieux de transfert, les populations riveraines, les usages du site et des milieux ainsi que les ressources naturelles à protéger.

Pour qu'un site pollué présente un risque pour les populations, il doit exister la combinaison simultanée d'une source de pollution avec des voies de transfert et la présence de

personnes exposées à cette contamination. Cette mise en contact peut se faire par les sols, les eaux souterraines, les eaux de surface, les poussières, les transferts vers les produits alimentaires et les émissions de vapeur. Il s'agit d'une approche de type : **SOURCE ⇨ VECTEUR ⇨ CIBLE**.

Dès lors que l'étude conclut à une incompatibilité entre l'état des milieux et les usages qui en sont faits, des recommandations de gestion et/ou de surveillance sont proposées. Ces recommandations consistent en des actions visant à améliorer ou restaurer la qualité des milieux affectés afin de les rendre compatibles avec l'usage actuel. Des mesures simples et pragmatiques peuvent s'avérer suffisantes pour contrôler un état stabilisé ou une évolution favorable de l'état des milieux et pour résoudre le problème identifié avant toute investigation complémentaire et/ou mesure de gestion plus lourde.

1.4 Les secteurs miniers des Montmins et de Nades

Le secteur des Montmins comprend la concession de tungstène de même nom. Neuf dépôts y ont été inventoriés lors de l'inventaire DDIE. D'après le classement issu de cet inventaire (classement « sanitaire et environnemental ») trois d'entre eux présentent des scores de risques élevés (supérieurs ou égaux à 8 ; tableau 1). La concession des mines de wolfram des Montmins a vu sa renonciation acceptée en 2006 (arrêté ministériel du 05 octobre 2006).

Le secteur de Nades comprend la concession d'antimoine de même nom. Il possède trois dépôts qui présentent tous des scores de risque inférieurs à 8. La concession de Nades est annulée en 1958.

n° secteur	Nom secteur	Classement		N° Tas	N° Titre	Nom Titre	SR pop	SReaux sout.	SReaux sup.	SR Faune/Flore
		Environnemetnal	Géotechnique							
16	Montmins	E	III	03_0070_A_T1	03SM0070	MONTMINS	10	8	10	10
				03_0070_A_T2			1	3	3	3
				03_0070_A_T3			3	3	3	5
				03_0070_A_T5			3	3	3	3
				03_0070_A_T6			1	3	3	3
				03_0070_A_T7			3	3	8	5
				03_0070_A_T9			5	5	10	10
				03_0070_B_T1			3	3	3	3
				03_0070_C_T1			1	3	3	3
34	Nades	B	I	03_0044_A_T1	03SM0044	NADES	3	3	3	3
				03_0044_A_T2			5	3	3	5
				03_0044_B_T1			1	3	5	5

SRpop : score de risque » Population » ; SReaux.sout. : score de risque « Eaux souterraines » ; SReaux sup. : score de risque « Eaux superficielles » ; SRFaune/flore : score de risque « compartiment Faune/flore »

Tableau 1 : Scores de risques attribués aux dépôts des secteurs de Montmins et de Nades

Les scores indiqués dans le tableau 1 ont été évalués dans le cadre du travail d'inventaire et de classement DDIE effectué sur l'ancienne région Auvergne (GEODERIS, 2012). Ils ont été évalués selon la méthodologie décrite dans le rapport GEODERIS de 2011.

La carte de la figure 2 indique l'emplacement des dépôts identifiés dans le cadre de l'inventaire DDIE sur les secteurs des Montmins et de Nades.

A noter que le secteur des Montmins a également été l'objet de plusieurs exploitations de kaolin dont une seule est toujours en activité. Il s'agit d'une exploitation de carrière sous le régime des ICPE (arrêté préfectoral : n° 1713/91 du 4 juin 1991 du préfet de l'Allier autorisant la Société des kaolins de Beauvoir à exploiter une carrière à ciel ouvert de kaolin au lieu-dit Beauvoir sur les communes de Lalizolle et d'Echassières jusqu'au 20 janvier 2020). En complément il existe une particularité concernant la valorisation des substances minières (composé Sn, Ta-Nb) comme "sous-produits" de la carrière, prise au titre de l'article L132-1

du code minier (arrêté du 6 octobre 2014 autorisant la société IMERYS Ceramics France à tirer librement parti des minerais d'étain, de niobium et de tantale et autres connexes au kaolin extrait de sa carrière située sur les communes de Lalizolle et d'Echassières dans le département de l'Allier).

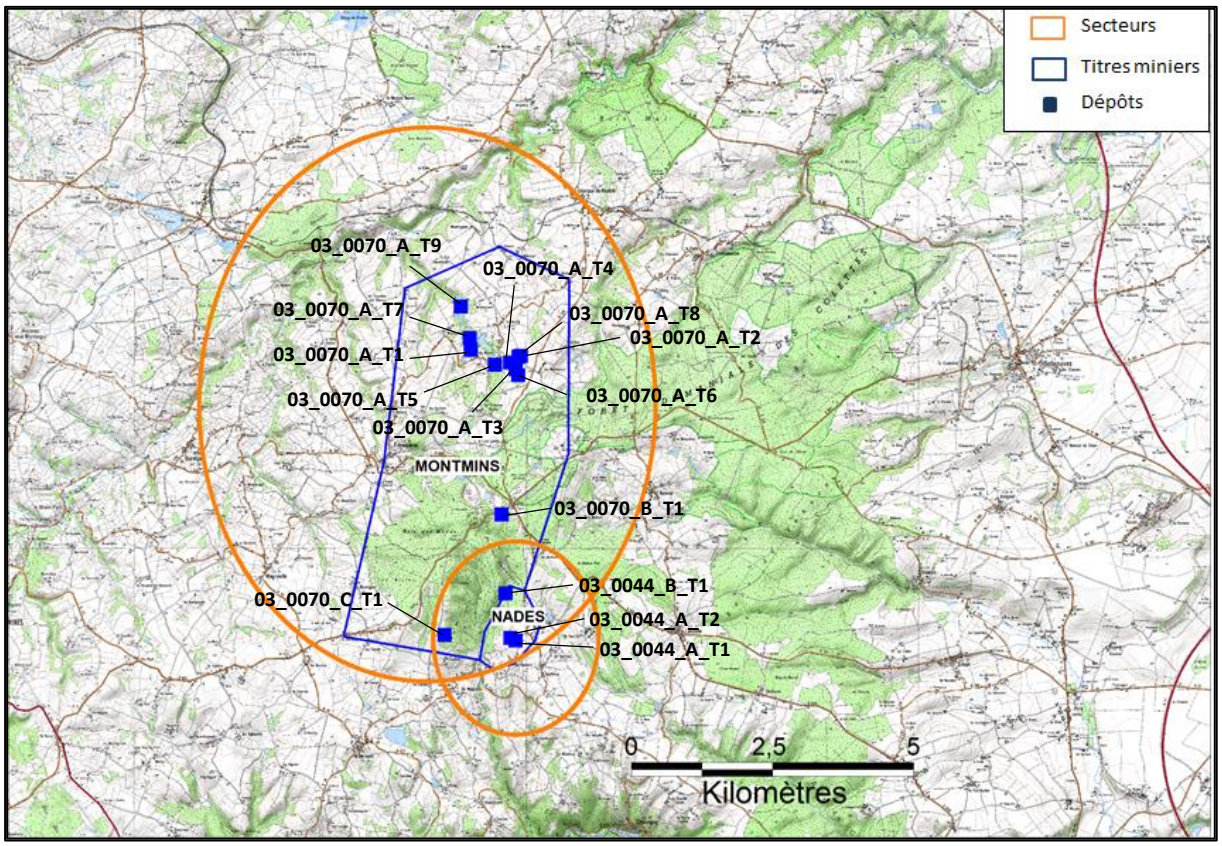


Figure 2 : Localisation des dépôts inventoriés dans le cadre de l'inventaire DDIE sur les secteurs des Montmins et de Nades (ovales orange). Fond SCAN 25 ®. Les limites de concessions sont représentées en bleus

2 PHASE INFORMATIVE

2.1 Contextes climatique et topographique

Les secteurs des Montmins et de Nades sont localisés dans la région Auvergne-Rhône-Alpes, dans le département de l'Allier pour une grande part et dans le département du Puy de Dôme pour le reste. La plus grande ville située à proximité de ces secteurs est Saint-Eloy-les-Mines.

Ces secteurs se caractérisent par un relief de moyenne altitude n'excédant pas les 800 m (figure 3). Le climat est de type continental à influences océaniques avec une température moyenne annuelle de 9°C et une pluviométrie annuelle de 841 mm/an[2]. La période de pluviométrie maximum se situe en mai, juin et août. Les chutes de neige peuvent être fréquentes de novembre à avril. Les vents dominants sont de secteur Ouest et Sud.

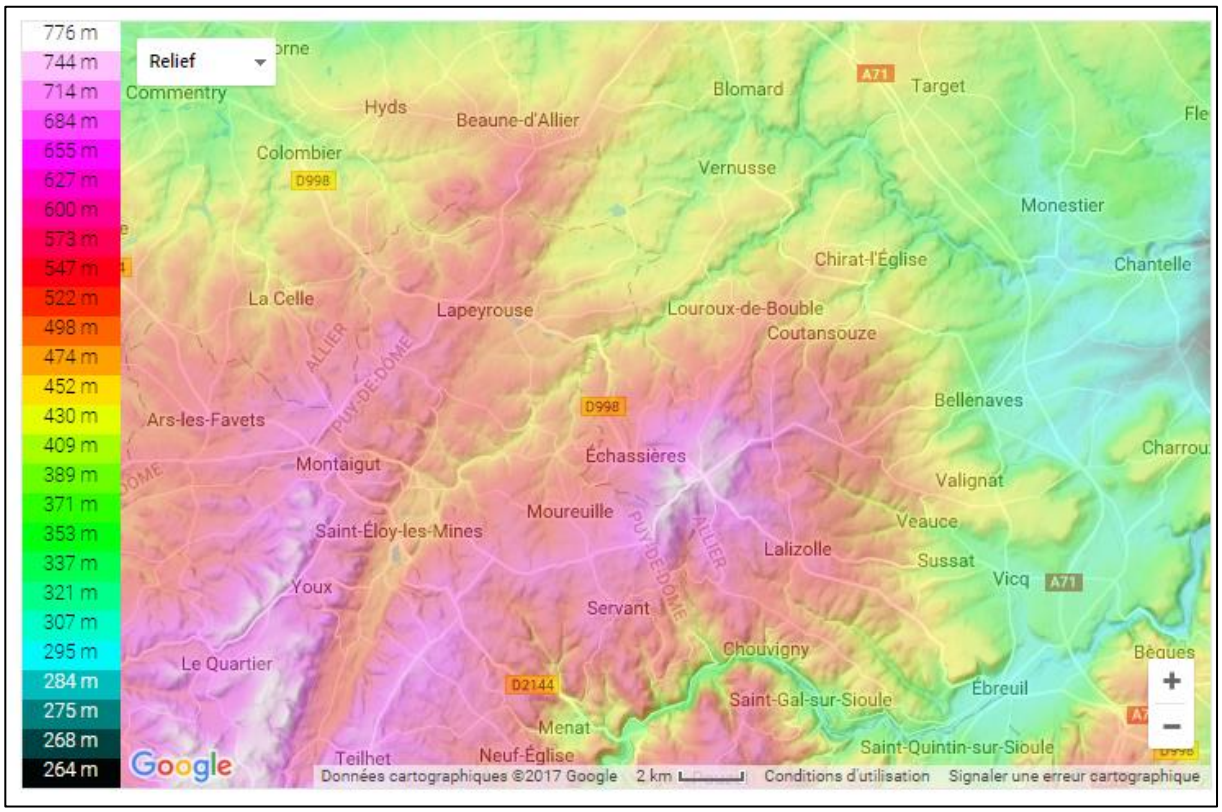


Figure 3: Contexte topographique de la zone d'étude (source internet : cartes-topograhiques.fr)

2.2 Contexte hydrologique

La Bouble et la Sioule constituent les deux rivières principales drainant les terrains situés au sein des secteurs des Montmins et de Nades (figure 4). Les différentes zones hydrographiques recoupant ces secteurs sont présentées sur la figure 5.

Au niveau de ces deux secteurs on distingue plusieurs affluents de la Bouble dont :

[2] Données météorologiques de la station de référence située à proximité d'Ecahssières (650 m d'altitude).

- le ruisseau de la Verne et le ruisseau du Cotillon (ou Mazet) rattachés à la zone hydrographique « la Bouble de sa source au venant (non compris) »[3] ;

- le ruisseau du Belon, le ruisseau de la Plaine et le ruisseau le Moulinet faisant partie de la zone hydrographique « la Bouble du Venant (non compris) au musant »[4].

La position géographique de plusieurs de ces affluents par rapport à celle des concessions des Montmins et de Nades est présentée sur la figure 4.

Au sud et sud-est de ces secteurs, on trouve également plusieurs affluents de la Sioule dont les principaux sont (figure 4) :

- le ruisseau de la Gourdonne. Il est rattaché à la zone hydrographique « la Sioule du bord (non compris) au ruisseau de la Cèpe (non compris) »[5];

- le ruisseau de la Veauce et le ruisseau de la Cèpe, intégrés à la zone hydrographique « la Sioule du ruisseau de la Cèpe à la Bouble (non comprise) »[6];

A la station hydrologique de Chareil-Cintra (code station : K3373010 ; banque Hydro), la Bouble présente des débits mensuels moyens bien supérieurs à un ruisseau comme celui du Cotillon (ruisseau affluent de la Bouble et qui draine le site du Mazet). Ces débits sont compris entre environ 0,8 m^3/s et 8 m^3/s (données calculées sur 51 ans ; source « banque Hydro »). Les débits les plus faibles sont observés en septembre, les plus importants en février. La période hautes eaux va de novembre à mai, celle des basses eaux de juin à octobre. Le bassin de la Bouble peut être sujet à des étiages sévères ou à des crues très importantes.

La Sioule présente pour sa part des débits mensuels moyens compris entre environ 6,8 m^3/s et 35 m^3/s (station K3322010 - la Sioule à Ebreuil ; données calculées sur 46 ans, source « banque Hydro »). Les débits les plus faibles sont observés en août, les plus importants en février. La période hautes-eaux est située entre novembre et juin et celle de basses eaux entre juillet et octobre. Cette rivière peut aussi présenter des crues importantes.

[3] Source : BDCARTHAGE ®
[4] Source : BDCARTHAGE ®
[5] Source : BDCARTHAGE ®
[6] Source : BDCARTHAGE ®

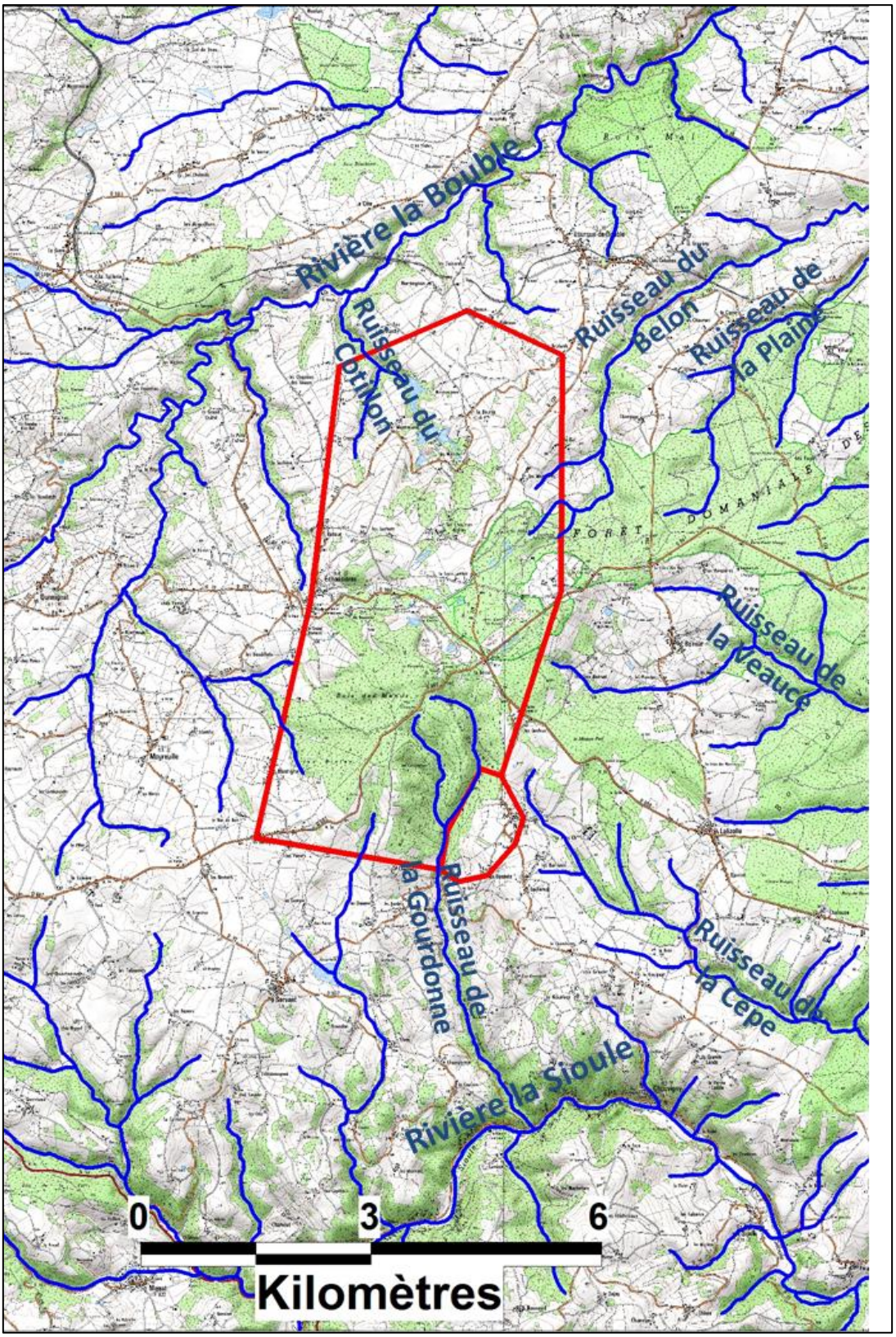


Figure 4 : Contexte hydrograhique (Fond SCAN 25 ® ; source BDCARTHAGE®). Les titres miniers des Montmins et de Nades sont représentés en rouge

Plusieurs plans d'eau sont également présents et correspondent, pour certains, aux exploitations de kaolin dont on rappelle qu'une seule est toujours en activité.

2.3 Contexte hydrogéologique

Ce chapitre est basé sur la synthèse bibliographique effectuée par le BRGM à la demande de GEODERIS dans le cadre de la présente étude (annexe 1).

Les différentes études réalisées pour l'alimentation en eau potable (AEP) et/ou pour un usage industriel (Gagnière, 1980 ; Belkessa, 1981 ; Belkessa et Jeambrun, 1982 ; D'Arcy et al, 1986 et 1987) permettent de décrire dans les grandes lignes le contexte hydrogéologique du massif d'Echassières et de son encaissant métamorphique.

Le degré de fracturation et d'altération du granite et des micaschistes favorisent une infiltration des eaux en profondeur. De nombreuses nappes superficielles sont présentes comme en témoignent l'abondance des points d'eau (sources, captages et puits) recensés dans infoterre (annexe 1). Les filons semblent jouer un rôle capital dans les circulations d'eau, permettant très probablement un drainage au-delà des bassins versants topographiques.

Ce type de contexte auquel s'ajoute la présence des travaux miniers souterrains rend difficile l'interprétation des écoulements des eaux souterraines dans la zone d'étude. Le rôle des travaux miniers souterrains a notamment été mis en évidence par Gagnière (1980) lors de la réalisation d'un pompage d'essai au niveau d'un ancien puits minier (puits St Jean) situé sur la zone hydrographique « la Sioule du bord au ruisseau de la Cèpe ». Il est ainsi probable que l'ensemble des travaux miniers souterrains est ennoyé et est en relation avec les aquifères avoisinants. Ces travaux ont notamment montré que le puits St Jean était partiellement alimenté par le lac de l'exploitation de kaolin situé sur une autre zone hydrographique (« La Bouble de sa source au Venant »).

Des travaux réalisés par D'arcy et al (1986, 1987) ont permis de montrer que la part de l'infiltration souterraine au niveau des zones d'altération superficielle et pour les zones de plus grandes profondeurs, atteint 13 à 28 % des précipitations efficaces[7].

Des indications de débits des différentes venues d'eaux, puits et captages données dans la littérature (Belkessa, 1981) montrent que certaines zones de travaux miniers souterrains ont pu être le siège d'écoulements conséquents. L'exhaure des travaux de la Bosse atteignait par exemple 25 m^3/h et pouvait engendrer, certaines années, un tarissement du ruisseau de la Gourdonne en période d'étiage. En dehors de la période estivale, l'exhaure de la galerie Sainte Barbe présentait quant à elle un débit variant entre 6 m^3/h et 11 m^3/h.

L'analyse des données obtenues sur un piézomètre de suivi[8] montre que la vidange de l'aquifère débute généralement vers le mois de mai, ce qui conforte les observations de Balkessa (1981) effectuées sur quatre autres piézomètres. Cette vidange s'achève en octobre, voire en décembre lors d'étiages sévères.

[7] Les précipitations efficaces (Pe) correspondent aux quantités d'eaux qui sont disponibles pour l'infiltration et le ruissellement dans le bilan de l'eau : P (précipitations totales) = ETR (évapotranspiration réelle) + Pe.

[8] Piézomètre BSS 06455X0041 appartenant au réseau de suivi quantitatif de la masse d'eau souterraine GG050-bassin versant de la Sioule. Piézomètre opérationnel depuis 2006 et situé dans les altérites du granite de Pouzol-Servant ; commune de Servant.

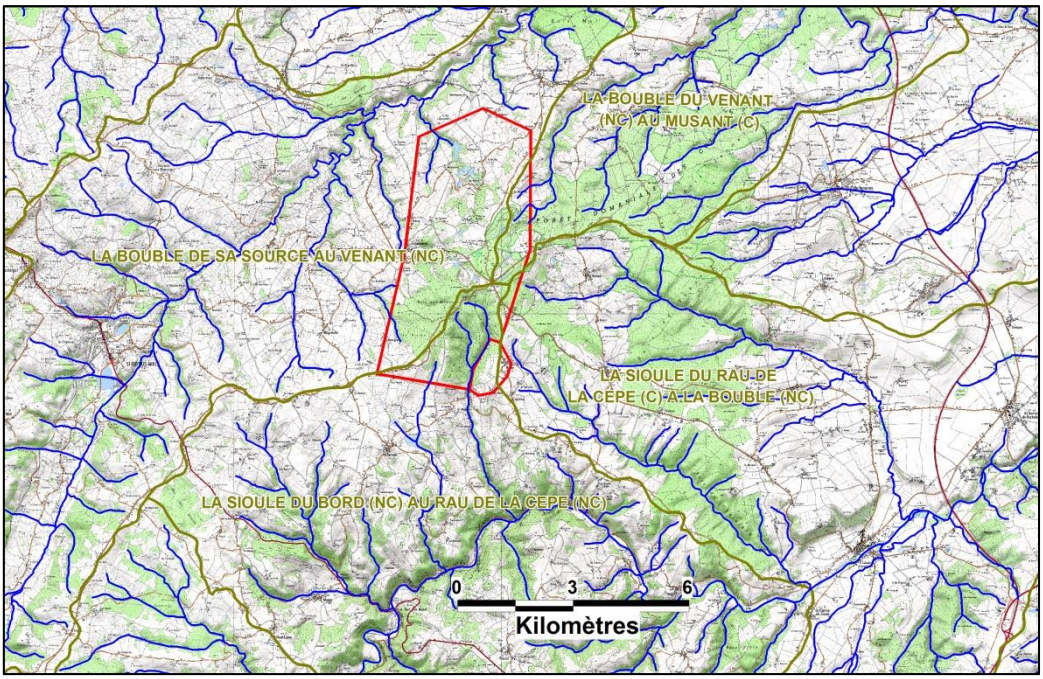


Figure 5 : Zones hydrographiques (contours marrons). Fond SCAN 25 ®. Source : BDCARTHAGE®. Les titres miniers des Montmins et de Nades sont représentés en rouge

2.4 Contexte géologique, minéralogique et métallogénique

2.4.1 Contexte géologique

Les secteurs des Montmins et de Nades se situent au sein de la série métamorphique dite de « la Sioule » comportant des micaschistes et des gneiss, au milieu de laquelle affleure le massif granitique «d'Echassières ». A noter ici qu'une caractéristique particulière réside dans le fait que l'intensité du métamorphisme décroît à l'approche du granite.

Quatre unités pétrographiques sont présentes dans la région autour d'Echassières (figure 6):

- le granite porphyroïde à deux micas des Colettes qui présente une forme circulaire d'environ 7 km^2. Il s'est mis en place au carbonifère.
- le granite blanc à albite et lépidotite de Beauvoir qui est enrichi en étain, niobium, tantale et béryllium et appauvri en potassium, fer et titane. Il forme une apophyse sur la bordure sud du granite des Colettes et présente une superficie affleurante beaucoup moins importante que ce dernier. Il est d'ailleurs vraisemblable que l'essentiel de la masse de ce granite soit caché par le recouvrement de micaschistes.
- les micaschistes à deux micas qui font partie de la série des schistes cristallins de la vallée de la Sioule, au milieu desquels les granites des Colettes et de Beauvoir affleurent. Au contact du granite des Colettes se développe une auréole de métamorphisme marquée par l'apparition de sillimanite et cordiérite.
- le microgranite de Pouzol-Servant, situé au sud des trois autres unités pétrographiques.

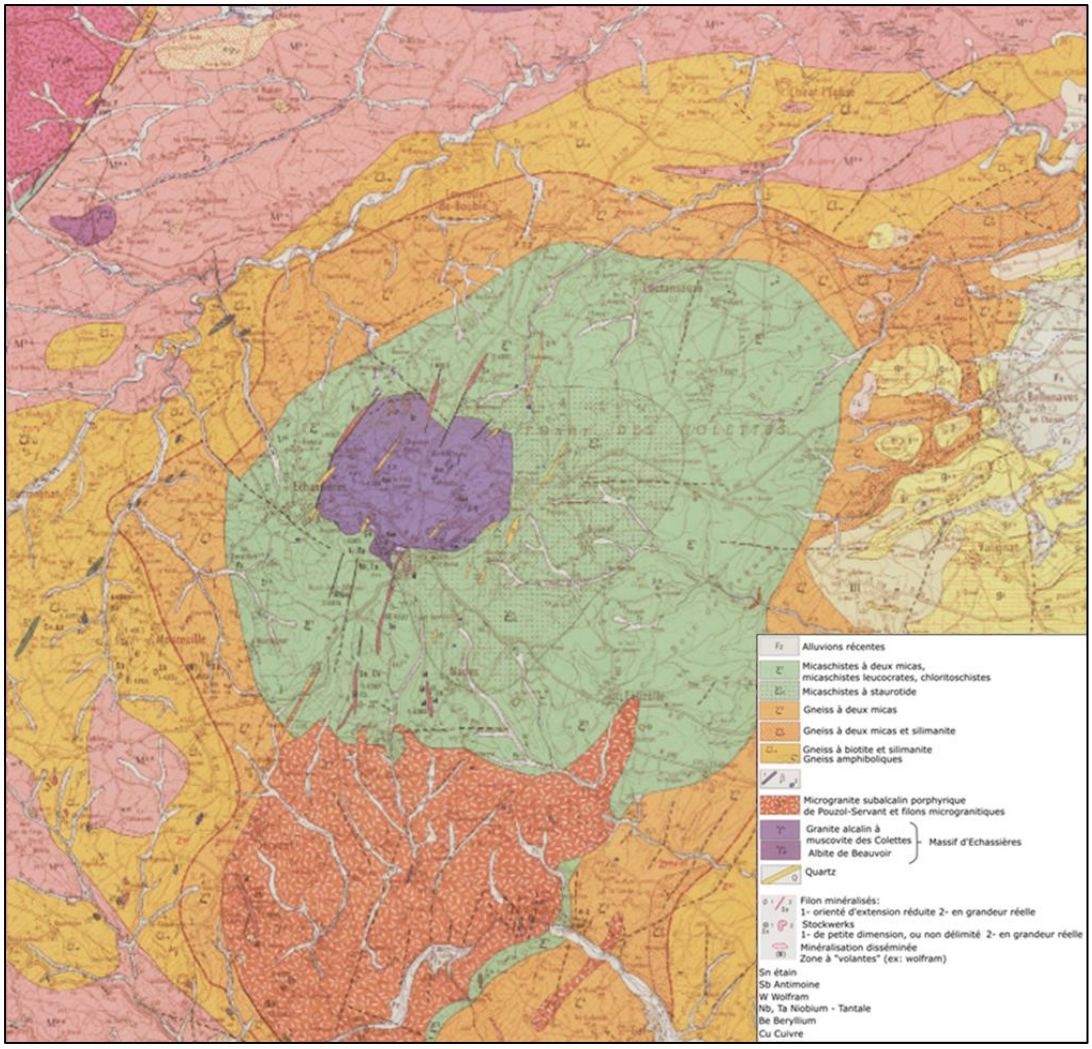


Figure 6 : Extrait de la carte géologique de Gannat (échelle originale 1/50000) ; GEOPORTAIL

La mise en place du granite de Beauvoir est postérieure à celle du granite des Colettes avec lequel il présente un contact intrusif souligné par une auréole de réaction essentiellement feldspathique. On note aussi la présence de blocs de granite des Colettes plus ou moins transformés dans le granite de Beauvoir. Dans sa partie nord, le granite de Beauvoir se trouve en contact avec le granite des Colettes. Au sud, il s'ennoie sous les micaschistes avec une pente de 40-70 grades.

2.4.2 Contexte minéralogique et métallogénique

Le granite du Beauvoir a subi une greisénification qui se traduit par une plus forte densité et un accroissement des grains de quartz. Dans la partie apicale de la coupole se sont développés des endogreisens de contact avec un enrichissement en métaux rares.

Par ailleurs, une kaolinisation affecte l'ensemble des faciès granitique ; cette dernière étant limitée aux zones d'affleurement ou aux zones proches de la surface.

La minéralisation est associée aux intrusions granitiques et plus particulièrement à la coupole alcaline à lépidolite de Beauvoir. Elle comprend plusieurs cortèges de filons principalement quartzeux, souvent à topaze (Aubert, 1969), et leurs épontes d'altération hydrothermale sont chargées en sulfures, minéraux potassiques et tourmaline. L'ensemble de ces éléments est implanté de façon sécante dans les micaschistes du groupe de la Sioule

(Grolier et al., 1975) et dans les granites (Aubert, 1969 ; Cuney et al., 1992 ; Bouchot et al., 2005). Le granite des Colettes, toujours proche ou sous-jacent des micaschistes (auréole métamorphique à staurotide) apparaît à l'affleurement au centre du secteur d'étude.

Le micaschiste autour de la périphérie nord des intrusions granitiques est affecté par des filons, de quartz et wolframite.

Des filons stériles ou pauvres, et les altérations hydrothermales sont susceptibles d'être observés bien au-delà du périmètre des concessions. L'arsenic peut ainsi être présent au-delà des filons minéralisés (annexe 2)

Au sud, au niveau de la zone des Chaillats, un filon a été reconnu dont la minéralisation comprend en particulier : cassitérite, topaze, wolframite, stannite, chalcopyrite, blende, fluorine, mispickel, etc. On notera l'absence de stibine.

Le filon de Nades est quant à lui au cœur d'une région métallogéniquement favorisée : le massif des Colettes du nord et celui de Pouzol-Servant au sud possèdent l'un et l'autre un cortège filonien. Les minéralisations pneumatolytique à hydrothermale où dominent tungstène et étain sont liées à l'intrusion du batholithe granulitiques des Colette, tandis que la minéralisation hydrothermale exclusivement antimonieuse est liée à la mise en place de la laccolithe de Pouzol-Servant. Le filon d'antimoine de Nades se rattache à ce deuxième groupe.

Les signatures géochimiques caractéristiques des paragenèses associées aux différents gisements considérés dans le cadre de cette étude, se marquent par la présence d'un important cortège d'éléments chimiques (W, As, Sn, Mo, Sb, Cu, Zn, Pb, Li, F, Nb, Bi, B, Be, Rb, Ta, Ga, Y…..). Au niveau du site de la Bosse, on trouvera par exemple le lithium associé au lépidolite (mica lithinifère) ainsi que des minéraux comme la cassitérite porteuse d'étain ou encore la colombotantalite et le microlite qui vont concentrer le tantale et le niobium.

2.4.3 L'inventaire minier

Les données issues de l'Inventaire Minier national (http://sigminesfrance.brgm.fr/) disponibles sur le secteur d'étude concernent essentiellement les sédiments du réseau hydrographique. Bien qu'anciennes et répondant à un objectif différent, ces données permettent de localiser les principales anomalies géochimiques, naturelles ou anthropiques. L'arsenic ou encore l'étain et le tungstène se distinguent très clairement dans le cadre de ces anomalies ; les anomalies en arsenic apparaissant beaucoup plus étendues que celles en étain et en tungstène (figures 7 à 9). Elles sont pour l'essentiel situées au niveau de la couronne de micaschistes et de gneiss à deux micas située autour du granite des Colettes.

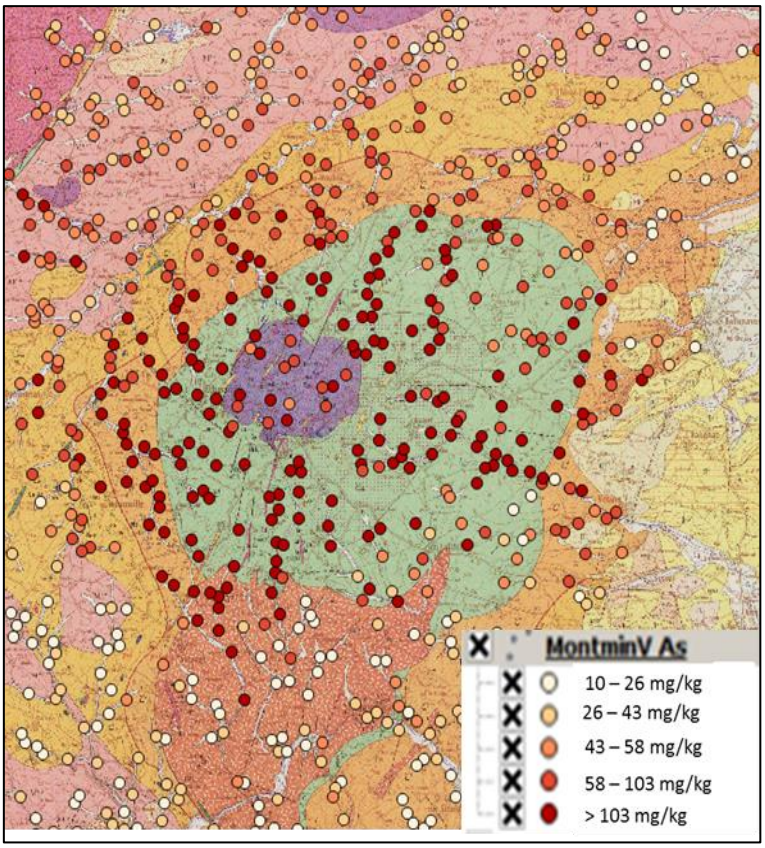


Figure 7 : Carte des teneurs en arsenic de l'inventaire minier (mg/kg). Extrait du rapport BRGM de l'annexe 2

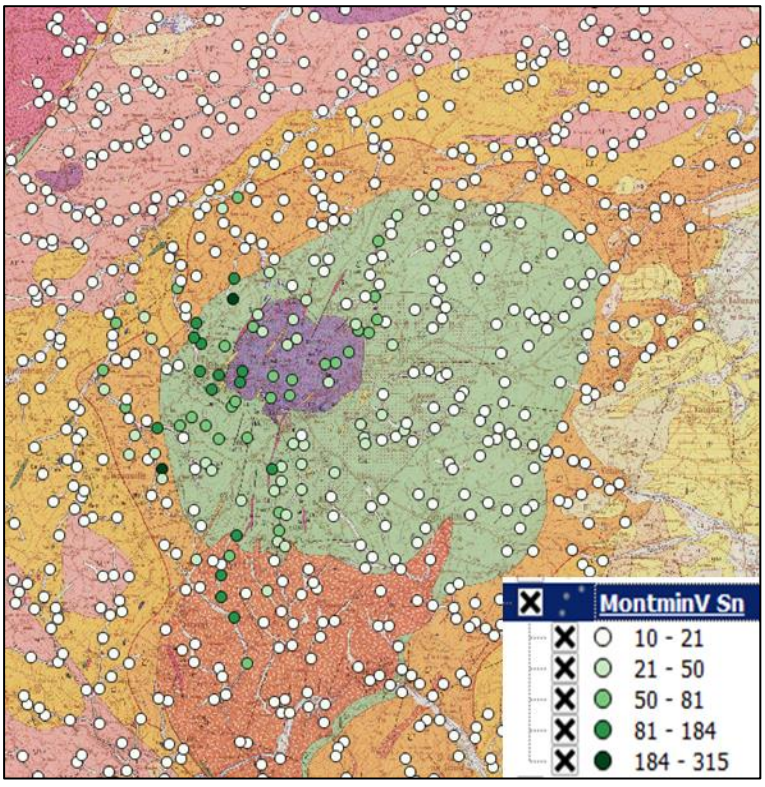


Figure 8 : Carte des teneurs en étain de l'inventaire minier (mg/kg). Extrait du rapport BRGM de l'annexe 2

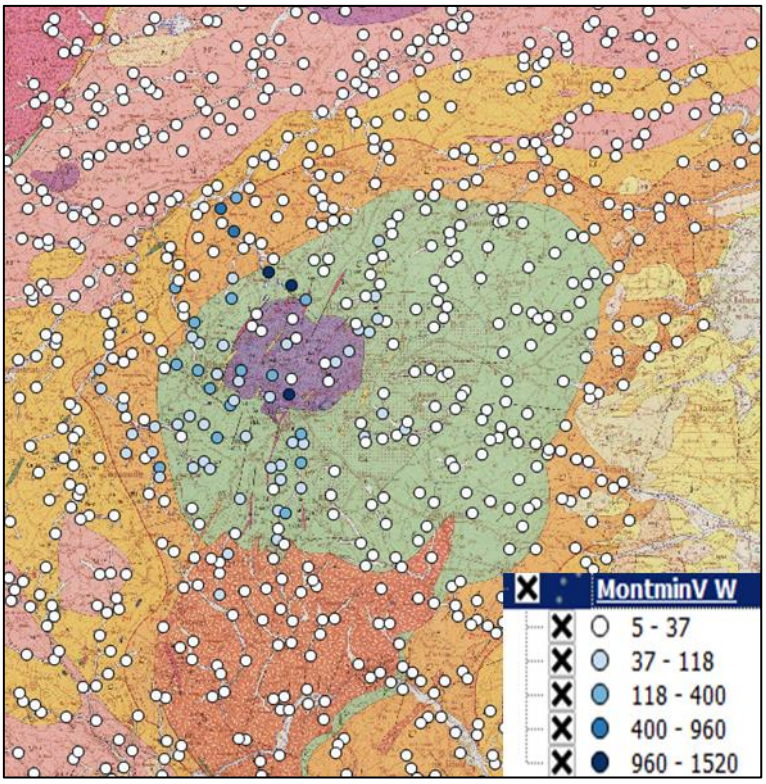


Figure 9 : Carte des teneurs en tungstène de l'inventaire minier (mg/kg). Extrait du rapport BRGM de l'annexe 2

2.4.4 Etude historique

L'étude historique s'est appuyée sur celle effectuée dans le cadre de l'étude détaillée des aléas miniers « mouvement de terrain » réalisée parallèlement au présent travail.

Une revue complémentaire des archives minière orientée plus spécifiquement sur l'objectif d'une étude sanitaire et environnementale a toutefois été effectuée au niveau des archives stockées dans les locaux du BRGM à Clermont-Ferrand. Cette étude historique s'est également appuyée sur la thèse de P. C. Guiollard (2009).

2.4.4.1 Généralités

Pour le district minier d'Echassière-Montmins, l'exploitation remonterait à l'époque gallo-romaine et était effectuée par le biais de « stannières ».

Aucune datation précise n'est disponible pour ces exploitations, bien que des périodes d'exécution au IIIème et/ou au Vème siècle soient fréquemment suggérées. La possibilité que ces travaux puissent dater du haut Moyen-Age est également évoquée. Il semble que dans les années 1960-1970, les travaux anciens aient toujours été interprétés comme datant de l'époque gallo-romaine, même si aucune étude n'étaye réellement cette affirmation.

Ces vieux travaux couvrent quelques centaines d'hectares. Ils sont particulièrement développés dans la zone des Bois Menus (figure 10) mais ils existent aussi entre les Chaillats et la route nationale, aux Pierres Cassées et aux Biollats.

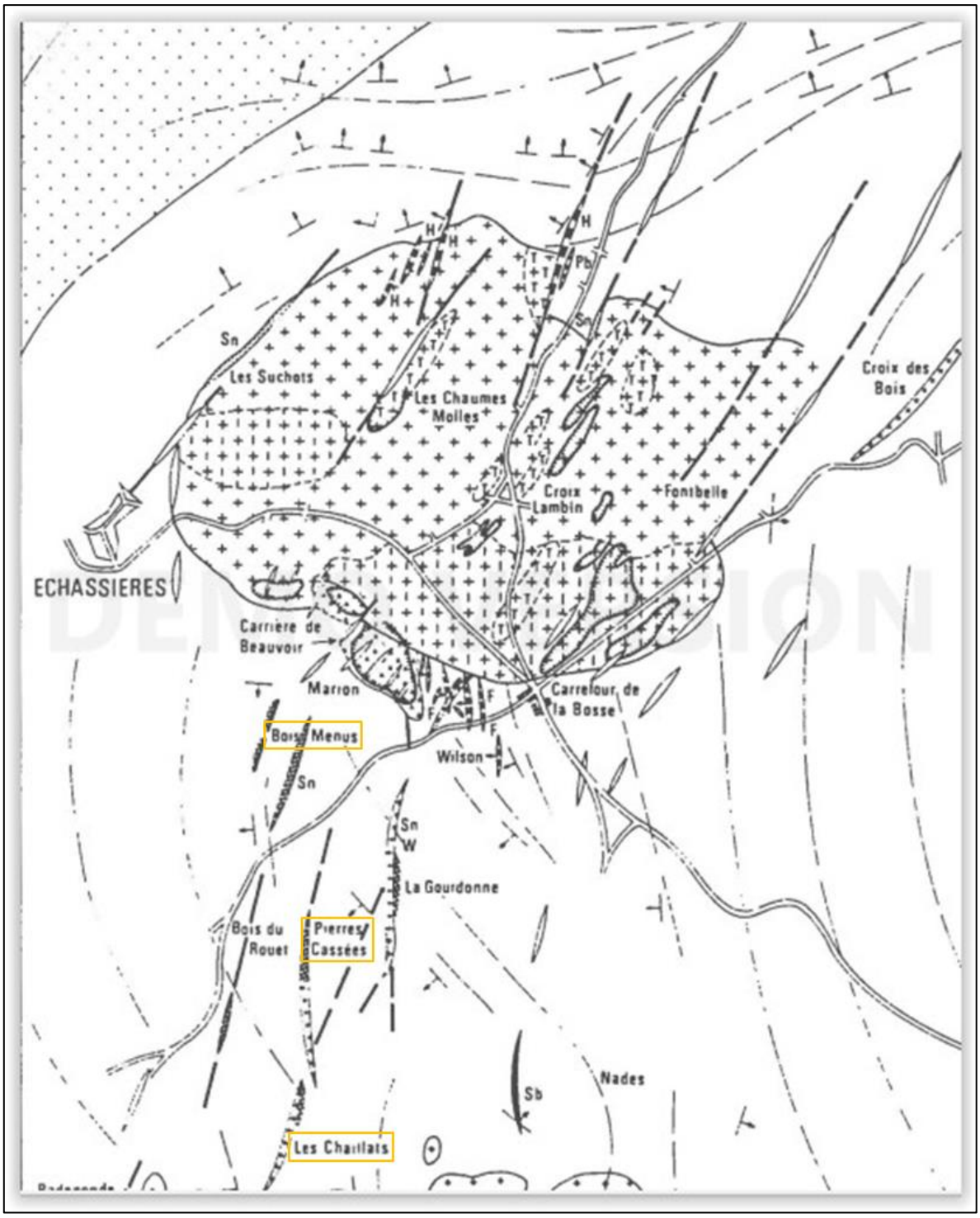


Figure 10 : Positionnement des zones de Bois Menu, Chaillats et Pierres Cassées (extrait du rapport de l'étude détaillée des aléas miniers « mouvement de terrain » de GEODERIS)

La minéralisation exploitée n'est pas connue avec précision. Probablement, il s'agissait d'exploitation d'étain à partir de minerai de cassitérite (des traces de cassitérite, de topaze et plus rarement de wolfram ont été retrouvées dans les déblais).

Dans une époque plus récente, le district minier d'Echassière-Montmins a fait l'objet de plusieurs titres miniers :

- le PER d'Echassières pour étain (BRGM) ;
- le PEX d'Echassières pour étain (COFRAMINES) ;
- la concession des Montmins pour tungstène ;
- la concession de Nades pour antimoine.

Quelques travaux de recherche effectués au 19ème siècle et dans la première moitié du 20ème siècle sont également signalés sur les communes de Servant, Moureille et Lalizolle, recherches qui n'ont apparemment pas donnés lieu à des travaux conséquents. Ils sont décrits dans le travail relatif à l'étude détaillée des aléas miniers « mouvement de terrain » effectuée par GEODERIS.

Des travaux de recherche ont également été entrepris dans les communes de Nades à 200 m au sud de la Bosse.

Dans le cadre de cette étude nous nous attacherons uniquement aux deux concessions des Montmins et de Nades.

2.4.4.2 La concession des Montmins

a) Généralités

La concession des Montmins s'étend sur une superficie d'environ 20 km^2.

Sur cette concession, on peut globalement distinguer trois grands groupes de filons :

- les filons du groupe du Mazet
- les filons du groupe de la Bosse
- les filons du groupe de Chaillat

a.1) Groupe du Mazet

Plusieurs zones ont fait l'objet de travaux (figure 11):

- Travaux du Mazet. Un extrait de plan de surface daté d'avril 1955 du site du Mazet est présenté en annexe 3
- Travaux de Sainte Barbe, associés à la galerie Sainte Barbe et au puits Trapenard (annexe 3).
- Travaux des Montmins
- Travaux Gilbert
- Travaux Roman
- Travaux des Roches

a.2) Groupe de la Bosse

Les travaux effectués dans cette zone sont les suivants :

- Travaux de l'Eperon
- Travaux du Suquet
- Travaux de la Bosse

Une autre formation quartzeuse, dite filon Wilson, plus profonde que les autres a aussi été exploré sur le secteur de La Bosse.

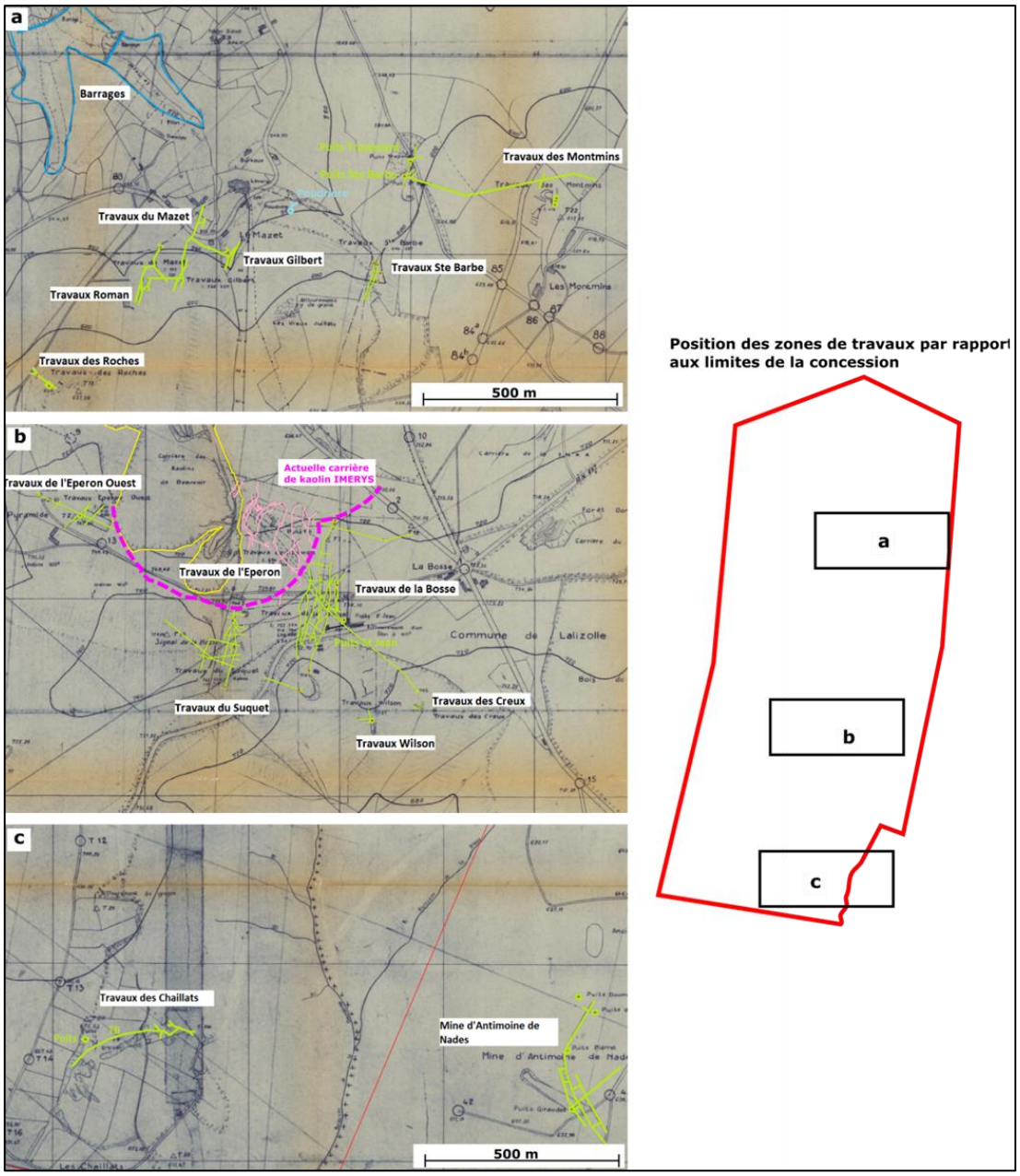


Figure 11 : Position des zones de travaux de la concession des Montmins (extrait du rapport de l'étude détaillée des aléas miniers « mouvement de terrain » de GEODERIS). En vert sont représentés les travaux souterrains encore existants. En rose pâle sont représentés les travaux souterrains qui ont été repris par la mine à ciel ouvert de la mine des Montmins et l'actuelle carrière des kaolins de Beauvoir. Ces travaux n'existent donc plus. En jaune, les limites de l'ancienne carrière de kaolin SKB. En magenta pointillé, les limites de l'actuelle carrière de kaolin.

a.3) Groupe de Chaillat

A ce système de minéralisation sont rattachées les aurifères ou stannières de la région de Montignat, à la limite SO de la concession des Montmins. Les travaux ont été composés d'un travers-banc de plusieurs centaines de mètres.

b) Historique de la concession

En 1913, le Dr Trapenard découvre du tungstène aux environs des Montmins.
Le 2 juin 1917, ce dernier obtient, pour le compte de la Société anonyme des Mines de Montmins, créée en 1913, la concession des Montmins pour le wolfram et métaux connexes.

La mine a connu 3 grandes périodes d'activités de 1918 à 1919, de 1936 à 1940 et de 1945 à 1962. Les travaux se sont principalement concentrés au nord de la concession où tous les travaux miniers ont été effectués en souterrain et au centre de la concession où, de 1954 à 1962, l'exploitation s'est faite à ciel ouvert. Divers travaux de recherche furent également entrepris au sud de la concession en 1925 et 1950 sans résultats tangibles. La chute continue des cours du tungstène entraîne l'abandon de l'exploitation minière en 1962.

Un résumé de l'historique de la concession est fourni ci-après :

- 12 août 1913 : pétition de M. Auguste Trapenard sollicitant au nom de la Société des Mines de Montmins une concession de mines de wolfram et métaux connexes

- 16 nov. 1913 : constitution de la Société des Mines de Montmins au capital de 50 000 Fr

- 2 juin 1917 : institution de la concession des Montmins au profit de la Société des Mines de Montmins pour une durée de 75 ans

- 1917-1918 : exploitation des filons Ste Barbe et Mazet n°1. Construction d'une laverie à Ste Barbe. Extraction d'environ 1000 t de minerai brut à 207 t de concentrés.

- 11 novembre 1918 : arrêt de l'exploitation à l'armistice

- 30 janvier 1919 : pétition de M. Louis Roman, au nom de la Société des Mines de Montmins pour l'extension au minerai d'étain et l'extension à d'autres limites portants sur les communes de Nades, Echassières, Lalizolle et Servant.

- 1919-1929 : travaux de recherche et d'entretien

- 18 décembre 1921 : décret d'extension de la concession des Montmins, à 19km^2 33ha

- 1929-1936 : arrêt complet des travaux

- 1936 : reprise de l'activité de la mine. Installation d'une laverie au Mazet. Minerai provenant de La Bosse et du Mazet. 128 t de concentrés produits

- 6 mars 1940 : incendie de la laverie du Mazet
- 1940-1942 : arrêt complet des travaux

- 1942 : reprise de l'affaire par le groupe minier de la S.H.T.B.H

- 1942-1945 : travaux de traçages du Mazet et de la Bosse. Période de préparation pendant l'occupation. Reconstruction de la laverie du Mazet.

- 1er semestre 1945 : essais de marche de l'exploitation

- Juin 1945 : reprise de l'exploitation : 8 t en 1945 ; 40 t en 1946

- Février 1946 : transformation de la laverie de Mazet. Dès le deuxième semestre 1946, la production s'est peu à peu développée. En 1946, sur moins de 6 mois d'activité réelle, 7164 t de minerais furent extraites, donnant 39,964 t de concentrés marchands à 65 % de WO_3 (Guiollard, 2009).

- Octobre 1947 : mise en abatage de chantiers nouveaux. Environ 600 t de concentrés produit jusqu'en 1949. Dès 1947, la mine des Montmins occupait la deuxième place des mines de tungstène françaises derrière la mine de Puy les Vignes, avec une production de 108,637 t de concentrés et 189 personnes. La progression de la production se poursuit régulièrement jusqu'en 1950, date à laquelle la mévente passagère des minerais de tungstène provoque une réduction de production. (Guiollard, 2009).

- Août, septembre et octobre 1950 : modernisation et agrandissement de l'usine de traitement. On assiste également à la construction d'un téléphérique de 2 650 m de long permettant d'acheminer le minerai depuis la mine jusqu'à la laverie (Guiollard, 2009).

- 1950-1962 : une nouvelle laverie est construite. Les travaux de la région nord sont progressivement délaissés au profit de la zone centrale : travaux de l'Eperon, de la Bosse et du Suquet. Le minerai est transporté à l'usine du Mazet à partir de 1953. Pendant l'hiver 1951-1952 un orage emporta le barrage supérieur des tailings récents.

- 1954 : la capacité de traitement de la laverie était de 450 t par jour (Guiollard, 2009). Un atelier de pré concentration est construit et permet d'augmenter cette capacité de traitement.

- 1954 : le 1er mars 1954, l'exploitation souterraine est abandonnée. L'exploitation se fait alors à ciel ouvert. Les galeries sont partiellement inondées, sans être définitivement fermées.

- 1956 : les capacités de traitement de la laverie sont passées à 850 t par jour (Guiollard, 2009). Des contacts ont été pris avec la société minière et métallurgique Penarroya pour la cession des actifs miniers du groupe Worms auquel appartenait la Compagnie Minière des Montmins. Dans ces actifs se trouvait notamment la mine de cuivre et d'étain de Charrier. La Compagnie minière des Montmins devient alors une filiale de la société minière et métallurgique Penarroya (Guiollard, 2009).

- 26 février 1958 : prolongation illimitée de la concession à la Société des Mines de Montmins

- 12 octobre 1962 : la Compagnie Minière des Montmins suspend l'exploitation de la mine du fait de l'effondrement des cours du tungstène qui passent de 160 Shillings en 1960 à 60 Shillings en juin 1962. Cette situation aboutit au licenciement de 123 ouvriers et 19 mensuels dont 3 ingénieurs (Guiollard, 2009).

- 17 novembre 1962 : acte de décision de suspendre l'exploitation de la mine fait par le préfet du Puy-de-Dôme. Cet arrêt imposait l'obturation de tous les orifices miniers (galeries, travers-bancs, descenderies, puits et cheminées)

- 30 novembre 1962 : la Compagnie Minière des Montmins abandonne l'exploitation de la mine

- 25 janvier 1965 : vente par la Société Minière de Montmins à la SCI du Mazet de terrains sur lesquels se trouvent 85 000 m^3 de pierre et terre entassés formant un barrage-poids utilisé jusqu'à fin novembre 1962, ainsi que tous les stériles et rejets de laverie accumulés en amont dudit barrage

- 31 juillet 1967 : la société minière et métallurgique de Penarroya et la compagnie minière de Montmins signent un acte de cession de la concession. L'acte de vente stipule que la présente session ne comprend aucune installation matérielle, mais seulement les droits aux concessions proprement dites

- 11 septembre 1967 : la Société minière et métallurgique de Penarroya sollicite la mutation de la concession à son profit

- 17 octobre 1968 : décret autorisant la mutation de la concession au profit de la Société minière et métallurgique de Penarroya.

- 16 juin 1986 : Metaleurop (ex Société Minière et métallurgique de Penarroya) et la Compagnie Française des Mines (Coframines) sollicitent la mutation de la concession au profit de cette dernière. Cette mutation est refusée, l'administration souhaitant lier ce transfert à l'exécution de travaux de protection et de sauvegarde des installations

- Mai 1988 : affaissement du barrage du Cotillon

- 21 septembre 1993 : arrêté préfectoral de l'Allier répertoriant le barrage du Cotillon comme intéressant la sécurité publique

- 1997 : la société minière et métallurgique de Pennarroya confie au cabinet de conseil Bugeco un inventaire de l'état des lieux et des travaux d'obturation réalisés

- 26 novembre 1997 : le SIVOM « Sioule et Bouble » accepte de prendre en charge les mesures de sécurité concernant le puits Saint-Jean

- 27 avril 1998 : Metaleurop dépose la Déclaration d'Arrêt Définitif de Travaux DADT de la concession des Montmins, ainsi que la demande de renonciation au titre minier correspondant

- 8 avril 2003 : arrêté préfectoral 1213/03 donnant acte de l'arrêt définitif des travaux sur la concession des Montmins.

La concession des mines de wolfram des Montmins a vu sa renonciation acceptée en 2006 (arrêté ministériel du 05 octobre 2006).

Un Permis Exclusif de Recherches de mines de lithium, étain, tantale, niobium, tungstène, béryllium et substances connexes dit « permis de Beauvoir » est actuellement accordé à la société IMERYS CERAMICS France depuis le 15 mai 2015.

c) Méthode d'exploitation

Les travaux ont été réalisés en souterrain jusqu'en 1954. L'extraction s'est faite par puits et galeries sur les filons de la zone Nord (travaux Ste Barbe, du Mazet, Roman, les Roches, Trapenard, Gilbert) et de la zone Sud (travaux Wilson et Chaillat). Les travaux ont ensuite été exclusivement effectués à ciel ouvert aux carrières de La Bosse, de l'Eperon et du Suquet, par gradin de 10 m de hauteur. La roche était abattue à l'explosif, chargée sur des camions bennes et déversée dans un concasseur installé en tête du téléphérique de 2 650 m de longueur qui acheminait le tout-venant concassé à l'usine du Mazet.

d) Traitement du minerai

D'après une lettre rédigée par le directeur des Mines de Montmins (Victor Lassalle) le 25 janvier 1916, le minerai avait été traité par la laverie de Puy-les-Vignes qui n'avait donné que des résultats médiocres. Par la suite, une laverie a été construite sur la zone du Mazet, comme indiqué précédemment (cf. 2.4.4.2.b). Un schéma simplifié daté de décembre 1950 de l'usine du Mazet est présenté sur la figure 12.

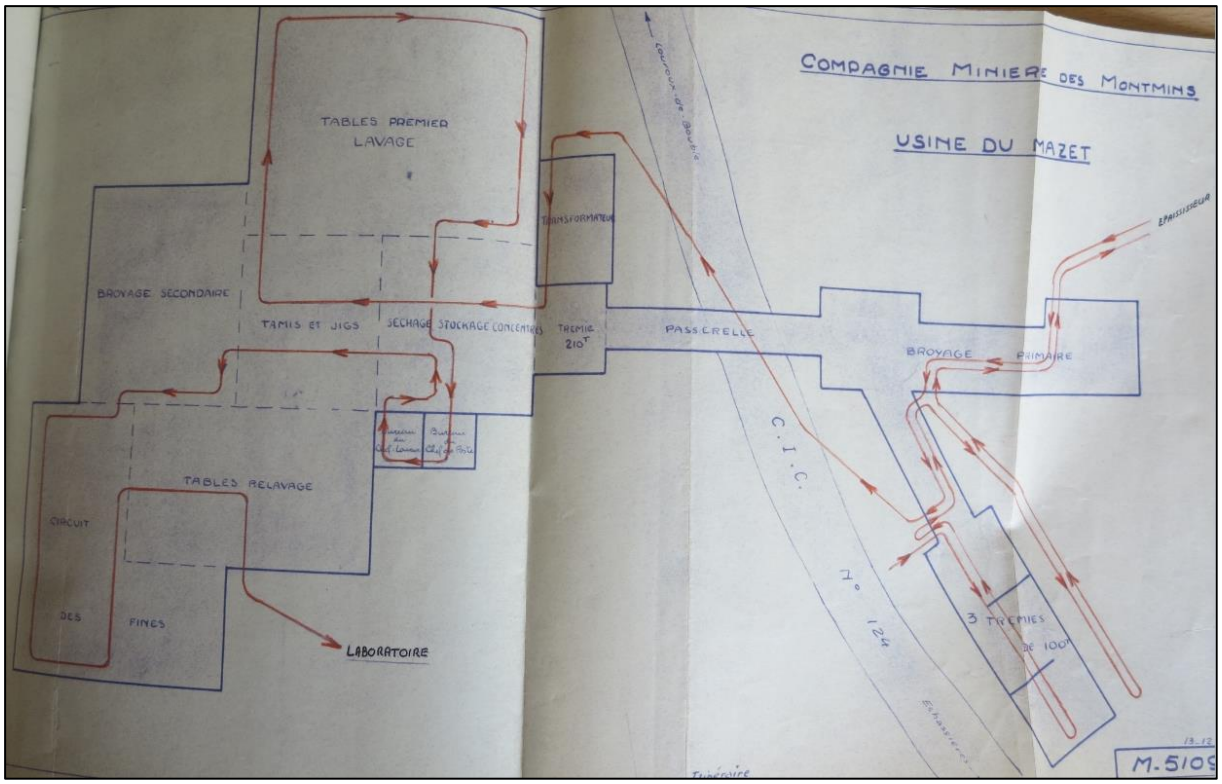


Figure 12 : Plan de l'usine du Mazet (décembre 1950)

Le rapport de l'ingénieur des mines du 7 mai 1957, relate les étapes suivantes dans le traitement du minerai :

- Concassage et débourbage
- Convoyage et soutirage des premiers concentrés
- Pré-concentration avec rejets de 50 à 60% des stériles
- Premier lavage et production de concentrés
- Deuxième lavage qui fournit une production de concentrés et des rejets
- Traitement des fines qui fournit une petite production de concentrés et les derniers rejets

La production est exportée à moitié en Allemagne, l'autre moitié est livrée à l'industrie sidérurgique française, plus spécialement Ugine.

Le statut administratif sous lequel était réglementée l'activité de traitement de minerai n'a pas été déterminé dans le cadre de la présente étude.

Un schéma général du circuit de traitement du minerai est fourni sur la figure 13.

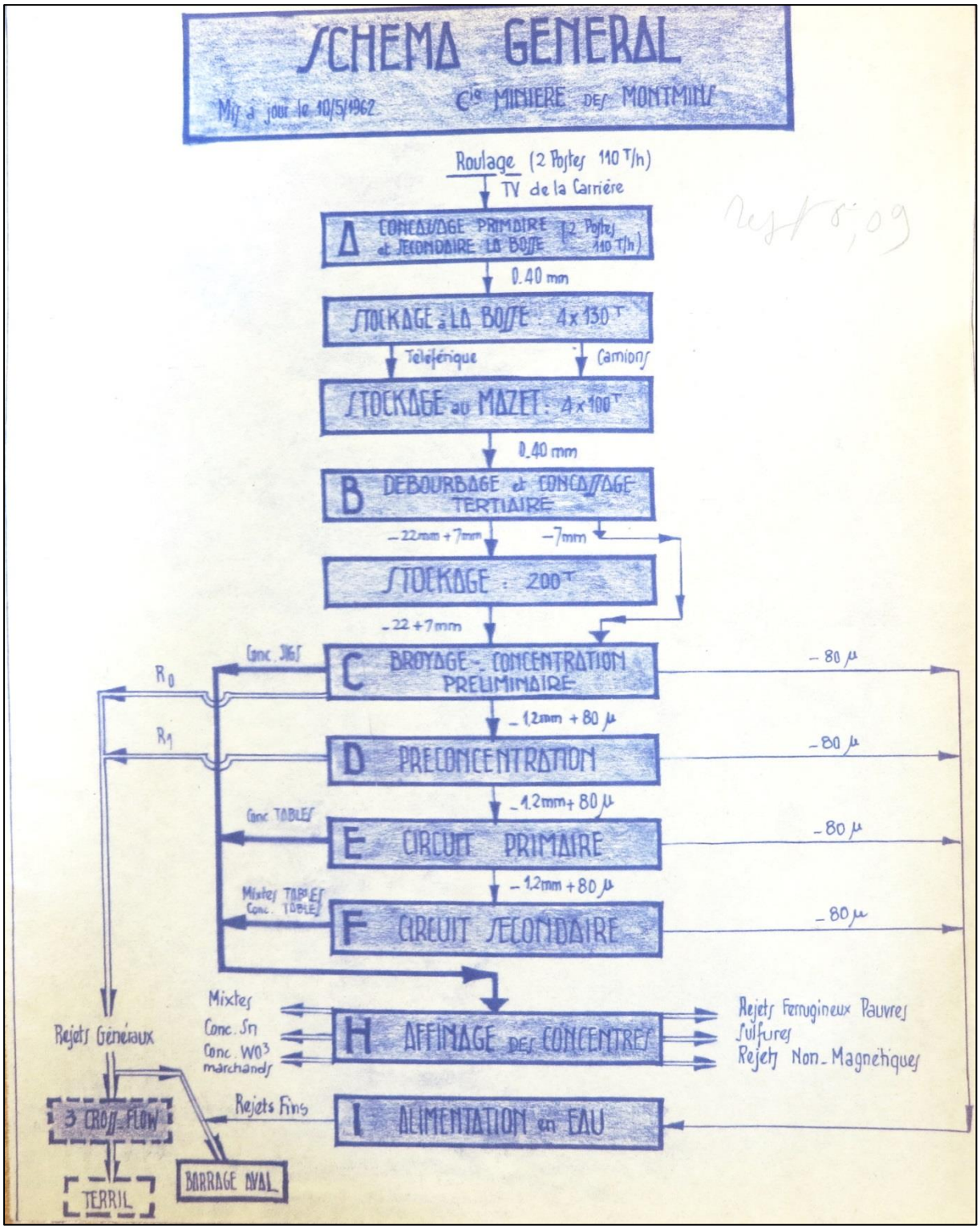


Figure 13 : Schéma général du circuit de traitement du minerai (mise à jour de mai 1962)

e) Les haldes et les rejets de la laverie

Les rejets de laverie, de la consistance d'un sable moyen à fin limoneux, ont été stockés dans des bassins de décantation localisés au Mazet, dans la vallée d'un affluent de la Bouble (ruisseau du Cotillon). Vers la fin de l'exploitation, la fraction grossière de ces rejets a

été stockée séparément et a donné naissance à un dépôt de résidus sableux de lavage du minerai. Un schéma de l'alimentation en eau de la laverie est présenté figure 14.

Une note technique sur l'évacuation et l'épuration des rejets de l'usine de traitement indique que la méthode d'épuration employée comportait les stades suivants :

- Une reprise par pompes des rejets et récupération d'une partie des eaux d'entrainement sur cyclones
- Une décantation de la sortie chargée de matières solides des cyclones dans un premier barrage
- Une décantation du débordement de ce premier barrage dans un deuxième barrage où une partie des eaux est récupérée, le reliquat étant déversé dans la vallée vers la rivière la Bouble.

Les tailings ont été exploités en 1950 (5500 t) et en 1951 (6900 t). Leur exploitation a continué en 1952 jusqu'en août. Pendant l'hiver 1951-1952, un orage emporta le barrage supérieur des tailings récents (figure 15) qui entraîna vers la Bouble les tailings anciens riches (réclamation du Syndicat des Eaux de la Bouble de novembre 1951, ayant entrainé une enquête officielle de la Préfecture de l'Allier et du Servie es Eaux et Forêts). La valeur des tailings au bilan 1951 fut soldée.

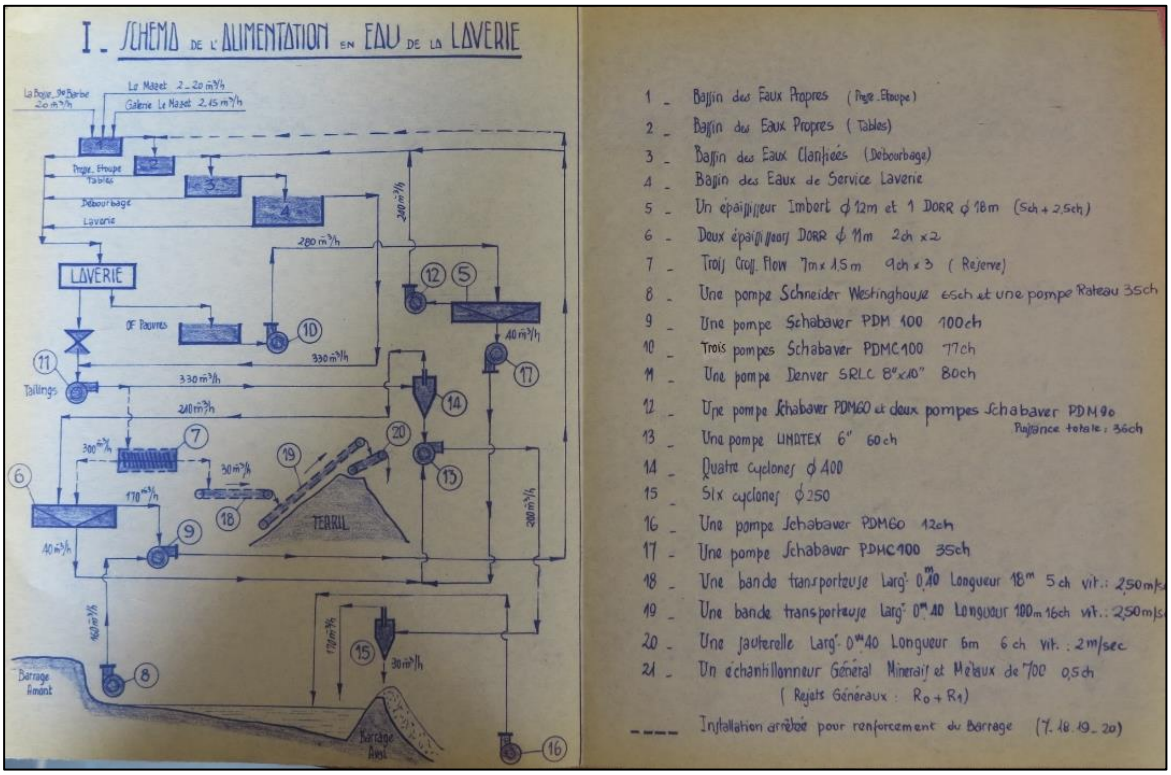


Figure 14 : Schéma d'alimentation en eau de la laverie du Mazet

Figure 15 : Plan du Mazet daté de novembre 1953

f) Affaire M. Batier – Périn sur les résidus de laverie (1952-1953)

En juin-juillet 1952, un envahissement des boues de décantation venant de la laverie du Mazet sur la propriété de M. Batier est relaté au niveau des archives minières. La compagnie minière de Montmins propose de racheter les parcelles de M. Batier, dont celles atteintes par ces boues. Un point d'eau se trouve sur les parcelles concernées. Un rachat des parcelles de M. Perrin et M. Montcouyoux est également considéré. En 1953, un arrêté du préfet autorise la compagnie à récupérer les parcelles de M. Batier et M. Perrin pour stocker les boues de laverie qui s'accumulent dans la vallée située en contrebas de la laverie et débordent sur les terrains dont la Compagnie est propriétaire. Il ne devient plus possible de décanter les eaux résiduaires de la laverie, qui menacent de polluer les cours d'eau. M. Batier fait une réclamation concernant le fait que ces parcelles aient déjà été occupées depuis juillet 1952.

g) Problématiques liées aux bassins de résidus miniers

Plusieurs bassins ont été construits afin de recueillir les résidus de décantation. Le plus imposant et aussi le plus récent est le bassin du Cotillon qui comprend un évacuateur de crue permettant d'évacuer le trop-plein de la retenue vers le ruisseau du Cotillon.

Un plan de situation de l'état d'avancement de ces bassins en 1959 est présenté sur la figure 16, plan sur lequel on peut distinguer des terrains faisant encore l'objet d'une occupation temporaire.

Les bassins du Mazet sont parfaitement identifiables sur les anciennes photos aériennes prises vers la fin de l'exploitation (figure 17).

Figure 16 : Plan de situation des barrages au Mazet en avril 1959. Jaune clair : décantation premier barrage ; jaune foncé : décantation deuxième barrage ; orange : reprise de tailings ; bleu : terrains faisant l'objet d'une demande d'occupation temporaire.

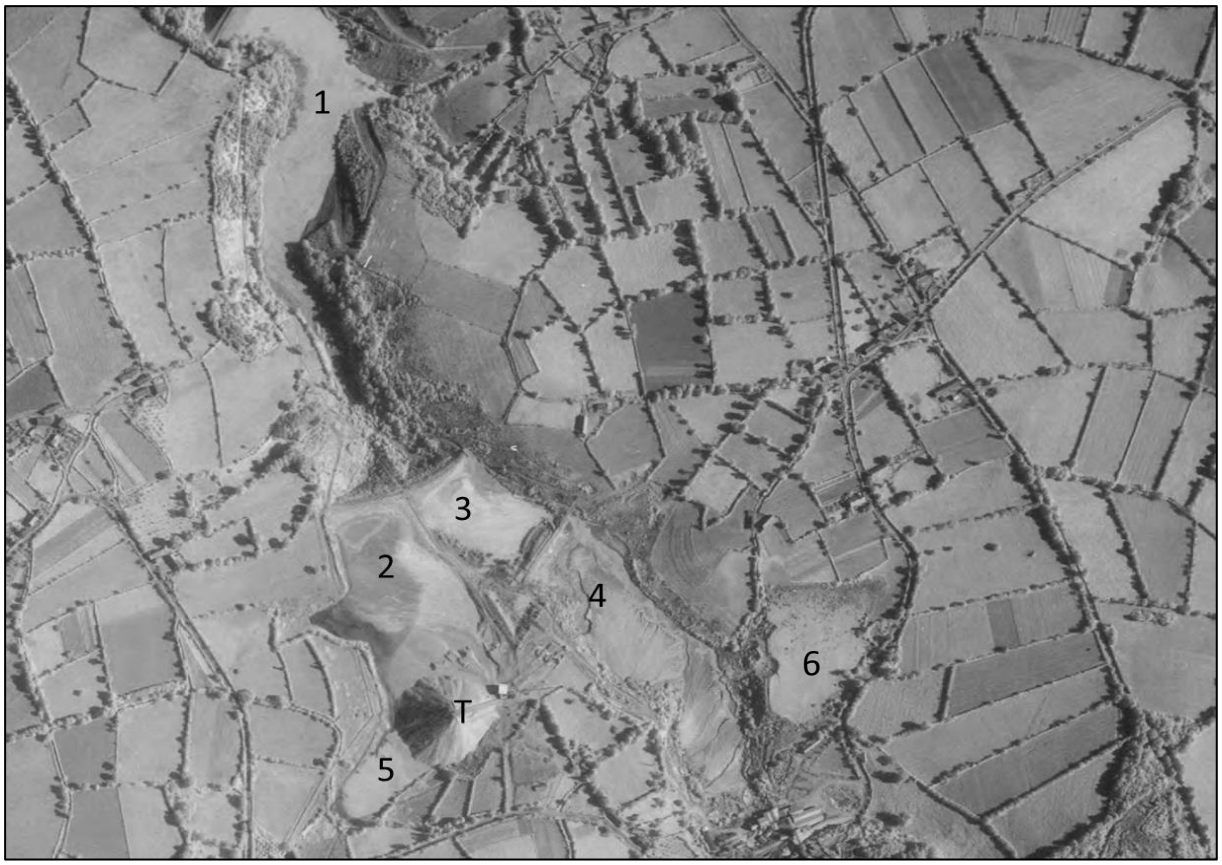


Figure 17 : Photo aérienne datant de 1961 du site du Mazet (GEOPORTAIL). 1 : bassin du Cotillon ; 2 : bassin Les Sables ; 3 : bassin Bellevue ; 4 : bassin Oasis ; 5 : bassin Dune ; 6 : bassin non visible aujourd'hui et totalement revégétalisé ; T : dépôt de résidus de lavage du minerai du Mazet

Le 25 janvier 1965, la Société Minière des Montmins vend à la SCI du Mazet 31 ha 13 a 74 ca de terrains sur lesquels se trouvent 85 000 m^3 de pierre et terre entassés formant un barrage-poids utilisé jusqu'à fin novembre 1962, ainsi que tous les stériles et rejets de laverie accumulés en amont dudit barrage. Il est mentionné dans l'acte de vente : « il est expressément convenu entre les parties que la compagnie minière des Montmins n'entend vendre à la SCI du Mazet que les matériaux constituant l'ancien barrage sous-visé, et non pas un barrage en tant qu'ouvrage destiné à la retenue des eaux. Pour le cas où la SCI du Mazet jugerait utile à l'avenir de remettre l'ancien barrage en eau, elle le ferait donc à ses entiers risques et périls sans aucun recours possible contre la compagnie minière des Montmins ».

La SCI du Mazet à laquelle ont été revendu les terrains et les résidus de laverie de la Société Minière des Montmins devient la SCI des Etangs du Mazet.

Cette vente est suivie de la mise en eau des retenues formant des étangs exploités pour la pêche et le tourisme.

Dès les années 70, ce site est connu de l'administration pour des problèmes de pollution des eaux.

La première intervention du service de la police de l'eau de la DDAF remonte à 1975 et faisait suite à un procès-verbal pour pollution établi par le Conseil Supérieur de la Pêche. Dès septembre 1978, la DDAF a sollicité l'appui technique du CTGREF (Centre Technique

du Génie Rural des Eaux et des Forêts) devenu CEMAGREF pour expertiser ce site. Ce service est ensuite intervenu une nouvelle fois en 1985 et 1986.
Dès 1978 des risques liés à l'instabilité du barrage du Cotillon ont été mis en évidence.

L'arrêté préfectoral n°261/87 du 28 janvier 1987 signifie à la SCI des Etangs du Mazet de procéder aux travaux suivants avant le 30 mars 1987 :

- bassin de Bellevue : procéder à la vidange intégrale du plan d'eau pour permettre un contrôle du parement amont et de la nature des stériles contenus dans la retenue
- bassin des Sables : procéder à la vidange du petit bassin situé sur la gauche de la retenue principale afin de déterminer si la résurgence provient de ce bassin. Si le débit de résurgence n'est pas modifié, procéder à la vidange intégrale de cette retenue
- bassin du Cotillon : supprimer la buse posée à l'entrée du déversoir de crue en rive droite qui crée un obstacle au bon écoulement des eaux, en créant un passage à gué pour assurer la continuité du chemin existant. Equiper la canalisation de diamètre 400, située en rive gauche, d'une vanne permettant de contrôler la vidange de la retenue. Dégager l'aval de l'ouvrage pour permettre le contrôle des débits de fuites et éviter tout entrainement de dépôt de fines lors de la vidange de la retenue.

En mai 1988, à la suite d'une période de forte pluviométrie, il s'est produit un glissement sur la face externe du barrage du Cotillon qui est le plus élevé avec une hauteur d'une trentaine de mètres.

Suite à la mission d'inspection du CEMAGREF en 1990 l'ouvrage du Cotillon a été classé comme « intéressant la sécurité publique » par l'arrêté préfectoral du 21 juillet 1993 (n° 3109).

Le site est aujourd'hui la propriété de la SCI de la Dune, représentée par un particulier. Cinq bassins sont encore visibles : l'un considéré comme issus d'une dépression naturelle (La Dune) et quatre artificiels (Les Sables, l'Oasis, Bellevue, Le Cotillon), qui sont confortés par plusieurs barrages dans la vallée du ruisseau de Cotillon. Un sixième bassin n'est plus visible aujourd'hui car totalement végétalisé (bassin situé le plus à l'est du site du Mazet).

La DREAL a fait prendre à l'encontre du propriétaire actuel des mesures d'urgence au motif de sécurité par arrêtés préfectoraux des 23 juillet 2012 et 11 mars 2013, prescrivant notamment la vidange du barrage du Cotillon.

L'opération de vidange gravitaire après creusement du canal de sur-verse s'est achevée en avril 2013 mettant au jour les sédiments déposés en fond de retenue du Cotillon (photo 1).

Photo 1 : Retenue du Cotillon après vidange (en arrière-plan le ruisseau du Cotillon)

En juin 2013, le propriétaire du site a confié les études de réhabilitation du site de la retenue du Cotillon à un bureau conseil spécialisé. En parallèle, la DREAL a demandé aux organismes IRSTEA et GEODERIS d'intervenir comme conseil dans leurs domaines de compétences respectifs au regard du projet présenté par le propriétaire du site.

Ces différents éléments permettent d'identifier plusieurs sujets majeurs :

- Le risque de rupture des ouvrages permettant le confinement des matériaux contenus dans les différentes retenues du site du Mazet;
- La maîtrise du ruisseau du Cotillon qui traverse les sédiments de la retenue du Cotillon et qui est susceptible de générer l'entrainement de ces sédiments vers l'aval ;
- La gestion des sédiments ainsi que celle des eaux de lixiviation.

Début 2015, l'ouvrage permettant le confinement des matériaux de la retenue de Bellevue a subit une rupture aboutissant à la formation d'une brèche d'environ 30 m de large (photo 2).

Photo 2 : Brèche sur l'ouvrage permettant le confinement des matériaux de la retenue de Bellevue suite à la rupture de 2015 (photo datant de 2016)

A ce jour, toutes les retenues ont été vidangées.

Il est important de préciser que suite à ces vidanges, les retenues sont maintenant le siège d'une importante re-végétalisation (photo 3).

Photos 3 : Re-végétalisation de la retenue du Cotillon (photos DREAL 2016)

h) Stabilisation des terrains

Après un inventaire réalisé en 1997, la société Metaleurop est ré-intervenue sur le site presque 40 ans après sa fermeture pour procéder à des fermetures définitives conformément à la DIE 200[9] pour tous les ouvrages, et a alors déposé un dossier d'arrêt définitif des travaux (DADT). Une dizaine de galeries/travers-bancs ont été traités, ainsi que 9 puits/cheminées/descenderies :

- Travaux Mazet : la galerie se situait près des usines. Mauvaise tenue du toit. De l'eau sortait de la galerie. La galerie a été remblayée sur 10 m par des enrochements puis par une couverture de terre.
- Travaux Roman : la galerie était effondrée. Une importante cheminée a dû être remblayée.
- Travaux des Roches.
- Travaux Gilbert : galerie de moins de 10 m, peu profonde, avec un puits à l'entrée et une cheminée qui a été comblée.
- Puits Trapenard.
- Puits Ste Barbe.
- Travaux Ste Barbe.
- La galerie du Chaillat, un travers-banc situé à l'est des travaux. Son entrée est noyée pratiquement jusqu'au toit. Cet accès sera remblayé et drainé.

Le puits Saint-Jean conservé par le SIVOM « Sioule et Boule » comme réserve d'eau, est obturé par une dalle de béton armé. Le 26 novembre 1997 le SIVOM accepte de prendre en charge les mesures de sécurité pour ce site.

Les zones de travaux à ciel ouvert sont aujourd'hui sur l'emprise d'une carrière de kaolin (Société des Kaolins de Beauvoir-SKB).

i) Qualité des eaux des travaux miniers

Des prélèvements d'eau ont été effectués en 1998 par le bureau BUGECO aux exutoires des nappes souterraines en contact avec les anciens travaux miniers. Il s'agit de la galerie du Chaillat (point 11b sur la figure 18 : débit d'exhaure de l'ordre de 1,5 m^3/h) et galerie du Mazet (point 1 sur la figure 18 : débit d'exhaure de l'ordre de 0,1 m^3/h). Sur la figure 19, ces exutoires ont été positionnés par rapport au réseau hydrographique local. Les résultats obtenus montrent que les eaux sont globalement peu minéralisées (conductivités comprises entre 80 et 120 µS/cm ; teneurs en sulfates comprises entre 11 et 20 mg/l). Elles s'avèrent par contre riches en lithium (teneurs de 120 et 150 µg/l). Ces émergences n'ont malheureusement pu être prélevées dans le cadre de la présente étude (écoulements non observés ou à très faible débit ne permettant pas la réalisation de prélèvements corrects).

[9] Circulaire du 6 août 1991, émanant du Département des Industries Extractives du Ministère de l'Industrie.

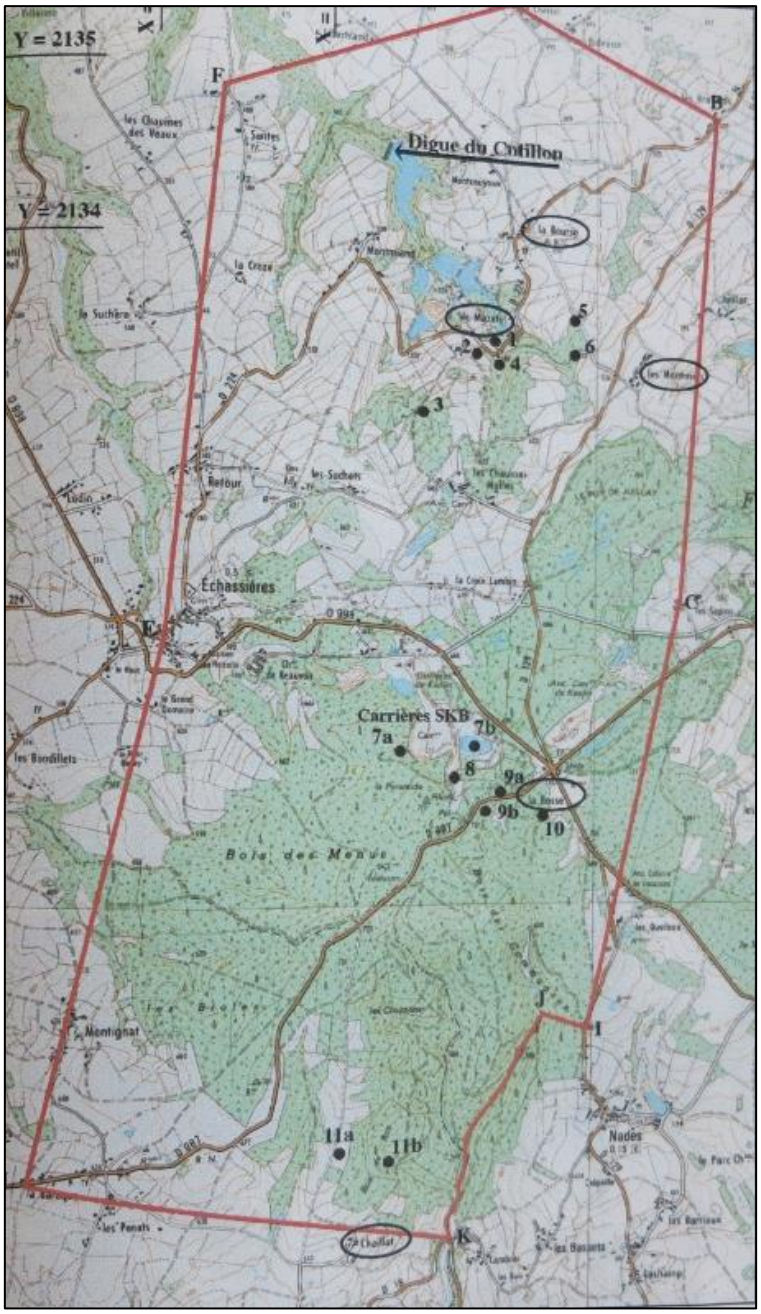


Figure 18 : Concession des Montmins avec localisation des travaux. (extrait de BUGECO, 1998). Travaux du Mazet (1), travaux Roman (2), travaux des Roches (3), travaux Gilbert (4), puits Ste Barbe et Trapenanrd (5), travaux Ste Barbe (6), travaux de l'Eperon (7a et 7b), travaux du Suquet (8), travaux de la Bosse (9a et 9b), travaux Wilson (10), travaux du Chaillat (11a et 11b).

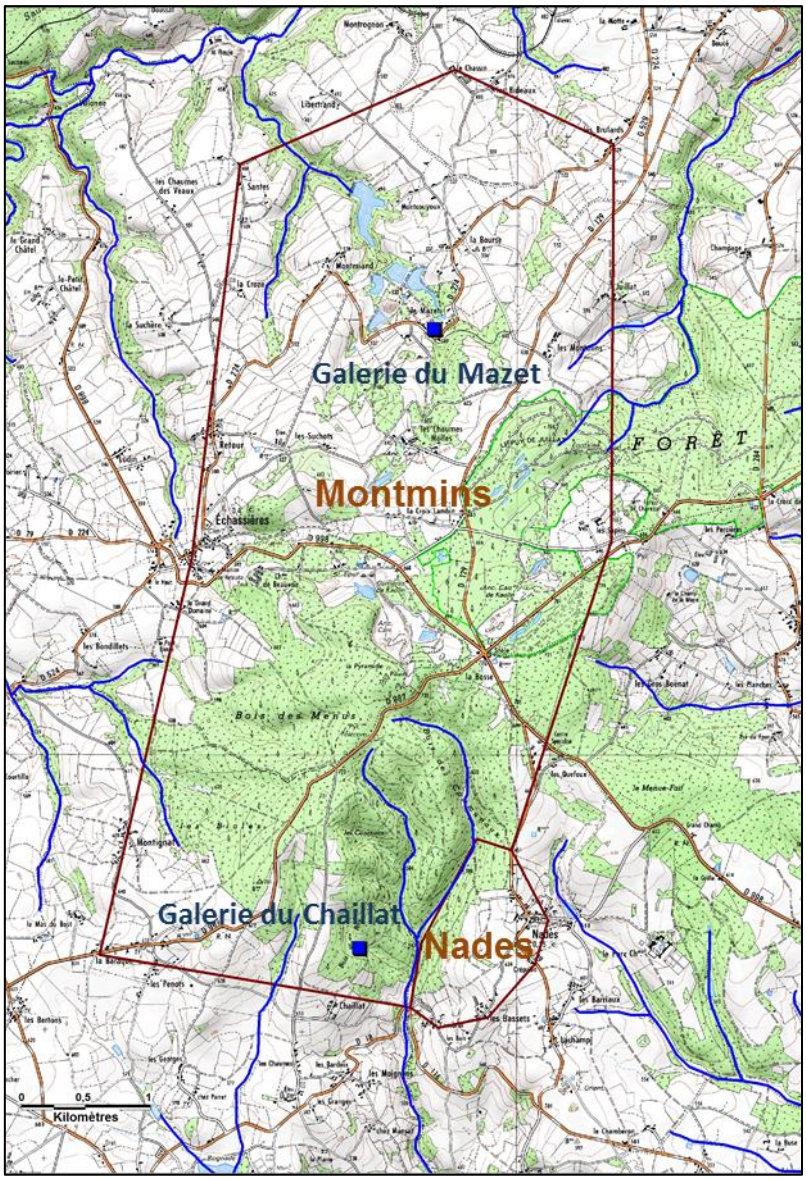


Figure 19 : Position des exutoires analysés par BUGECO (1998) par rapport au réseau hydrographique local. Les concessions des Montmins et de Nades sont représentées par les polygones marron (Fond SCAN 25 ®)

2.4.4.3 La concession de Nades

a) Généralité

La concession d'antimoine de Nades occupe une superficie de 90,5 ha. Son exploitation *« s'est avérée peu rentable en raison des fluctuations du cours de l'antimoine lié à une mauvaise productivité. La mine était fréquemment inondée et les moyens mis en œuvre pas assez performants »* (article «*Exploitation chaotique de l'antimoine»* du 14/08/2014[10]).

[10] http://www.lamontagne.fr/auvergne/actualite/departement/allier/allier-local/2014/08/14/exploitation-chaotique-de-lantimoine_11110758.html

Deux quartiers principaux d'exploitation sont distingués :

a.1) Quartier Saint-Paul

Le filon est estimé de direction N30W. La longueur de la lentille filonienne a été évaluée à 50-60 m. La roche encaissante est constituée de micaschistes à 2 micas.

Le filon a été exploité jusqu'à 42 m de profondeur. La teneur du minerai a été estimée à 50% d'antimoine.

a.2) Quartier Giraudet

Le filon est de direction N25W à l'aplomb du puits Giraudet. Il s'infléchit vers N15 au nord et N20 au sud.

La roche encaissante est constituée de micaschiste à 2 micas souvent très altérés.

Dans la partie Giraudet nord, on note quelques lentilles minéralisées (niveau 12 et 23) qui s'appauvrissent ensuite (niveau 48) et disparaissent au niveau 73.

Dans la partie Giraudet sud, la lentille minéralisée a été définie avec un allongement moyen de 55 m. La puissance minéralisée serait de 0,50 m. La teneur est estimée entre 30 et 35 % d'antimoine. Cette lentille a été exploitée jusqu'au niveau 73. Dans ce dernier niveau, le filon présente 1 m de puissance avec une partie minéralisée de 0,5 m d'épaisseur moyenne. La teneur est de 25 % d'antimoine avec 5 gr d'or à la tonne.

b) Travaux

Un plan général de localisation des ouvrages de la mine de Nades est présenté sur la figure 20.

Les principaux ouvrages des quartiers Saint-Paul et Giraudet sont listés ci-après :

b.1) Quartier Saint-Paul

- Tranchées dont l'une de 20 m de longueur et 8 m de profondeur faites entre 1825 et 1828.
- Puits Saint-Paul, foncé à 22 m de profondeur entre 1833 et 1837.
- Galerie creusée au niveau 22 jusqu'à 18 m au mur est du filon. Allongement poussé au sud. Différents niveaux creusés dans le filon, étagés de 18 à 42 m de profondeur, et reliés à la voie de roulage par des plans inclinés.
- Travers-bancs du ruisseau de la Bosse, débuté vers 1837, allant jusqu'à 70 m. Reprise entre 1871 et 1881, pour un avancement de 225 m. Cet ouvrage est doublé d'une galerie en arc de cercle d'une cinquantaine de mètre.
- Puits Doumergue, entrepris de 1871 à 1881 à une cinquantaine de mètres au NE du puits St Paul.

On estime que 180 tonnes de minerai ont été extraits entre 1833 et 1837 sur ce quartier, avec une teneur estimée à 50% de Sb.

b.2) Quartier Giraudet

- Nombreuses tranchées creusées en enchevêtré en 1901, dont une donne des résultats.
- Puits Pansier à 60 m au SE du puits St Paul foncé en 1902. 12 m de profondeur. Deux galeries au niveau 12.
- Puits Giraudet foncé à proximité de l'ancienne tranchée ayant révélé le filon en 1902.
- Galeries forées en 1903 au niveau 12 du puits Giraudet.
- Galerie tracée au niveau 23 du puits Giraudet en 1906.
- Galerie tracée au niveau 48 du puits Giraudet entre 1910 et 1914.
- Galerie tracée au niveau 73 du puits Giraudet entre 1910 et 1914.
- Travers-bancs de 160 m Est tracé au niveau 48 du puits Giraudet entre 1910 et 1914.
- Puits Piarret : 150 m au nord du puits Giraudet. Profondeur présumée de moins de 20m. Entre le quartier St Paul et le quartier Giraudet.
- Puits des Cerisiers : A 250 m à N15 du puits Giraudet. Profondeur de 10 à 15m, implanté très à l'est au toit du filon.
- Puits Pansier Bis : 15 m au SO du puits Pansier.

On estime que 1549 tonnes d'un minerai de teneur comprise entre 30 et 35% ont été extraits sur ce quartier entre 1905 et 1914.

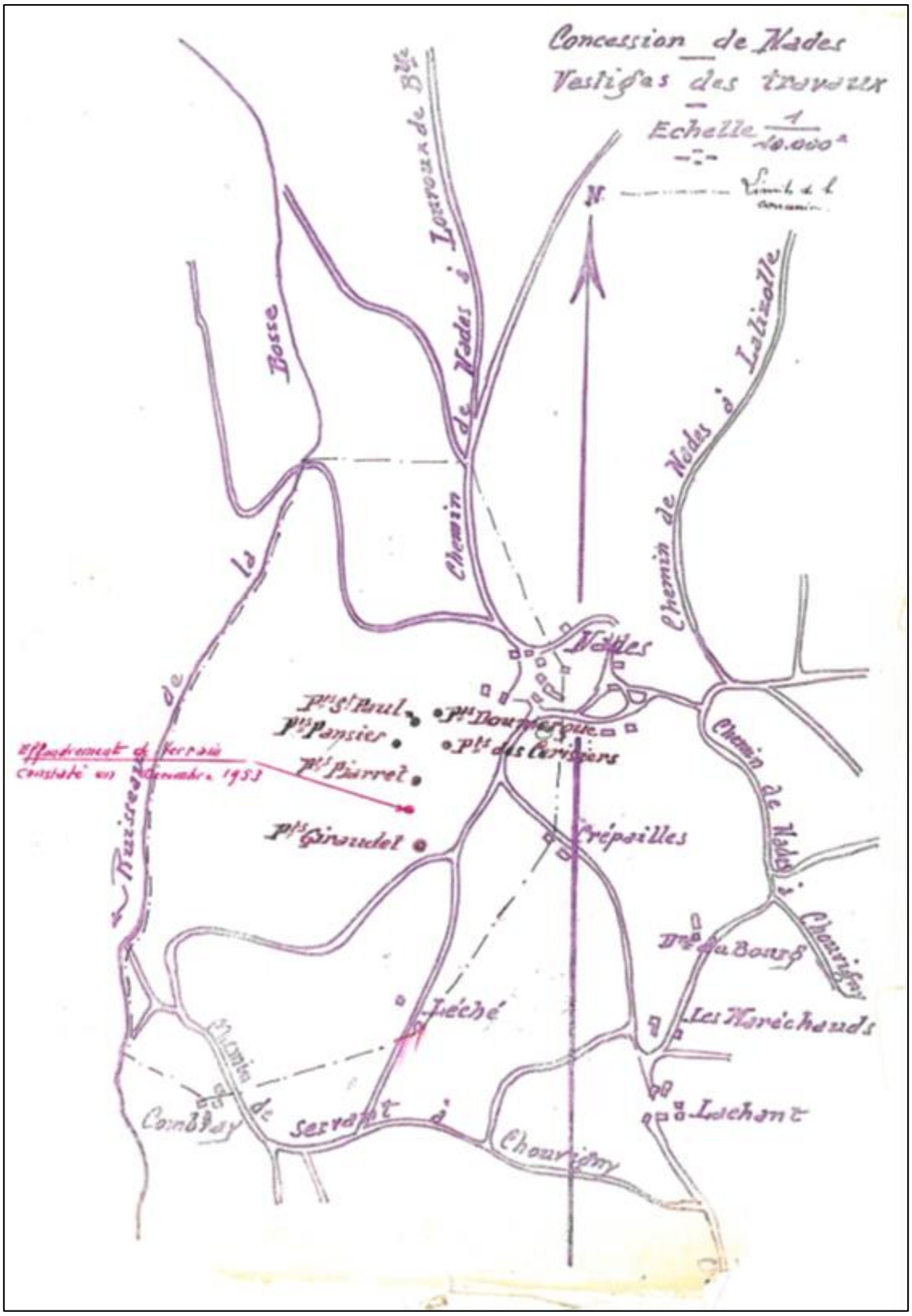


Figure 20 : Localisation des principaux puits de la mine de Nades, avec report ultérieur d'un effondrement de terrain constaté en décembre 1953 (Service des Mines). Extrait du rapport BRGM relatif à l'étude détaillée des aléas miniers « mouvement de terrain »

c) Historique de la concession

1825-1828 : recherches par tranchées qui mettent en évidence le gisement de sulfure d'antimoine du quartier St Paul.

23 avril 1829 : demande de concession accordée à M. Chevarier par ordonnance royale.

Juin 1833 : M. de la Vernède ordonne le fonçage du puits St Paul jusqu'à 22 m, puis d'une galerie de 18 m atteignant le mur du filon à l'est. 350 à 400 m de traçage en tout.

1834-1837 : environ 1500 quintaux extraits, probablement inférieurs à 50% de Sb.

1837-1870 : interruption des travaux. Démarrage du grand travers-banc du ruisseau de la Bosse, arrêté en 70.

1871-1881 : fonçage d'un nouveau puits (certainement puits Doumergue), à une cinquantaine de mètres du puits St Paul. Fonçage arrêté à 22 m de profondeur. Reprise du traçage du travers-banc du ruisseau de la Bosse, sur 255 m, puis arrêt en 1881.

1901-1907 : MM. Balme et Louche et la Société Minière du Gard reprennent les travaux d'exploration avec le traçage de nombreuses tranchées. Une tranchée de MM. Balme et Louche donne sur un filon de 400 kg de minerai.

1902 : ouverture du puits Pansier et Giraudet par MM. Balme et Louche.

1903 : puits Giraudet foncé à 17,40 m. Deux galeries au niveau 12.

1906 : la Société Minière du Gard devient seule amodiataire de la concession. Elle reprend le fonçage du puits Giraudet jusqu'à 27 m. Galerie au niveau 12 poussée de 93 m au nord, 105 au sud.

1907 : Extraction totale de 198 tonnes de minerai à teneur de 30 à 35% d'antimoine. Installation d'une petite laverie.

Fin 1907 : la Société Minière du Gard cesse l'exploitation avec une baisse du cours de l'antimoine.

1910-1912 : la Société des Mines de Nades, filiale de la Société des Mines d'Or d'Auvergne reprend l'exploitation.

En 1911 ou 1912, la Société, devenue Compagnie des Mines d'or françaises, amodie la mine pour deux ans à la Sté Nouvelle des Mines d'or de la Lucette.

1912-1914 : la Société Nouvelle des Mines d'Or de la Lucette reprend l'exploitation. C'est à cette époque qu'on découvre de l'or au sein des filons de stibine. Durant cette période, la section du puits Giraudet est agrandie jusqu'à 3,50 x 2,80 m, le puits est approfondi. Les galeries Nord et Sud du niveau 23 sont avancées. De nouvelles galeries aux niveaux 13 et 48 sont creusées, ainsi qu'un travers-banc au niveau 48.

Janvier 1914 : quatre chantiers de dépilage sont à l'œuvre dans la lentille reconnue du quartier sud, qui fait 60 m de longueur au niveau 73. Un faux puits était en fonçage à partir du niveau 73 pour reconnaitre le gisement en profondeur. On ne sait rien sur la suite des travaux qui se sont poursuivis jusqu'au 31 Juillet 1914.

31 juillet 1914 : la production depuis 1910 est de 1 250 t de minerai à 30-35% d'antimoine. Après 1914, l'exploitation ne reprendra pas.

En 1924, la Compagnie des Mines d'or françaises, en liquidation, cède la concession à M. Demarty mais celui-ci, en 1926, la rétrocède à la Compagnie qui, depuis lors, n'a pas cessé de la posséder dans son actif. La redevance fixe n'ayant pas été payée depuis 1935, un arrêté du Secrétaire d'Etat à la Production Industrielle, en date du 20 octobre 1941, a prononcé la déchéance de la Compagnie des Mines d'or françaises.

Il fut procédé à la mise en adjudication de la concession le 20 octobre 1944. Cette adjudication fut infructueuse et la concession a fait retour au Domaine.

Le 04 août 1958, l'ingénieur des mines de Clermont-Ferrand propose l'annulation de la concession de Nades. La concession est annulée par Arrêté Ministériel du 29/07/1959. (J.O. du 06/08/1959).

3 LA ZONE D'ETUDE

3.1 Périmètre géographique

Le périmètre de la zone d'étude a été défini à partir des informations acquises lors de la phase informative afin d'y intégrer la position des principales zones d'exploitation et de traitement du minerai (principalement les zones de la Bosse et du Mazet) ainsi que l'extension globale des anomalies géochimiques mises en évidence par les données de l'inventaire minier autour des l'intrusions granitiques des Colettes et du Beauvoir.

Compte tenu des accidents mentionnés dans les archives minières et les incidents récents qui ont affectés les ouvrages permettant le confinement des matériaux des différentes retenues du Mazet, une extension nord-est d'environ 5 km a également été établie au niveau de cette zone d'étude de manière à intégrer l'analyse de l'aval du site minier du Mazet au niveau des sédiments et des zones de berges de la Bouble.

La zone d'étude se situe à cheval sur deux départements : l'Allier et le Puy de Dôme. Les communes principales recoupée par cette zone d'étude sont : Echassières, Louroux de Bouble, Coutanzouse, Lalizolle, Vernusse, Servant et Nades.

A noter que des mesures et prélèvements ont pu être effectués à l'extérieure de la zone d'étude dans le cadre de l'évaluation du fond pédo-géochimique et des environnements locaux témoins (ELT).

Le périmètre défini pour la zone d'étude est présenté sur la figure 21.

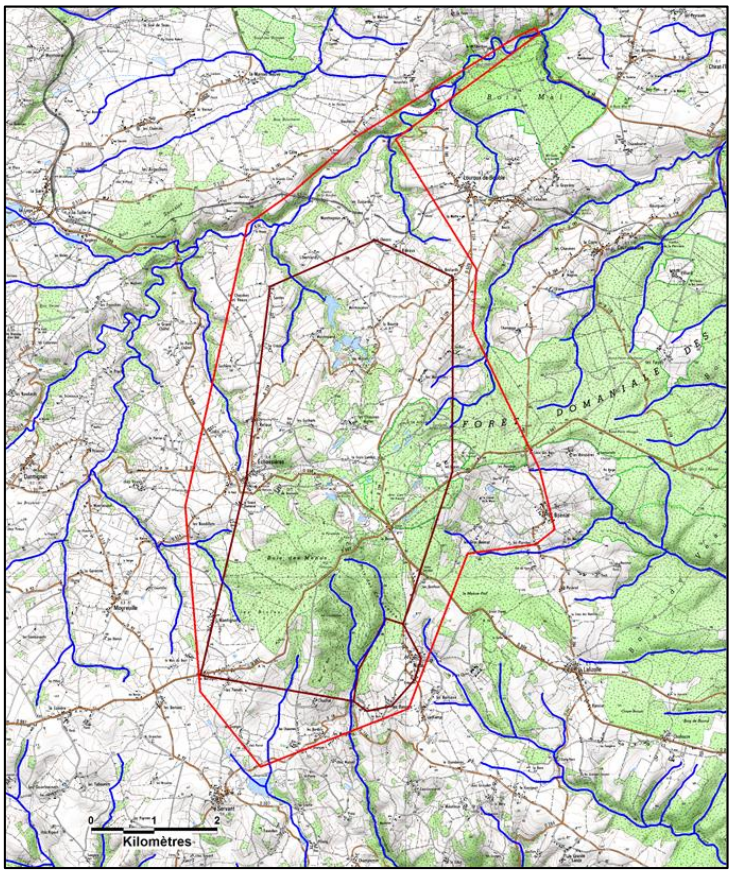


Figure 21 : Périmètre de la zone d'étude figuré par le polygone rouge. Les concessions des Montmins et de Nades sont représentées par les polygones marrons (Fond SCAN 25 ®)

3.2 Enjeux et usages, voies de transfert et milieux d'exposition

3.2.1 Habitat et environnement

3.2.1.1 Généralités

La zone d'étude se caractérise par un habitat globalement dispersé avec des villages présentant tous une population < 400 habitants. Les habitations sont généralement situées sur des parcelles de grande superficie sur lesquelles il n'est pas rare de trouver des potagers. A côté de cet habitat, le paysage se caractérise par la présence de nombreux pâturages et prairies entrecoupés de quelques forêts de faible superficie sauf à l'est et au sud-est où les zones de forêts sont beaucoup plus étendues. Elles sont principalement représentées par la forêt domaniale des Colettes qui s'étage de 350 m à 750 m d'altitude ou encore la forêt des Bois Menus, des Bois des Communaux et des Bois du Roy.

3.2.1.2 Habitations situées dans la zone d'étude

Un Inventaire des habitations à investiguer dans le cadre du diagnostic de l'étude a été effectué par l'INERIS en juillet 2016.

Du nord au sud, trois zones ont été distinguées :

- la Zone I s'étend sur les communes d'Echassières, de Louroux de Bouble et de Vernusse. Elle intègre les terrains situés au niveau du Mazet et tout particulièrement les dépôts de résidus de traitement présents sur ce site. Elle intègre aussi les terrains situés aux environs des lieux-dits Juillat, Montmins, Montmiand et la Croze. Enfin, cette zone intègre également les berges de la Bouble, et tout particulièrement celles situées en aval du site du Mazet sur un linéaire d'environ 5 km en ligne droite entre la confluence Cotillon/Bouble et la RD68.
- la Zone II s'étend à la fois sur les communes d'Echassières, de Lalizolle et de Nades. Elle comprend les terrains situés au niveau du lieu-dit la Bosse et du lieu-dit Gros Boënat.
- la zone III s'étend sur les communes de Servant et de Nades. Elle intègre les terrains situés au niveau des Chaillats et de Nades.

a) Zone I

Pour cette zone, l'inventaire a surtout été concentré au niveau du site minier et de ses alentours proches. L'habitat est principalement constitué de maisons individuelles avec des pelouses, des espaces verts, des jardins potagers, pour certains de taille importante. Des puits privés destinés à l'arrosage des jardins potagers sont aussi recensés.

Un résident permanent organise la vente directe des fruits de son verger et envisage de développer une activité de chambres d'hôte. Des volailles et des lapins sont élevés mais seuls les œufs sont autoconsommés.

Un autre résident permanent occupe et rénove un ancien bâtiment de la mine (habitation située en contrebas de la D224 et dénommée « le Mazet » ; parcelle ZD64, commune d'Echassières).

On notera également la présence de nombreux vestiges de bâtiments liés à l'ancienne activité minière et plus particulièrement ceux de l'ancienne laverie. La plupart de ces bâtiments sont délabrés et présentent un danger pour la sécurité publique. Certains d'entre eux sont en cours de rénovation tel que l'habitation du Mazet mentionnée ci-dessus ou encore l'ancien transformateur de la mine qui semble également en cours de réaménagement (volet roulant et porte récemment installés) mais pour lequel les propriétaires n'ont pu être rencontrés.

Au niveau des zones de berges de la Bouble, le Moulin de Berthon situé à plus de 4 km à l'est de la confluence du Cotillon avec la Bouble (position aval hydraulique) offre la possibilité de réserver des gîtes ou chambres d'hôte. Il est situé sur la commune de Vernusse. Un bief est détourné de la Bouble pour alimenter l'ancien moulin. Un jardin potager est aménagé sur le site. Ce dernier dispose d'un plan d'eau privé avec activité de pêche ainsi que d'une table de pique-nique à l'extrémité ouest de la propriété. La présence de poteaux de discatcher[11] laisse supposer une activité de lancer de disque proposée aux clients.

Aucun établissement recevant du public (ERP) et aucune zone de jeux pour enfants n'est recensé à proximité des dépôts.

b) Zone II

Cette zone comprend le site de la Bosse. Les habitations les plus proches du site sont localisées au niveau du carrefour de la Bosse. Quelques maisons individuelles avec ou sans jardin potager ont été recensées au niveau du carrefour.

Un établissement recevant du public (ERP) est recensé au lieu-dit du carrefour de la Bosse. Il s'agit du Musée Wolframine actuellement fermé et dont la reprise par la mairie est à l'étude. Environ 7000 visiteurs/an sur la période d'avril à septembre sont accueillis annuellement, ainsi que les groupes scolaires pour la partie exposition. Le musée organise des randonnées thématiques sur les chemins balisés. Une aire de pique-nique est adossée à ce musée au niveau d'une zone majoritairement enherbée.

Aucune zone de jeux pour enfants n'a été recensée au niveau du musée, mais une aire de pique-nique (tables) est toutefois adossée à ce dernier, la zone étant majoritairement enherbée, à l'ombre de grands arbres.

c) Zone III

Cette zone comprend l'ancien site minier de Nades ainsi que la zone des Chaillats. Les habitations les plus proches du site de Nades sont principalement constituées de maisons individuelles avec des pelouses, des espaces verts et des jardins potagers.

Les premières habitations sont situées à environ 200-300 m au nord et à l'est du dépôt de l'ancienne mine de Nades, majoritairement constitué de déchets d'extraction du minerai.

Les habitations les plus proches de la zone des Chaillats sont quant à elles situées au niveau du lieudit de même nom. Les premières habitations sont localisées à environ 300 m au sud de la zone de dépôt (lieu-dit Chaillats).

De nombreux points d'eau sont accessibles sur la commune de Nades (mare, fontaine le long des routes où l'eau affleure) ; plusieurs puits privés ont été identifiés.

[11] Corbeille avec chaines métalliques réceptionnant les disques lancés manuellement par les joueurs

La salle polyvalente communale de Nades est assimilée à un établissement recevant du public (ERP). Elle est située à 250 m au nord-est du dépôt de l'ancienne mine de Nades. Comme cela a été précisé ci-dessus, rappelons que ce dépôt est majoritairement constitué de déchets d'extraction.

Le tableau 2 indique la répartition des dépôts identifiés dans le cadre de l'inventaire DDIE au sein des trois zones précédemment décrites.

N° du dépôt	N° de la zone	Position géographique du dépôt
03_0070_A_T1	I	Entrée du site du Mazet
03_0070_A_T2		Travaux des Montmins
03_0070_A_T3		Travaux St Barbe
03_0070_A_T4		Travaux St Barbe
03_0070_A_T5		Travaux Gilbert
03_0070_A_T6		Travaux St Barbe
03_0070_A_T7		Bassins du Mazet
03_0070_A_T8		Travaux des Montmins
03_0070_A_T9		Bassins du Mazet
03_0070_B_T1	II	Travaux de la Bosse
03_0070_C_T1	III	Travaux des Chaillats
03_0044_A_T1		Travaux de Nades
03_0044_A_T2		Travaux de Nades
03_0044_B_T1		Travaux de Nades

Tableau 2 : Correspondance dépôts DDIE et zones de travaux

3.2.2 Agriculture

Au niveau des activités agricoles, on compte 82 exploitations agricoles[12] réparties sur les communes considérées dans le cadre de cette étude. L'élevage est essentiellement de type bovin, avec un cheptel dépassant les 6000 têtes. Plus du tiers de ces exploitations se consacre à l'élevage de bovins pour la viande. A noter aussi une production importante de poulets de chair et de coqs pour la commune de Servant. A environ 250 m au nord du lieu-dit les Chaillats, est implantée une exploitation avicole avec trois bâtiments où la volaille a accès à l'extérieur. Cette exploitation est située à environ 300 mètres à l'est de la zone de travaux des Chaillats.

La superficie agricole utilisée[13] est de 6704 ha. Sur cette surface, 3137 ha sont consacrés à l'élevage de bovins pour la viande. La superficie des terres labourables[14] est pour sa part de 2580 ha (donnée AGRESTE, recensement agricole de 2010).

La superficie toujours en herbe[15] sur l'ensemble des communes concernées par l'étude est de 4119 ha (donnée AGRESTE, recensement agricole de 2010).

Certains terrains utilisés comme pâturages ou comme zones de cultures sont adjacents à des dépôts de matériaux liés à l'ancienne activité minière. C'est notamment le cas pour

[12] Exploitations agricoles ayant leur siège dans la commune

[13] Superficie agricole utilisée : superficie des terres labourables, superficie des cultures permanentes, superficie toujours en herbe, superficie de légumes, fleurs et autres superficie cultivées de l'exploitation agricole.

[14] Superficie en terres labourables : superficie en céréales, cultures industrielles, légumes secs et protéagineux, fourrages (hors superficie toujours en herbe), tubercules, légumes de plein champ, jachères.

[15] Superficie toujours en herbe : prairies naturelles ou semées depuis six ans ou plus.

plusieurs terrains situés à proximité du lieu-dit les Montmins ou encore à l'ouest du Bois du Roy. Le dépôt relatif à l'ancienne mine de Nades, constitué majoritairement de déchets d'extraction, est, pour sa part, entouré de parcelles agricoles ou de zones de pâturages. Dans la parcelle située à environ 100 m au nord-ouest du dépôt de la mine de Nades (parcelle ZK102), on notera l'existence d'une pâture pour chevaux.

La majorité des cheptels pâturant sur les parcelles qui longent la Bouble a accès à la rivière pour s'abreuver (accès partiel ou total à la rivière).

A ce sujet, le Syndicat Mixte d'Aménagement Touristique (SMAT[16]) projette des travaux d'aménagement des berges de la Bouble (travaux prévus en 2016 et reportés à 2017) pour éviter que le bétail ne piétine dans la rivière sur la section située entre l'intersection avec la RD185 et le Moulin de Boutevin et pour éliminer les embâcles (barrages naturels).

3.2.3 Activités de loisirs

3.2.3.1 La pêche

Au niveau de la Bouble, rivière de première catégorie pour la pêche et principal cours d'eau classé DCE qui traverse la zone d'étude, on dénombre deux Associations Agréées de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques (AAPPMA) :

- La Gaule d'Echassières : le territoire couvert concerne La Bouble et ses affluents sur les communes d'Echassières (03) et Dumignat (63) sur environ 10km, s'étendant du Moulin Saute-Loup (commune de Dumignat – Puy de Dôme 63) à La Villonne (commune d'Echassières). Les prises ne sont pas commercialisées (autoconsommation / relâche). Chaque année, un déversement de truites est généralement effectué début mars. Un nouveau déversement de truitelles est par ailleurs effectué en octobre.

- La Haute Bouble : deux parcours de pêche ont été établis : l'un au niveau de la Bouble, l'autre au niveau du ruisseau du Belon.

A noter également une activité de pêche signalée au niveau du plan d'eau nord de l'ancienne carrière de kaolin de la zone NATURA 2000 des Colettes.

3.2.3.2 La chasse

La chasse est pratiquée au niveau de la zone d'étude. On dénombre plusieurs associations de chasse parmi lesquelles on peut entres autres citer les sociétés de chasse d'Echassières, de Louroux de Bouble, de Coutansouze, de la St-Hubert à Lalizolles ou encore l'Association communale de chasse agrée de Nades. Pour la société de chasse d'Echassières, les animaux chassés sont : sanglier, lièvre, chevreuil, perdrix/faisan (issus de lâchers).

[16] Syndicat mixte pour l'aménagement du Territoire.

3.2.3.3 Les randonnées

Au niveau de la zone d'étude on dénombre plusieurs circuits de randonnées. On trouve principalement :

- Le parcours Wolframine organisé par le musée Wolframine (7,5 km) avec guide dont le départ commence au musée Wolframine (La Bosse). Le parcours traverse les lieux-dits les « Montmins » et les « Chaumes Molles ». Le tracé de ce circuit est présenté en annexe 4.

- Le circuit « Rando train » entre Lapeyrousse et Louroux de Bouble. Le tracé de ce circuit est présenté en annexe 4.

- Le chemin de randonnée au niveau de la commune de Nades (SMAT).

- Le circuit « sentier des minerais » (PR5). Le sentier des minerais (PR5) d'une distance 11,5 km débute derrière le musée Wolframine et propose de découvrir le passé minier régional. Le tracé de ce circuit est présenté en annexe 4. Il passe notamment à proximité du dépôt de la mine de Nades, majoritairement constitué de déchets d'extraction du minerai, et par la zone de travaux miniers des Chaillats. Aucun aménagement (table, banc) n'est présent sur les sentiers au plus près des dépôts. La mairie de Nades envisage pour l'année 2016-2017 de poser des bancs sur le sentier ; le projet est en suspens.

- Le circuit « le Puy de Julliat » (PR5b).

- Le circuit « La fontaine Sainte Colette ».

- Le circuit « Villonne » (PR41).

- La promenade du Moulin de Berthon.

.

- La Balade équestre balisée « Equi'Sioule » au nord du lieu-dit les Chaillats. Cette balade équestre emprunte le sentier forestier au niveau de la zone des Chaillats.

La commune de Louroux de Bouble héberge un club communal de randonneurs et indique une forte fréquentation des chemins passant par la Grande Côte ou Marquefaille (lieux-dits situés sur la rive gauche de la Bouble). Aucun aménagement spécifique (banc, table) n'est mis en place sur les chemins communaux.

Au plus près des berges, sur la commune de Louroux de Bouble, aucune zone de détente n'est spécifiquement aménagée mais il est possible de stationner des véhicules à proximité de la rivière et d'accéder à ses berges au niveau de différents sites d'intérêt.

Pour la forêt des Colettes qui constitue un lieu privilégié de découverte de la nature, la randonnée pédestre est l'activité touristique la plus pratiquée. A signaler aussi, l'existence d'un jeu de pistes « Ogaïa » au niveau de l'ancienne carrière située à proximité du carrefour de la Bosse. D'autres pratiques comme le VTT et aussi la randonnée équestre sont également présentes. Un sentier balisé VTT et un sentier équestre traversent le site Natura 2000.

Diverses structures organisent des randonnées ou manifestations sportives dans la forêt des Colettes (association PromoSioule, le Vert Plateau, le Foyer des Sources Vives, les foyers ruraux de Lalizolle, Louroux-de-Bouble, Nades, SIVOM d'Ebreuil).

3.2.3.4 Baignades

La Bouble est facile d'accès rendant la baignade possible en période estivale même si aucune zone de baignade n'est aménagée au niveau de la zone d'étude. Un secteur favorable à la baignade est notamment situé à hauteur du Moulin de Berthon au niveau d'une retenue d'eau, en amont de la cascade.

Au niveau des autres ruisseaux du secteur, la baignade reste possible mais est fortement limitée par la faible tranche d'eau de ces ruisseaux dans les périodes de fortes chaleurs. Par ailleurs, le plan d'eau sud de la carrière située dans la forêt des Colettes (proximité du carrefour de la Bosse) semble constituer un lieu de baignade occasionnelle en période estivale bien que la baignade n'y soit pas autorisée.

3.2.4 Zones naturelles

La zone d'étude recoupe deux zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique (figure 21) :

- ZNIEFF1 : « forêt des Colettes et satellites » (n° 830005417) ; « bords de la Bouble » (n° 830009012). Cette zone concerne un secteur relativement restreint au niveau de la zone d'étude. Pour cette dernière, elle s'étend entre les carrières de kaolin encore exploitées, à l'ouest, le lieu-dit la Croix des Bois à l'est, le Puy de Juillat au nord et le carrefour de la Bosse au sud. La partie extrême nord de la zone d'étude recoupe également cette ZNIEFF. La fiche technique de cette zone protégée est disponible au lien suivant : https://inpn.mnhn.fr/docs/ZNIEFF/znieffpdf/830005417.pdf

- ZNIEFF2 : « forêt des Colettes et satellites » (n° 830007447). Cette zone couvre presque la totalité de la zone d'étude, à l'exception d'une frange de terrains située au sud. La fiche technique de cette zone protégée est disponible au lien suivant : https://inpn.mnhn.fr/docs/ZNIEFF/znieffpdf/830007447.pdf

Elle recoupe également un site NATURA 2000 directive Habitats (« Forêt des Colettes » ; n° FR8301025). Le site NATURA 2000 a été désigné sous le nom forêt des Colettes en 2014 (arrêté du 22 avril 2014). Il couvre une petite partie de la zone d'étude, à l'est de cette dernière (figure 22).

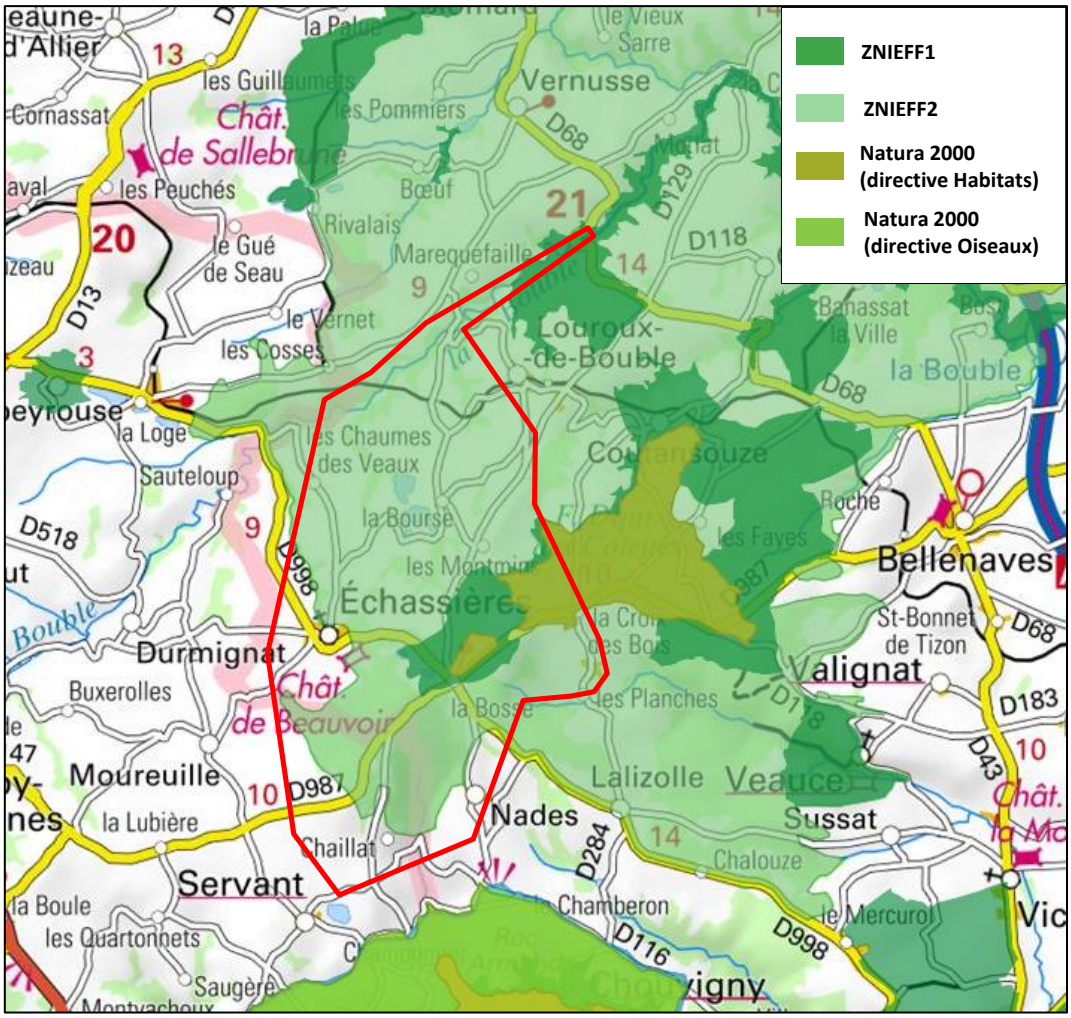


Figure 22 : Les différentes zones naturelles recoupant la zone d'étude (GEOPORTAIL)

Le site Natura 2000 « Forêt des Colettes » est situé à la limite sud-ouest du département de l'Allier, au sommet du massif de La Bosse. Il est géré par l'application du document d'objectif approuvé le 24 mai 2013. Ce site est inclus dans le bassin versant de la Sioule.

Il est majoritairement situé dans la forêt domaniale des Colettes. Une de ses particularités est d'intégrer une ancienne carrière de kaolin avec ses plans d'eau. Le site est à dominante forestière avec la présence de chênes essentiellement en dessous de 550 m et de hêtres au-dessus de cette altitude, la hêtraie atlantique à houx en constituant l'habitat communautaire majoritaire.

On y trouve des espèces peu communes dans la région comme le Dicrane vert (mousse présente sur le tronc des arbres) ou encore la Rosalie alpine (coléoptère saproxylique[17]). Des habitats d'intérêt prioritaire se sont par ailleurs développés le long des zones de cours d'eau avec des aulnaies-frênaies à laîche[18] espacées de petits ruisseaux et des aulnaies à hautes herbes. Les points d'eaux permanents liés à l'ancienne carrière de kaolin constituent aussi des zones autour desquelles se sont implantés des habitats naturels tels que les « gazons amphibies » et particulièrement les « gazons à Littorelles[19] ». En dehors de ces

[17] Selon la définition de Wikipedia, une espèce saproxylique est "*impliquée dans, ou dépendante, du processus de décomposition fongique du bois, ou des produits de cette décomposition. »*
[18] Herbe vivace (cypéracée) au rhizome traçant, croissant en touffes, à tige triangulaire et à fleurs en épis. (Nom générique carex. Près de 1 000 espèces ; définition du Larousse).
[19] Plantes communes des étangs.

points d'eaux, des landes sèches à callunes[20] se sont installées et constituent le refuge d'espèces d'intérêt patrimonial élevé.

La préservation de ces espèces et de ces habitats est un enjeu fort. Le document d'objectif prévoit ainsi des actions opérationnelles destinées à conserver et préserver ces habitats et espèces ainsi que des actions pour le suivi de ces opérations et l'amélioration des connaissances. Le plan d'action prévoit d'informer et d'associer les acteurs locaux aux enjeux de préservation de la biodiversité propres au site des Colettes.

Pour plus de détails concernant ce site NATURA 2000, le lecteur pourra se référer au document d'objectif dont les références sont fournies à la fin de ce rapport.

3.2.5 Eaux superficielles

Les principaux cours d'eau situés au niveau de la zone d'étude et de ses environs sont reportés sur la figure 4.

Plusieurs d'entre eux sont classés en tant que masses d'eau DCE (tableau 3).

Nom de la masse d'eau	N° de la masse d'eau
La Bouble et ses affluents depuis la source jusqu'au **Monestier**	FRGR0282
La Bouble depuis **Monestier** jusqu'à la confluence avec la Sioule	FRGR0283
La Veauce et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec la Sioule	FRGR1739
La Sioule depuis Olby jusqu'au complexe des **Fades-Besserves**	FRGR0271A
La Sioule depuis la retenue de Queuille jusqu'à **Jenzat**	FRGR0272C
La Sioule et ses affluents depuis la source jusqu'à Olby	FRGR1213
La Cèpe et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec la Sioule	FRGR1728
La Sioule depuis **Jenzat** jusqu'à la confluence avec l'Allier	FRGR0273

Tableau 3 : Noms et numéros des masses d'eaux superficielles

Le positionnement des repères géographiques figurés dans la liste précédente ainsi que la position de la station Chareil-Cintrat sont indiqués sur la figure 23.

La Bouble constitue la principale rivière traversant la zone d'étude. Elle est directement connectée au site du Mazet par le biais d'un ruisseau non classé DCE (ruisseau du Cotillon). En termes de vulnérabilité, elle est la plus exposée avec le ruisseau du Cotillon à un fort impact lié aux anciennes activités de traitement du minerai qui ont eu lieu sur le site du Mazet. Ce dernier rassemble en effet un important volume de matériaux susceptibles d'être

[20] Plantes rampantes, proches de la bruyère, aux fleurs relativement grandes, des landes granitiques (définition du Larousse).

chargés en éléments potentiellement polluant et présentant une faible granulométrie (millimétrique à inframillimétrique), ce qui les rend facilement mobilisables.

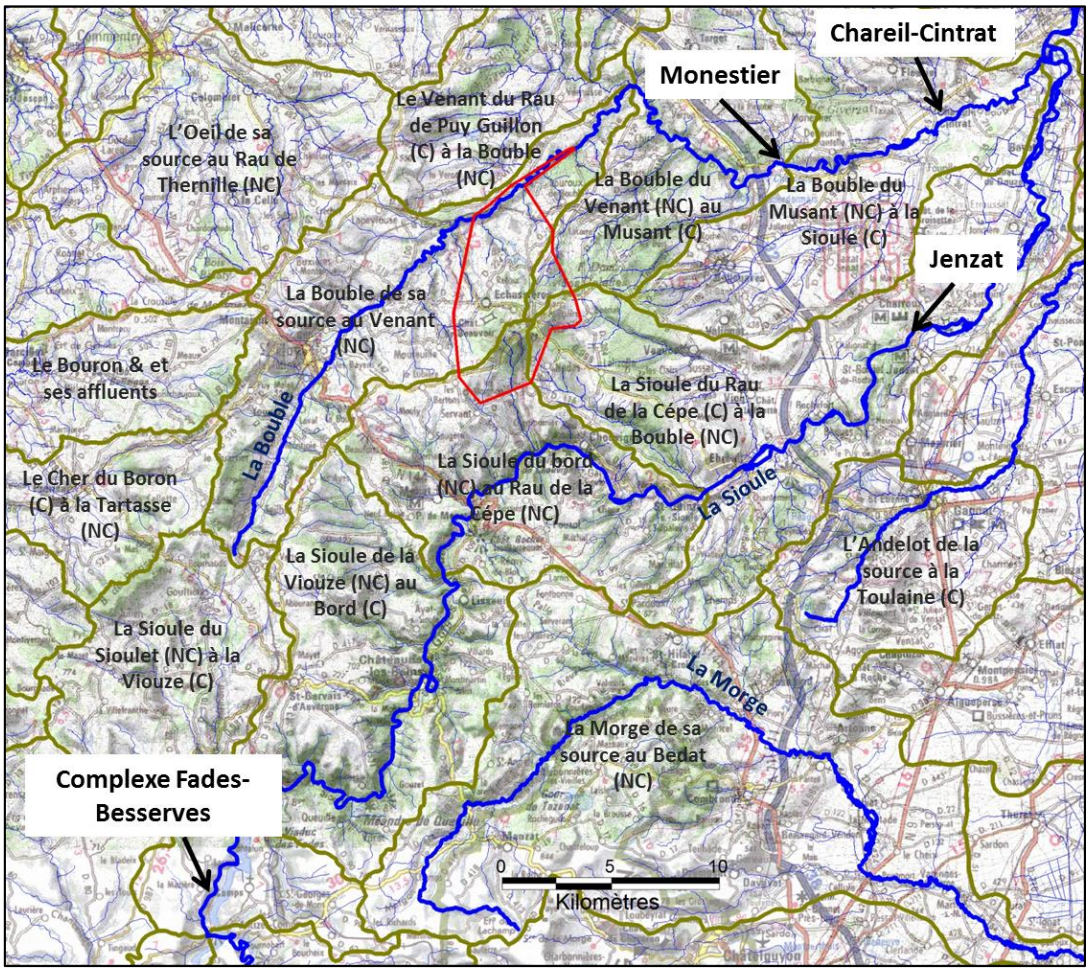


Figure 23 : Positionnement des repères géographiques de la liste des masses d'eaux superficielles DCE présentée dans le chapitre 3.2.5 (repères figurés en gras). Chareil-Contrat : station hydrologique / Contours marrons : zones hydrographiques / Contours rouges : zone d'étude

Du point de vue de la qualité des eaux, l'objectif de bon état global de la Bouble (Bouble et ses affluents depuis la source jusqu'à la ville de Monestier et Bouble depuis Monestier jusqu'à la confluence avec la Sioule) est fixé à 2021, du fait d'un état écologique moyen avec comme paramètre déclassant : la morphologie (SAGE Sioule). Pour ces deux tronçons, l'atteinte du bon état chimique a été fixée à 2015. Les mesures effectuées à la station de Chareil-Cintrat en 2016 ont montré un bon état chimique. Au niveau de la zone d'étude, il est ici important de signaler qu'aucun pompage n'a été identifié sur la partie aval de la Bouble par rapport au site du Mazet.

Pour la Sioule, et plus précisément le tronçon situé entre Jenzat jusqu'à la confluence avec l'Allier, l'objectif de bon état global est fixé à 2027 du fait de l'état chimique. L'objectif de bon état écologique est pour sa part fixé à 2021.

Pour la Veauce et ses affluents, l'atteinte du bon état global a été fixée à 2021. Elle a été fixée à 2015 pour la Cèpe et ses affluents.

Même s'il n'est pas classé en tant que masse d'eau DCE, il convient aussi de signaler le cas du ruisseau de la Gourdonne (ruisseau affluent de la Sioule) qui est susceptible de drainer les zones d'anciens travaux miniers des Chaillats, voire une partie des travaux relatifs à la

mine de Nades (travers banc situé au nord de la zone principale des travaux de Nades). A noter toutefois que les matériaux concernés ici ne sont que des stériles de creusement beaucoup moins facilement mobilisables que ceux du Mazet car de granulométrie plus grossière que ces derniers.

3.2.6 Eaux souterraines

La masse d'eau souterraine située au niveau de la zone d'étude est la « GG050-bassin versant de la Sioule » (figure 24). Son objectif d'atteinte de bon état global a été fixé à 2015 (Sage Sioule).

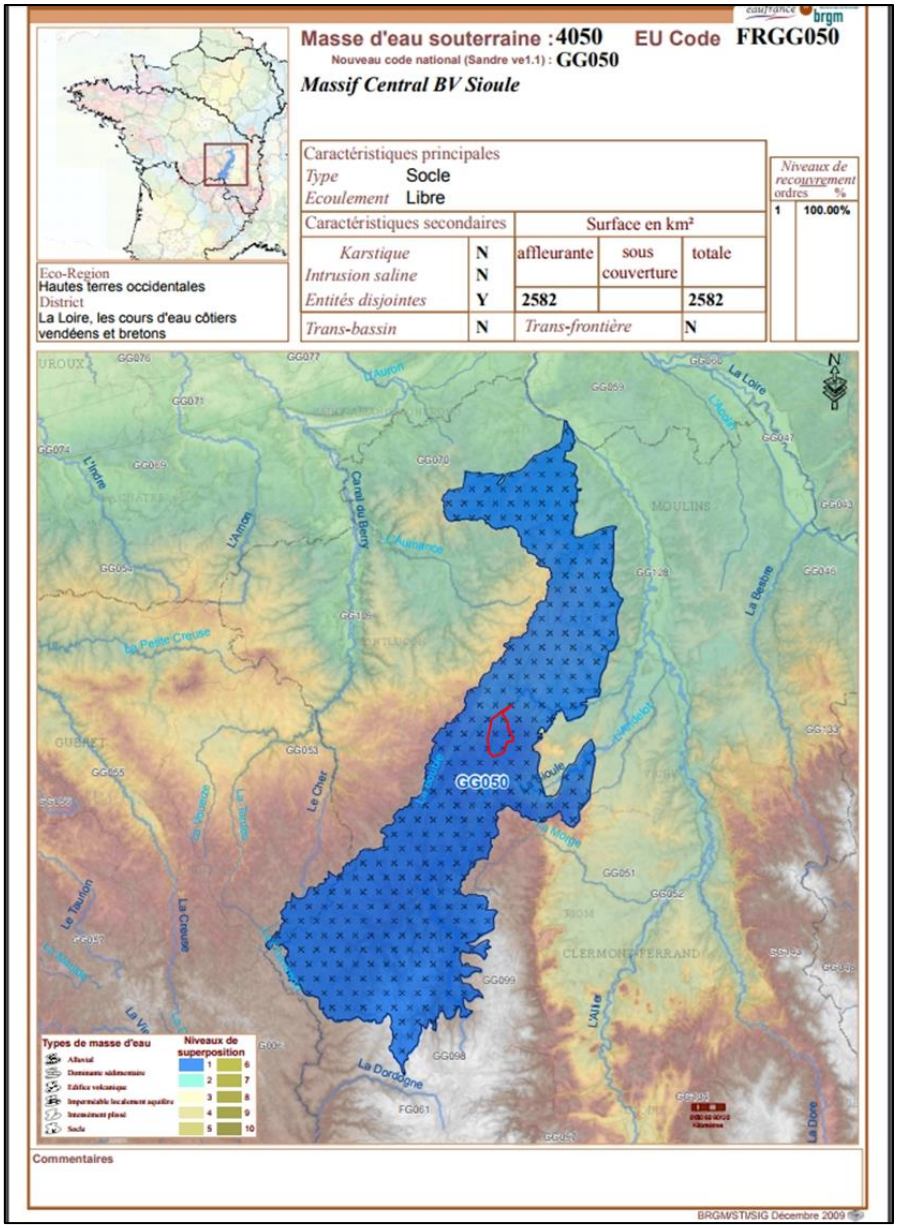


Figure 24 : Fiche de synthèse de la masse d'eau souterraine GG050 (Eaufrance ; BRGM, 2009). Contours rouges : zone d'étude

La principale ressource utilisée par le SIVOM de Sioule et Bouble est le captage sous basaltique de Louchadière, hors secteur. La zone d'étude ne comporte plus d'ouvrages utilisés pour l'alimentation en eau potable (AEP). Certains ont été abandonnés du fait de la présence d'arsenic (captages du bois des Menus, commune d'Echassières), d'autres pour

des débits insuffisants (communes de Lalizolle et de Nades). On trouve aujourd'hui principalement des captages destinés à des usages domestiques (puits privés pour arrosage de jardin essentiellement) ou industriels (carrière). Un inventaire exhaustif des puits domestiques n'a toutefois pu ici être réalisé, les mairies d'Echassières, de Louroux de Bouble et de Nades ne disposant pas de la liste des puits privés sur leur commune.

Plusieurs résurgences dont l'origine liée à l'ancienne activité minière est probable ont par ailleurs été recensées dans le cadre de cette étude. Ces dernières sont situées (figure 25) :

1. Au milieu du bois de Juillat, sur la commune d'Echassières (parcelles cadastrales ZE14 et ZE15). La résurgence était à sec lors des investigations de septembre 2016 laissant place à une zone marécageuse ;
2. Au niveau du bois de Juillat, au pied du dépôt 03_0070_A_T3 de l'inventaire DDIE. Elle a fait l'objet de prélèvements en 2013, à hauteur de la route départementale D224 (échantillons ESUP et SED Mazet dans GEODERIS, 2014), montrant un marquage en tungstène des sédiments. L'eau est accessible pour l'abreuvage des animaux d'élevage présents sur les parcelles ZD34 et ZD31 longées par la résurgence ;
3. Au niveau d'une mare située sur la parcelle ZK102 sur la commune de Nades, à environ 100 m au nord-ouest du dépôt de la mine, majoritairement constitué de déchets d'extraction. Cette mare sert aujourd'hui à l'abreuvage de chevaux. La résurgence alimentant ce point d'eau est supposée d'origine minière (résurgence des travaux miniers souterrains de Nades).

Un point d'eau est également à signaler au lieu-dit La Bourse (point n°3), à l'extrémité sud de la parcelle ZD79-80 incluant des habitations et des cultures. Il s'agit d'une mare qui se remplit occasionnellement d'eau (à sec lors des investigations de septembre 2016) et qui est située à proximité d'un ancien puits et d'un des anciens bassins de décantation du Mazet (zone boisée). L'origine minière du puits n'étant pas confirmée, ce dernier n'a pas été reporté au niveau des ouvrages miniers dans le cadre de l'étude détaillée des aléas miniers « mouvement de terrain ». Aucun usage sensible de l'eau n'est identifié sur ce point d'eau.

A noter aussi la présence de nombreux points d'eau au niveau de la commune de Nades. Il s'agit principalement de mares et de fontaines. Plusieurs puits privés ont également été identifiés dans le cadre des observations de terrain effectuées au cours de cette étude.

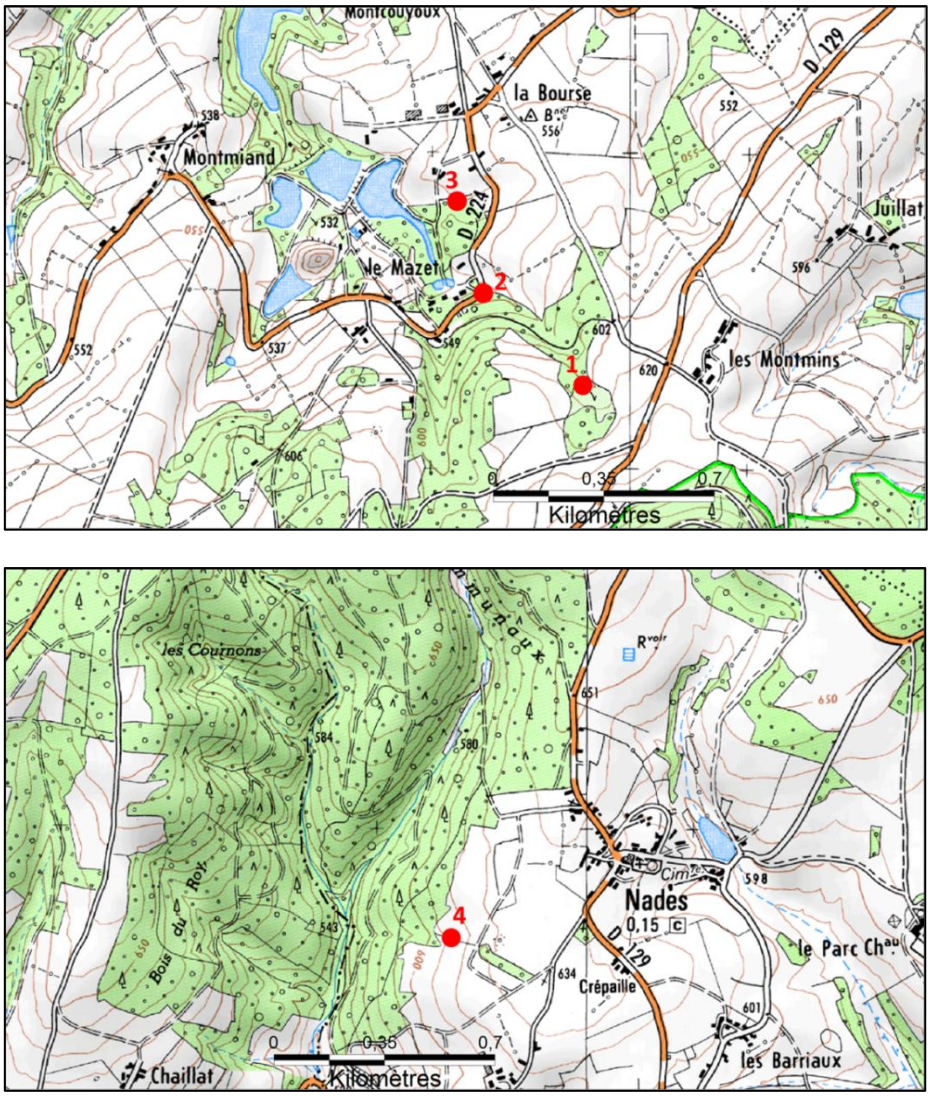


Figure 25 : Positionnement des quatre points de prélèvements décrits ci-dessus fond SCAN 25 ®)

En ce qui concerne la qualité des eaux souterraines, peu de données qualitatives sont disponibles au niveau de la zone d'étude. Elles montrent pour l'essentiel[21] que les eaux présentent un caractère calco-magnésien (annexe 1, GEODERIS, 2014). A noter un enrichissement en calcium pour les deux points échantillonnés par l'INERIS (06451X0013 et 06451X107). L'une de ces analyses (échantillon ESOUT SITE2 ; GEODERIS, 2014) indique par ailleurs que ces eaux peuvent être localement chargées en arsenic.

[21] Gagnière (1980) : résultats d'analyses sur le puits St Jean, le lac de la carrière de Kaolin et deux sources alimentant ce dernier.
GEODERIS, 2014 : données obtenues dans le cadre d'un premier audit environnemental réalisé sur le site du Mazet. Prélèvements d'eaux souterraines réalisés sur deux puits recensés en BSS : 06451X0013 et 06451X0107.
Qualitomètre 06451X0053 implanté sur la commune d'Echassières depuis 2007, régulièrement échantillonné dans le cadre du suivi qualitatif de la masse d'eau souterraine GG050 (masse d'eau présente au niveau de la zone d'étude) auquel il est rattaché.

4 ELABORATION DU SCHEMA CONCEPTUEL

4.1 Schéma conceptuel préliminaire

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

L'élaboration d'un schéma conceptuel préliminaire, basé sur les informations acquises lors de la phase informative et l'enquête des usages est nécessaire pour les étapes ultérieures de l'étude, en l'occurrence pour l'élaboration du schéma d'échantillonnage utilisé dans le cadre du diagnostic. Ce schéma conceptuel est actualisé au fur à mesure de l'étude et donc de l'acquisition de nouvelles informations.

Le schéma conceptuel préliminaire a été élaboré au regard des liens pouvant exister entre les sources potentielles de pollution et les usages constatés pour les milieux eaux souterraines, eaux de surface, sols et végétaux.

Compte tenu des usages constatés (habitats résidentiels, jardins potagers, activités de loisirs comme la randonnée, la chasse, …) et des caractéristiques physico-chimiques des substances classiquement associées aux types de minéralisations ici considérés, les voies d'exposition potentielles directes ou indirectes pour les populations humaines, comprennent :

- l'ingestion de terre et de particules issues du sol (principalement pour les enfants de moins de 6 ans) ;
- l'ingestion de légumes potagers cultivés dans des jardins potentiellement contaminés par le sol ou encore par l'eau d'arrosage potentiellement contaminée ;
- l'ingestion d'eau potentiellement contaminée ;
- l'ingestion de poisson susceptible d'avoir accumulé des contaminants potentiellement présents dans l'eau ou les sédiments ;
- 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, viande) susceptibles d'avoir accumulés des contaminants lors d'ingestion de sols, d'herbages, et/ou d'eaux potentiellement contaminées ;
- l'ingestion de viande de gibiers susceptibles d'avoir accumulé des contaminants lors d'ingestion d'herbages et/ou d'eaux potentiellement contaminées ;

L'ingestion de poussières déposées au niveau des habitations (dépôts de poussières sur les planchers notamment dus aux allers et venues intérieure/extérieure des habitants ou des animaux domestiques) n'a pas été retenue comme une voie d'exposition pertinente. Les résidus les plus fins et donc les plus susceptibles d'être transportés via les semelles de chaussures ou les animaux domestiques, sont en effet situés au niveau des anciens bassins du Mazet qui constituent des zones non fréquentées car potentiellement instables du fait de la présence des résidus de traitement du minerai à fort taux d'humidité. De la même manière, le dépôt de résidus de lavage de minerai situé à l'entrée du site du Mazet n'a pas été considéré comme une source importante vis-à-vis de cette voie d'exposition. Ce dépôt, situé sur terrain privé, présente en effet un accès qui a été barré par un merlon de terre, ce qui fait que le site est peu fréquenté.

Par ailleurs, l'inhalation de poussières issues des envols à partir des tas de résidus de traitement du minerai n'a pas été retenue comme une voie d'exposition pertinente compte tenu de la granulométrie de ces résidus peu propice aux envols, à l'exception des résidus les

plus fins stockés au sein des anciens bassins du Mazet mais dont le fort d'eau d'humidité et parfois la re-végétalisation constituent des freins importants aux phénomènes d'envol.
La figure 26 présente le schéma conceptuel préliminaire d'exposition :

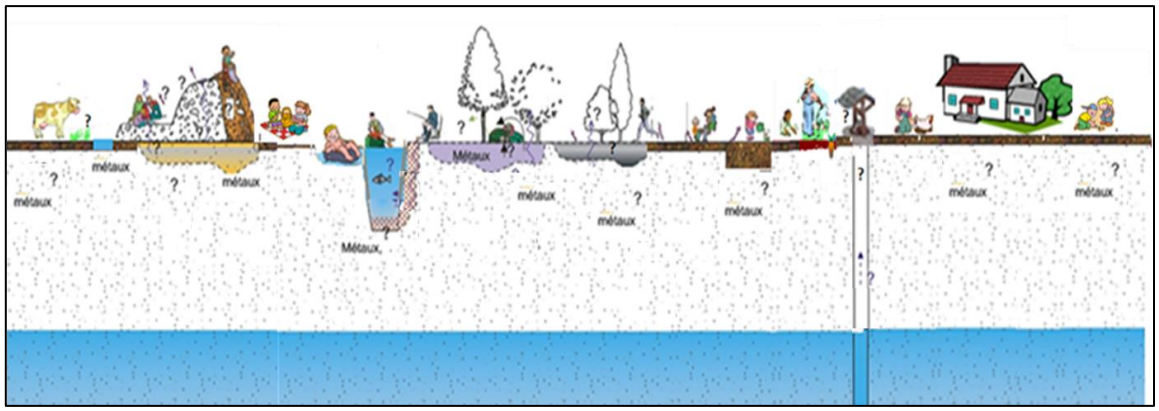


Figure 26 : Schéma conceptuel préliminaire

Sur la base de ce schéma conceptuel préliminaire, un plan d'échantillonnage a pu être élaboré. Il ne prend pas en compte la caractérisation des milieux relatifs aux voies d'exposition indirectes liées à la chaîne trophique (consommation de poissons, d'animaux d'élevage ou de la chasse ainsi que de leur produits dérivés tels que par exemple les œufs). Seule l'ingestion de végétaux potagers a été prise en compte.

4.2 Eléments analysés

Les analyses de laboratoire ont porté sur un large panel d'éléments[22]. Certains n'ont été dosés que sur quelques échantillons dans le cadre de tests analytiques effectués par le BRGM (annexe 2 et annexe 5). Les éléments Rb, Se, S et Th n'ont quant à eux été dosés que par fluorescence X portable (mesure pXRF).

L'interprétation a été principalement axée sur les éléments traces susceptibles d'être les mieux représentés en terme de teneurs (W, As, Sb, Sn, Cu et Li) par rapport à la nature des paragenèses associées aux différents gisements considérés dans le cadre de cette étude (gisements des Montmins et de Nades).

Aucun composé lié au traitement du minerai n'a été considéré, ce traitement n'ayant pas nécessité l'usage de réactifs chimiques générateurs de nouvelles substances contaminantes à prendre en compte. Le traitement faisait en effet appel à des procédés essentiellement mécaniques.

4.3 Diagnostic

4.3.1 Généralités

Pour le diagnostic, le plan d'échantillonnage a été dressé à partir des informations collectées lors de la phase informative. Il a été proportionné et orienté en fonction des usages et des enjeux identifiés au travers du schéma conceptuel préliminaire.

[22] K, Na, Mg, Ca, Fe, Mn, Al, Si, W, As, Sn, Sb, Cu, Zn, Cd, Pb, Li, Mo, Ag, Cr, Hg, U, V, Nb, Bi, B, Be, La, Y, Ce, Co.

Les limites de quantification demandées au laboratoire d'analyses ont été fixées en fonction 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).

Nous rappelons ici que les investigations de terrain ont été menées en trois campagnes qui se sont déroulées en septembre 2016, octobre 2106 et avril 2017 (cf. 1.2).

Elles ont porté à la fois sur les résidus liés à l'extraction et au traitement du minerai, les sols, les eaux souterraines, les eaux superficielles, les sédiments et les végétaux. Certains prélèvements ont été spécifiquement ciblés sur la détermination des environnements locaux témoins (ELT) pour les substances considérées dans l'étude. Pour l'aspect sanitaire, les investigations ont été principalement réalisées dans des lieux d'exposition potentielle des populations (dont les jeunes enfants), à savoir les habitations avec pelouse et/ou jardins potagers, les zones de loisirs (randonnées) et les établissements recevant du public.

Ces investigations ont été réalisées en fonction de l'accord et de la disponibilité des propriétaires durant les campagnes de terrain correspondantes. Ainsi les parcelles suivantes n'ont pu être investiguées en raison du refus des propriétaires pour l'accès aux parcelles :

- Commune d'Echassières :
    - ZD71 (lieu-dit Montmiand) habitation abritant le puits investigué en juillet 2013 et présentant une eau fortement chargée en arsenic (GEODERIS, 2014) ;
    - ZD77 et ZD38-39 (site du Mazet) : habitations ;
    - AL25 (lieu-dit Carrefour de la Bosse) : habitation ;
- Commune de Nades :
    - ZK120-124 (lieu-dit Crépaille) : habitation.

Certaines pâtures n'ont par ailleurs pu être investiguées (parcelles ZD24 et ZD31 ; commune d'Echassières).

Au total ont été retenus pour analyse de laboratoire :

- 111 points de prélèvements de résidus miniers et de sols,
- 12 points de prélèvements de sédiments,
- 30 points de prélèvements pour les eaux (superficielles et souterraines),
- 64 échantillons de végétaux répartis en 12 espèces.

Les localisations des prélèvements de sols, d'eaux, de sédiments et de végétaux réalisés par le BRGM, l'INERIS et GEODERIS sont présentées en annexe 6. Les résultats analytiques correspondant à ces points de prélèvement sont quant à eux reportés en annexe 5. Certains des prélèvements de sol ont à la fois été analysés par Eurofins et par le BRGM (4.3.3.1).

Tous les points de prélèvements présentés en annexe 5 ont été intégrés à la démarche d'interprétation.

Parallèlement aux différents prélèvements, des mesures in situ par pXRF (environ 180 mesures) ont également été effectuées sur l'ensemble du secteur d'étude.

La position des points de mesure pXRF est reportée dans le rapport BRGM (annexe 2 du présent rapport).

4.3.2 Protocoles de prélèvements

4.3.2.1 Les sols

Les sols ont été conditionnés dans des sacs plastiques fourni par le laboratoire d'analyse et placés dans des glacières au frai et à l'abri de la lumière avant leur transfert au laboratoire.

En fonction des usages, les profondeurs échantillonnées sont les suivantes :

- 0-2 cm (sol compact) ou 0-5 cm ou 10 cm (sol meuble) au niveau des sols non remaniés. Ces profondeurs de prélèvement concernent principalement les jardins d'agrément, les chemins de randonnées ou encore les zones de pâturages. Le prélèvement est réalisé au moyen d'une bêche ou d'une pelle de prélèvement inox ; quelques échantillons de sol de pâturage et de berge ont aussi été prélevés au niveau de taupinières.
- 0-30 cm au niveau des sols remaniés. Cette profondeur concerne les jardins potagers. Le prélèvement est réalisé au moyen d'une bêche. Le cas échéant, des végétaux sont prélevés en parallèle des échantillons de sols.

Des profils ont aussi été réalisés en fonction de la profondeur, notamment au niveau d'une des prairies situées en bordure du ruisseau du Cotillon.

Pour les sols de berge prélevés sur les pâtures, la sélection des parcelles s'est faite préférentiellement sur celles offrant un accès direct au cours d'eau (zones planes situées en bordure de cours d'eau). Les échantillons de sol ont été prélevés en zone enherbée sur une distance de 2 à 5 m, exceptionnellement 7 m par rapport au cours d'eau. Les zones fortement piétinées par les animaux d'élevage n'ont pas fait l'objet de prélèvement.

Pour le volet sanitaire, les échantillons ont majoritairement été réalisés à partir de prélèvements composites effectués à partir de 2 à 7 prises unitaires en vue de refléter l'exposition à la zone concernée. Les composites sont effectués sur des zones de terrain homogènes. Pour les zones fréquentées par les enfants, les secteurs de sol à nu au droit des espaces verts, de jeux ont été privilégiés.

4.3.2.2 Les eaux

Les prélèvements d'eaux de surface ont été réalisés directement depuis la berge du cours d'eau.

Pour les eaux souterraines, les prélèvements ont été réalisés au niveau de puits domestiques ou de résurgences naturelles, voire, pour certaines supposées d'origine minière (cf. 3.2.6). Aucune purge n'a été effectuée pour les puits, avant mise en œuvre des prélèvements. Pour certains puits, le prélèvement a été réalisé en sortie de tuyau installé au niveau de l'ouvrage. Pour un des points (ES04 ; parcelle ZD79-80 ; lieu-dit La Bourse), le prélèvement a été effectué dans une cuve aérienne de stockage en polypropylène (volume d'environ 1 m^3) située en sortie de l'ouvrage.

Avant transmission au laboratoire, les échantillons ont été conditionnés dans des flacons fournis par ce dernier et placés dans une glacière au frais et à l'abri de la lumière selon les normes en vigueur.

Les prélèvements ont conduit à deux types d'échantillons, l'un filtré (filtration à 0.45 µm) et l'autre non filtré (eau brute), ce dernier étant plus spécifiquement ciblé sur l'étude sanitaire et

l'usage de l'eau des cours d'eau pour l'arrosage des jardins potagers. Les échantillons destinés à l'analyse des métaux ont été acidifiés sur le terrain.

Pour la majorité des points de prélèvements, une mesure in situ de la température, du pH et de la conductivité a été effectuée.

4.3.2.3 Les sédiments

Les sédiments ont été conditionnés dans des bocaux en verre fumé fourni par le laboratoire d'analyse et placés dans des glacières au frai et à l'abri de la lumière avant leur transfert au laboratoire.

Les matériaux les plus fins ont été préférentiellement recherchés et prélevés au niveau des zones protégées du courant et donc les plus favorables à la sédimentation des particules fines. Les prélèvements de matériaux fins n'ont toutefois pas toujours été possibles et pour certains échantillons (SED3b, SED-G04, SED-G09 et SED-100) une fraction importante de granulométrie plus grossière (fraction sableuse) a été prélevée.

4.3.2.4 Les végétaux

Les végétaux potagers ont été échantillonnés conformément au guide en vigueur (ADEME, 2014). Différents types de légumes ont été échantillonnés selon leurs disponibilités afin de disposer des quantités nécessaires aux analyses, selon la représentativité de l'échantillon et selon le critère de diversité des légumes : légumes racines, tubercules, légumes feuilles, légumes tiges, légumes fruits, légumes fleurs, fruits. Sur le terrain, les échantillons prélevés n'ont pas été nettoyés, à l'exception des particules de terre les plus grossières adhérentes aux racines ou aux parties aériennes. Des consignes de préparation ont été transmises au laboratoire avant analyses. Ces dernières sont détaillées dans le rapport INERIS joint en annexe 7.

Les prélèvements de végétaux potagers ont été couplés à des prélèvements de sol du jardin et d'eau servant à l'arrosage ou à l'irrigation de ce dernier.

Dans la mesure du possible des renseignements sur les pratiques culturales et l'ancienneté du jardin potager ont été collectés auprès des propriétaires.

Les herbes de prairies ont été prélevées en évitant la collecte d'herbes souillées par les animaux d'élevage. Elles n'ont pas été nettoyées avant analyse, seules les particules de terre les plus grossières adhérentes aux racines ou aux parties aériennes ont été éliminées.

Les prélèvements de végétaux ont été conditionnés dans des sacs plastiques placés dans une glacière au frais et à l'abri de la lumière selon les normes en vigueur.

4.3.3 Protocoles d'analyses et de mesures

4.3.3.1 Analyses de laboratoire

L'essentiel des analyses (sols, eaux et sédiments) a été réalisé par le laboratoire Eurofins. Les méthodes analytiques utilisées, les limites de quantification (LQ) ainsi que les incertitudes de l'analyse sont fournies en annexe 8.

La présence d'éléments réfractaires tels que l'étain ou le tungstène a conduit à effectuer un certain nombre de tests analytiques (annexe 2). Ces tests sont destinés à évaluer l'influence du type d'attaque auquel l'échantillon est soumis avant analyse. Ils ont été menés par le BRGM sur une sélection de 28 échantillons (24 sols, 3 résidus et 1 sédiment). Ils ont consisté à réaliser une attaque complète de l'échantillon (attaque par frittage alcalin) puis à l'analyser en mode multi élémentaire[23]. Les résultats obtenus ont ensuite été comparé aux analyses effectuées sur le même échantillon par le laboratoire Eurofins qui, pour sa part, avait utilisé une attaque plus douce avant analyse (attaque à l'eau régale).

Ces tests montrent clairement un sous dosage de l'étain lié à la méthode d'attaque de l'échantillon utilisée par Eurofins (attaque à l'eau régale). Cette dernière s'avère en effet trop douce pour des éléments réfractaires comme l'étain. Une attaque plus complète testée par le BRGM (attaque par fusion alcaline) sur le lot des 28 échantillons sélectionnés aboutit à des teneurs mesurées beaucoup plus élevées que celles déterminées après une simple attaque à l'eau régale. Les mêmes observations ont été faites pour d'autres éléments réfractaires comme par exemple le niobium, le titane ou encore le zircon. A noter que pour le tungstène, les écarts entre attaque alcaline et attaque à l'eau régale apparaissent nettement moins marqués que pour les autres éléments.

Pour les éléments concernés par ces tests et qui sont considérés dans la partie interprétative de l'étude, seuls les résultats des dosages effectués par attaque complète de type fusion alcaline seront donc retenus.

Pour le tungstène, il est apparu lors de cette phase d'interprétation que les lots d'échantillons de sols et de sédiments analysés par le laboratoire Eurofins les 21/10/2016 et 28/10/2016 présentaient des teneurs en tungstène systématiquement et anormalement élevées (supérieures ou égales à 250 ppm), comparé à la majorité de celles qui ont été mesurées sur d'autres prélèvements effectués dans le cadre de la présente étude ou de précédents travaux (GEODERIS, 2014). Ces fortes teneurs apparaissent par ailleurs très supérieures à celles mesurées par le BRGM sur les mêmes échantillons avec un protocole d'attaque de type fusion alcaline donc plus complet et sévère que l'attaque à l'eau régale utilisée par Eurofins. Ces différentes observations nous ont donc conduit à supposer l'existence d'un problème analytique affectant le dosage des teneurs en tungstène pour les lots d'échantillons analysés par Eurofins les 21 et 28 octobre 2016. Ces dernières données ne seront donc pas utilisées dans la phase d'interprétation. Seules les teneurs en tungstène mesurées après fusion alcaline par le BRGM seront utilisées.

4.3.3.2 Mesures pXRF

L'appareil utilisé est un spectromètre pXRF Olympus Delta Premium équipé d'un tube émetteur X 50kV et d'un détecteur Si-PIN, disposant des modes sol et géochimie. Il peut détecter ou analyser les éléments de numéro atomique compris entre celui du silicium et celui de l'uranium pourvu que leur teneur soit suffisante et qu'il n'y ait pas d'interférences.

Notons que pour le sujet étudié, certains éléments ne peuvent pas être analysés :

- Li, B et Be, trop légers,
- Ta, trop peu abondant,
- les terres rares (REE) pour lesquelles la sélectivité de l'appareil est insuffisante.

[23] Les échantillons ont été séchés et broyés à 80 µm, puis la perte au feu a été déterminée à 450°C. Une mise en solution complète a été effectuée par frittage alcalin et reprise acide. 34 éléments ont ensuite été déterminés par spectrométrie ICP/AES.

Certains éléments peuvent être détectés mais non analysés avec précision, en raison de leurs teneurs proches des limites analytiques : Th, U, Nb, Y.

Les mesures ont été effectuées en modes sol et géochimie après calibration interne. Le temps de comptage a été de 30 secondes pour chacun des 3 filtres (mode sol) ou 40 secondes pour chacun des 2 filtres (mode géochimie). La mesure en mode géochimie est nécessaire pour analyser Al, Si, W et Sn. Elle est également nécessaire pour quantifier les fortes teneurs au niveau des sources de pollution.

Des tests de comparaison entre des mesures effectuées en mode sol et des mesures effectuées en mode géochimie sont présentés pour quelques éléments (As, Pb, Sn, Sb) dans le rapport BRGM de l'annexe 2. Les résultats de comparaisons entre mesures pXRF et analyses de laboratoire sont également présentés et discutés dans cette même annexe.

Plus généralement, l'ensemble des résultats de mesures pXRF est présenté dans l'annexe 2.

4.3.4 Evaluation du fond "pédo-géochimique"

4.3.4.1 Généralités

L'évaluation du fond « pédo-géochimique » a ici été basée sur des mesures pXRF, choix qui est justifié par la bonne corrélation entre ces mesures et les résultats des analyses de laboratoire pour les éléments considérés.

Les investigations de terrain et mesures pXRF ont été effectuées du 10 au 21 octobre 2016 par le BRGM. Elles ont majoritairement porté sur l'ensemble de la zone d'étude. Une tournée commune avec GEODERIS et la DREAL le 20 octobre a permis de valider le plan d'investigations réalisé et de partager les observations. La position des points de mesure ainsi que les résultats de ces mesures sont reportés dans le rapport du BRGM (figures 13 à 15 de l'annexe 2 du présent document).

Ce travail d'évaluation est nécessaire afin de pouvoir distinguer les milieux naturellement riches en éléments potentiellement polluants. Les concentrations naturelles peuvent en effet être plus élevées au voisinage des minéralisations que dans les sols et sédiments comparables mais éloignés de toute minéralisation. Ce phénomène (anomalie géochimique) est généralement exploité pour la recherche minière.

4.3.4.2 Synthèse

La plupart des unités métamorphiques sont presque complètement constituées de matériaux cristallophylliens de compositions silicoalumineuses très proches, avec des teneurs peu variables en éléments traces.

Ces compositions sont par ailleurs très peu différentes de celles des granites non minéralisés, comme celui de Pouzol-Servant. Seul le granite de Beauvoir se différencie, de par son caractère métallogénique spécialisé. Il n'a malheureusement pas été observé sur le terrain et sa composition a ici été estimée à partir des données de Cuney et al. (1992).

De ces observations, il résulte que le fond « pédo-géochimique » autour du site des Montmins est très peu contrasté et que les anomalies naturelles sont à relier au contexte minéralisé (filons, imprégnations, fractures) lié aux intrusions granitiques.

Les gammes de teneurs retenues pour le fond « pédo-géochimique » sont synthétisées dans le tableau 4 en fonction des différentes formations géologiques.

	As	Cr	Cu	Fe[24]	Mn	Pb	Sb	Sn	W	Zn
micaschistes (X1) et micaschistes à staurotide (X1st)	15-120	15-50	15-50	1.5-6	600-5000	15-100	<	15-150	40-250	60-200
gneiss (Z2)	15-50	15-50	15-50	2.5-6	600-5000	15-40	<	15-100	*	50-200
migmatites (M3-4)	15-30	15-30	10-20	3-6	500-1000	15-30	<	*	<	50-200
Unités métamorphiques **	**15-120**	**15-50**	**15-50**	**1.5-6**	**600-5000**	**15-100**	**<**	**15-150**	**40-250**	**50-200**
granite de Pouzol-Servant (g3)	15-100	10-30	10-40	2.5-6	600-5000	25-100	<	20-100	*	40-200
granite des Colettes (G1)	15-75	10-30	10-30	1.5-5	200-1500	25-100	<	20-100	*	50-200
granite de Beauvoir (G1ab)[25]	*	*	*	0.2-1	300-1500	15-30	*	150-500	15-50	50-150
alluvions (Fz)	15-60	10-40	10-40	2-6	200-1500	15-50	<	15-150	40-120	20-120

< : Valeurs inférieures ou voisines de la limite de détection
**** :** données insuffisantes ou absence de données*
*** : ensemble : micaschistes, micaschiste à staurotide, gneiss et migmatites*

Tableau 4 : Gammes de teneurs, par formation géologiques (en mg/kg, mesures pXRF)

Ces gammes de valeurs permettent de fournir un ordre de grandeur quant aux teneurs en éléments métalliques présentes dans les sols situés hors influence minière et ce, en fonction de la géologie. Même si il s'agit de mesures pXRF, pour des éléments tels que l'arsenic, le plomb ou encore le zinc elles peuvent être utilisées comme base de comparaison avec les analyses de laboratoire présentées au niveau des sols.

Ce travail a par ailleurs confirmé la présence de teneurs naturellement élevées en arsenic et en étain dans des zones, a priori situées hors influence minière (anomalie géochimique naturelle). C'est par exemple le cas de zones localisées à l'ouest du village de Boënat, ou encore à l'ouest et au nord du lieu-dit Chaillats. Sur la zone du Boênat, à noter quand même la présence de deux indices de travaux miniers à l'ouest du hameau du Boënat mais dont l'extension géographique reste très restreinte par rapport à l'ensemble de l'anomalie en arsenic (figure 27).

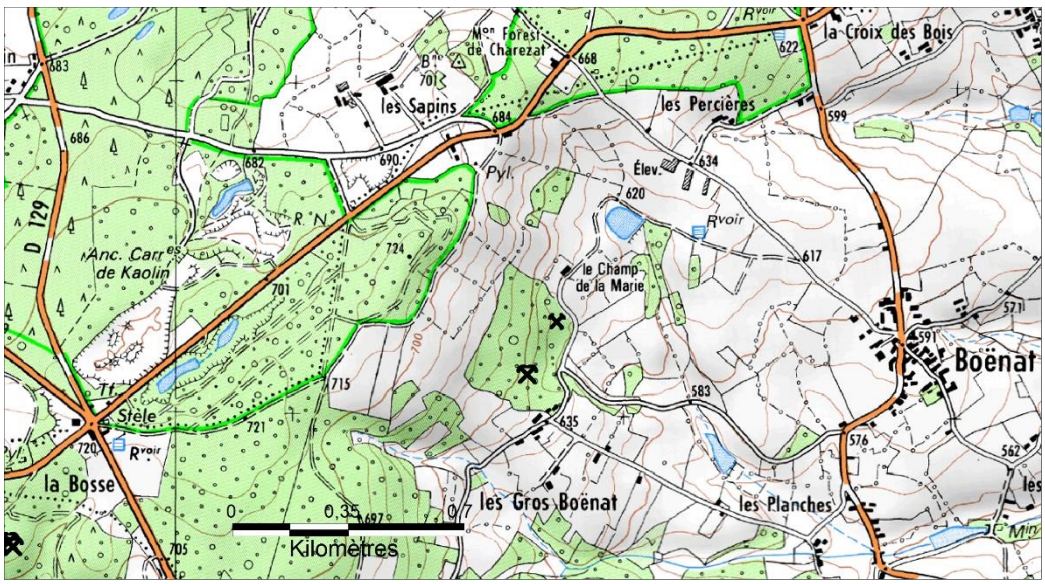


Figure 27 : Position des deux indices de travaux miniers du Boënat (Fond SCAN 25 ®)

[24] Exprimé en % Fe_2O_3
[25] Estimé d'après les données de Cuney et al. (1992)

Une anomalie naturelle en arsenic est également mesurée au niveau de la Croze, située à l'ouest du site du Mazet. De fortes teneurs en étain interprétées également comme la trace d'anomalies géochimiques naturelles sont également mesurées en face de la maison de retraite d'Echassières (points MMSol104, MMSol105, MMSol105b et MMSol106). Sur la mesure MMSol104, un enrichissement en arsenic est également observé et également imputé à une anomalie géochimique naturelle. A noter qu'au niveau de ce secteur, ces anomalies en étain et en arsenic sont confirmées par l'inventaire minier.

4.3.5 Evaluation des environnements locaux témoins (ELT)

Ce type d'évaluation s'inscrit principalement dans le cadre du volet sanitaire d'une approche de type Interprétation de l'Etat des Milieux. La recherche de zones témoins permettant de mettre en évidence une éventuelle dégradation des milieux par l'ancienne activité minière ou industrielle associée constitue en effet un point souvent essentiel dans ce type d'approche. La notion d'environnement local témoin (ELT) est à différencier de celle du fond pédo-géochimique précédemment évalué car, contrairement à dernier, elle tient compte du milieu d'exposition (jardin, zone de promenade, eaux de surface, etc.).

Trois critères principaux sont retenus pour la recherche des environnements témoins :

- un contexte naturel similaire (contextes géologique et pédologique) entre la zone témoin et la zone étudiée ;
- une activité anthropique inexistante ou minimale : le site témoin doit être exempt d'activités d'extraction et de traitement, telles que celles qui se sont succédées sur la zone d'étude ;
- un milieu d'exposition similaire (sol de prairie, sol de potager,…). La prise en compte des milieux d'exposition constitue ici une différence importante avec le fond pédo-géochimique qui est déterminé indépendamment de ces derniers.

En raison du chevauchement de la zone d'étude sur plusieurs formations géologiques distinctes, trois « districts » d'environnement local témoin (ELT) ont été retenus :

- ELTa pour les micaschistes ;
- ELTb pour les gneiss ;
- ELTc pour les migmatites.

Les zones à enjeux et potentiellement sous influence minière étant majoritairement situées au niveau des unités métamorphiques (essentiellement micaschistes pour les sites miniers ; gneiss et migmatites pour la zone de la Bouble en aval du site du Mazet), aucun environnement local témoin n'a été évalué sur les terrains granitiques.

La subdivision suivante a été adoptée (tableau 5):

- ELTa1-zone I (commune d'Echassières) constitué d'échantillons provenant des lieux-dits les Brûlards et le Retour,

- ELTa2-zone III (commune de Nades) constitué d'échantillons provenant des lieux-dits Lachamp pour le jardin potager et les Barriaux pour les pâtures,

- ELTb-zone I (commune de Louroux de Bouble) constitué d'échantillons de sol de berge provenant des lieux-dits Luzet (ruisseau sans nom, affluent de la Bouble dans

laquelle il se jette entre les Moulins de Boutevin et de Berthon), et la Gravière/viaduc du Bellon (rivière Bellon, affluent de la Bouble au niveau de Banassat le Château),

- ELTc-zone I (commune de Lapeyrouse) constitué d'échantillons de sol de pâture, prélevés sur la rive gauche de la Bouble, à proximité du lieu-dit La Villonne, en amont hydraulique des dépôts du Mazet (1 300 m au sud-ouest de la confluence Cotillon/Bouble).

Cette subdivision prend en compte les trois zones définies lors du repérage des habitations potentiellement sous influence minière et des usages.

Au total, huit échantillons de sols de pâtures ont été prélevés sur l'horizon compris entre 0 et 10 cm et quatre échantillons de sols de jardins potagers prélevés sur l'horizon 0 et 30 cm.

Le positionnement géographique des différents « districts » d'ELT est présenté dans le rapport INERIS (figures 11 et 13 à 16 de l'annexe 7 du présent document).

Les gammes de valeurs ELT pour les sols sont reportées dans le tableau 6.

ELT	*Sols (pâture/jardin)*	Végétaux potagers
ELTa1- Retour /Brûlards	S19_0_10	-
	SJ20_0_30 SJ22_0_30	SJ20_PRU_TOM_CA_HAR_SAL_POM SJ22_SAL_BETT_TOM_HAR_CA_FRAM_PDT_ POM_COU
	S21_0_10 S23_0_10	-
ELTb	SB54_0_10	-
ELTc	SB45_0_10	-
ELTa2-Lachamp	SJ3_0_30 SJ18_0_30	SJ3_CA_FCA_BETT_HAR_POI SJ18_CA_PDT
ELTa2- Les Barriaux	S41_0_10 S42_0_10	-

S : sol de pâture ou jardin ornemental ; SJ : sol de jardin potager ; SB : sol de berge ; CA : carotte ; FCA : fanes de carotte ; POI : poireau entier ; HAR : haricot ; BETT : betterave ; COU : courgette ; SAL : salade ; TOM : tomate ; PDT : pomme de terre ; FRAM : framboise ; PRU : prune ; POM : pomme.

Tableau 5 : Echantillons témoins retenus dans le cadre du volet sanitaire de cette étude (extrait du rapport INERIS de l'annexe 7)

Elément (mg/kg)	ELTa1 Berge. Zone I		ELTa2 Pature. Zone III		ELTb Berge. Zone I		ELTa2 jardin potager. Zone III		ELTa1 jardin potager. Zones I et II		SB45_0_10 Pature. Zone I	S19_0_10 Jardin ornemental. Zones I et III
	ELTmin	***ELTmax***	***ELTmin***	***ELTmax***	***ELTmin***	***ELTmax***	***ELTmin***	***ELTmax***	***ELTmin***	***ELTmax***	***ELT***	***ELT***
Antimoine	1,9	2,31	5,23	6,03	1,95	3,13	6,05	11,5	1,62	2,47	3,31	2,17
Argent		<5		<5		<5		<5		<5	<5,00	<5
Arsenic	29	91,9	17,5	26,8	16,2	55,7	32	46,2	18,7	57,9	43,2	31,8
Cadmium	<0,4	0,41		<0,4		<0,4	<0,4	0,53		<0,4	<0,4	<0,4
Cuivre	10,8	47,2	22	22,8	11,1	24,5	34,8	142	30,5	52,2	13,9	14,3
Lithium	45,3	45,3	<20	24,1	41,6	42,8	29,9	39,2	21,7	59,4	46,6	25,9
Mercure		<0,1	<0,1	0,27		<0,1		<0,1		<0,1	<0,1	<0,1
Plomb	15,4	37,3	25,5	25,6	28,9	49,3	51,9	73,2	23,3	34,8	25,8	20,5
Tungstène		<10		<10		<10		<10		<10	18,2	<10
Zinc	43,8	47,5	74,4	76,1	56,6	88,9	146	205	40,8	114	44	63,6

Tableau 6 : Gammes de valeurs des environnements locaux témoins retenus sur les sols

L'étain n'a pas été considéré dans cette approche du fait des problèmes de sous dosage constaté pour cet élément (4.3.3.1). Le tungstène a par contre été retenu, le sous dosage apparaissant beaucoup moins marqué que pour l'étain. Les lots d'échantillons utilisés dans le cadre du volet sanitaire ne font, de plus, pas partie de ceux pour lesquels un problème analytique est pressenti au niveau du tungstène.

Pour les éléments tels que l'arsenic, le plomb et le zinc, les ELT retenus s'inscrivent dans des gammes de teneurs cohérentes avec celles enregistrées pour le fond « pédo-géochimique ». Les gammes de valeurs obtenues pour le tungstène apparaissent par contre nettement plus élevées que celles retenues dans le cadre des environnements témoins. Pour le cuivre on constate également une valeur maximale d'ELT (ELTmax) plus élevée que celle de la borne supérieure du fond « pédo-géochimique ».

Pour les eaux souterraines trois puits destinés à l'arrosage des jardins potagers et une sortie d'eau canalisée ont été prélevés et utilisés en tant qu'échantillons témoins (ESO1, ESO7, ESO8 et ESO10. Les teneurs en métaux et métalloïdes mesurées dans ces échantillons sont reportées dans l'annexe 5 et le rapport de l'annexe 7.

Pour les eaux superficielles et les sédiments, l'évaluation des éventuels impacts liés à l'activité minière a été effectuée par une comparaison de la qualité des eaux et sédiments entre l'amont et l'aval des sites miniers considérés.

Pour les végétaux potagers, les échantillons témoins ont été prélevés dans les jardins retenus pour l'évaluation des environnements locaux témoins des sols.

Les correspondances entre échantillons de végétaux potagers témoins et échantillons de sols témoins sont reportées dans le tableau 5. Pour les végétaux potagers, les gammes de teneurs ELT sont reportées dans l'annexe 5 et dans le rapport de l'annexe 7.

4.3.6 Les sources de pollution

Sur le secteur d'étude, les sources principales de pollution liées à l'ancienne activité minière ou industrielle associée sont pour l'essentiel représentées par des déchets d'extraction (haldes) et des résidus de traitement du minerai (résidus de concassage et de laverie).

Les déchets d'extraction (waste rock) sont des fragments et déblais de roche présumés stériles qui n'ont pas été concassés. Ils représentent un mélange de roche hôte (schistes et granites plus ou moins hydrothermalisés), et de matériaux filoniens (quartz, brèches) pauvres en minéralisation. Du fait de l'altération hydrothermale, ces déchets sont susceptibles d'être localement enrichis en As, K, Fe, Mn et Cu. Ils contiennent souvent des teneurs anomales en certains éléments liés à la minéralisation tels que par exemple Sn, W, Cu, Sb ou encore Li. Ces teneurs restent toutefois trop basses pour que le matériau soit

considéré comme minerai avec les techniques de valorisation de l'époque. Ils sont moins oxydés que le minerai concassé et broyé.

Les résidus de traitement sont des matériaux de faible granulométrie (sables, fines de traitement) de même nature lithologique que les précédents. Ils ont été observés en quantité importante au Mazet. Des matériaux concassés et triés sont également présents sur une partie du dépôt de Nades.

4.3.6.1 Les dépôts du Mazet

Plusieurs zones ont été identifiées comme présentant des dépôts de résidus de traitement du minerai (figure 28).

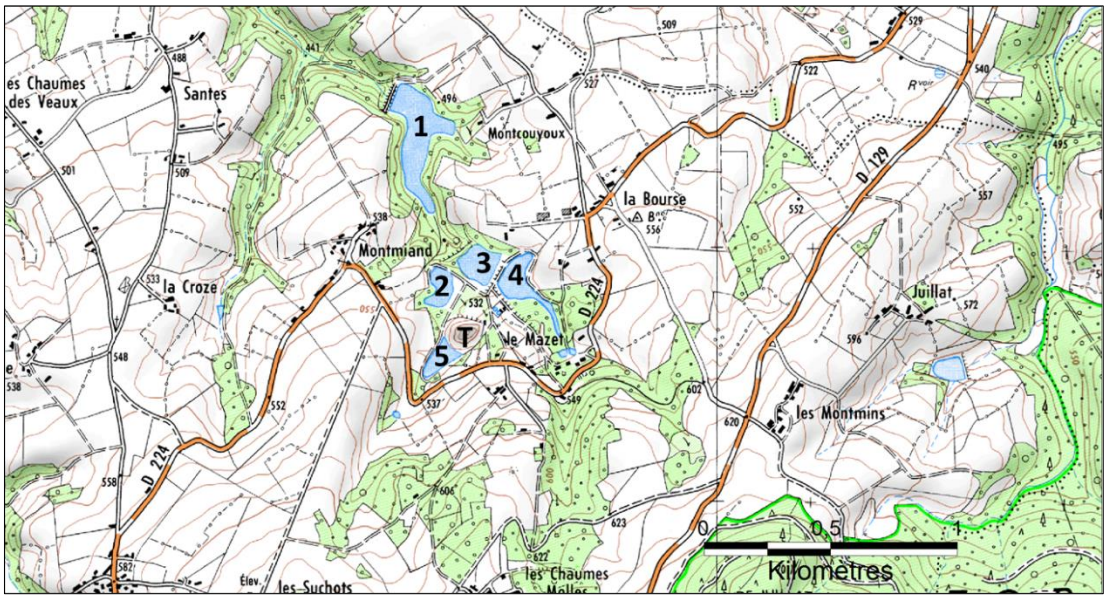


Figure 28 : Dépôt et bassins du Mazet (Fond SCAN 25 ®). 1 : bassin du Cotillon ; 2 : bassin Les Sables ; 3 : bassin Bellevue ; 4 : bassin Oasis ; 5 : bassin Dune ; T : dépôt de résidus de lavage du minerai du Mazet

La principale source de pollution de ces zones est constituée par le site du Mazet où l'on trouve un dépôt principal de résidus de lavage de minerai d'environ 240 000 m^3 (photo 4). Il est constitué de matériaux jaunâtres de faible granulométrie (millimétrique à inframillimétrique). De nombreuses traces de terriers y sont observables. Il est non végétalisé à l'exception de sa base. Il est facilement accessible mais semble peu fréquenté. L'examen des anciennes photos aériennes montrent que ce dépôt a fait l'objet d'importants prélèvements par le passé.

Photo 4 : Le dépôt du Mazet

Ce dépôt ayant déjà fait l'objet d'analyses chimiques et de plusieurs points de mesures pXRF lors de travaux antérieurs (Rougeaud et Sauter, 1984, GEODERIS, 2010 et GEODERIS 2014), seules quelques mesures in situ et prélèvements ont été réalisés dans le cadre de la présente étude (MMRES_141 et RES_G02). L'ensemble des résultats obtenus est cohérent avec les études antérieures. Les résidus contenus dans le dépôt du Mazet présentent notamment des teneurs élevées en arsenic, en tungstène, en lithium et en étain. Ils s'avèrent également enrichis en rubidium, bismuth et niobium.

Pour certains éléments non dosés lors des analyses de laboratoire, les mesures pXRF montrent par ailleurs des teneurs élevées en étain et en rubidium. Sur un des prélèvements (MMRES_141), elles indiquent aussi une forte teneur en mercure. Cette dernière n'est toutefois pas confirmée par l'analyse de laboratoire, ce qui pourrait laisser supposer un artéfact analytique sur cet élément lors des analyses par pXRF. L'enrichissement en mercure enregistré par pXRF sur plusieurs échantillons de résidus n'a donc pas été considéré dans la phase d'interprétation.

Afin de fournir un ordre de grandeur des teneurs en métaux et métalloïdes mesurées et même si les matériaux du dépôt du Mazet ne peuvent être directement comparés à des sols, nous avons reportés dans le tableau 7 les gammes de teneurs mesurées dans les sols français pour plusieurs éléments traces dont l'arsenic. Pour les autres éléments comme le tungstène, l'étain, le rubidium, le bismuth ou encore le niobium, il est possible de se référer aux valeurs fournies sur les sols européens dans le cadre du programme FOREG'S[26]. Pour les sols de surface, les teneurs maximum indiquées sont de l'ordre de 15 mg/kg pour le tungstène, 110 mg/kg pour l'étain, 390 mg/kg pour le rubidium, 10 mg/kg pour le bismuth et 130 mg/kg pour le niobium.

[26] FOREG'S: Geochemical Atlas of Europe; Background Information, Methodology and Maps.

Les gammes de valeurs présentées ci-dessous mg/kg. Les numéros entre parenthèses renvoient à des types de sols effectivement analysés, succinctement décrits et localisés ci-dessous.			
Métaux et Métalloïde	**Gamme de valeurs couramment observées dans les sols "ordinaires" de toutes granulométries**	**Gamme de valeurs observées dans le cas d'anomalies naturelles modérées**	**Gamme de valeurs observées dans le cas de fortes anomalies naturelles**
As	1,0 à 25,0	30 à 60 (1)	60 à 284 (1)
Cd	0,05 à 0,45	0,70 à 2,0 (1)(2)(3)(4)	2,0 à 46,3 (1)(2)(4)
Cr	10 à 90	90 à 150 (1)(2)(3)(4)(5)	150 à 3180 (1)(2)(3)(4)(5)(8)(9)
Co	2 à 23	23 à 90 (1)(2)(3)(4)(8)	105 à 148 (1)
Cu	2 à 20	20 à 62 (1)(4)(5)(8)	65 à 160 (8)
Hg	0,02 à 0,10	0,15 à 2,3	
Ni	2 à 60	60 à 130 (1)(3)(4)(5)	130 à 2076 (1)(4)(5)(8)(9)
Pb	9 à 50	60 à 90 (1)(2)(3)(4)	100 à 10180 (1)(3)
Se	0,10 à 0,70	0,8 à 2,0 (6)	2,0 à 4,5 (7)
Tl	0,10 à 1,7	2,5 à 4,4 (1)	7,0 à 55,0 (1)
Zn	10 à 100	100 à 250 (1)(2)	250 à 11426 (1)(3)

(1) zones de "métallotectes" à fortes minéralisations (à plomb, zinc, barytine, fluor, pyrite, antimoine) au contact entre bassins sédimentaires et massifs cristallins. Notamment roches liasiques et sols associés de la bordure nord et nord-est du Morvan (Yonne, Côte d'Or).

(2) sols argileux développés sur certains calcaires durs du Jurassique moyen et supérieur (Bourgogne, Jura).

(3) paléosols ferrallitiques du Poitou ("terres rouges").

(4) sols développés dans des "argiles à chailles" (Nièvre, Yonne, Indre).

(5) sols limono-sableux du Pays de Gex (Ain) et du Plateau Suisse.

(6) "bornais" de la région de Poitiers (horizons profonds argileux).

(7) sols tropicaux de Guadeloupe.

(8) sols d'altération d'amphibolites (région de La Châtre - Indre).

(9) matériaux d'altération d'amphibolites (région de La Châtre - Indre).

Tableau 7: Teneurs totales en éléments traces dans les sols - Gamme de valeurs « ordinaires » et « d'anomalies naturelles ». Tableau ASPITET (extrait de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués. Avril 2017)

Sur le site du Mazet on trouve également cinq bassins accueillant les rejets de l'ancienne laverie (eau de lavage, stériles et fines de décantation). Ces bassins ont pour nom : La Dune, les Sables, l'Oasis, Bellevue et le Cotillon. Ces bassins sont confinés derrière des ouvrages dont le plus important est celui associé à la retenue du Cotillon. Seul le bassin de la Dune est installé dans une dépression naturelle. L'ouvrage du Cotillon est constitué de remblais et présente une hauteur de 32 m et une longueur d'une centaine de mètres.

La retenue du Cotillon, construite après les bassins Oasis, Bellevue et les Sables, constitue le bassin le plus aval et est situé en contrebas des quatre autres. Elle présente une superficie d'environ 4 ha et contient plus de 80 000 m^3 de résidus. Pour comparaison, la superficie des autres bassins est de 0,5 à 1 ha chacun. Cette retenue est traversée par le ruisseau du Cotillon qui constitue un affluent de la Bouble, rivière située au nord de la zone d'étude.

Comme cela a déjà été précisé précédemment (cf. 2.4.4.2), il est à noter qu'un sixième bassin de décantation n'est actuellement plus visible et est entièrement reboisé.

L'instabilité des ouvrages permettant le confinement des matériaux des bassins du Mazet et plus particulièrement celui du Cotillon constitue une préoccupation importante au niveau de ce site.

Comme indiqué dans la phase informative, les retenues ont été vidées de leur eau. Cette vidange a porté à l'air libre la surface des résidus initialement immergés et qui étaient de ce fait inaccessibles au prélèvement.

Ces bassins sont remplis de matériaux de faible granulométrie (millimétrique à inframillimétrique) et de couleur globalement jaunâtre à grisâtre. Les analyses pXRF effectuées sur ces derniers indiquent des teneurs élevées en arsenic, en tungstène et en rubidium. Pour certains points de mesure, un enrichissement en étain, en niobium, en bismuth, en mercure et en plomb est également observé. Les analyses de laboratoire effectuées sur les échantillons prélevés au niveau des bassins Bellevue et Cotillon (MMRES140, MMRES142, RES-G01, RES-G03) confirment les teneurs élevées en arsenic, en tungstène, en étain, en bismuth et en niobium. Les teneurs maximums mesurées pour ces quatre éléments sont respectivement de 548 mg/kg, 1650 mg/kg, 117 mg/kg, 109 mg/kg et 80 mg/kg. Ces analyses indiquent, de plus, des teneurs élevées en lithium (teneur maximum mesurée de 443 mg/kg) et dans une moindre mesure en béryllium (teneur maximum mesurée de 28 mg/kg). A noter que pour ce dernier élément, la teneur maximum donnée pour les sols européens par FOREG'S est de 18 mg/kg.

A l'image de ce qui a été constaté pour les résidus du dépôt du Mazet, l'enrichissement en mercure n'a pas été confirmé par l'analyse de laboratoire, ce qui là encore laisse penser à la présence d'un artéfact lié à la mesure pXRF.

Un calcul du rapport Li/As a été effectué sur les résidus stockés dans les différentes retenues. L'examen de ce rapport (tableau 8) montre qu'il diminue depuis l'amont du site vers l'aval (retenue du Cotillon). Ce résultat peut ici être interprété comme étant lié à une différence de mobilité entre l'arsenic et le lithium. Il souligne notamment le rôle de piégeage de la retenue du Cotillon envers l'arsenic. La retenue du Cotillon joue ici le rôle d'une zone lagunaire (photo 5) au même titre que ce qui peut être observé au niveau d'un traitement passif.

Lieu de prélèvement	Rapport Li/As
Matériau prélevé dans le bassin Dune : échantillon RES-G04	3,19
Matériaux prélevés au niveau de la brèche du bassin Bellevue : échantillons RES-G03 et MM RES_142	1,97 et 1,92
Matériaux prélevés dans le bassin du cotillon (nord de la retenue) : échantillons RES-G01 et MM RES_140.	0,84 et 0,77

Tableau 8 : Rapport Li/As mesuré dans trois retenues du site du Mazet

Photos 5 : Retenue du Cotillon faisant office de zone lagunaire (photos DREAL, 2016)

4.3.6.2 Le dépôt de Nades

La source de pollution principale de l'ancien site minier de Nades est représentée par un dépôt constitué majoritairement de déchets issus de l'extraction du minerai (figure 29).
Ce dépôt est également susceptible de contenir des résidus de lavage de minerai, une petite laverie ayant été installée en 1907. La proportion de ces résidus reste toutefois difficile à évaluer au sein du dépôt, mais on peut penser qu'elle est peu importante par rapport aux déchets d'extraction. Il semble en effet que la laverie n'ait fonctionné que peu de temps et que la concession n'a fait l'objet que de travaux peu développés.

Ce dépôt est bien végétalisé et présente une longueur d'environ 180 m, une largeur avoisinant 20 m et une hauteur comprise entre 2 et 10 m. Son volume a été estimé par GEODERIS à 10 000 m^3 (GEODERIS, 2010). A noter que de nombreux terriers avaient été observés dans la partie sommitale de ce dépôt (GEODERIS, 2010).

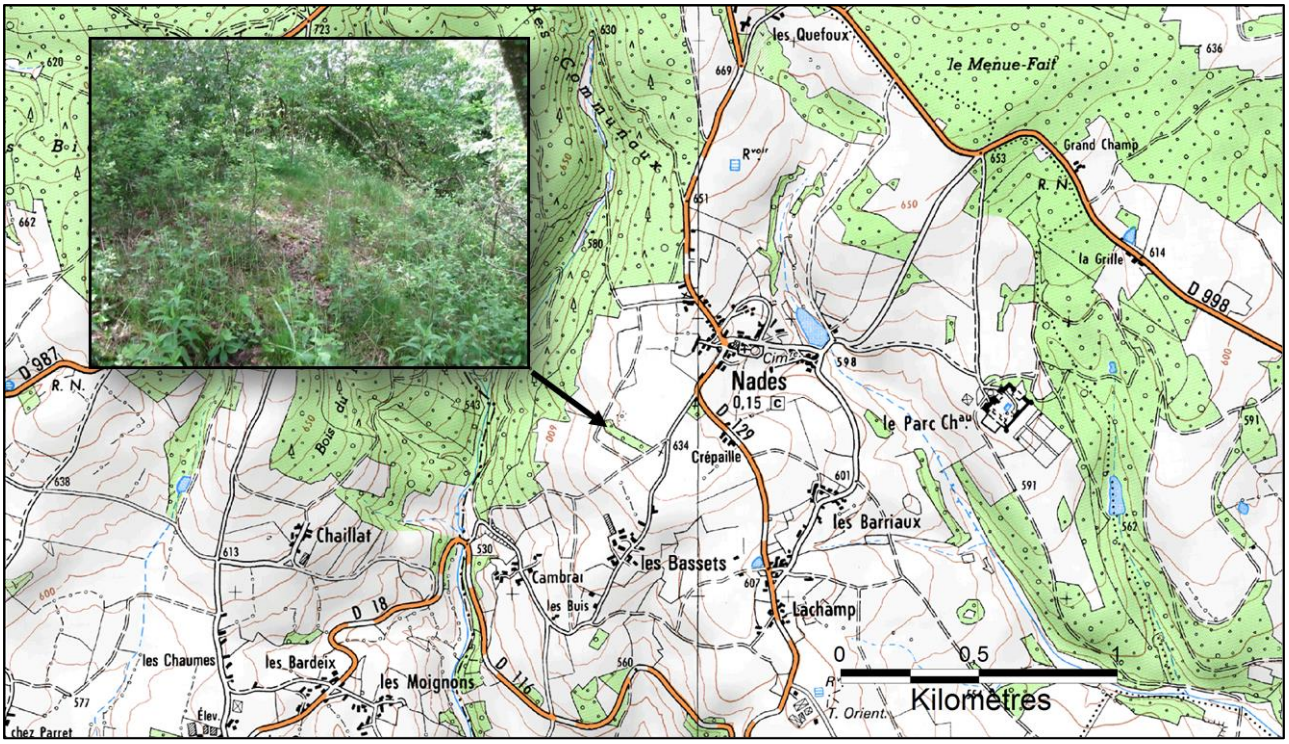


Figure 29 : Le dépôt de Nades (Fond SCAN 25 ®)

Le dépôt est constitué de matériaux formés par un mélange de terre fine ocre avec de nombreux fragments caillouteux de taille centimétrique. Dans son extrémité sud, il présente une proportion plus importante de matériaux à forte granulométrie (centimétrique à décimétrique). Dans cette partie, l'ouverture de l'ancien puits Giraudet est toujours visible. Ce puits, en eau, présente une tête maçonnée de section 2,8 m X 3,5 m.

A l'exception des prairies et pâturages qui l'entourent, ce dépôt est situé à l'écart d'enjeux sanitaires (premières habitations situées à environ 300 m du dépôt) et environnementaux importants. Il convient notamment de signaler qu'aucun cours d'eau n'est situé à proximité immédiate de ce dépôt. Il ne présente par ailleurs aucune trace d'érosion constatée (dépôt recouvert de végétation). Ces différentes caractéristiques ont notamment justifié le classement en B du secteur de Nades. Lors de l'inventaire pilote effectué sur l'ancienne région Auvergne par GEODERIS en 2010, ce dépôt avait fait l'objet de mesures pXRF situées à chacune de ses extrémités nord et sud.

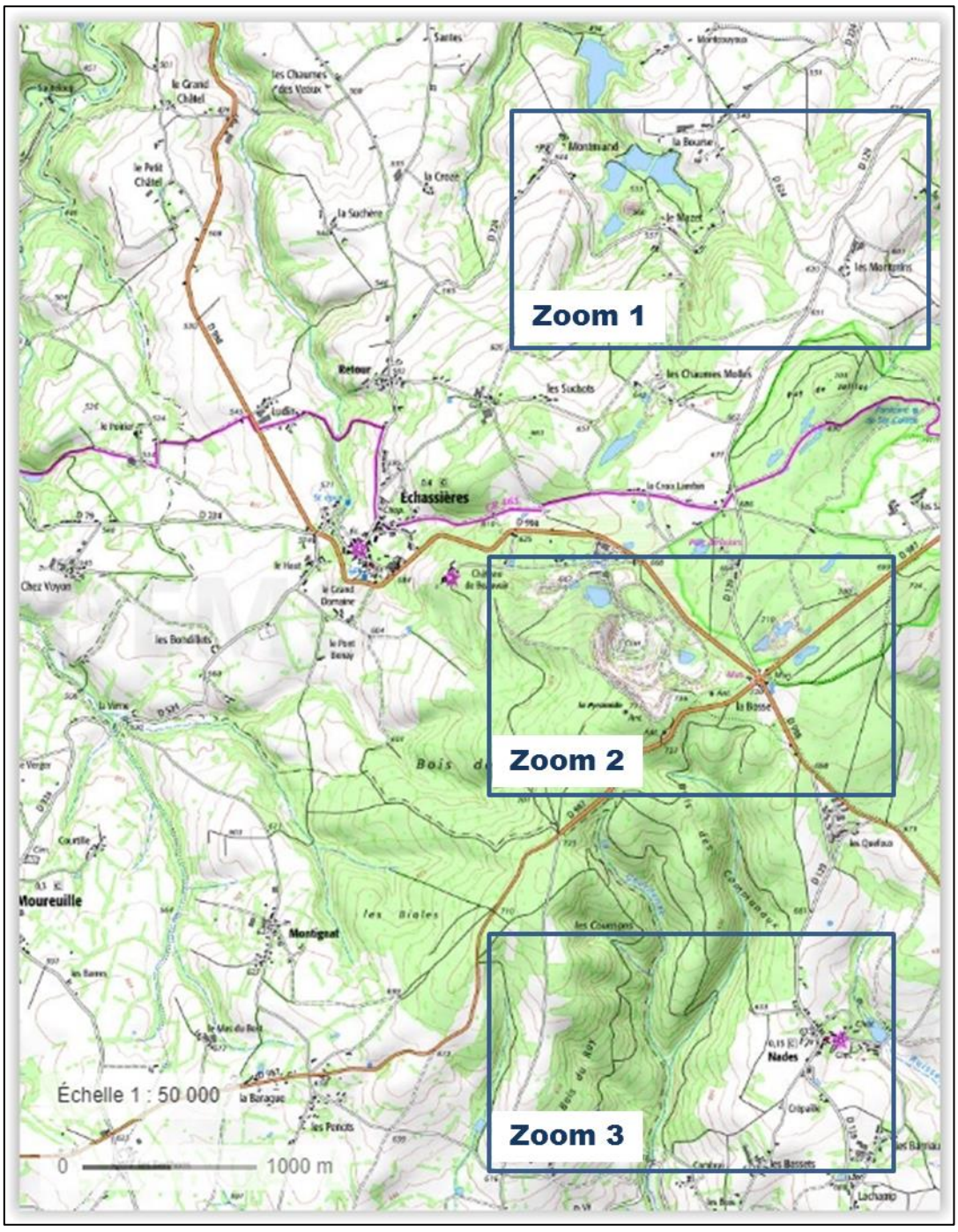
Ces mesures ont mis en évidence des teneurs élevées en antimoine et en arsenic (teneurs mesurées de l'ordre de 25000 mg/kg pour l'antimoine[27] et de 2000 mg/kg pour l'arsenic) ; les teneurs les plus fortes étant obtenues pour le point de mesure situé au niveau de l'extrémité nord du dépôt. Pour ce point, il est à noter aussi une teneur élevée en étain.

Dans le cadre de la présente étude, l'investigation de ce dépôt n'a pas été poussée plus avant du fait de son faible niveau d'enjeu sanitaire et environnemental. Seuls les sols alentours ont fait l'objet de mesures et prélèvements afin d'évaluer son impact sur les terrains environnants. Les résultats de ces mesures sont commentés ci-après dans le cadre de l'analyse des voies de transfert et milieux d'exposition (cf. 4.3.7).

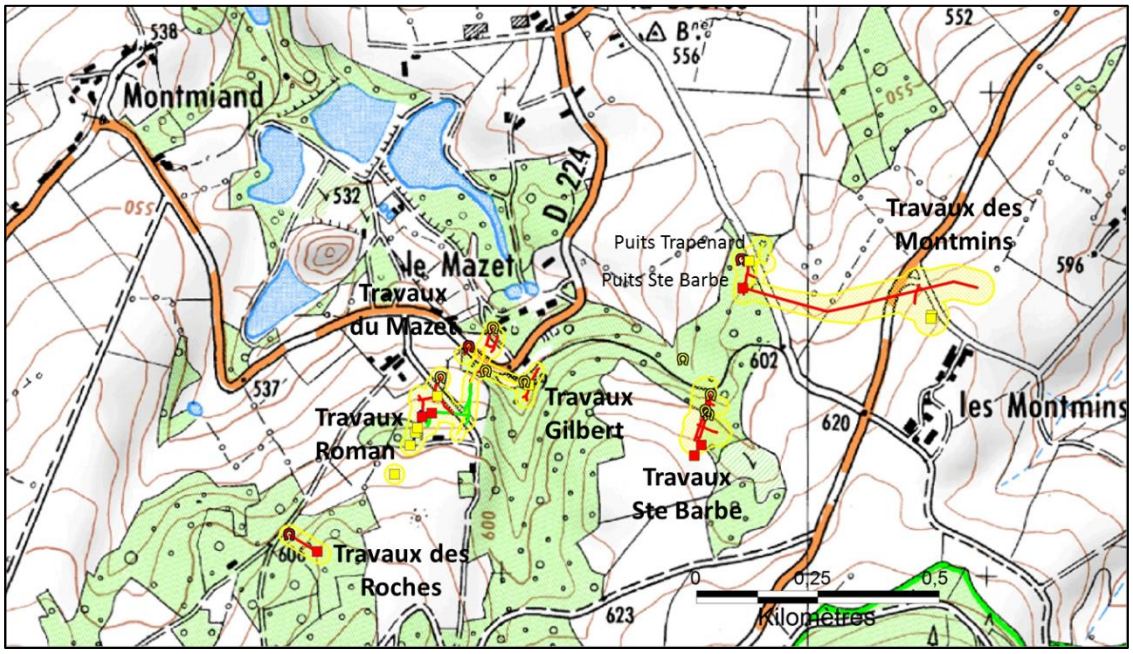
[27] Pour information les teneurs indiquées pour les sols européens n'excèdent pas la trentaine de mg/kg

4.3.6.3 Les dépôts diffus

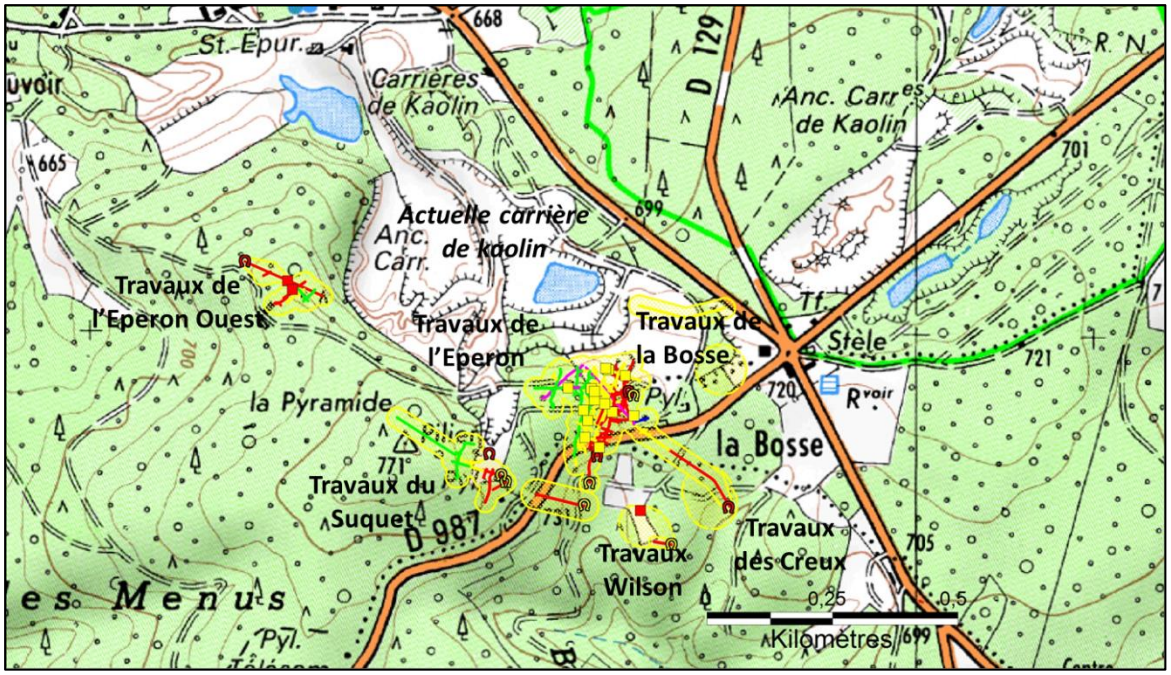
A côté des dépôts principaux précédemment mentionnés, plusieurs secteurs de dépôts plus ou moins diffus ont été observés sur la zone d'étude. Au nord de la concession des Montmins, ils sont principalement liés aux travaux des Montmins, de Sainte Barbe et de Gilbert. Au centre de cette même concession, ils sont liés aux travaux de la Bosse, du Suquet et des Creux et Wilson. Les travaux de l'Eperon sont actuellement dans l'emprise de l'actuelle carrière de kaolin toujours en activité. Enfin, au sud de la concession, ils sont liés aux travaux des Chaillats. La position géographique de ces zones est reportée sur scan25 au niveau de la figure 30. Sur cette dernière ont été positionnés les ouvrages miniers ainsi que l'emprise des zones de travaux évaluée dans le cadre de l'étude détaillée des aléas miniers « mouvement de terrain ».



ZOOM1


Montmiand
le Mazet
Travaux du Mazet
Travaux Roman
Travaux Gilbert
Travaux Ste Barbe
Travaux des Roches
Puits Trapenard
Puits Ste Barbe
Travaux des Montmins
les Montmins
D 224
0
0,25
0,5
Kilomètres

ZOOM2


St.-Epur.
Carrières de Kaolin
Anc. Carr. de Kaolin
Actuelle carrière de kaolin
Anc. Carr.
Travaux de l'Eperon Ouest
Travaux de l'Eperon
Travaux de la Bosse
Stèle
la Pyramide
la Bosse
Travaux du Suquet
Travaux Wilson
Travaux des Creux
D 987
D 129
les Menus
0
0,25
0,5
Kilomètres

ZOOM3

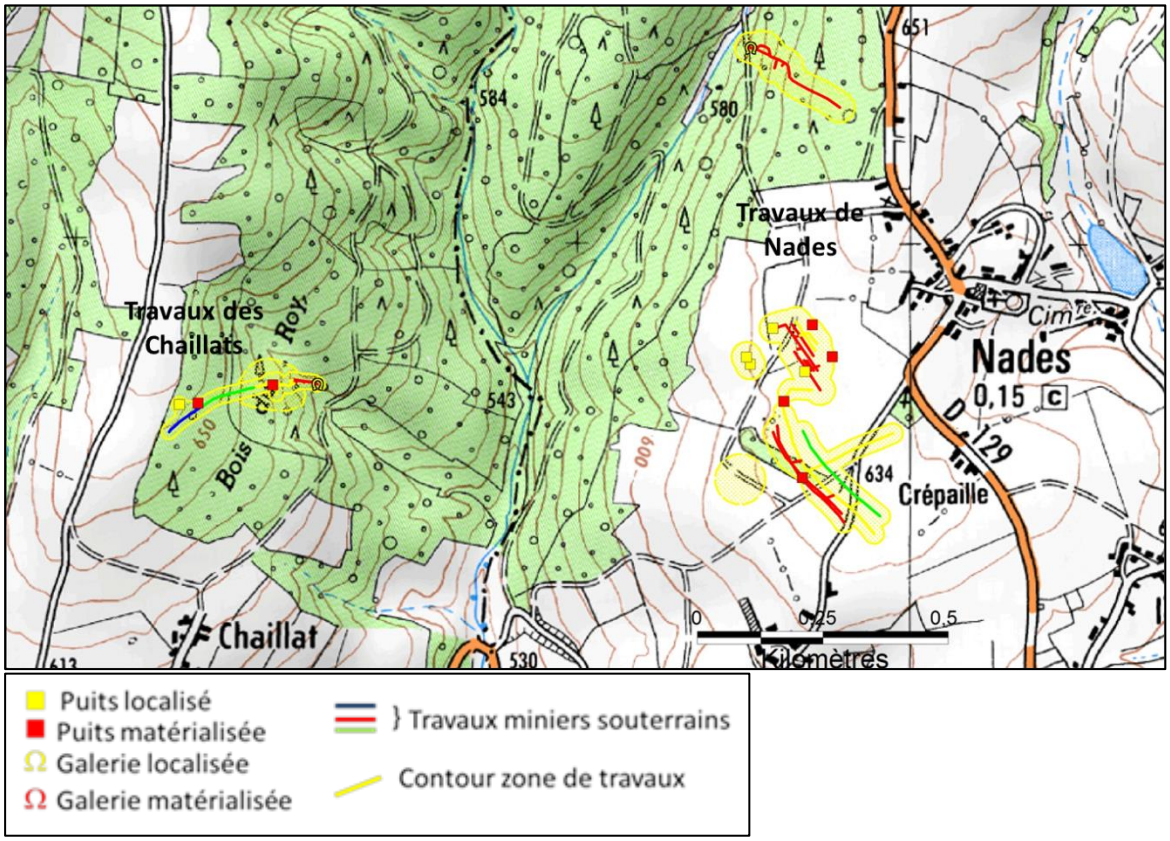


Figure 30 : Positionnement géographique des principales zones de travaux miniers (Fond SCAN 25 ® ; GEOPORTAIL)

Pour tous ces travaux, les dépôts sont constitués de stériles de creusement de forte granulométrie (centimétrique à décimétrique). Ils sont généralement recouverts d'un horizon de sol et sont bien re-végétalisés. Ils sont pour la plupart situés dans des secteurs isolés, éloignés des habitations. Par ailleurs certaines de ces zones de dépôts ne présentent qu'une extension géographique limitée car correspondant à des travaux miniers de faible importance.

Compte tenu de ces caractéristiques et des usages constatés, ces zones de dépôts ne représentent donc pas des sources de pollution potentiellement impactantes d'un point de vue sanitaire et environnemental.

La campagne de mesures ayant été proportionnée et orientée en fonction des usages et des enjeux identifiés et au vu du caractère potentiellement peu impactant de ces zones de dépôt, aucune investigation ciblée sur la caractérisation des résidus miniers proprement dits n'a été réalisée dans le cadre de cette étude. Seules quelques mesures pXRF ont été effectuées sur les sols de ces zones de dépôts. Les résultats de ces mesures sont traités dans le chapitre relatif aux voies de transfert et milieux d'exposition.

4.3.7 Les voies de transfert et milieux d'exposition

4.3.7.1 Les sols potentiellement sous influence minière et/ou localisés à proximité des principaux sites d'exploitation

La position géographique des différents points de prélèvements et de mesures indiqués ci-après est fournie en annexe 2 et en annexe 6.

Les mesures de terrain ont ici été effectuées sur les sols considérés comme potentiellement sous influence minière et/ou sur des sols situés à proximité des principaux sites d'exploitation. Certains prélèvements ont aussi été réalisés pour l'évaluation des environnements locaux témoins (tableaux 5 et 6 ; annexe 5 et annexe 6).

a) Travaux du Mazet

Les prélèvements ont porté sur des sols de berge notamment au niveau de la Bouble et du ruisseau du Cotillon, des sols de pâturages et de prairies ainsi que des sols de jardins potagers et de jardins d'agréments.

Les résultats des analyses de laboratoire montrent, tout d'abord, qu'il existe un impact lié au site du Mazet sur les zones de prairies situées en bordure du ruisseau du Cotillon (points de prélèvements : MMSol_24, S101_0_10, S102_0_10, Sol-G11_60_80, Sol-G10_0_5, S47_0_10, S46_0_10) avec des teneurs élevées en tungstène (teneurs comprises entre 252 mg/kg et 2253 mg/kg), en arsenic (teneurs comprises entre 144 mg/kg et 258 mg/kg) et en lithium (teneurs comprises entre 60 mg/kg et 193 mg/kg). Cet impact est tout particulièrement marqué sur les deux prairies situées au niveau de la confluence Cotillon/Bouble. Pour le lithium et l'arsenic cet impact est encore détectable en profondeur (entre 60 et 80 cm de profondeur ; échantillon Sol-G11_60_80).

Le marquage en tungstène et en lithium peut directement être relié aux dépôts du site du Mazet. Le marquage en arsenic peut quant à lui être à la fois relié à ce site et à l'affluent du Cotillon qui draine une zone d'anomalie géochimique naturelle en arsenic. Pour les prairies traversées par le Cotillon et situées à proximité de la confluence avec la Bouble (en rive droite), cet impact s'étend bien au-delà des zones bordant le ruisseau comme en témoigne le point de prélèvement situé à environ 120 m du ruisseau (prélèvement SOL-G12_0_5).

L'examen des résultats analytiques obtenus sur les sols situés en berge ou en zone proche de berge de la Bouble et en aval de la confluence avec le Cotillon, montre qu'il existe également un léger impact lié au site du Mazet. Cet impact se marque ponctuellement avec des teneurs plus élevées en tungstène et en lithium. C'est par exemple le cas des trois prélèvements S51_0_5, S52_0_5 et SB56_0_5 situés à plus de 2km de la confluence avec le Cotillon et qui présentent des teneurs élevées en tungstène (respectivement de 209 mg/kg, 329 mg/kg et 192 mg/kg). A noter que ces teneurs plus élevées en tungstène ne s'accompagnent pas systématiquement d'un enrichissement en lithium, pourtant ici considéré comme traceur des dépôts du Mazet. Ceci peut être expliqué par la plus grande solubilité du lithium par rapport au tungstène, favorisant ainsi sa migration vers l'aval. De la même manière cet impact ne s'accompagne pas d'un enrichissement marqué en arsenic, ce qui peut, là aussi, s'expliquer par la plus grande mobilité de l'arsenic par rapport au tungstène qui va, quant à lui, rester fortement lié à la phase solide.

Les analyses pXRF confirment ces impacts ponctuels par rapport au tungstène (lithium non dosé par pXRF) et indiquent, de plus, qu'ils sont accompagnés de fortes teneurs en étain et en rubidium ainsi que d'un enrichissement en niobium[28]. Ce type d'impact est constaté très

[28] A noter que l'enrichissement en étain et en niobium est confirmé par une analyse de laboratoire effectuée sur un des échantillons impactés (MMSol-034).

loin en aval puisqu'il est encore légèrement perceptible au niveau des sols de berge de la Bouble à Chantelle la Vieille, situé à plus de 15 km en aval de la confluence avec le Cotillon (MMSol-035 et MMSol-036).

Parmi les prélèvements de sols effectués sur la zone du Mazet, trois apparaissent impactés par l'activité minière. Ces prélèvements se rattachent :

- A des terrains situés à l'entrée du site minier, en bordure de la D224 (prélèvements S6_0_5 et SOL-G04_0_5).
- Aux terrains associés à l'ancien bâtiment de la mine, habité et en cours de rénovation et situé en contrebas de la D224 (habitation dénommée « le Mazet » ; parcelle ZD64 ; prélèvements S104-0-5, S105_0_5, S106_0_5 et S107_0_5).
- Au terrain situé au niveau d'un des anciens bassins de décantation de la mine, maintenant invisible et fortement végétalisé (S31_0_10 et S108_0_5).

L'ensemble de ces terrains présente de fortes teneurs en tungstène et en lithium, éléments ici considérés comme traceurs de l'activité minière. Les teneurs en tungstène peuvent être très élevées, jusqu'à 3410 mg/kg. Il en va de même pour les teneurs en lithium, la teneur maximale mesurée étant de 356 mg/kg. L'ensemble de ces prélèvements présentent également des teneurs élevées en arsenic dont l'origine est ici attribuée majoritairement à l'activité minière (teneur maximale mesurée : 190 mg/kg) compte tenu de la proximité du site minier ; le point de prélèvement S108_0_5 étant même situé au niveau d'un des bassins du Mazet, aujourd'hui totalement re-végétalisé. Cet impact que ce soit pour le tungstène, le lithium ou l'arsenic est particulièrement marqué au niveau de la propriété du Mazet (parcelle ZD64). Sur cette dernière, à noter également l'existence d'un prélèvement qui présente des teneurs en plomb, en zinc et en cuivre plus élevées que les autres (prélèvement S105_0_5 : 607 mg/kg pour le plomb, 996 mg/kg pour le zinc et 772 mg/kg pour le cuivre).

Comme cela a déjà été indiqué précédemment, les prélèvements de sols ont également portés sur plusieurs jardins potagers. Pour la zone du Mazet, deux jardins potagers apparaissent impactés par l'ancienne activité minière (prélèvements Sj4_0_30 et Sj5_0_30). Ces derniers sont situés au sein même du site du Mazet et se rattachent à deux habitations localisées à l'entrée du site en bordure de la D224 (parcelles ZD43 et ZD76). Ces jardins sont par ailleurs situés à proximité des terrains impactés précédemment mentionnés à l'entrée du site (prélèvements S6_0_5 et SOL-G04_0_5). Le sol de ces jardins potagers montre ainsi un net enrichissement en tungstène et en lithium (teneurs respectives 73,9 mg/kg et 26,7 mg/kg pour le tungstène et 92 mg/kg et 62,5 mg/kg pour le lithium). Les teneurs en arsenic y apparaissent également élevées (respectivement 133 mg/kg et 102 mg/kg).

Il convient aussi de signaler les sols de jardins potagers prélevés à environ 400 m à l'ouest du site Mazet et qui se rattachent au lieu-dit Montmiand (Sj14_0_30, Sj15_0_30 et Sj16_0_30). Ces derniers montrent tous des teneurs élevées en arsenic.

Compte tenu de leur position, ces potagers sont toutefois ici considérés comme étant hors influence minière. Pour ces terrains, les fortes teneurs en arsenic sont donc attribuées à une zone d'anomalie géochimique naturelle, notamment bien visible au niveau de l'affluent du Cotillon. Cette anomalie est également illustrée au niveau des données de l'inventaire minier qui montre une large zone d'anomalie en arsenic autour du granite des Colettes au niveau des micaschistes (figure 7 ; auréole d'environ 2,5 à 5 km de rayon). Il est par ailleurs important de rappeler que l'étude GEODERIS de 2014 avait mis en évidence dans un puits domestique au niveau du lieu-dit Montmiand des teneurs en arsenic (110 µg/l) bien supérieures à la limite de qualité pour les substances chimiques dans les eaux destinées à la consommation humaine (10 µg/l pour l'arsenic). Ce puits n'a malheureusement pas pu être à nouveau prélevé dans le cadre de la présente étude du fait du refus du propriétaire.

b) Travaux des Montmins et de Saine Barbe

Par rapport aux éléments chimiques retenus pour cette étude, les analyses effectuées sur les sols associés aux travaux Ste Barbe et des Montmins montrent que ces derniers sont enrichis en arsenic et en plomb (teneurs maximum respectives mesurées au laboratoire : 216 mg/kg et 754 mg/kg) et, pour deux des trois prélèvements effectués (S60_0_10 et S62_0_10), en lithium et en tungstène (teneurs maximum respectives mesurées au laboratoire : 93 mg/kg et 284 mg/kg). L'enrichissement en arsenic et en plomb est confirmé par deux mesures pXRF effectuées plus au nord, au niveau des travaux des Montmins. Pour ces deux points de mesure, les teneurs en tungstène se sont par contre avérées être sous la limite de détection.

L'enrichissement en arsenic et en plomb est ici attribué à l'impact de l'ancienne activité minière, les points de mesure étant situés pour certains à proximité des puits Trapenard et Sainte Barbe (à environ cent mètres) et pour les autres situés au sein et en lisière de la zone de travaux Sainte Barbe.

c) Travaux de la Bosse, des Creux et Wilson et du Suquet

Les analyses et mesures effectuées sur les sols prélevés au niveau des zones de travaux de la Bosse ainsi que des Creux et Wilson montrent des teneurs élevées en arsenic, en tungstène et en rubidium (teneurs maximums respectivement mesurées au laboratoire : 237 mg/kg, 970 mg/kg et 562 mg/kg). Les analyses de laboratoire (S57_0_2 et S58_0_5) indiquent par ailleurs des teneurs élevées en lithium. Enfin, un enrichissement en bismuth est observé au niveau des quatre points de mesures pXRF effectués le long de la D984 au sud des travaux du Suquet (mesures MMSol48 à MMSol51). A noter que les teneurs en étain peuvent être localement élevées à l'image des points de mesure MMSol102, MMSol48 et MMSol14 où la teneur en étain avoisine la centaine de mg/kg (mesures pXRF).

Les prélèvements précédents ont été complétés par trois autres prélèvements de sols. Ces derniers ont porté sur l'aire de pique-nique associée au musée Wolframine (prélèvement S35_0_5) et sur les terrains d'une habitation située au niveau du carrefour de la Bosse (un prélèvement effectué sur un jardin potager : Sj1_0_30 et un prélèvement réalisé sur un jardin d'agrément : S2_0_5 ; parcelles AB5 et AB6). Les résultats montrent que l'échantillon prélevé sur l'aire de pique-nique est impacté au niveau de ses teneurs en tungstène (222 mg/kg) et en lithium (142 mg/kg). Une teneur élevée en arsenic est également observée pour ce prélèvement (93 mg/kg). Ce type d'impact est également observé au niveau du jardin potager de l'habitation investiguée au carrefour de la Bosse. Le jardin d'agrément de cette dernière ne présente par contre aucune trace significative d'un tel impact par rapport au tungstène, lithium et arsenic.

L'origine minière ou naturelle des enrichissements constatés, notamment en tungstène, lithium et arsenic n'est pas confirmée. Bien que du point de vue géologique la position des terrains investigués soit propice à la présence de zone naturellement minéralisées, la proximité immédiate d'anciennes zones de travaux miniers pourrait aussi plaider en faveur d'une origine minière.

Enfin, il est aussi à noter l'existence de sols chargés en arsenic, considérés comme étant hors influence minière et dont la signature est due à la présence de zones d'anomalie géochimiques naturelles. C'est notamment le cas du jardin potager ou de la pâture investigué au niveau du hameau du Gros Boënat (teneurs en arsenic respectivement mesurées de 216 et 234 mg/kg).

d) Travaux de Nades

Des teneurs élevées en antimoine et en arsenic sont enregistrées sur les points de mesures pXRF et sur les analyses de laboratoire effectués au niveau des sols situés aux alentours du dépôt de Nades ainsi qu'à l'aplomb de la zone de travaux miniers souterrains où plusieurs puits sont signalés dans les archives minières et où la présence de déchets d'extraction du minerai mélangés aux sols reste possible dans ce secteur. Ces teneurs élevées en antimoine et en arsenic sont ici considérées comme le résultat de l'impact de l'ancienne activité minière.

Les teneurs maximums en antimoine et en arsenic mesurées lors des analyses de laboratoire sont respectivement de 1070 mg/kg et de 907 mg/kg. Seuls trois prélèvements (MMSol155, MMSol-056 et S39_0_10) présentent des teneurs en arsenic beaucoup plus faibles, comprises entre 30 et 50 mg/kg. A noter que deux de ces prélèvements sont pourtant situés en lisière du dépôt, ce qui indique que la répartition spatiale de l'impact de l'activité minière autour du dépôt n'est pas homogène.

Le prélèvement montrant les teneurs en antimoine et en arsenic les plus élevées (prélèvement SOL-G07_0_5 : 1070 mg/kg pour l'antimoine et 907 mg/kg pour l'arsenic) au niveau des sols environnants le dépôt est localisé à proximité nord-ouest de ce dernier. Il concerne une zone de quelques mètres carrés constituée d'un matériau argileux de couleur jaunâtre à orangé et dont l'origine a ici été rattachée à la présence de ce même dépôt.

Le reste des prélèvements effectués dans la zone de Nades, à l'écart des anciens travaux miniers ne mettent pas en évidence de traces significatives d'impact minier par rapport aux éléments analysés. Cette observation est globalement confirmée par les analyses pXRF effectuées dans cette zone. A noter cependant deux jardins potagers qui pour l'un, présente une teneur élevée en arsenic (101 mg/kg ; prélèvement S43_0_5) et pour l'autre, un léger enrichissement en antimoine (40,7 mg/kg ; prélèvement Sj17_0_30) sans que l'on puisse réellement trancher sur l'origine naturelle ou minière de ces deux enrichissements.

La forte teneur en arsenic enregistrée au pied de la retenue de Nades (mesure pXRF MMSol078 : 212 mg/kg) peut quant à elle être attribuée au drainage de la zone d'anomalie naturelle en arsenic située en amont de cette retenue. Cette forte teneur en arsenic est d'ailleurs confirmée au niveau de la mesure pXRF effectuée sur un sédiment situé en pied de retenue (mesure pXRF MMsed077 : 137 mg/kg).

e) Travaux des Chaillats

Ces zones ont fait l'objet de travaux superficiels que l'on attribue aux gallo-romains (Indices des Bois Menus et de Chaillat). Il est vraisemblable que l'étain ait alors été alors recherché (IMERYS, 2013).

Les indices de Chaillat et Bois des Menus n'ont probablement pas donné lieu à des dépôts volumineux, mais leur impact sur les teneurs en arsenic dans les sols avoisinants est fort.

Les galeries sont situées en amont topographique du point d'observation MMSol-63 ce qui est confirmé par l'observation de drainages acides en cours de neutralisation (annexe 2).

Tous les échantillons prélevés dans la zone des Chaillats présentent des teneurs élevées en arsenic et en étain. Dans le cadre des analyses de laboratoire, les teneurs maximums respectivement mesurées pour ces deux éléments sont de 1450 mg/kg et 349 mg/kg (étain dosé après attaque alcaline ; cf.4.3.3.1). Les deux échantillons (prélèvements MMSol-63 et MMSol-63b) situés au sud du Bois des menus s'avèrent par ailleurs fortement enrichis en cuivre (teneurs respectives 866 et 1010 mg/kg) et dans une moindre mesure en zinc (teneur

respectives 817 mg/kg et 974 mg/kg). Ces signatures sont confirmées par les mesures pXRF. Contrairement à la zone du Mazet, on notera ici l'absence du tungstène.

L'origine minière ou naturelle des enrichissements constatés, n'est pas confirmée. Bien que du point de vue géologique la position des terrains investigués soit propice à la présence de zone naturellement minéralisées, la proximité immédiate de l'ancienne zone de travaux miniers des Chaillats pourrait aussi plaider en faveur d'une origine minière.

4.3.7.2 Les sédiments

Les prélèvements de sédiments ont tous été réalisés lors de la campagne d'octobre 2016, à l'exception du sédiment SED-100 dont le prélèvement a été réalisé lors de la campagne d'avril 2017.

Ces prélèvements ont portés sur :

- le ruisseau du Cotillon,
- la Bouble en amont et en aval de la confluence avec le Cotillon,
- deux affluents de la Bouble en amont de la confluence avec le Cotillon (environnement témoins),
- l'affluent du Cotillon situé à l'ouest du site du Mazet,
- le ruisseau de la Gourdonne,
- un des deux ruisseaux s'écoulant en amont du site du Mazet et passant sous la D224 au niveau de ce site,
- un écoulement busé et sortant dans le fossé de la D224 en face de l'étang de Dune.

Nous rappelons ici que lors de la phase d'analyse des résultats de laboratoire, il est apparu, à l'examen des teneurs en tungstène, qu'un lot d'échantillon avait dû faire l'objet d'un problème analytique quant au dosage de cet élément. A l'exception du prélèvement Sed-100, les autres échantillons de sédiments faisaient partie de ce lot. Le tungstène n'a malheureusement pu être ré analysé sur tous ces échantillons, seul le sédiment MMSol-21 a pu faire l'objet d'un redosage (intégré au sein des tests analytiques du BRGM). L'impact du site du Mazet sur les sédiments du Cotillon et surtout de la Bouble sera donc ici surtout suivi par le biais du lithium, également traceur de l'impact minier et systématiquement dosé sur l'ensemble des échantillons.

Les prélèvements de sédiments ont été complétés par des mesures pXRF. Ces dernières ont été réalisées au niveau :

- de la Bouble amont et aval confluence Cotillon,
- d'un affluent de la Bouble sans toponyme et dont la confluence est située au niveau du croisement Bouble/D185,
- d'un affluent de la Bouble (sans toponyme) au niveau du lieu-dit Villonne, en amont de la confluence avec le Cotillon,
- du ruisseau du Belon,
- de l'affluent du Cotillon,
- du ruisseau de la Cèpe,
- du ruisseau de la Plaine.

La position géographique des différents points de prélèvements et de mesures indiqués ci-après est fournie en annexes 2 et 6.
Les prélèvements de sédiments effectués en aval du site du Mazet au niveau du Cotillon ou de son affluent à proximité immédiate de la confluence (SED-G01 et MMSol-021) sont impactés par ce dernier et présentent des teneurs élevées en arsenic (323 mg/kg pour le deux points) et en lithium (respectivement 118 mg/kg et 322 mg/kg). L'analyse de l'échantillon MMSol-21 met de plus en évidence des teneurs élevées en étain (teneur obtenue après attaque alcaline : 115 mg/kg) et en tungstène (teneur obtenue après attaque alcaline : 810 mg/kg).

Par comparaison avec les sédiments prélevés sur la Bouble en amont de la confluence avec le Cotillon, les prélèvements de sédiments effectués sur cette même rivière en aval de cette confluence n'indiquent pas d'impact significatif lié à l'ancienne activité minière du site du Mazet.

Il en va de même pour les mesures pXRF réalisées au niveau des sédiments de la Bouble, à l'exception de deux mesures (mesures MMSed-032, MMSed-033) qui montrent à la fois de fortes teneurs en étain et/ou en tungstène et qui pourrait donc laisser supposer ponctuellement la présence d'un tel impact.

Les prélèvements et mesures réalisés au niveau de l'affluent du Cotillon (SED-G06, MMSol-021, MMSed-023), de l'écoulement busé de la D224 (SED-G05), du ruisseau de la Cèpe (MMSed-075 et MMSed-077), du ruisseau du Belon (MMSed-08), de l'affluent de la Bouble à Villone (MMSed-071) ainsi qu'au pied de la retenue de Nades (MMSed-077) présentent des teneurs relativement élevées en arsenic, interprétées ici comme le résultat du drainage de zones d'anomalies naturelles en arsenic. Une forte teneur en arsenic (279 mg/kg) accompagnée par un léger marquage en cuivre, en lithium, en zinc et en étain (respectivement 67,6 mg/kg, 43,1 mg/kg, 210 mg/kg et 11,4 mg/kg) est également observée au niveau du ruisseau de la Gourdonne en aval de la zone des Chaillats (échantillons, SED-G07). Une signature de même type est par ailleurs observée sur un sol de berge voisin du point précédent (échantillon MMSol-057). Cette signature peut ici être attribuée aux travaux des Chaillats eux-mêmes et/ou à la zone naturellement minéralisée plus vaste et associée à ces travaux. La part entre l'origine liée aux travaux miniers et celle due à la présence de cette zone naturellement minéralisée reste ici difficile à établir.

4.3.7.3 Les eaux superficielles

a) Compositions chimiques

La position des points de prélèvements indiqués ci-après est fournie en annexe 6.

Les eaux superficielles ont été prélevées au cours des campagnes de terrain effectuées en octobre 2016 et avril 2017. Ces campagnes sont censées correspondre, pour la première, à une période de basses eaux et pour la seconde, à une période de hautes eaux. Toutefois les conditions météorologiques exceptionnelles qui se sont traduites en 2017 par un fort déficit de pluviométrie, font que la campagne d'avril 2017 ne correspond pas réellement à une période de hautes eaux.

Sur l'ensemble des campagnes, les points de prélèvement portent en premier lieu sur le ruisseau du Cotillon (ESU-G01) et sur la rivière de la Bouble (ESU-G02, ESU-G03, ESU-G03b, ESU-G11, ESU-G13) qui sont deux cours d'eaux susceptibles d'être exposés à un impact potentiel des dépôts de résidus du site minier du Mazet. Ils ont également portés sur le ruisseau affluent du Cotillon (ESU-G08) et sur les deux ruisseaux qui traversent la D224 en amont du site du Mazet (ESU-G04 et ESU-G05). Des prélèvements ont aussi été réalisés sur deux affluents de la Bouble : le ruisseau des Bioles (ESU-G12) et un ruisseau sans

toponyme dont la confluence avec la Bouble est située à environ 300 m en aval du Moulin de Villonne (ESU-G07). Un autre prélèvement a été effectué sur l'écoulement d'eau qui serpente entre le pied de l'ouvrage de confinement du bassin de Bellevue et le bassin du Cotillon (ESU-G14). Le prélèvement a été réalisé à l'aplomb de la zone de rupture de cet ouvrage créée lors de l'incident de février 2015. Enfin deux autres prélèvements ont été effectués, l'un en aval de la zone des Chaillats, sur le ruisseau de la Gourdonne (ESU-G10) et l'autre sur un affluent de la Bouble sans toponyme qui se jette dans cette dernière, à proximité du lieu-dit « Sauteloup » (ESU-G100).

L'essentiel des eaux analysées présente des pH proches de la neutralité et classiques pour des eaux naturelles. Ces derniers sont compris entre 6,6 et 8,3. Les plus fortes valeurs sont rencontrées au niveau de la Bouble et plus particulièrement sur les prélèvements effectués en avril 2017.

Les eaux sont dans l'ensemble peu chargées avec des valeurs de conductivité faibles à modérées, comprises entre 80 µS/cm et 560 µS/cm. Les valeurs les plus fortes ont été enregistrées lors de la première campagne de terrain (octobre 2016) au niveau de la Bouble et du ruisseau des Bioles.

L'examen des résultats analytiques montre que la Bouble présente des teneurs en sulfates et en chlorures plus élevées que les autres cours d'eau investigués. A l'image des valeurs de conductivité, les teneurs en sulfates et dans une moindre mesure en chlorures, y sont malgré tout moins élevées pour les échantillons prélevés lors de la campagne de terrain d'avril 2017. A noter que le ruisseau des Bioles présente la concentration en chlorures la plus élevée sur l'ensemble des cours d'eau analysés.

La Bouble s'avère également plus riche en calcium, magnésium et sodium. Là encore les teneurs mesurées dans les échantillons de la première campagne (octobre 2016) s'avèrent plus fortes que celles enregistrées lors de la deuxième campagne (avril 2017).

La composition des eaux brutes est globalement proche de celle des eaux filtrées. Quelques différences sont cependant observées :

- Les teneurs en fer et en manganèse sont plus élevées dans les échantillons d'eau brute, ce qui peut être imputé à la présence d'oxyhydroxydes de fer et de manganèse en suspension dans l'eau. Les plus fortes teneurs sont observées dans l'affluent du Cotillon et dans l'écoulement prélevé entre les bassins de Bellevue et du Cotillon.

- A l'exception des deux ruisseaux qui traversent la D224 au niveau du Mazet (ESU_G04 et ESU_G05) et du ruisseau de la Gourdonne (ESU_G10), les teneurs en fer et en manganèse rencontrées dans les eaux brutes s'avèrent globalement plus élevées pour les échantillons de la deuxième campagne de terrain (avril 2017).

Les fortes teneurs en fer et en manganèse s'accompagnent le plus souvent d'une concentration élevée en arsenic, voire en d'autres éléments trace métalliques comme le plomb ou le zinc traduisant le piégeage de cet élément par les oxyhydroxydes de fer et de manganèse.

De fortes teneurs en arsenic sont ainsi observées :

- au niveau du ruisseau du Cotillon en aval des dépôts du Mazet (ESU_G01).
- sur l'affluent du Cotillon (ESU_G08). A noter ici que la forte teneur en arsenic n'est observée que pour l'échantillon d'eau brute.
- sur l'affluent de la Bouble dont la confluence avec cette dernière est située à environ 300 m en amont du Moulin de Villonne (ESU_G07).

- sur le ruisseau de la Gourdonne en aval de la zone de travaux des Chaillats (ESU_G10).
- Sur l'écoulement situé entre la retenue de Bellevue et celle du Cotillon (ESU_G14).

Les teneurs en zinc sont, pour leur part, les plus élevées dans l'échantillon prélevé en aval des travaux miniers des Chaillats (ESU_G10) et au niveau du ruisseau qui traverse la D224 et situé le plus à l'est du site du Mazet (ESU_G05). Les teneurs en zinc sont par ailleurs globalement plus élevées dans les échantillons prélevés lors de la deuxième campagne de terrain (avril 2017).

La comparaison entre les teneurs en métaux et métalloïdes mesurées en amont et en aval de la confluence avec le ruisseau du Cotillon ne montre pas d'impact significatif du site du Mazet sur les eaux de la Bouble (hors sédiments).

Du point de vue de la qualité des eaux, toutes les teneurs en arsenic mesurées sont supérieures à la Norme de Qualité Environnementale[29] de 0,83 µg/l, à l'exception du prélèvement effectué sur l'un des ruisseaux qui traverse la D224 en face du site de Mazet (ESU_G04).

Les teneurs en zinc et en cuivre restent globalement peu élevées mais sont pour la grande majorité voisine, voire pour quelques-unes d'entre elles, supérieures aux Normes de Qualité Environnementale de ces deux éléments qui sont fixées respectivement à 7,8 µg/l et 1,6 µg/l.

Ces normes de qualité environnementales sont également dépassées pour le cadmium pour l'un des ruisseaux qui passent sous la D224 (ESU_G05) et le ruisseau de la Gourdonne en aval de la zone de travaux miniers des Chaillats.

Au total, l'ensemble des analyses effectuées sur les eaux superficielles ne montre pas d'impact significatif des sites miniers considérés sur la qualité des eaux. Les dépassements des NQE précédemment mentionnés restent limités sauf pour l'arsenic dont les teneurs qui s'avèrent nettement plus élevées que la NQE, sont majoritairement attribuées au drainage de zones d'anomalies géochimiques naturelles.

b) Toxicité et bioaccumulation

Une évaluation de la bioaccumulation et de la toxicité réalisée en amont et en aval de la confluence avec le Cotillon a été effectuée afin de vérifier que l'absence d'impact significatif du site du Mazet sur les eaux Bouble, démontrée sur la seule base des résultats des analyses chimiques amont/aval de la confluence Cotillon était également vérifiée au niveau des organismes vivants aquatiques. Ce type d'essai permet ainsi d'évaluer la toxicité générale du milieu et la biodisponibilité des molécules métalliques de ce milieu.

Cette évaluation a été réalisée à l'aide de biocapteurs (gammares) par la société BIOMAE. Le rapport relatif à cette intervention est fourni en annexe 9. Il précise la position des points de mesure ainsi que les conditions expérimentales de ces tests. Une interprétation et une synthèse des résultats obtenus y sont également fournies.

En résumé, du point de vue de l'impact toxique, l'analyse du taux d'alimentation montre que le milieu récepteur présente une forte toxicité. Toutefois, les effets sont les mêmes en amont

[29] Afin de prévenir et réduire la pollution des eaux, les concentrations dans le milieu sont comparées à une Norme de Qualité Environnementale, ou NQE, définie comme la « concentration d'un polluant ou d'un groupe de polluants dans l'eau, les sédiments ou le biote qui ne doit pas être dépassée, afin de protéger la santé humaine et l'environnement ». Les Normes de Qualité Environnementale sont utilisées dans le contexte de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) ; Portail Substances Chimiques INERIS.

et en aval de la confluence avec le ruisseau du Cotillon, ce qui ne permet pas de mettre en évidence un impact lié au site du Mazet par le biais du Cotillon.

Du point de vue de la contamination biodisponible métallique, les résultats ne mettent en évidence aucun apport supplémentaire de contamination biodisponible du ruisseau du Cotillon en aval de la confluence, excepté pour le tungstène où une concentration légèrement plus forte a été observée à l'aval par rapport à l'amont. Un apport en tungstène par le Cotillon est donc décelé, même si celui-ci apparaît limité. Pour l'arsenic, on observe des valeurs supérieures au seuil30 sur les deux points de mesure, sans toutefois de différence significative, ne permettant pas de conclure que le ruisseau du Cotillon constitue une source de contamination supplémentaire.

4.3.7.4 Les eaux souterraines

La position des points de prélèvements indiqués ci-après est fournie en annexe 6.

Les prélèvements d'eau souterraine se sont étalés sur les trois campagnes de terrain (septembre 2016, octobre 2016 et avril 2017).

Plusieurs points de prélèvements ont portés sur des puits domestiques (ESO1, ESO2, ESO4/ESO_G04, ESO8, ESO10, ESO11[31]) dont certains potentiellement destinés à l'arrosage des jardins (ESO2, ESO4/ESO-G04, ESO10 et ESO11). D'autres ont portés sur des sources, sorties d'eau canalisées et points d'eau (ESO3, ESO7, ESO9 et ESO12/ESO_G012) dont certains sont destinés à l'abreuvage (ESO3, ESO9 et ESO12/ESO_G012). Des prélèvements ont aussi été réalisés sur des eaux provenant de fontaines (ESO5, ESO6/ESO_G09). A noter que l'eau du point ESO5 est potentiellement utilisée pour l'arrosage des jardins et que l'eau du point ESO6/ESO_G09 est signalée pour avoir servi d'eau d'arrosage pour les jardins potagers proches.

Les eaux analysées présentent des pH relativement variables couvrant une gamme de valeurs comprises entre 5,3 et 9,3.

Les conductivités sont faibles à modérées allant de 42 µS/cm à 260 µS/cm. Les teneurs en sulfates sont faibles puisqu'elles s'échelonnent entre 6,75 et 33,1 mg/l (sur eaux brutes).

A noter pour le point ESO-G06, un écart important entre la teneur en sulfates mesurée lors de la première campagne de terrain (33,1 mg/l) en basse eaux et celle mesurée lors de la deuxième campagne (8,99 mg/l). Une telle tendance est également observée pour les autres éléments majeurs tels que les chlorures, le calcium, le magnésium, la silice, le sodium, le potassium et pour certains éléments traces (antimoine, cuivre et manganèse).

L'examen des résultats d'analyses montre qu'il existe globalement peu de différence de composition entre eaux brutes et eaux filtrées, excepté pour le fer, le manganèse et certains métaux et métalloïdes. Ainsi, pour plusieurs échantillons la présence d'oxyhydroxydes de fer et de manganèse dans la fraction non dissoute se traduit par des teneurs en fer et en manganèse plus élevées dans les eaux brutes. Certains éléments trace métalliques et métalloïdes, piégés au niveau de ces oxyhydroxydes, vont alors présenter, pour certains échantillons, des teneurs plus élevées dans l'eau brute. Cette signature est notamment bien marquée sur les échantillons ESO10, ESO7 et ESO9.

[30] Seuils de contamination définis à partir de la base de données BIOMAE.

[31] La parcelle ZC92 utilise l'eau du puits pour son jardin potager de taille très réduite. L'eau du puits voisin (ZC84 – ESO11) a été prélevée et analysée. Il est considéré que les deux puits captent la même nappe (profondeurs similaires et proximité géographique).

Les deux prélèvements effectués en septembre 2016 et avril 2017 sur le point d'eau aménagé et situé en contre-bas du dépôt de déchets d'extraction de Nades (échantillons ESO12 et ESO_G12 ; photo 6) présentent une composition presque identique, à l'exception d'une teneur légèrement plus élevées en fer et en manganèse dans le prélèvement effectué en septembre 2016. Là encore cette signature est attribuée à la présence d'oxyhydroxydes de fer et de manganèse en quantité plus importante sur le prélèvement de 2016. Elle s'accompagne d'une augmentation de la concentration en antimoine et en arsenic, éléments susceptibles d'être adsorbés sur ces oxyhydroxydes.

A noter une grosse différence de concentration en cuivre, plomb et zinc entre eau brute et eau filtrée pour l'échantillon ESO1 alors qu'on ne relève aucune différence notable pour le fer et le manganèse, les teneurs en fer étant d'ailleurs situées sous la limite de détection de la mesure. Il en va de même pour l'échantillon ESO8 avec une différence de concentration pour le zinc entre eau brute et eau filtrée.

A part pour le point d'eau situé en contrebas du dépôt de Nades qui présente une teneur relativement élevée en antimoine et qui est ici imputée à l'impact des eaux contenues dans les travaux miniers souterrains de Nades, les analyses effectuées sur les eaux souterraines ne mettent pas en évidence d'impacts significatifs liés aux différents travaux miniers de la zone d'étude. Les teneurs les plus fortes en arsenic mais qui restent malgré tout relativement peu élevées sont imputées à la présence des zones d'anomalies naturelles en arsenic. Rappelons à ce sujet qu'un puits qui n'a pu être prélevé dans le cadre de la présente étude et qui est situé au lieu-dit Montmiand (refus du propriétaire) avait montré en 2013 (GEODERIS, 2014) une teneur en arsenic de 110 µg/l, bien supérieure à la limite de potabilité.

Photo 6 : Point d'eau aménagé, situé en contrebas du dépôt de déchets d'extraction du minerai de Nades (prélèvements ESO12 et ESO-G12)

4.3.7.5 Les végétaux

Plusieurs végétaux étaient disponibles dans les jardins potagers. Les légumes et fruits communs aux différents potagers ont été prélevés dans la mesure du possible, soit au total 12 espèces et 64 échantillons : carotte (CA), fanes de carotte (FCA), poireau entier (POI), haricot (HAR), betterave (BETT), courgette (COU), salade (SAL), tomate (TOM), rave (RAV), pomme de terre (PDT), framboise (FRAM), prune (PRU), pomme (POM).

Des herbes de pâturage ont été cueillies ponctuellement à la confluence Bouble/Cotillon (échantillons HER).

La position géographique des différents points de prélèvements est reportée en annexe 6.

Pour beaucoup de métaux et métalloïdes, les teneurs mesurées se situent en dessous de la limite de quantification de l'analyse. On constate cependant des teneurs plus importantes pour certains végétaux par rapport aux métaux suivants :

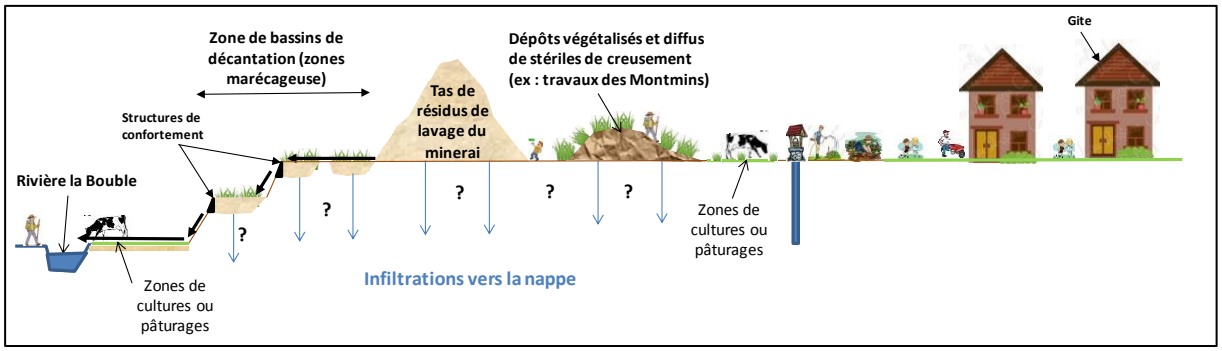
- Cadmium, cuivre et zinc pour les carottes, les betteraves, les pommes de terre, les haricots, les tomates, les framboises et les raves,
- Cadmium, cuivre, zinc et arsenic pour la salade,
- Cuivre et zinc pour les prunes,
- Cadmium, cuivre, plomb et zinc pour les poireaux entiers,
- Cuivre pour les pommes (trognons enlevés),
- Antimoine, arsenic, cadmium, cuivre, plomb et zinc pour les fans de carottes lavées.

4.4 Schéma conceptuel final

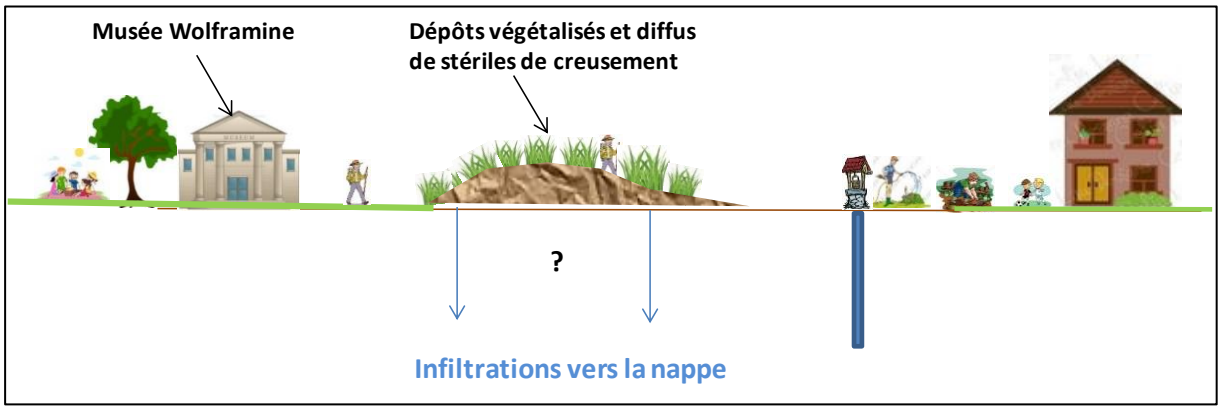
Pour rappel, le schéma conceptuel consiste en un bilan factuel du site étudié. Il doit permettre d'appréhender l'état des sources de pollution et les modes de contamination potentiels au regard des activités et des usages présents sur le site étudié.

Le schéma conceptuel retenu est présenté en figure 31. Il a été subdivisé selon les trois zones identifiées lors de l'identification des habitations potentiellement sous influence minière et l'enquête des usages zones I à III).

Zone I



Zone II



Zone III

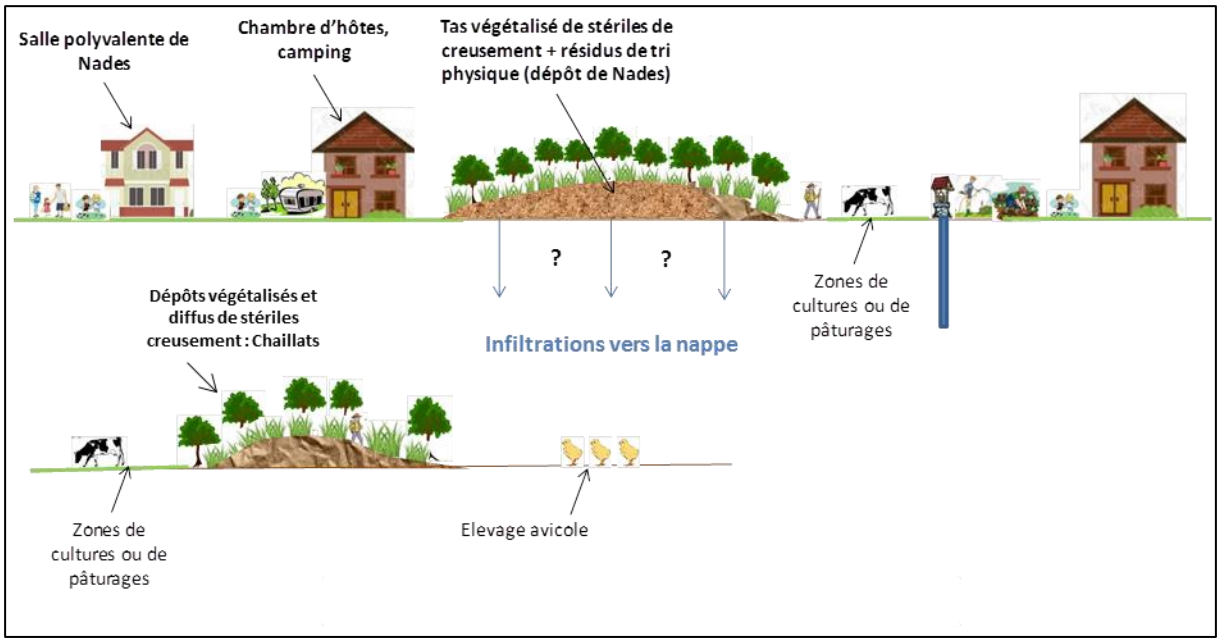


Figure 31 : Schéma conceptuel, centré sur la plate-forme de la zone principale et consolidé des observations de terrain

5 INTERPRETATION EN TERMES DE RISQUES SANITAIRES

5.1 Rappels méthodologiques

5.1.1 Comparaison à l'état des milieux

La démarche, schématisée sur la figure 32 consiste à comparer, dans un premier temps, l'état des milieux aux environnements locaux témoins définis. Si les concentrations mesurées dans les milieux excèdent celles de leurs témoins, ces concentrations sont comparées aux valeurs réglementaires pertinentes. Ces dernières correspondent au niveau du risque accepté par les pouvoirs publics pour l'ensemble de la population française. Au regard du volet sanitaire de la présente étude, les valeurs de gestion sont notamment les suivantes :

- les références et les limites de qualité des eaux destinées à la consommation humaine à l'exclusion des eaux conditionnées (annexe I de l'arrêté du 11/01/2007). Par défaut, elles seront utilisées pour tout usage de ces eaux : une eau potable est réputée saine pour la consommation humaine et pour tous les autres usages domestiques ou assimilés ;
- pour les denrées alimentaires : le règlement CE ou règlement européen (CE n° 1881/2006 de la Commission du 19 décembre 2006, modifié successivement par les règlements CE n°835/2011 du 19 août 2011, CE n°1259/2011 du 2 décembre 2011, CE n°488/2014 du 12 mai 2014, et CE n°2015/1005 du 25 juin 2015 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires). Pour ces valeurs réglementaires, il convient toutefois de signaler qu'il s'agit de valeurs destinées à la commercialisation des denrées alimentaires et non à l'autoconsommation.

En outre, concernant le plomb, dans son avis du 23 mai 2014, publié le 10 juillet 2014, le Haut Conseil de Santé Publique (HCSP) [32] a défini des seuils d'intervention pour des teneurs en plomb qui sont dans les sols de 100 mg/kg et 300 mg/kg, dans l'eau de boisson de 20 µg/L et dans les poussières déposées dans les logements de 70 µg/m^2.

Les modalités de gestion recommandées par le HCSP vis-à-vis des concentrations en plomb dans les sols reprises dans l'instruction n°DGS/EA1/EA2/EA3/EA4/2016/283[33] du 21 septembre 2016 relative au dispositif de lutte contre le saturnisme infantile et de réduction des expositions au plomb, sont présentées ci-après.

Trois cas sont définis par le HCSP au regard des concentrations moyennes dans les sols :

- sol avec des concentrations < 100 mg/kg :
  - pas de préconisations particulières,
- sol avec des concentrations comprises entre 100 mg/kg et 300 mg/kg :
  - pour des espaces collectifs, réalisation d'une évaluation des risques tenant compte des conditions locales d'exposition avec la VTR de l'EFSA suivie

[32] Publication « avis du HCSP en juillet 2014 », intitulée « Expositions au plomb : détermination de nouveaux objectifs de gestion »
Lien pour le téléchargement : http://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=444
[33] Instruction no DGS/EA1/EA2/EA3/EA4/2016/283 du 21 septembre 2016 relative au dispositif de lutte contre le saturnisme infantile et de réduction des expositions au plomb.
Lien pour le téléchargement : solidarites-sante.gouv.fr/fichiers/bo/2016/16-10/ste_20160010_0000_0028.pdf

d'une analyse technico-économique pour déterminer les mesures de gestion adéquates,

- mise en place d'un « suivi et de conseils » pour informer les populations exposées de la contamination des milieux, les informer sur les risques liés au plomb, leur fournir les conseils adéquats permettant de réduire leur exposition et leur proposer le cas échéant, un accompagnement social

- sol avec des concentrations > 300 mg/kg :
  - dépistage du saturnisme chez les enfants de moins de 7 ans, les femmes enceintes ou envisageant une grossesse dans les 6 mois, préconisé dans la zone à considérer.

Il est important de signaler ici que les valeurs proposées par le HCSP ne constituent pas des valeurs réglementaires de gestion pour les sols mais doivent être uniquement considérées comme des seuils d'alerte.

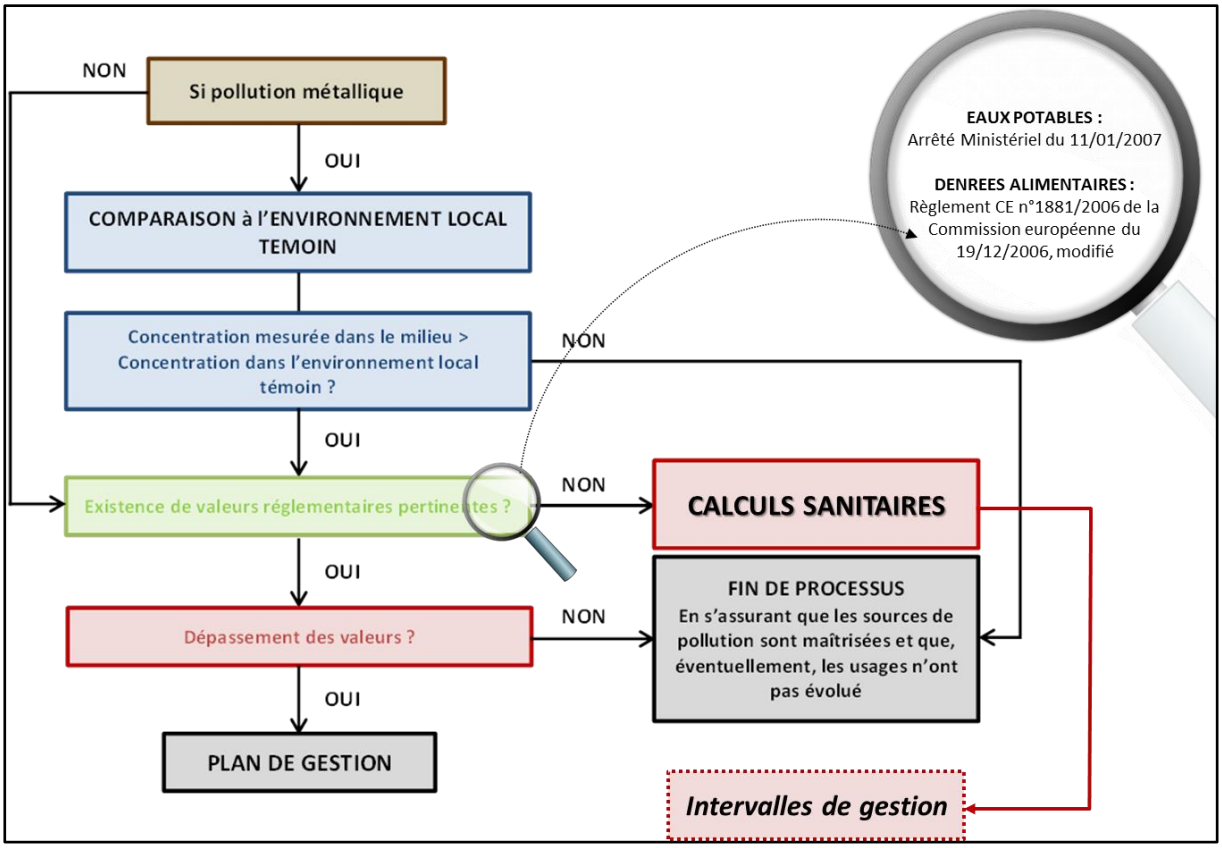


Figure 32 : Critères de gestion du risque (Source : MEDDE, 2007 ; Adaptation GEODERIS)[34]

5.1.2 Evaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS)

Dans le cas de dépassement des concentrations de l'environnement local témoin et en l'absence de valeur réglementaire adaptée, la démarche IEM met en œuvre **une évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS)**[35]. C'est notamment le cas des sols, où l'on rappelle que les valeurs proposées par le HCSP ne constituent pas des valeurs réglementaires de gestion.

[34] Les intervalles de gestion sont décrits dans le paragraphe 5.1.3

[35] L'EQRS étant l'un des outils disponibles de gestion.

Les principales étapes de la démarche EQRS sont rappelées ici :

- l'évaluation de la toxicité qui repose principalement sur la recherche de valeurs toxicologiques de référence (VTR) pertinentes[36] ;
- l'évaluation détaillée de l'exposition des personnes concernées qui permet de calculer la dose journalière d'exposition (DJE), (celle pour la voie d'exposition par ingestion se calcule à partir de six paramètres, tel que présenté sur la figure 33) ;
- l'évaluation des incertitudes.

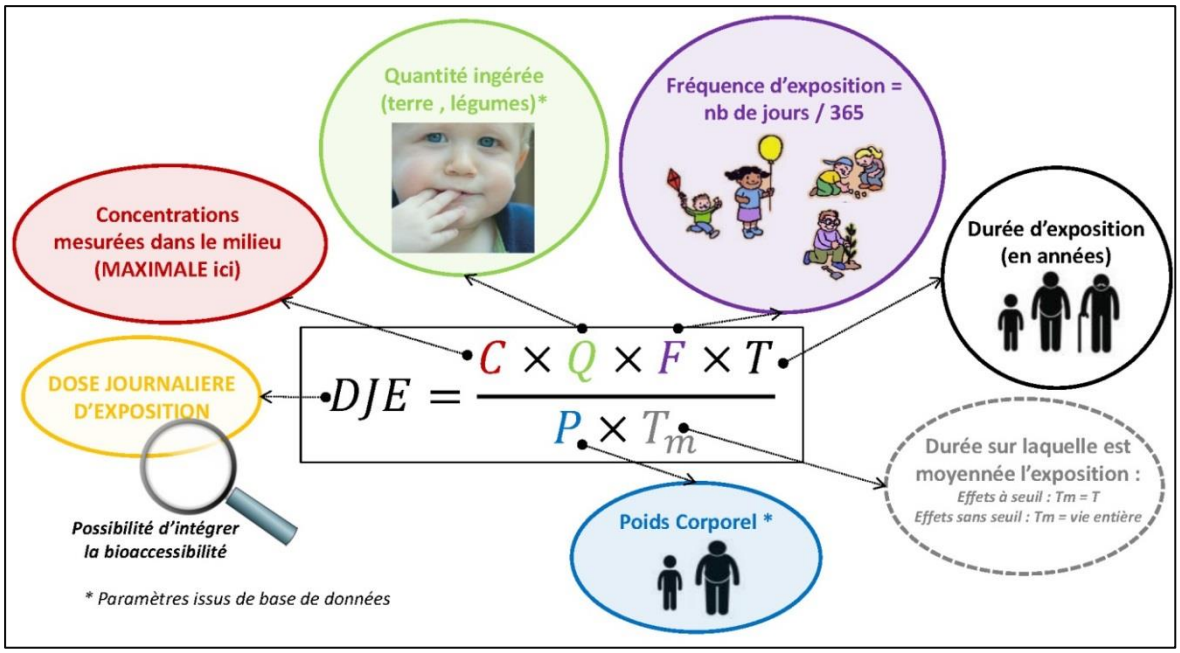


Figure 33 : Schéma de principe des paramètres liés au calcul de la dose journalière d'exposition pour la voie d'exposition par ingestion

L'évaluation du risque dans le cas d'une voie d'exposition par ingestion est quantifiée à partir de deux éléments : le **quotient de danger (QD)** pour les effets à seuil[37] et l'**excès de risque individuel (ERI)** pour les effets sans seuil[38], dont les calculs sont basés sur les VTR et les DJE selon les formules suivantes :

$$\textbf{\textit{Quotient de danger}} : QD = \frac{DJE}{VTR}$$

$$\textbf{\textit{Excès de risque individuel}} : ERI = DJE \times VTR$$

5.1.3 Intervalles de gestion et EQRS approfondie

Les intervalles de gestion pour le QD et l'ERI ont été définis par le Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire (tableau 9). Ils déterminent les actions à engager en fonction des valeurs calculées.

Dans tous les cas, il convient de s'assurer que la source de pollution est maîtrisée.

[36] Une explication détaillée de l'INERIS sur l'évaluation toxicologique et le choix des valeurs toxicologiques de référence est disponible dans le rapport de l'annexe 7.

[37] Les effets « à seuil » concernent les substances provoquant au-delà d'une certaine dose des dommages dont la gravité augmente avec la dose absorbée.

[38] Les effets « sans seuil », concernent les substances pour lesquelles l'effet apparaît quelle que soit la dose reçue et où la probabilité de survenue augmente avec la dose.

Intervalle de gestion des risques		Interprétation des résultats	Actions à engager	
Substances			Sur les milieux	Sur les usages
À effet de seuil (QD)	Sans effet de seuil (ERI)			
QD<0,2	ERI<10^{-6}	L'état des milieux est compatible avec les usages constatés.	S'assurer que la source de pollution est maîtrisée[39]	La mémorisation des usages peut être nécessaire pour s'assurer de la pérennité des usages actuels qui sont compatibles avec les milieux
0,2<QD<5	10^{-6}<ERI<10^{-4}	Zone d'incertitude nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion.	1. Recours à une argumentation appropriée, au retour d'expérience 2. Mise en œuvre de mesures de gestion simples et de bons sens 3. Mise en œuvre de restrictions d'usages accompagnées d'une surveillance des milieux 4. Réalisation d'une évaluation quantitative des risques sanitaires réfléchie qui peut permettre de gérer la situation sans mener des actions lourdes	
QD>5	ERI>10^{-4}	L'état des milieux n'est pas compatible avec les usages.	Définition et mise en œuvre d'un plan de gestion pour rétablir la compatibilité entre l'état des milieux et les usages	

Tableau 9 : Intervalles de gestion des risques dans le cadre d'une IEM (Source : MEDDE, 2007 ; Adaptation GEODERIS)

Lorsque les résultats des calculs de risques sont compris entre 0,2 et 5 pour les substances à effet de seuil (QD) et/ou entre 10^{-6} et 10^{-4} pour les substances sans effet de seuil (ERI), l'action à engager peut être la réalisation d'une **évaluation quantitative des risques (EQRS) approfondie**, avec les modalités rappelées sur la figure 34. Pour les effets à seuil, cette évaluation est basée sur l'additivité des risques via la sommation des QD de toutes les substances et de toutes les voies d'exposition étudiées[40]. Si la somme des QD est supérieure à 1, le scénario devient alors incompatible (possibilité d'apparition d'un effet toxique). Pour les effets sans seuil, on procède à la sommation des ERI de toutes les substances et de toutes les voies d'exposition étudiées. Si la somme des ERI est supérieure à 10^{-5} le scénario devient également incompatible (probabilité d'apparition d'un cas supplémentaire de cancer sur une population de 100 000 personnes exposées).

[39] Cette recommandation est également valable dans les autres cas (à savoir 0,2<QD<5 ou 10^{-6}<ERI<10^{-4} et QD>5 ou ERI > 10^{-4}).

[40] A minima, il est nécessaire de réaliser la sommation des QD liés à des substances avec les mêmes effets sur le même organe cible via un même mécanisme d'action

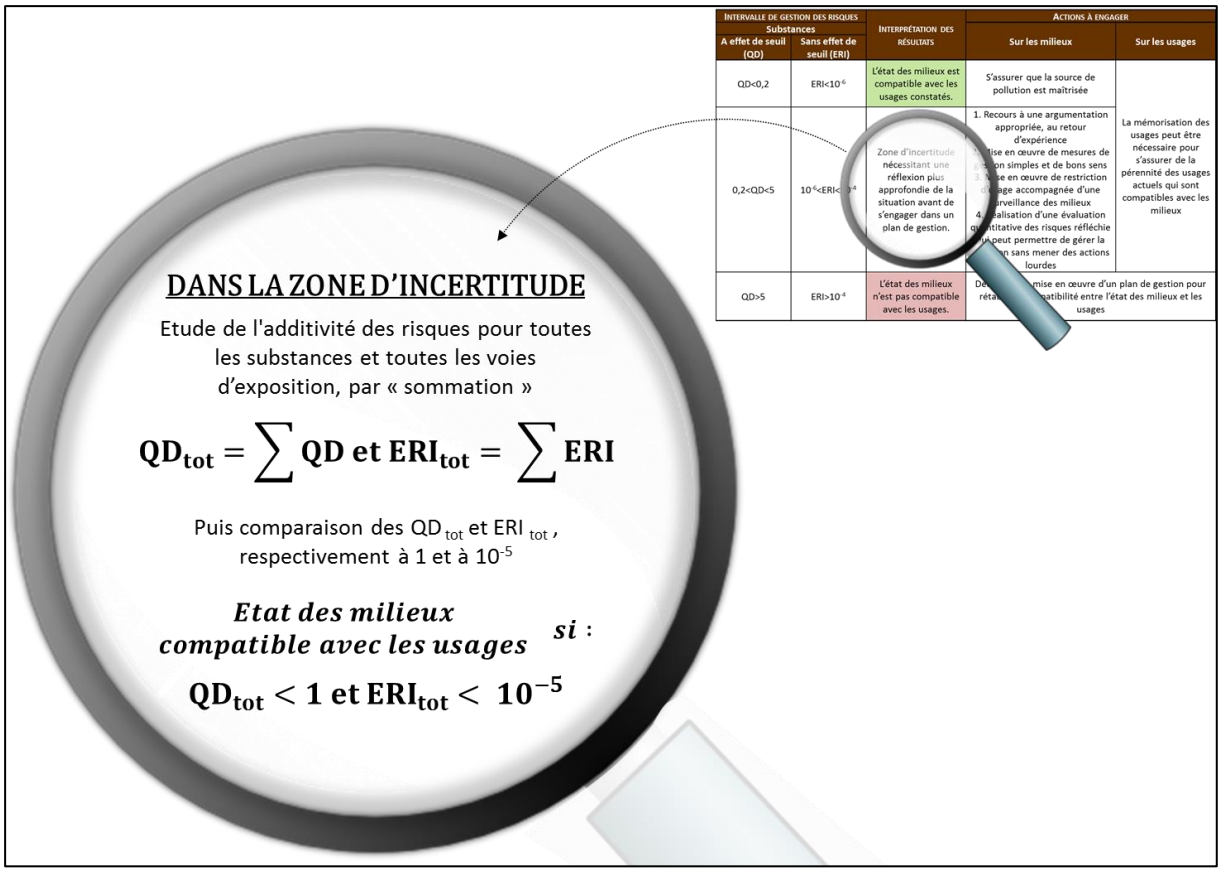


Figure 34 : Schéma de principe de la mise en œuvre d'une EQRS approfondie

Il est à noter que si l'une des substances amène seule à un QD > 1 et/ou à un ERI > 10^{-5}, l'EQRS approfondie n'est alors pas menée.

5.2 Comparaison aux environnements témoins et aux valeurs réglementaires

5.2.1 Les eaux superficielles

D'un point de vue sanitaire, même si aucune utilisation comme eau de consommation n'est mentionnée pour les eaux de surface, la comparaison des limites de qualité pour les substances chimiques dans les eaux destinées à la consommation humaine (annexe I de l'arrêté du 11/01/2007) avec les teneurs mesurées au laboratoire sur les eaux de surface non filtrées et prélevées dans le cadre de la présente étude indique que les teneurs en arsenic sont supérieures à ces valeurs réglementaires. A noter également que les teneurs les plus élevées en fer et en manganèse sont supérieures aux références de qualité pour les substances chimiques dans les eaux destinées à la consommation humaine (annexe I de l'arrêté du 11/01/2007). Pour le fer et le manganèse, ces dernières sont respectivement fixées à 200 µg/l et de 50 µg/l.

5.2.2 Les eaux souterraines

En termes de qualité, des échantillons d'eaux souterraines présentent des dépassements de limite de qualité pour les substances chimiques dans les eaux destinées à la consommation

humaine (annexe I de l'arrêté du 11/01/2007). Ces dépassements sont observés pour l'antimoine et l'arsenic.

Les échantillons prélevés au niveau du point d'eau situé en contrebas du dépôt de déchets d'extraction du minerai de Nades (ESO12 et ESO_G12) présentent ainsi des teneurs en antimoine (respectivement 26,3 µg/l et 11,6 µg/l) qui dépassent la limite de potabilité fixée à 5 µg/l pour cet élément.

De la même manière, l'échantillon ESO7 prélevé au niveau d'une résurgence alimentant une mare située sur le lieu-dit Brulard présente une teneur en arsenic qui dépasse la limite de qualité pour les substances chimiques dans les eaux destinées à la consommation humaine (limite fixée à 10µg/l). Pour cet échantillon, la teneur mesurée sur eau brute est de 24,7 µg/l. Par rapport aux autres échantillons, ce dernier prélèvement présente également une teneur élevée en manganèse à la fois sur eau brute et sur eau filtrée (respectivement 547 µg/l et 185 µg/l).

Il est aussi à signaler que certains prélèvements présentent des teneurs en fer et/ou en manganèse qui dépassent largement les références de qualité pour les substances chimiques dans les eaux destinées à la consommation humaine (annexe I de l'arrêté du 11/01/2007). Il s'agit tout particulièrement des échantillons ESO3, ESO_G06, ESO_G12, ESO10 et ESO7, ESO12 et ESO2. D'autres échantillons dépassent également ces références de qualité mais de manière moins marquée.

Les critères de qualité de l'eau vis-à-vis de l'abreuvement sont discutés dans le rapport INERIS de l'annexe 7.

Aucun dépassement des critères de qualité pour les eaux d'abreuvement n'est constaté que ce soit par rapport à ceux du « SEQ-Eau abreuvement» ou de l'ANSES (2010), pour les trois points d'eau utilisés pour l'abreuvement (ESO3, ESO7 et ESO12/ESO-G012).

5.2.3 Les végétaux

Les concentrations dans les végétaux potagers ont d'abord été comparées aux gammes de concentrations de l'environnement local témoin évaluées dans le cadre des campagnes de terrain. Cette comparaison met en évidence une dégradation de la qualité de quelques végétaux sur les zones I et III pour 3 métaux (Cd, Cu, Zn). Aucun dépassement n'est observé sur la zone II (carrefour de la Bosse). L'annexe 5 illustre, zone par zone et végétal par végétal, les dépassements par un code couleur.

Les concentrations en métaux mesurées dans les végétaux autoproduits ont ensuite été comparées aux teneurs fixées par le Règlement Européen 1881/2006/CE du 19 décembre 2006 (tableau 10), portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires (teneurs maximales en mg/kg de poids à l'état frais)[41]. Pour les végétaux, seuls le cadmium et le plomb présentent des valeurs réglementaires. Aucun dépassement de ces valeurs n'est constaté pour les végétaux prélevés[42].

[41] Ce règlement a été modifié par les règlements CE n°835/2011 du 19 août 2011, CE n°1259/2011 du 2 décembre 2011, CE n°488/2014 du 12 mai 2014, CE n°2015/1005 du 25 juin 2015 (tableau 10)

[42] Lorsque ces valeurs réglementaires sont dépassées, le règlement interdit la commercialisation des produits, l'autoconsommation n'étant pas citée dans ce règlement. La pertinence du recours aux valeurs réglementaires, y compris pour l'autoconsommation n'est toutefois pas remise en cause par la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués.

Dans un troisième temps, des calculs de risque sanitaire ont été effectués pour tous les végétaux. Les résultats de ces calculs sont présentés au paragraphe 5.7.

Susbtance	Matrices	Teneurs maximales	Concentration végétal > ELT
Pb (mg/kg MF)	3.1.13. Légumes à l'exclusion des choux feuilles, des salsifis, des légumes feuilles et fines herbes, des champignons, des algues marines et des légumes fruits	0,1	
	3.1.14. Choux feuilles, salsifis, légumes feuilles à l'exclusion des fines herbes et des champignons suivants: *Agaricus bisporus* (champignon commun), *Pleurotus ostreatus* (pleurote) et *Lentinula edodes* (lentin du chêne)	0,3	0,1 (SJ1_FCA)*
	3.1.15. Légumes fruits - maïs doux	0,10	
	3.1.15. Légumes fruits – autre que maïs doux	0,05	
	3.1.16. Fruits, à l'exclusion des airelles, des groseilles, des baies de sureau et des arbouses	0,10	
	3.1.17. Airelles, groseilles, baies de sureau et arbouses	0,20	
Cd (mg/kg MF)	3.2.1. Légumes et fruits, à l'exclusion des catégories ci-dessus	0,05	0,011 (SJ15_HAR)
	3.2.2. Légumes-racines et légumes-tubercules (à l'exclusion du céleri-rave, des panais, des salsifis et du raifort), légumes-tiges (à l'exclusion du céleri)	0,1	0,026 (SJ11_BETT)
	3.2.3. Légumes-feuilles, fines herbes, choux feuilles, céleri, céleri-rave, panais, salsifis, raifort et champignons suivants : *Agaricus bisporus* (champignon de Paris), *Pleurotus ostreatus* (pleurote en forme d'huître), *Lentinula edodes* (shiitake)	0,2	
	3.2.4. Champignons à l'exclusion du point 3.2.3	1,0	

LQ : limite de quantification du laboratoire
* absence de végétal ELT pour les fanes de carotte
En gras : concentration dépassant la valeur règlementaire
En gris : non concerné par la présente étude

Tableau 10 : Teneurs maximales fixées par le Règlement Européen 1881/2006 du 19 décembre 2006 modifié

5.2.4 Les sols

Les teneurs en métaux et métalloïdes mesurées dans les sols ont d'abord été comparées à celles mesurées dans les environnements locaux témoins. En cas de dépassements de ces dernières et en l'absence de valeur réglementaire pour les sols, des calculs de risques sanitaires basés sur les scénarios et paramètres d'exposition retenus ont été menés. Les résultats de ces calculs sont fournis au paragraphe 5.7. Les calculs présentés ne concernent

que les cas où un dépassement des teneurs par rapport à l'environnement local témoin a été constaté.

5.3 Elaboration des scénarios d'exposition

5.3.1 Objectif

Un scénario d'exposition a pour objectif de décrire une situation unique, caractérisée par une zone d'intérêt (aire de jeux, jardin potager, cour, etc.), une cible/un enjeu (enfant, adolescent, adulte) et une voie d'exposition (ingestion de sols, ingestion de végétaux, inhalation de poussières, etc.).

5.3.2 Cas particulier d'un scénario générique (GEODERIS, 2015)

Dans le cas des résidences permanentes qui ne sont pas fréquentées au moment de l'étude par des enfants de moins de 6 ans ou dans le cas de résidences secondaires pouvant devenir résidences permanentes, un scénario dit « générique » est étudié.

Afin d'anticiper un éventuel changement d'usage, le scénario d'un enfant de 6 mois à 6 ans résident de façon permanente dans le logement concerné (soit 234 jours / an[43]) est affiché.

5.3.3 Enjeux considérés

Dans le cadre de la présente étude, les enjeux pris en compte sont :

- les populations (enfants et adultes) qui résident en permanence ou non dans les zones étudiées,
- l'enfant en visite régulière chez les grands parents,
- l'adulte jardinier : l'adulte qui entretient régulièrement une parcelle potagère ou un jardin ornemental et qui y réalise les travaux d'usage (bêchage, désherbage, récolte, etc.),
- les vacanciers fréquentant les campings ou les gites ainsi que les chemins de randonnées.

Le cas de proches (famille, amis) venant en visite occasionnelle n'est pas étudié.

5.3.4 Voies d'exposition

Pour la présente étude ont été retenues :

- l'ingestion de sol de surface pour les enfants (les plus exposés de par leur comportement « porter main-bouche ») et pour les adultes dans le cas des activités de jardinage,
- l'ingestion de plantes potagères potentiellement contaminées par les sols ou l'eau servant à l'arrosage du potager,

[43] Toute l'année sauf les 15 jours de vacances, durée rapportée aux 2/3 de l'année pour prendre en compte les jours de mauvais temps ; soit nb jours = (365-15)*2/3 = 234.

- l'ingestion d'eau : aucune eau de source/puits n'est utilisée par les usagers en tant qu'eau de consommation. Elle sert généralement à l'arrosage des jardins potagers. Aucun usage sensible des eaux de La Bouble n'est par ailleurs reporté sur la zone d'étude, hormis l'abreuvage des animaux d'élevage au droit de certaines pâtures. En raison de l'usage des eaux pour les usages domestiques notamment pour l'arrosage des végétaux potagers, l'ingestion non intentionnelle d'eau est retenue tout en précisant qu'aucune consommation directe n'a été rapportée.

La voie d'exposition par inhalation de poussières n'a pas été étudiée. Les protocoles de prélèvement dédiés n'ont pas été mis en œuvre dans le cadre de la présente étude. Ce choix initial apparait approprié au vu des zones enherbées/boisées, de la configuration des dépôts et de leur distance par rapport aux habitations.

De la même manière, l'ingestion de denrées alimentaires issues de l'élevage domestique ou commercial n'a pas été considérée dans le cadre de cette étude. Rappelons simplement que pour l'élevage bovin, les sols de pâturage le long de la Bouble et certains herbages ont été caractérisés.

5.3.5 Scénarios d'exposition retenus

Un scénario d'exposition retenu est considéré pertinent, compte-tenu du schéma conceptuel, des observations de terrain et des témoignages des riverains concernés (lorsque disponibles).

Les différents scénarios retenus dans le cadre de cette étude sont présentés dans le tableau 11. Ils ont été regroupés selon les trois zones définies lors l'inventaire des habitations à investiguer dans le cadre du diagnostic et enquête sur les usages associés à ces habitations (cf. 3.2.1.2).

	ZONE - COMMUNE	SCENARII RETENUS	MILIEUX ET VOIES D'EXPOSITION CONCERNES	ENJEUX CONCERNES
ZONE I	**Résidence permanente ECH-ZD79-80**	**Scénario 1 : activités de jardinage (jardin potager/verger) et consommation des végétaux autoproduits (adulte)**	**ingestion non intentionnelle de sol remanié (jardin potager / verger)** ingestion de végétaux potagers	adulte résident permanent (actif)
	Résidence permanente ECH-ZD16	**Scénario 2 : activités de jardinage dans le verger (adulte)**	*ingestion non intentionnelle de sol non remanié*	adulte résident permanent (actif)
	Résidence secondaire ECH-ZD24	**Scénario 3 : aire de jeux dédiée à l'extérieur – jardin ornemental (petits-enfants)**	ingestion non intentionnelle de sol de surface	enfant de moins de 6 ans, résidence secondaire
	Résidence permanente ECH-ZD76	**Scénario 4 : activités de jardinage (jardin potager) et consommation des végétaux autoproduits (adulte)**	ingestion non intentionnelle de sol remanié (jardin potager) ingestion de végétaux potagers	adulte résident permanent (actif)
		Scénario 5 : aire de jeux - jardin ornemental associé au gîte (enfant)	ingestion non intentionnelle de sol de surface	enfant de moins de 6 ans, vacancier au gîte
		Scénario 6 (usage générique) : résidence permanente avec jeux en extérieur (enfant)	ingestion non intentionnelle de sol de surface	enfant de moins de 6 ans, résidence permanente
	Résidence permanente ECH-ZD64-65	**Scénario 5-MAZ : activités extérieures dans le jardin ornemental (adulte)**	ingestion non intentionnelle de sol de surface	adulte résident permanent
	Berge LOU-AB11	**Scénario 7 : promenade sur les berges de la Bouble (enfant)**	*ingestion non intentionnelle de sol de surface*	enfant de moins de 6 ans, promeneur
	Berge LOU-AB11	**Scénario 8 : promenade sur les berges de la Bouble - feu de camp (enfant)**	ingestion non intentionnelle de sol de surface	enfant de moins de 6 ans, promeneur
	VER-ZW7	**Scénario 9 : promenade sur les berges de la Bouble (enfant)**	*ingestion non intentionnelle de sol de surface*	enfant de moins de 6 ans, promeneur

Scénario écrit en gris : scénario affiché mais non déroulé car les concentrations du milieu d'exposition sont inférieures ou dans la gamme ELT_{min}-ELT_{max}

Scénario souligné en italique : indique que l'évaluation des risques n'a pu être déroulée jusqu'au calcul de risques faute de valeurs toxicologiques de référence (cas pour Li et W). Aucun dépassement des concentrations ELT pour les autres substances analysées.

Scénario : scénario lié à un usage générique

	ZONE	SCENARII RETENUS	MILIEUX ET VOIES D'EXPOSITION CONCERNES	ENJEUX CONCERNES
ZONE II	**Résidence permanente LAL-AB6 LAL-AB5**	**Scénario 10 : activités de jardinage (jardin potager/verger) et consommation des végétaux autoproduits (adulte et enfant)**	ingestion non intentionnelle de sol de surface	adulte résident permanent (actif) enfant de plus de 6 ans, résident permanent
		Scénario 11 : aire de jeux dédiée à l'extérieur – jardin ornemental (enfant)	ingestion non intentionnelle de sol de surface	enfant de plus de 6 ans, résidence permanente
	MUSEE WOLFRAMINE ECH-AN15	**Scénario 12 : aire de pique-nique – musée (enfant)**	ingestion non intentionnelle de sol de surface	enfant de moins de 6 ans, promeneur
	CHEMIN DE RANDONNEE PR5 LAL-AB211 NAD-ZA21	**Scénario 13 : chemin de randonnée sans aménagement (enfant)**	ingestion non intentionnelle de sol de surface	enfant de moins de 6 ans, promeneur
ZONE III	**Résidence permanente NAD-ZK13-21**	**Scénario 14 : activités de jardinage et consommation des végétaux autoproduits (adulte)**	ingestion non intentionnelle de sol remanié (jardin potager) ingestion de végétaux potagers	adulte résident permanent (retraité)
	Résidence permanente NAD-ZC84	**Scénario 15 : aire de jeux dédiée à l'extérieur – jardin ornemental (enfant)**	ingestion non intentionnelle de sol de surface	enfant de plus de 6 ans, résidence permanente
	Résidence permanente & Camping NAD-ZC92	**Scénario 16 : camping chez l'habitant (enfant)**	ingestion non intentionnelle de sol de surface	enfant de moins de 6 ans, vacancier au camping
		Scénario 17 : aire de jeux dédiée à l'extérieur – jardin ornemental (petits-enfants)	ingestion non intentionnelle de sol de surface	enfant de moins de 6 ans, vacancier résidence secondaire
	ERP- SALLE POLYVALENTE COMMUNALE ZK108-110	**Scénario 18 : activités de plein-air (enfant)**	ingestion non intentionnelle de sol de surface	enfant de moins de 6 ans
	CHEMIN DE RANDONNEE PR5 SER- ROUTE COMMUNALE- ZL19	**Scénario 19 : chemin de randonnée sans aménagement (enfant)**	ingestion non intentionnelle de sol de surface	enfant de moins de 6 ans

Scénario écrit en gris : scénario affiché mais non déroulé car les concentrations du milieu d'exposition sont inférieures ou dans la gamme ELT_{min}-ELT_{max}

Scénario souligné en italique : indique que l'évaluation des risques n'a pu être déroulée jusqu'au calcul de risques faute de valeurs toxicologiques de référence (cas pour Li et W). Aucun dépassement des concentrations ELT pour les autres substances analysées.

Scénario : scénario lié à un usage générique

ECH: Echassières (03330), LAL: Lalizolle (03450), LOU: Louroux de Bouble (03330), NAD: Nades (03450), VER: Vernusse (03390), SER: Servant (63560), accompagné du numéro de la parcelle cadastrale

Tableau 11 : Tableau de synthèse des scénarios d'exposition retenus

5.4 Evaluation de la toxicité et valeurs toxicologiques de référence

Le choix des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) a été réalisé par l'INERIS. Il est présenté et détaillé dans le rapport de l'annexe 7. Il a été réalisé conformément aux modalités des ministères en charge de la santé et de l'environnement précisée par la note d'information DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014. Il est important de signaler ici qu'aucun calcul de risque sanitaire n'a été réalisé pour le lithium et le tungstène, du fait de l'absence de VTR pour ces deux éléments dans les bases de données toxicologiques consultées par l'INERIS et recommandées dans la note d'information précitée. Une synthèse de l'INERIS sur les effets sanitaires du lithium est malgré tout fournie dans le rapport de l'annexe 7. Pour le tungstène, aucune VTR n'est à l'heure actuelle disponible dans les bases de données classiques.

5.5 Evaluation des expositions

A chaque scénario d'exposition retenu sont associés des paramètres d'exposition, qui seront nécessaires à l'évaluation quantitative des risques sanitaires à savoir : une concentration dans le milieu d'exposition (en mg/kg pour un sol), une quantité ingérée (en mg/j pour une ingestion de sols), une fréquence d'exposition (en nombre de jours par an) et une durée d'exposition (en années).

La quantité ingérée pour un enfant de moins de 6 ans jouant en extérieur (de 91 mg/j) est connue précisément, les données de la bibliographie étant abondantes sur le sujet.

Par contre, la quantité ingérée par un adolescent jouant en extérieur ou pour un adulte menant des activités de jardinage est mal connue. Les données de la littérature étant peu abondantes, la quantité de 50 mg/j est donc choisie par défaut et reste un paramètre très conservatoire.

Lorsque la fréquence d'exposition ou la durée d'exposition n'ont pas pu être déterminées à l'issue de l'enquête de terrain, ils sont choisis dans la grille de référence du document méthodologique de GEODERIS (GEODERIS 2015). Ce choix est alors signalé au niveau des fiches de scénarios fournies en annexe 10.

La durée d'exposition pour un adulte menant des activités de jardinage n'a pas pu être définie à l'issue de l'enquête de terrain et n'est pas fournie dans le document méthodologique de GEODERIS. La quantité de données de la littérature étant faible, les durées sont respectivement fixées à 12 ans (de 6 à 18 ans) et à 53 ans (de 17 à 70 ans) par défaut et restent des paramètres très conservatoires.

Les tableaux 12 et 13 présentent les paramètres temporels d'exposition choisis dans le cadre de la présente étude pour l'ingestion de sols et pour l'ingestion de fruits et légumes autoproduits.

Paramètres d'exposition	Valeurs pour l'enfant de moins de 6 ans	Valeurs pour l'adolescent de 6 à 18 ans	Valeurs pour l'adulte
T : durée d'exposition [années]	5,5 ans	12 ans	53 ans, tenant compte que l'activité de jardinage débute à l'âge de l'adolescence (17 ans)
F : fréquence d'exposition : nombre annuel de jours d'exposition ramené au nombre total annuel de jours [sans unité]	**Zones I, II et III** : voir nombre de jours spécifiés pour chacun des scenarii (témoignage de l'usager pris en compte) **Usage générique** : 234 jours par an* (365 j de l'année moins 15 j de vacances pondérés par 1/3 de mauvais temps) Soit F = (234/365) = 0,64	Pas de valeurs renseignées par les usagers, application de la fréquence de 234 jours par an* (365 j de l'année moins 15 j de vacances pondérés par 1/3 de mauvais temps) Soit F = (234/365) = 0,64	**Zones I, II et III (activité jardinage)** : voir nombre de jours spécifiés pour chacun des scenarii (témoignage de l'usager pris en compte). En cas d'une présence quotidienne rapportée, le nombre de jours est pondéré par 1/3 de mauvais temps.
Tm : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée [années]	5,5 ans (effet à seuil : égale à la durée d'exposition) et 70 ans (effet sans seuil)[1]	12 ans (effet à seuil : égale à la durée d'exposition) et 70 ans (effet sans seuil)	53 ans (effet à seuil : égale à la durée d'exposition) et 70 ans (effet sans seuil)

** valeur par défaut proposée dans le rapport GEODERIS N2015/014DE-15NAT24080 (9/04/2015)*

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

Tableau 12 : Valeurs des paramètres d'exposition temporelle d'un enfant et d'un adulte (voie ingestion de sols)

Paramètres d'exposition	T : durée d'exposition [années]	F : fréquence d'exposition : nombre annuel de jours d'exposition ramené au nombre total annuel de jours [sans unité]	Tm : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée [années]
Enfant	5,5 ans tenant compte d'une alimentation au lait infantile exclusif de 0 à 6 mois et d'une diversification alimentaire à partir de 1 an	F=1 selon 365/365 jours	5,5 ans (effet à seuil : égale à la durée d'exposition) et 70 ans (effet sans seuil)[24]
Adolescent	12 ans tenant compte de la période 6 à 18 ans		12 ans (effet à seuil : égale à la durée d'exposition) et 70 ans (effet sans seuil)
Adulte	64 ans*		64 ans (effet à seuil : égale à la durée d'exposition) et 70 ans (effet sans seuil)

** T= 64 ans pour les foyers composés uniquement d'adultes. La valeur de T=52 ans est retenue pour les foyers composés d'adultes et d'enfants de plus de 6 ans (6-18 ans) –*
cas du scénario 10.1 pour une substance à effet à seuil T = Tm et pour une substance à effet sans seuil, Tm est assimilé à la durée de la vie entière
(prise conventionnellement égale à 70 ans)

Tableau 13 : Valeurs des paramètres d'exposition d'un enfant et d'un adulte (voie ingestion de fruits et légumes autoproduits)

Les valeurs retenues pour la consommation journalière de fruits et légumes autoproduits sont pour leur part présentées dans le rapport INERIS de l'annexe 7.

5.6 Fiches de scénarios et mise en œuvre des calculs

Chaque scénario a fait l'objet d'une fiche de synthèse (annexe 10) qui précise la situation générale et la description des usages ainsi que du scénario d'exposition retenu. Elle précise également le ou les prélèvements permettant de caractériser les milieux d'exposition sols ainsi que les comparaisons aux sols des environnements locaux témoins (ELT). Cette fiche fournie aussi les nombres de jours d'exposition retenus ainsi que les concentrations utilisées pour les calculs de risques sanitaires. Ces dernières correspondent aux concentrations maximales si plus d'un prélèvement a été effectué au droit de la zone étudiée.

Les calculs de risque sont réalisés pour les concentrations dépassant l'ELT_{max} tenant compte de l'incertitude analytique. Les résultats de ces calculs sont intégrés à chaque fiche de synthèse. L'étain n'a pas été considéré dans cette approche du fait des problèmes de sous dosage dus au type d'attaque utilisé. Le tungstène a par contre été retenu, le sous dosage apparaissant beaucoup moins marqué que pour l'étain. Les lots d'échantillons utilisés dans le cadre du volet sanitaire ne font par ailleurs pas partie de ceux sur lesquels un problème analytique est pressenti pour le tungstène.

Pour les scénarios mettant en jeux l'ingestion de végétaux potagers, les calculs ont été effectués sur la base des concentrations dépassant l'ELT_{max} et/ou des concentrations supérieures aux limites de quantification en l'absence de prélèvements de végétaux témoins (végétaux ELT).

Les incertitudes inhérentes à l'ensemble de ces calculs sont détaillées dans le rapport INERIS de l'annexe 7.

5.7 Résultats de calcul

Les résultats des calculs de risques sanitaires sont synthétisés dans le tableau 14.

N°	Type de scénario	Concentrations utilisées pour les calculs								QDmax	ERImax	EQRS approfondie	Compatibilité
		Sb	Pb	Cd	Cu	As	Zn	Li	W				
1	Jardinage (ZD79-80). Adulte : 52 j d'exposition annuelle									(C)	(C)		(C)
	Consommation vgtx. Adulte : 100 % autarcie, 365 j d'exposition annuelle			0,014	(1)				n.d	1,5E-03 pour Cd			
2	Jardinage (ZD16). Adulte : 12 j d'exposition annuelle								21,8	(B)	(B)		(B)
3	Jeux jardin ornemental (ZD24). Enfant moins de 6 ans : 30 j d'exposition annuelle				23,2					9,53E-05 pour Cu			
	Jardinage (ZD24). Adulte : 12 j d'exposition annuelle									(C)	(C)		(C)
4	Jardinage (ZD76). Adulte : 52 j d'exposition annuelle	4,19	87,3						26,7	1,6E-02 pour Pb ; (A), (B)	6,4E-08 pour Pb		
	Consommation vgtx. Adulte : autarcie CIBLEX, 365 j d'exposition annuelle						5,8 (HAR) 3,4 (SAL)		n.d	3,86E-03 (HAR) 1,34E-03 (SAL)			
5	Aire de jeux, jardin ornemental (ZD76). Enfant de moins de 6 ans : 15 j d'exposition annuelle. La compatibilité usage/état des sols reste effective pour un enfant de moins de 6 ans jusqu'à 35 jours.	3,15	50,3		32,6	98,7	134	77,7	20,3	6,3E-02 pour As ; (A), (B)	3,3E-06 pour As	Oui	
5 Maz	Activités extérieures dans le jardin ornemental (ZD64) : Adulte : 136 j d'exposition annuelle	21,5	607	1,33	97,8	190	996	242	3410	2,9E-01 Pour Pb ; (A), (B)	6,4E-05 pour As	Oui	
6	Usage générique (ZD76). Enfant résident permanent de moins de 6 ans : 234 j d'exposition annuelle	3,15	39,5		32,6	98,7	134	48,2	20,3	9,8E-01 pour As ; (A), (B)	5,2E-05 pour As	Oui	
7	Promenade berge Bouble (AB11) S51. Enfant de moins de 6 ans : 52 j d'exposition annuelle								209	(B)	(B)		(B)

N°	Type de scénario	Concentrations utilisées pour les calculs								QDmax	ERImax	EQRS	Compatibilité
8	Promenade berge Bouble (AB11) S52. Enfant de moins de 6 ans : 52 j d'exposition annuelle				23,6		87,9	109	329	2,92E-04 pour Zn ; (A), (B)			
9	Promenade berge Bouble (ZW7). Enfant de moins de 6 ans : 52 j d'exposition annuelle							58,2	192	(A), (B)	(A), (B)		(A), (B)
10	Jardinage (AB6). Adulte : 122 jours d'exposition annuelle	12,2	170				181	229	88,7	7,2E-02 pour Pb ; (A), (B)	2,9E-07 pour Pb		
	Consommation vgtx. Adulte : autarcie CIBLEX, 365 j d'exposition annuelle Outre les hypothèses conservatoires retenues, un pourcentage d'autarcie plus élevé de 100% conduirait à une incompatibilité entre la consommation des végétaux potagers et leur qualité, sur la base des végétaux prélevés et analysés (fanes et racines des carottes, poireaux, courgettes, haricots).		0,1	0.006 (FCA)	0,8 (FCA) 0,4 (POI)	0,08 (FCA)	2,8 (FCA) 1,7 (POI)		n.d	1,1E-02 pour As (FAC) 3,4E-04 pour Zn (POI)	5,3E-06 pour As (FAC)	Oui	
	Consommation vgtx. Enfant de plus de 6 ans : autarcie CIBLEX, 365 j d'exposition annuelle Outre les hypothèses conservatoires retenues, un pourcentage d'autarcie plus élevé de 100% conduirait à une incompatibilité entre la consommation des végétaux potagers et leur qualité, sur la base des végétaux prélevés et analysés (fanes et racines des carottes, poireaux, courgettes, haricots).		0,1	0.006 (FCA)	0,8 (FCA) 0,4 (POI)	0,08 (FCA)	2,8 (FCA) 1,7 (POI)		n.d	9,9E-03 pour As (FAC) 3,2E-04 pour Zn (POI)	1,1E-06 pour As (FAC)	Oui	
11	Aire de jeux jardin environnemental (AB6). Enfant de plus de 6 ans : 234 j d'exposition annuelle	3,29	39,5					48,2		2,8E-01 pour Pb ; (A)	1,2E-07 pour Pb		
12	Pique-nique musée Wolframine (AN15). Enfant de moins de 6 ans : 1 jour d'exposition annuelle		91,6		38,4	93		142	222	4,0E-03 pour As ; (A), (B)	2,1E-07 pour As		
13	Chemin de randonnée PR5 (AB211/ZA21). Enfant de moins de 6 ans : 1 jour d'exposition annuelle L'activité de randonnée pour des enfants de moins de 6 ans est compatible avec la qualité des sols pour une fréquentation ne dépassant pas 4 jours par an.	6,01	139		90,7	237	101	250	970	1,0E-02 pour As ; (A), (B)	5,4E-07 pour As		

N°	Type de scénario	Concentrations utilisées pour les calculs								QDmax	ERImax	EQRS	Compatibilité
14	Jardinage (ZK13-21). Adulte : 91 jours d'exposition annuelle	40,7								2,0E-02 pour Sb			
	Consommation vgtx. Adulte : 100 % autarcie, 365 j d'exposition annuelle				1,7				nd	1,6E-03 pour Cu			
15	Aire de jeux, jardin ornemental (ZC84). Enfant de plus de 6 ans : 234 j d'exposition annuelle	19				101		33,1		$2,8^{E}$ pour As ; (A)	3,2E-05 pour As	Oui	
16	Camping chez l'habitant (ZC92). Enfant de moins de 6 ans : 7 j d'exposition annuelle	19,2						39,1		6,4E-03 pour Sb ; (A)			
17	Aire de jeux extérieure dans jardin ornemental (ZC92). Enfant de moins de 6 ans : 15 j d'exposition annuelle	19,2						39,1		1,4E-02 pour Sb ; (A)			
18	Aire de jeux extérieure dans jardin ornemental (ZK108-110). Enfant de moins de 6 ans : 52 j d'exposition annuelle	25						37,1	20,1	6,2E-02 pour Sb ; (A), (B)			
19	Chemin de randonnée PR5 (SER-chemin communal). Enfant de moins de 6 ans : 1 j d'exposition annuelle. L'activité de randonnée pour des enfants de moins de 6 ans est compatible avec la qualité des sols pour une fréquentation ne dépassant pas 4 jours par an.		36,2	3,83	308	822	190	43,8		3,5E-02 pour As ; (A)	1,9E-06 pour As	Oui	

n.d : non dosé ; vert : usage compatible avec l'état des milieux ; orange : usage non compatible avec l'état des milieux ; SAL : salade ; FAC fanes de carottes.

(1) Calcul non réalisé car les pommes du verger sont traitées à la bouillie bordelaise

(A) Calcul non réalisé du fait de l'absence de VTR pour le lithium

(B) Calcul non réalisé du fait de l'absence de VTR pour le tungstène

(C) Aucun calcul n'a été réalisé car tous les éléments d'intérêts présentent des teneurs inférieures à la borne haute de la gamme de l'Environnement Local Témoin (ELT_{max}).

Tableau 14 : Synthèse des résultats des calculs de risques sanitaires

Sur l'ensemble des scénarios retenus, seuls trois d'entre eux présentent une incompatibilité usage/état des milieux. Il s'agit des scénarios n°5maz, 6 et 15. Les autres scénarios présentent une compatibilité usage/état des milieux.

Le premier des trois scénarii incompatibles est le scénario n°5maz. Il se rapporte à une résidence permanente située sur la commune d'Echassières et fréquentée par un adulte. Le temps d'exposition considéré par défaut est de 136 j/an, ce qui constitue une approche conservatoire. L'usage devient compatible avec l'état des milieux si le nombre de jours d'exposition n'excède pas 17 j/an.

Le deuxième scénario incompatible[44] (scénario n°6) est un scénario générique déroulé au droit d'une résidence permanente dans le secteur du Mazet sur la commune d'Echassières. De par son caractère générique, ce scénario n'est donc pas basé sur une situation avérée mais a pour but de représenter la situation où un enfant viendrait à vivre dans cette habitation au quotidien. L'EQRS approfondie n'a pas été déroulée pour ce scénario car l'ERI de l'arsenic est déjà supérieur à 10^{-5}.

Le troisième scénario incompatible (scénario n°15) concerne quant à lui une aire de jeux située au niveau d'un jardin ornemental d'une résidence permanente de la commune de Nades. La présence d'enfant de plus de 6 ans est considérée avec un temps d'exposition fixé par défaut à 234 j/an. A noter que le risque sanitaire devient compatible si le nombre de jours d'exposition est inférieur à 130 jours par an. Notons enfin que le jardin ornemental est enherbé, ce qui limite l'exposition des enfants.

[44] Ce scénario devient incompatible à partir de 45 jours d'exposition.

6 CONCLUSIONS

Les principales sources de pollution identifiées sur le secteur d'étude sont représentées par : le dépôt principal de résidus de lavage de minerai du Mazet, les résidus de traitements contenus dans les différentes retenues du Mazet ainsi que le dépôt de déchets d'extraction du minerai de Nades. Les éléments principaux marquant la signature géochimique des dépôts de résidus du Mazet (dépôt principal et résidus contenus dans les retenues) sont le tungstène, le lithium, l'arsenic et l'étain ainsi que le niobium, le bismuth, le rubidium et, dans une moindre mesure, le béryllium. Pour le dépôt de Nades, les éléments présentant les teneurs les plus élevées sont l'antimoine et l'arsenic.

Du point de vue environnemental, cette étude a montré que les sites miniers considérés ne généraient pas d'impacts significatifs au niveau des différents ruisseaux du secteur d'étude.
Il en va de même pour les eaux souterraines à l'exception du point d'eau situé en contre-bas du dépôt de Nades et qui est considéré comme une émergence des travaux miniers souterrains de cet ancien site minier.

Que ce soit pour les eaux superficielles ou souterraines, un enrichissement en arsenic est observé pour certains prélèvements et est imputé au drainage de zones d'anomalies géochimiques naturelles. Pour les eaux superficielles c'est par exemple le cas de l'affluent du Cotillon. Pour le ruisseau de la Gourdonne également enrichi en arsenic, la part entre l'origine anthropique ou naturelle reste quant à elle difficile à établir. Pour les eaux souterraines, on citera aussi le cas du point d'eau des Brûlards ainsi que celui du puits domestique de Montmiand, non analysé dans le cadre de cette étude, mais qui avait montré une teneur élevée en arsenic en 2013 (GEODERIS, 2014).

Pour les sédiments, les analyses effectuées dans le cadre de la présente étude ont montré que l'impact du site du Mazet était avéré au niveau du ruisseau du Cotillon. Ces analyses ont par contre montré qu'au niveau de la Bouble, il n'était plus vraiment perceptible excepté sur deux zones ponctuelles (mesures MMSed-032 et MMSed-033).

Dans le cadre des mesures effectuées en 2013, peu de temps après la vidange de la retenue du Cotillon, il est important de signaler que l'impact des résidus de traitement de minerai de cette retenue avait pu clairement être suivi au niveau des sédiments de la Bouble, bien en aval de la confluence avec le Cotillon. Cet impact était notamment marqué par des teneurs élevées en tungstène et en lithium. Sachant que le dernier incident ayant provoqué des entrainements de résidus venant du Mazet vers l'aval a eu lieu en février 2015, la quasi disparition de cet impact sur la Bouble constatée lors de la présente étude indique qu'il ne semble pas exister d'entrainement continu et significatif de matériaux venant du Mazet vers la Bouble depuis cet incident. Ces observations ne restent toutefois valables que dans les conditions hydrologiques rencontrées lors des différentes campagnes de prélèvement relatives à la présente étude.

Ces observations indiquent également que les crues de la Bouble depuis 2013, voire 2015 ont abouti à une remobilisation vers un aval plus lointain que celui de la zone d'étude, des sédiments contaminés qui s'étaient déposés dans cette rivière suite à la vidange de la retenue du Cotillon et à l'incident de 2015.

Des enrichissements en arsenic attribuables au drainage de zones d'anomalies naturelles sont par ailleurs observés sur les sédiments associés à certains ruisseaux ou écoulements (affluent du Cotillon, écoulement busé de la D224, ruisseau de la Cèpe, ruisseau du Belon, affluent de la Bouble à Villone, pied de la retenue de Nades). Une forte teneur en arsenic accompagnée par un léger marquage en cuivre, en lithium, en zinc et en étain est également

observée au niveau des sédiments du ruisseau de la Gourdonne, en aval de la zone des Chaillats, sans qu'il soit ici possible de déterminer la part exacte entre l'origine anthropique liée à l'ancienne activité minière des Chaillats et l'origine naturelle due à la présence de la zone naturellement minéralisée.

Pour les sols, la présence des travaux miniers et des dépôts de résidus associés est responsable d'un marquage en certains métaux dont les principaux sont le tungstène, l'étain, l'arsenic, le lithium et l'antimoine (pour le site de Nades). Le cuivre est également rencontré au niveau des Chaillats ainsi que le plomb sur les Montmins et Sainte-Barbe.

Les analyses de sols ont notamment mis en évidence un impact marqué des résidus issus du site du Mazet sur les prairies localisées le long du Cotillon et plus particulièrement sur celles situées près de la confluence de ce dernier avec la Bouble. Au niveau de ces prairies les teneurs en tungstène, arsenic et lithium y sont élevées. Cet impact est à mettre en relation avec des épanchements de résidus issus des retenues du site du Mazet lors d'évènements liés à des décharges accidentelles.

Un léger impact des résidus du site du Mazet est par ailleurs encore ponctuellement perceptible au niveau des sols de berge de la Bouble, en aval de la confluence avec le Cotillon. Il se marque par des teneurs plus élevées en tungstène, voire en lithium.
De par les volumes importants de résidus fins qui y sont stockés (résidus de traitement du minerai), le Mazet qui était le lieu principal de traitement du minerai du secteur, représente donc le site potentiellement le plus impactant de la zone d'étude. Les autres sites hébergent quant à eux majoritairement des stériles de creusement souvent de forte granulométrie (centimétrique à décimétrique) ce qui les rend potentiellement moins impactant. De plus, certains dépôts comme celui de Nades ne sont drainés par aucun cours d'eau, ce qui évite l'entrainement par les eaux des matériaux vers l'aval. Malgré une fraction fine bien représentée dans ce dépôt, son impact sur les sols environnants reste donc géographiquement peu étendu d'autant que sa forte végétalisation représente un obstacle efficace contre les phénomènes d'érosion éolienne (envols de poussières contaminées).

Du strict point de vue sanitaire, les analyses ont mis en évidence des marquages métalliques au niveau des sols de jardins ornementaux et de jardins portager. De tels marquages ont également été observés au niveau de chemins de randonnées.

Sur l'ensemble des scénarios d'exposition retenus, seuls trois s'avèrent présenter une incompatibilité entre les usages constatés et la qualité des sols. Il s'agit des scénarios n°5maz, 6 et 15 (communes d'Echassières et de Nades ; tableau 14). Les autres scénarios présentent une compatibilité usage/état des milieux. A noter que sur ces trois scénarios, l'un constitue un scénario générique (scénario 6) qui n'est donc pas basé sur une situation avérée mais qui a pour but de représenter la situation où un enfant viendrait à vivre au quotidien dans l'habitation considérée.

D'un point de vue plus général et comme cela a déjà été précisé précédemment, il est aussi à signaler la présence de zones d'anomalies géochimiques naturelles, notamment en arsenic, sur l'ensemble du secteur d'étude et qui peuvent être responsables de fortes teneurs en métaux et métalloïdes au niveau des sols, des eaux ou des sédiments. L'extension géographique de ce type d'anomalie est notamment illustrée sur les figures 7 à 9.

7 RECOMMANDATIONS

Conformément à l'instruction N°DGS/EA1/DGPR/DGAL/2017/145 du 27 avril 2017, relative à la gestion des sites pollués et de leurs impacts, nécessitant la mise en œuvre de mesures de gestion sanitaire et d'études de santé et/ou de mesures de gestion sanitaire des productions animales et végétales, les recommandations suivantes restent soumises à la validation des services de l'Etat compétents, en particulier les autorités sanitaires pour les recommandations d'ordre sanitaire.

7.1 Volets sanitaires

Du point de vue sanitaire la présente étude montre qu'aucune mesure d'urgence n'est nécessaire.

GEODERIS préconise les recommandations suivantes :

Zones I et II

Pour les parcelles investiguées au niveau des zones I et II (tableau 11) ainsi que pour les parcelles contiguës, GEODERIS recommande, malgré l'absence de données toxicologiques de référence dans les sols pour le tungstène et le lithium, l'information de la population ainsi que les conseils sanitaires d'usage (lavage soigné des mains pour les enfants et pour les adultes jardiniers, lavage des végétaux cultivés avant consommation, consommation variée de fruits et légumes et pas uniquement ceux issus du jardin potager, en cas d'exploitation intensive…). Il recommande également d'éviter les travaux de terrassement avec remise en surface des terres excavée.

Pour l'habitation de la parcelle du Mazet (zone I : parcelle ZD64, scénario 5maz ; commune d'Echassières) où il existe une incompatibilité usage/état des milieux, en plus de l'information du propriétaire, GEODERIS préconise de supprimer l'exposition par un recouvrement de terre saine (30 à 50 cm) sur la partie de terrain la plus fréquentée autour de l'habitation. Pour les terrains de cette propriété, outre les recommandations sanitaires d'usage, GEODERIS recommande de ne pas créer de potagers.

Pour l'habitation relative au scénario n° 6 (zone I : parcelle située à l'entrée du site du Mazet ; scénario générique ; commune d'Echassières), GEODERIS recommande d'informer les habitants de cette parcelle sur le fait qu'en cas de fréquentation des jeux extérieurs par de jeunes enfants de manière régulière (ce qui n'est actuellement pas le cas), et en complément des mesures sanitaire d'usages, il conviendrait de supprimer l'exposition des enfants en maintenant la couverture végétale des sols et d'éviter l'aménagement d'aires de jeux à même le sol.

Dans la zone I, GEODERIS recommande de ne pas utiliser les prairies bordant le Cotillon à des fins de pâtures ou de prairies de fauche[45], tout particulièrement pour les deux prairies situées à proximité de la confluence avec la Bouble, en rive droite de cette dernière.

[45] Ne connaissant pas précisément les limites de la zone potentiellement impactée sur ces prairies, il a été choisi, par mesure sécuritaire, d'émettre la préconisation sur l'ensemble de leur surface, même si l'on peut supposer, à priori, que les zones topographiques les plus élevées de ces prairies ont peu de chance d'être affectées par cette contamination.

Dans cette même zone I, GEODERIS recommande d'interdire l'accès au tas de résidus de laverie ainsi qu'à la zone des retenues du Mazet et d'y installer une signalisation indiquant la présence de matériaux chargés en métaux.

Enfin, sur le ruisseau du Cotillon, GEODERIS recommande de ne pas installer de captages d'eau destinés à une utilisation domestique (notamment eau de boisson et/ou eau d'arrosage des végétaux potagers), du fait notamment des teneurs élevées en arsenic de ces eaux.

Zone III

Pour l'habitation concernée par le scénario n°15 (zone III ; commune de Nades) qui présente une incompatibilité usage/état des milieux, GEODERIS recommande d'informer les habitants et de limiter le temps d'exposition des enfants à l'aire de jeux et au jardin ornemental. Il est ici rappelé que le temps d'exposition utilisé dans les calculs de risques sanitaires était de 234j/an et qu'en dessous de 130 j/an l'usage de ces terrains pour un enfant de plus 6 ans est compatible avec l'état des sols. Pour cette propriété, GEODERIS préconise également de conserver un bon couvert végétal sur les zones fréquentées par les enfants, permettant ainsi de limiter l'exposition directe aux matériaux du sol. Il recommande par ailleurs de ne pas remettre en surface des terres excavée par exemple via des travaux de terrassement.

Au niveau de la zone III, GEODERIS recommande également l'analyse des produits avicoles (œuf, viande le cas échéant) issus de l'élevage des Chaillats en raison de sa proximité avec la zone de travaux miniers (à environ 300 m) de même nom ainsi que de la présence de la zone minéralisée naturelle associée à ces travaux.

Toujours pour la zone III, GEODERIS recommande d'interdire les pâturages et les cultures au sein d'une zone « tampon » autour de la lisière du dépôt de Nades. Au vu des analyses effectuées il apparaît en effet que des teneurs élevées en antimoine et en arsenic dans les sols y sont susceptibles d'être ponctuellement rencontrées. GEODERIS propose que cette zone présente a minima une dizaine de mètres de largeur.

En contrebas du dépôt de Nades, GEODERIS recommande de ne pas utiliser à des fins domestiques l'eau de captage, celle-ci étant chargée en antimoine. Il est ici rappelé que le propriétaire a aménagé un point d'eau (photo 6), GEODERIS recommande ainsi de l'informer.
Pour les chemins de randonnées passant à proximité des anciens sites miniers de la zone d'étude, GEODERIS recommande de mettre en place une signalisation indiquant la présence de sols potentiellement contaminés en métaux du fait de l'existence d'une ancienne activité minière. GEODERIS recommande également d'éviter l'installation d'aménagements de type aire de pique-nique ou aire de jeux sur les secteurs proches des zones d'anciens travaux miniers.

Enfin, GEODERIS recommande d'informer les autorités sanitaires sur l'existence de zones d'anomalie géochimiques naturelles, notamment en arsenic (exemples des zones de la Croze, des Chaillats ou encore du Boënat), et qui sont susceptibles d'être responsables de concentrations élevées en métaux et métalloïdes dans les sols et les eaux (cf. exemple du puits de Montmiand ou du jardin potager et pâture prélevée au niveau du hameau du Gros Boënat). Pour les eaux, ces anomalies naturelles peuvent notamment conduire à des teneurs en arsenic supérieures à la limite de potabilité (exemples du puits de Montmiand et de l'écoulement d'eau des Brûlards). L'extension géographique globale de ces zones d'anomalie peut être appréciée à partir des données de l'inventaire minier pour les zones situées hors influence minière (figures 7 à 9) sachant que, sur certaines zones, ces données ont été complétées et confirmées par celles acquises dans le cadre de la présente étude.

Il est important de signaler ici que l'ensemble de recommandations précédemment émises a été effectué en l'état actuel des connaissances toxicologiques et que les calculs de risques sanitaires n'ont pu être réalisés pour des éléments comme le lithium et le tungstène du fait de l'absence de valeurs toxicologiques de références. L'évolution des connaissances toxicologiques pour ces deux éléments pourraient ainsi modifier les conclusions de ces calculs.

Recommandations du HCSP

Si l'on prend en compte l'ensemble des prélèvements d'horizons de surface retenus pour l'étude des scénarios d'exposition, on constate que deux prélèvements excèdent une concentration de 300 mg/kg pour le plomb, correspondant au « *niveau déclenchant un dépistage* » selon le HCSP. Il s'agit de deux prélèvements effectués sur la propriété du Mazet (parcelle ZD64), en cours de rénovation.

7.2 Volet environnement

Les recommandations relatives au volet environnemental portent ici sur les retenues du Mazet.

GEODERIS recommande de :

- Colmater la brèche ouverte en 2015 et formée au niveau de l'ouvrage permettant le confinement des matériaux de la retenue de Bellevue pour éviter la propagation des résidus vers l'aval.

- Eviter l'accumulation de l'eau sur les différentes retenues, notamment en abaissant le niveau des seuils des ouvrages assurant le confinement des matériaux contenus dans ces retenues.

- Canaliser les eaux le long des retenues supérieures (Bellevue, Oasis et les Sables), pour éviter l'érosion des résidus contenus dans les bassins et donc un entrainement vers l'aval.

- Favoriser la re-végétalisation et/ou conserver la végétation déjà installée au niveau de certaines retenues (photos 3) de manière à établir un tapis racinaire permettant de stabiliser les résidus en surface et subsurface et limiter ainsi d'éventuels entrainements vers l'aval.

- GEODERIS préconise de conserver la retenue du Cotillon en tant que zone lagunaire (photos 5), au même titre qu'une lagune de traitement passif. Cette dernière permet notamment le piégeage des oxyhydroxydes de fer chargé en métaux et métalloïdes.

7.3 Information et conservation de la mémoire

GEODERIS recommande de conserver la mémoire des sources de pollution (dépôts principaux, dépôts diffus et émergence minière) dans le plan local d'urbanisme (PLU) des communes concernées.

Bien que le contenu des Secteurs d'informations sur les sols (SIS) définis par la loi ALUR (entrée en vigueur le 1er janvier 2019) soient en cours d'élaboration, GEODERIS

recommande d’intégrer aux SIS les sources potentielles de pollution et les parcelles, dont la qualité chimique des sols est dégradée, identifiées dans le cadre de la présente étude.

8 REFERENCES

Aubert, G. (1969). Les coupoles granitiques de Montebras et d'Echassières (Massif Central Français) et la genèse de leur minéralisation. Thèse, 1966, et Mémoire BRGM n°46, 345 p.
Grolier, J. Giot, D., Gentilhomme, P. (1975). Carte géologique Gannat, échelle 1:50000, n° 645. BRGM éditions.

Gagnière G. (1980). Pompage d'essai au puits Saint-Jean, mine des Montmins près d'Echassières (Allier). Rapport BRGM 80 SGN 480 AUV.
Belkessa R. (1981). Hydrogéologie du massif d'Echassières (Allier). Zone des granites et des micaschistes. Rapport BRGM 81 SGN 774 AUV.

Belkessa R. ; Jeanbrun M. (1982). Renforcement des captages bois des menus, boenat et Quefoux (communes d'Echassières, Lalizolle et Nades – Allier). Rapport BRGM 82 SGN 066 AUV.

Rougeaud J. ; Sauter M. (1984). Evaluation des possibilités de réutilisation des déchets miniers de la division minière du Massif central. Rapport BRGM n° 84 SGN 095 ENV ; Tomes 1 à 3.

D'Arcy D. ; Belkessa R. ; Bouchet C. (1986). Reconnaissance des ressources en eau sur les secteurs de la bosse et des fosses d'extraction de kaolin. Région d'Echassières (Allier). Rapport intermédiaire. BRGM 86 SGN 433 AUV.

D'Arcy D. ; Belkessa R. ; Bouchet C. ; Filippi C. ; Martin J. ; Bois J. (1987). Reconnaissance des ressources en eau sur les secteurs de la bosse et des fosses d'extraction de kaolin. Région d'Echassières (Allier). Rapport définitif. BRGM 87 SGN 159 AUV.

Cuney, M., Marignac, C. & Weisbrod, A. (1992). The Beauvoir Topaz-Lepidolite-Albite Granite (Massif Central, France): The Disseminate Magmatic Sn-Li-Ta-Nb-Be Mineralization. Economic Geology 87, 1766-1794.

BUGECO, METALEUROP (1998). Rapport de présentation de la concession des Montmins. BU389 Montmins.

Bouchot V., Ledru P., Lerouge C., Lescuyer J.L. & Milesi J.P. (2005). 5: Late Variscan mineralizing systems related to orogenic processes: The French Massif Central. Ore Geology Reviews 27 169–197.

MEDDE (2007). La politique nationale de gestion des sites et sols pollués – Circulaire du 8/2/2007, Annexe 2 Comment identifier un site (potentiellement) pollué. Comment gérer un problème de site pollué. Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués.

Guiollard P. C. (2009). L'industrie minière de l'antimoine et du tungstène. Emergence, prospérité et disparition des exploitations de France métropolitaine aux XIX et XX siècles.

ANSES (2010). Etat des lieux des pratiques et recommandations relatives à la qualité sanitaire de l'eau d'abreuvement des animaux d'élevage.

GEODERIS (2010). Inventaire des Risques Miniers à impact sanitaire potentiel. Application à la région Auvergne. GEODERIS S 2010/47DE – 10AUV2120.

GEODERIS (2011) : Inventaire des dépôts issus des exploitations minières (métalliques et charbonnières) selon l'article 20 de la directive 2006/21/CE. Méthodologie générale d'inventaire / Méthodologie de classification. Volet environnemental. GEODERIS N2011/011DE-12NAT2120.

GEODERIS (2012) : Inventaire des dépôts issus des exploitations minières selon l'article 20 de la Directive 2006/21/CE. Monographie sur la région Auvergne. Volet « métallique ». GEODERIS N2012/043DE-12NAT2121.

SAGE Sioule : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux de la Sioule (2012). Evaluation environnementale.

IMERYS (2013). DEMANDE DE PERMIS EXCLUSIF DE RECHERCHES DE MINES, DIT «PERMIS DE BEAUVOIR » Pour lithium, étain, tantale, niobium, tungstène, beryllium et connexes. Communes d'Echassières (03), Coutansouze(03), Lalizolle(03), Nades(03), Servant (63). https://www.economie.gouv.fr/files/files/PDF/per-beauvoir_information-du-public.pdf

GEODERIS (2014). Barrage du Cotillon, ancien site minier des Montmins (Echassières – 03). Résumé du volet environnemental. GEODERIS S 2014/063DE – 14AUV3301.

GEODERIS (2015). Propositions méthodologiques sur les conditions de mise en œuvre de la démarche d'interprétation de l'état des milieux au contexte d'après-mine. Rapport GEODERIS N2015/014DE – 15NAT24080.

MEEM (2017). Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués.

GEODERIS (en cours). Etude détaillée des aléas miniers « mouvement de terrain » sur le district minier d'Echassières-Montmins (Allier).

LISTE DES ANNEXES :

ANNEXE 1 Rapport BRGM/RP-66139-FR – « Etude hydrogéologique des secteurs des Montmins et de Nades – Synthèse bibliographique »
ANNEXE 2 Rapport BRGM/RP-66960-FR – « Etude sanitaire et environnementale de l'ancien site minier des Montmins (Allier) – Campagne de mesures pXRF »
ANNEXE 3 Plans de surface
ANNEXE 4 Circuit Rando-Train
ANNEXE 5 Résultats analytiques
ANNEXE 6 Localisations géographiques des points de prélèvement et positionnement des dépôts identifies dans le cadre de l'inventaire DDIE
ANNEXE 7 Rapport d'Etude 22/01/2018 – INERIS-DRC-16-160525-11662C
ANNEXE 8 Méthodes d'analyse, incertitudes analytiques et limite de quantification
ANNEXE 9 Rapport d'étude GEO-ECH-01
ANNEXE 10 Fiches scenarios

ANNEXE 1 :

RAPPORT BRGM/RP-66139-FR

« Etude hydrogéologique des secteurs des Montmins et de Nades. Synthèse bibliographique »

Accès réservé

Etude hydrogéologique des secteurs des Montmins et de Nades - Synthèse bibliographique

Rapport final

BRGM/RP-66139-FR
Septembre 2016

C. BERTIN

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Document à accès réservé

Ce rapport est adressé en communication exclusive au demandeur : GEODERIS en 2 exemplaires conformément aux termes de la convention.

Le demandeur assure lui-même la diffusion des exemplaires de ce tirage initial.

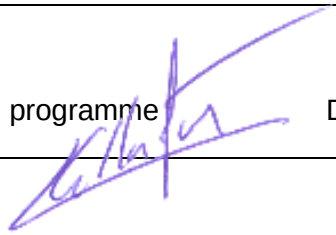
Le BRGM ne saurait être tenu comme responsable de la divulgation du contenu de ce rapport à un tiers qui ne soit pas de son fait, et, des éventuelles conséquences pouvant en résulter ».

Étude réalisée dans le cadre des opérations de Service public du BRGM

Ce document a été vérifié par : (nom, prénom, fonction) date :

Approbateur :

Nom : G. Bellenfant Fonction : Responsable scientifique de programme Date : 07/12/2016 Signature **:**



Le système de management de la qualité et de l'environnement est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

Mots clés : eau, synthèse hydrogéologique, après-mine, auvergne, Montmins, Nades.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Bertin C. (2016) – Etude hydrogéologique des secteurs des Montmins et de Nades -Synthèse bibliographique. Rapport BRGM/RP-66139-FR, 21. p., 7 ill. 1 ann.

© BRGM, 20016, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Le degré d'altération et de fracturation des formations géologiques du territoire étudié permettent la constitution d'horizons aquifères comme en témoigne le grand nombre de points d'eau recensés dans InfoTerre.

Les écoulements souterrains ne sont pas circonscrits au sein des bassins versants topographiques du fait de l'existence de filons jouant le rôle de drains.

Les anciens travaux miniers plus ou moins interconnectés et ennoyés perturbent localement la circulation de l'eau souterraine.

La complexité du système aquifère peut être étudiée plus en détail mais la durée des investigations à mener ainsi que le coût des travaux à réaliser peuvent constituer un frein au regard des enseignements que l'on pourrait en tirer.

Sommaire

1. Contexte de l'étude et mission demandée au BRGM 5

2. Localisation géographique 5

3. Géologie 6

4. hydrographie 7

5. Hydrogéologie 9

5.1. CONTEXTE GENERAL 9

5.2. ASPECTS QUALITATIFS ET QUANTITATIFS 11

6. Investigations complementaires éventuelles 14

7. Conclusion 15

8. Bibliographie 15

Liste des illustrations

Illustration 1 – localisation des dépots des secteurs des Montmins et de Nades (en bleu) et des secteurs d'étude (en orange) 6

Illustration 2 – contexte géologique du secteur d'étude d'après la carte géologique à 1/50000 n° 645 du BRGM. En noir : failles reconnues (trait plein) et failles supposées (tireté), en jaune : filons de quartz, en bleu : titres miniers. 7

Illustration 3 – réseau hydrographique dans le secteur d'étude sur fond géologique (voir légende sur l'illustration 2). En rouge : zones hydrographiques, en bleu : titres miniers (source : BDCARTHAGE ®) 8

Illustration 4- localisation des points d'eau recencés dans InfoTerre (ronds bleus) et codes BSS sur un fond géologique et hydrographique (source : http://infoterre.brgm.fr) 10

Illustration 5 – fluctuations piezometriques du puits 06455X0041 en fonction du temps (source : http://www.ades.eaufrance.fr/) 12

Illustration 7 – diagramme de Piper pour des sites de prélèvement d'eau souterraine (rond) et d'eau superficielle (carré). Le code couleur correspond à une proximité géographique. 13

Liste des annexes

Annexe 1 liste des points d'eau recencés dans InfoTerre 16

1. Contexte de l'étude et mission demandée au BRGM

L'inventaire des déchets miniers réalisé par GEODERIS selon les termes de l'article 20 de la directive européenne 2006/21/CE a listé 233 secteurs contenant des dépôts de résidus miniers. Ces secteurs sont classés selon les potentiels de risques sanitaire, environnemental et géotechnique que les dépôts qu'ils contiennent sont susceptibles de générer.

Le secteur des Montmins (ancienne exploitation de tungstène) appartenant au district minier d'Echassières-Montmins a été classé en E pour l'aspect sanitaire et environnemental et en classe III pour l'aspect géotechnique.

Le classement en E signifiant comme potentiellement le plus impactant, ce secteur doit faire l'objet d'une étude sanitaire et environnementale.

Même s'il n'est classé qu'en B et en I, le secteur de Nades (ancienne exploitation d'antimoine) est également intégré à cette étude dans la mesure où il s'inscrit dans le district minier d'Echassières-Montmins.

Dans le cadre de l'étude sanitaire et environnementale, il est demandé au BRGM de réaliser, dans un premier temps, une étude documentaire sur l'hydrogéologie régionale dans laquelle s'inscrit la zone d'étude.

En fonction des données collectées, le BRGM proposera le schéma de fonctionnement hydrogéologique du secteur étudié ou, si les informations disponibles s'avèrent insuffisantes, le BRGM évaluera la possibilité d'établir un tel schéma et proposera les actions techniques qu'il juge nécessaires pour y parvenir.

2. Localisation géographique

Neuf dépôts ont été inventoriés sur le secteur des Montmins ainsi que trois dépôts sur le secteur de Nades (Illustration 1). La zone étudiée est à cheval sur les départements :

- de l'Allier : communes d'Echassières, Louroux-de-Bouble, Coutansouze, Lalizolle, Nades ;
- du Puy-de-Dôme : commune de Servant.

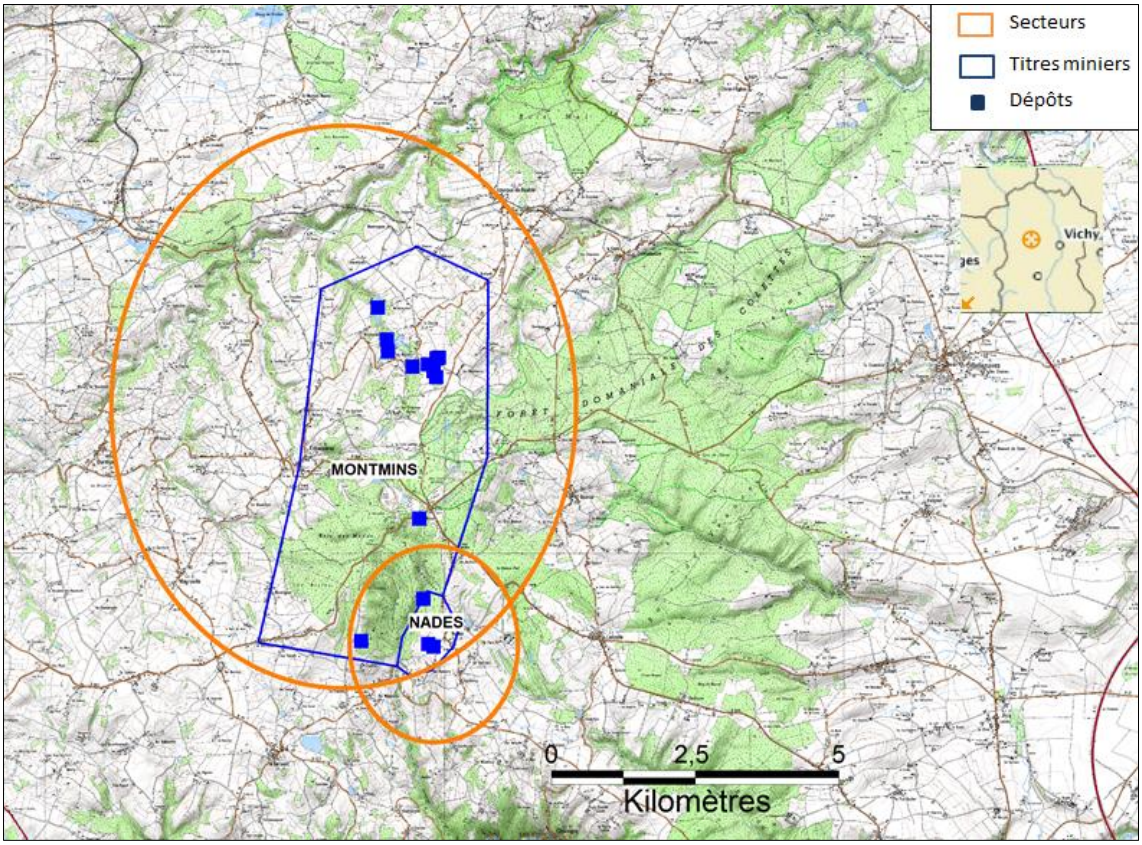


Illustration 1 – localisation des dépots des secteurs des Montmins et de Nades (en bleu) et des secteurs d'étude (en orange)

3. Géologie

La carte géologique de Gannat au 1/50000 du BRGM (n°645) et sa notice permettent de décrire les formations géologiques affleurant dans la zone d'étude (Illustration 2).

Celle-ci est située au sein de la série métamorphique dite de « la Sioule » comportant des micaschistes et des gneiss, au milieu de laquelle affleure le massif granitique «d'Echassières ».

De forme globalement circulaire, ce dernier est essentiellement composé d'un granite alcalin à muscovite « granite des Colettes » parcouru d'importants filons de quartz et d'aplite.

Affleurant au sud du granite des Colettes et de plus faible extension, le granite hololeucocrate de Beauvoir est également rattaché au massif d'Echassières. Il a pour particularité entre autres, d'être totalement gréisénifié[1] en surface.

[1] Greisen : roche présente à la bordure des massifs granitiques et issue du remplacement des feldspaths par l'association quartz/muscovite sous l'action de fluides pneumatolytiques (source : GéoWiki)

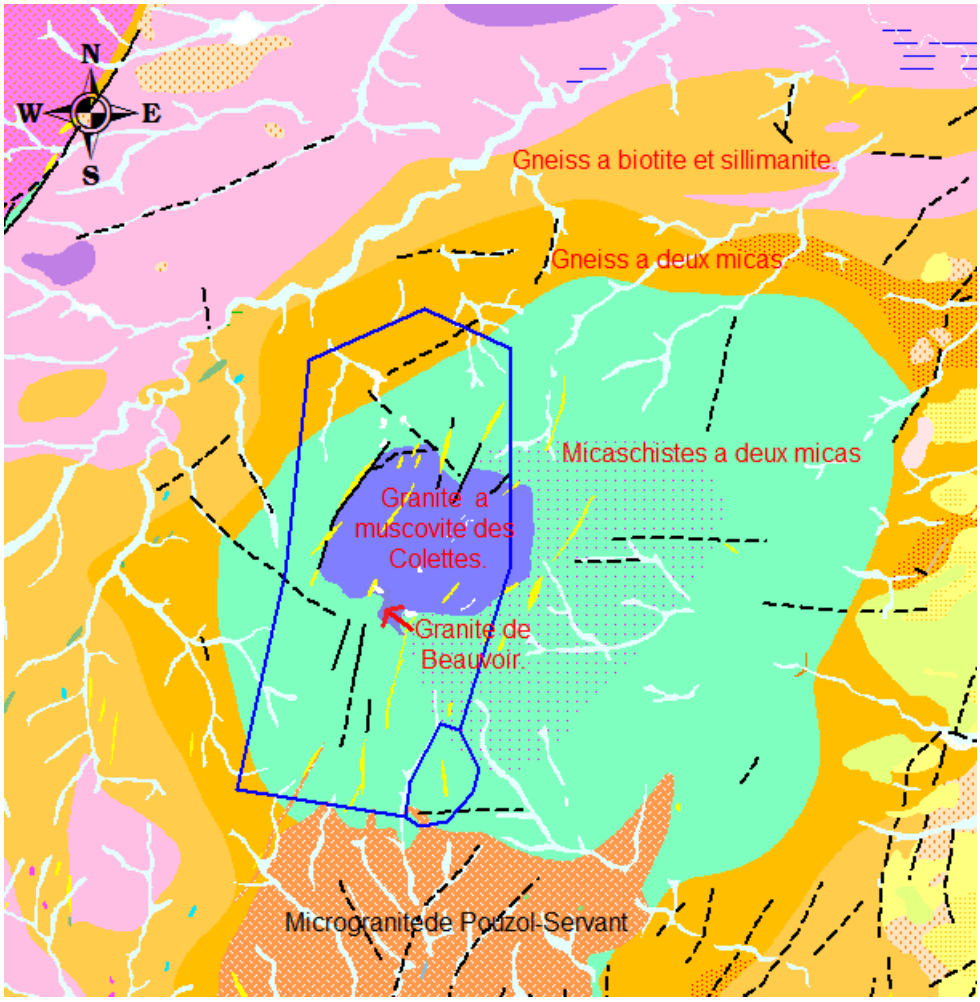


Illustration 2 – contexte géologique du secteur d'étude d'après la carte géologique à 1/50000 n° 645 du BRGM. En noir : failles reconnues (trait plein) et failles supposées (tireté), en jaune : filons de quartz, en bleu : titres miniers.

De nature intrusive, le massif d'Echassières se présente sous la forme d'une petite coupole qui semble épouser la structure anticlinale des micaschistes, sensiblement horizontaux à cet endroit.

Dans le détail, ses contacts avec l'encaissant sont franchement discordants. Un certain nombre de fractures, soulignées ou non par des filons de quartz, décrochent ou rectifient la ligne de contact granite/micaschistes.

4. hydrographie

A partir des hauteurs de la Bosse point culminant du secteur étudié (774 m), plusieurs ruisseaux rayonnent dans toutes les directions pour rejoignent soit le réseau hydrographique de la Sioule, soit le réseau hydrographique de la Bouble (Illustration 3).

Les principaux ruisseaux rejoignant la Sioule sont :

- le ruisseau de la gourdonne. Il est rattaché à la zone hydrographique[2] « la Sioule du bord (non compris) au ruisseau de la cèpe (non compris) » ;
- le ruisseau de la Veauce et le ruisseau de la cèpe, intégrés à la zone hydrographique « la Sioule du ruisseau de la cèpe à la Bouble (non comprise) » ;

Les ruisseaux affluents de la Bouble dans la zone d'étude sont :

- le ruisseau de la verne et le ruisseau du cotillon (ou mazet) rattachés à la zone hydrographique « la Bouble de sa source au venant (non compris) » ;
- le ruisseau du belon, le ruisseau de la plaine et le ruisseau le moulinet faisant partie de la zone hydrographique « la Bouble du venant (non compris) au musant ».

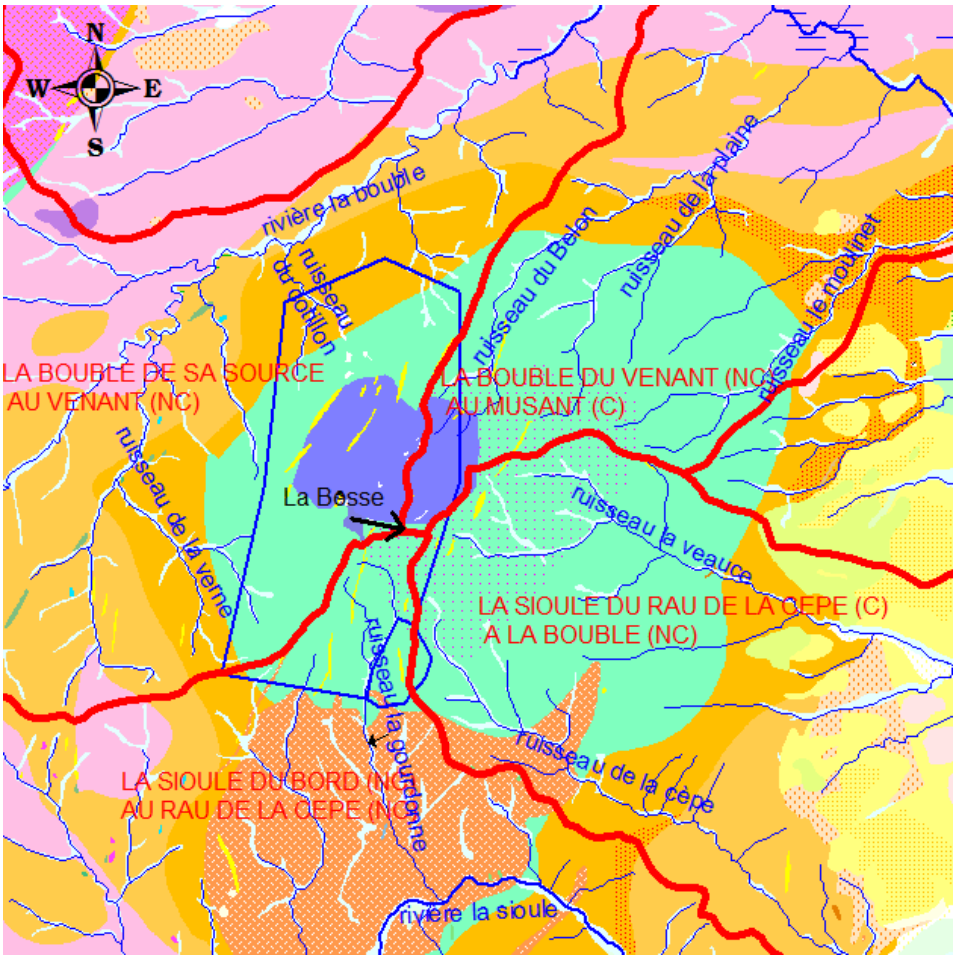


Illustration 3 – réseau hydrographique dans le secteur d'étude sur fond géologique (voir légende sur l'illustration 2). En rouge : zones hydrographiques, en bleu : titres miniers (source : BDCARTHAGE ®)

A noter : les anciennes carrières de kaolin exploitées à ciel ouvert dans le granite des Colettes forment actuellement de nombreux petits plans d'eau.

[2] https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/bd-carthage-onm/

5. Hydrogéologie

5.1. CONTEXTE GENERAL

Les différentes études réalisées pour l'alimentation en eau potable (AEP) et/ou pour un usage industriel (Gagnière, 1980 ; Belkessa, 1981 ; Belkessa et Jeambrun, 1982 ; D'Arcy et al, 1986 et 1987) permettent de décrire dans les grandes lignes le contexte hydrogéologique du massif d'Echassières et de son encaissant métamorphique.

Elles soulignent l'importance de l'épaisseur de l'horizon altéré pouvant dépasser 40 m de puissance pour le massif granitique et de la fracturation, qui permettent la constitution de nappes.

Les micaschistes sont également altérés en surface et profondément tectonisés dans les zones filoniennes. Il en résulte une fracturation du milieu qui se traduit par des fissurations sub-verticales (failles) et subhorizontales (ouverture des plans de schistosité).

Ces spécificités favorisent une infiltration en profondeur de volumes d'eau non négligeables au regard d'autres contextes de socle rencontrés dans le massif central français.

L'abondance de points d'eau (sources, captages, puits) recensés dans InfoTerre[3] illustre la capacité des formations géologiques de la zone d'étude à permettre la mise en place de niveaux aquifères (Illustration 4 et annexe 1).

Les nappes sont en général plutôt superficielles (de l'ordre de la dizaine de mètres).

Il est à noter que le secteur d'étude ne comporte plus d'ouvrages utilisés pour l'alimentation en eau potable (AEP). Les motifs d'abandon ont été essentiellement des raisons qualitatives : présence d'arsenic (captages du bois des menus sur la commune d'Echassières : codes BSS 06451X0070 à 06451X0072, 06451X0074 et 06451X0040) et/ou quantitatives : débits insuffisants (captages de la commune de Lalizolle : codes BSS 06452X0008 à 06452X0010, captage de Quefoux sur la commune de Nades : 06692X0001).

Seuls subsistent des usages domestiques (puits privés pour l'arrosage de jardins essentiellement) ou industriels (carrière).

Les observations hydrogéologiques associées aux travaux miniers ou réalisées à l'occasion du renforcement de captages d'AEP ont souligné le rôle capital des filons. Il est souvent indiqué en effet, des circulations d'eau importantes aux épontes des filons. Ces derniers permettent très probablement de drainer des territoires plus vastes que les simples bassins versants topographiques.

Il en découle des difficultés à appréhender avec précision les écoulements souterrains dans la zone d'étude d'autant plus que se rajoute dans certains secteurs, des interférences avec d'anciens travaux miniers comme l'a mis en évidence Gagnière

[3] http://infoterre.brgm.fr/

(1980) lors du pompage d'essai réalisé sur l'ancien puits de puits St-Jean (06451X00057).

Il a montré en effet que le puits, situé en tête de bassin du ruisseau de la Gourdonne (zone hydrographique « la Sioule du bord au ruisseau de la Cepe »), était partiellement alimenté par le lac de la carrière de kaolin implanté dans la zone hydrographique « la Bouble de sa source au Venant ». Il a également indiqué lors que de la 1ere phase du pompage d'essai les eaux d'exhaure se ré-infiltraient totalement via de très anciens travaux miniers qualifiant le secteur de « véritable labyrinthe souterrain ».

Il est à noter que la configuration du site a drastiquement changé depuis cette période, avec l'agrandissement de la carrière de kaolin située à proximité.

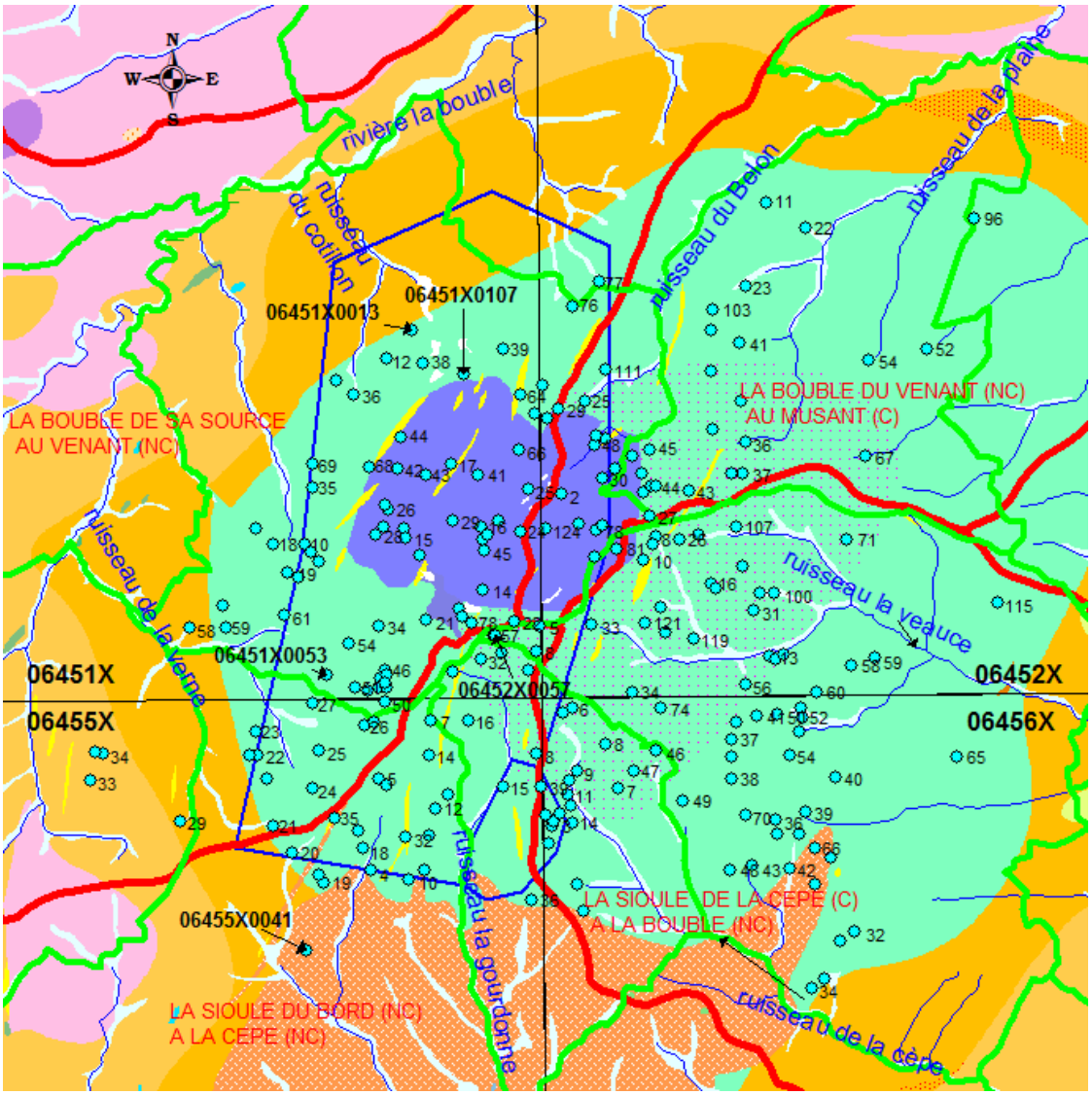


Illustration 4- localisation des points d'eau recencés dans InfoTerre (ronds bleus) et codes BSS sur un fond géologique et hydrographique (source : http://infoterre.brgm.fr)

Les travaux miniers recensés à ce jour dans le secteur étudié sont les suivants :

- PER d'Echassières pour étain, attribué au BRGM de 1968 à 1977 ;

- PEX d'Echassières pour étain, attribué à COFRAMINES de 1979 à 1989 ;
- Concession de Montmins pour Tungstène, attribuée en 1917 et renoncée en 2006 (Métaleurop S.A) ;
- Concession de Nades attribuée pour antimoine en 1829 et annulée en 1959.

Ils sont globalement peu profonds et ne dépassent pas les 75 m de profondeur. Il est probable que tous les travaux miniers souterrains sont ennoyés et constituent des réservoirs miniers en relation avec les aquifères, les galeries pouvant éventuellement servir de drains.

D'arcy et al (1986, 1987) ont équipé de stations de jaugeage et de piézomètres deux petits bassins versants situés dans des contextes géologiques différents : micaschistes pour le ruisseau de la Gourdonne et granites pour le ru blanc qui rejoignait Echassières par l'Est (il n'apparait plus sur la carte IGN à 25 000 actuelle).

Les bilans hydrologiques des 2 bassins ont ensuite été établis à partir d'une modélisation mathématique (GARDENIA).

Le modèle a permis de montrer que la part de l'infiltration souterraine atteint selon le calage et le bassin versant, entre 13 et 28% des précipitations efficaces[4] . Si une partie de ce transit semble surtout concerner les zones d'altération superficielles, il existe une possibilité d'un débit de fuite vers les grandes profondeurs.

5.2. ASPECTS QUALITATIFS ET QUANTITATIFS

La littérature et en particulier les travaux de Belkessa (1981) comportent des indications de débits des différentes venues d'eau, puits et captages. Il en ressort que :

- Les principaux captages d'AEP fournissaient à l'étiage, entre 5,4 et 7,2 m^3/h ;
- Les écoulements mesurés dans certains travaux miniers pouvaient être conséquent : des débits permanents de l'ordre de 14 m^3/h étaient mesurés dans certaines galeries. L'exhaure des travaux de la Bosse atteignaient 25 m^3/h et engendraient certaines années un tarissement de la Gourdonne en période d'étiage. L'exhaure de la galerie Ste-Barbe variait entre 6 et 11 m^3/h (sauf en été) ;
- Le pompage d'essai réalisé sur l'ancien puits de mine St-Jean a montré qu'il était possible d'exploiter celui-ci à un débit de 25 m^3/h. Ce dernier était cependant, comme il a été vu plus haut, partiellement alimenté par le lac de la carrière de kaolin.

Belkessa (1981) a suivi les variations de niveaux d'eau de quatre piézomètres dans le cadre de son étude. Il a constaté que le début de tarissement des nappes dans les micaschistes se produisait au mois de mai. N'ayant pas réalisé un suivi sur un cycle hydrologique complet, il n'a pu observer la période de recharge.

Le piézomètre de code BSS 06455X0041 situé sur la commune de Servant (Illustration 4), appartient au réseau de suivi quantitatif de la masse d'eau souterraine « GG050 -

[4] Les précipitations efficaces (Pe) correspondent aux quantités d'eau qui sont disponibles pour l'infiltration et le ruissellement dans le bilan de l'eau : P (précipitations) = ETR (évapotranspiration réelle) + Pe

bassin versant de la Sioule » dont fait partie la zone d'étude. Ses variations piézométriques consultables sur ADES[5], sont présentées ci-après :

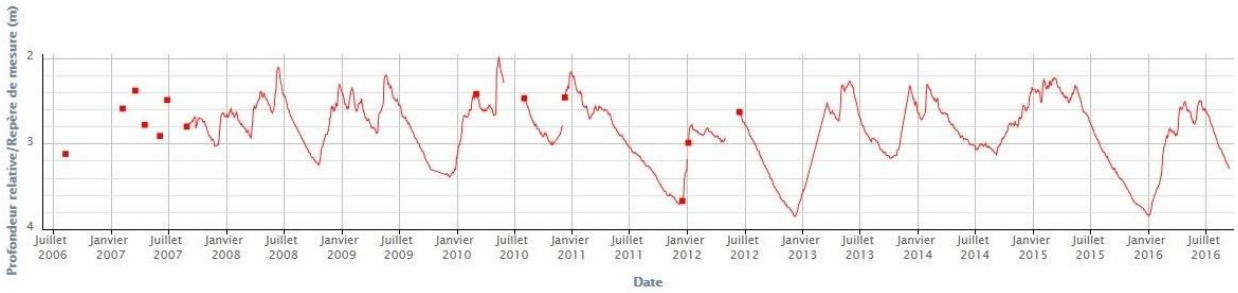


Illustration 5 – fluctuations piezometriques du puits 06455X0041 en fonction du temps (source : http://www.ades.eaufrance.fr/)

Il est implanté dans les altérites du microgranite de Pouzol-Servant, au sud du secteur étudié. Opérationnel depuis 2006, il révèle que la vidange de l'aquifère débute généralement vers le mois de mai en accord avec les observations de Belkessa et, s'achève en octobre sauf lors d'étiages sévères qui peuvent se poursuivent jusqu'en décembre.

La littérature comporte peu de données sur les aspects qualitatifs des eaux souterraines dans le secteur d'étude.

Gagnière (1980) présente des résultats d'analyses sur le puits St-Jean, le lac de la carrière de kaolin ainsi que sur deux sources (dénommées source basse et source haute) alimentant ce dernier.

Le rapport INERIS (2014) contient des données qualitatives sur différents milieux dont les eaux souterraines et les eaux de surface dans l'environnement proche du barrage du cotillon. Deux points d'eaux souterraines utilisés dans cette étude sont recensés en BSS : 06451X0013 et 06451X0107 (Illustration 4).

Le qualitomètre 06451X0053 implanté sur la commune d'Echassières (Illustration 4) est, depuis 2007, régulièrement échantillonné dans le cadre du suivi qualitatif de la masse d'eau GG050 auquel il est rattaché[6].

A partir des proportions relatives en éléments majeurs (cations et anions), il est possible de déterminer le facies chimique d'une eau. Le diagramme de Piper est un moyen de le représenter graphiquement.

Nous avons utilisé les données disponibles dans les documents et bases de données cités précédemment et les avons intégrés dans le logiciel Diagrammes[7] qui nous a fourni un diagramme de Piper pour les eaux du secteur d'étude (Illustration 6).

[5] ADES : portail national d'accès aux données sur les eaux souterraines http://www.ades.eaufrance.fr/

[6] http://www.ades.eaufrance.fr/

[7] Diagrammes : logiciel d'hydrochimie développé par R. Simler. Roland.simler@univ-avignon.fr

Le code couleur correspond à des prélèvements réalisés dans un environnement proche. Le figuré « rond » indique un prélèvement sur une eau souterraine et le figuré « carré » à un prélèvement sur une eau superficielle.

Pour les points de l'étude INERIS : code BSS 06451X0013 et code BSS 06451X0107, ruisseau du Cotillon, barrage du Cotillon seuls les cations sont représentés. En effet, les bicarbonates n'ayant pas été analysés, il n'est pas possible de déterminer le faciès des eaux prélevées.

Il ressort du diagramme de Piper que les eaux sont essentiellement de type chloruré et sulfatée, calcique et magnésienne.

Il est à préciser que les points échantillonnés sont tous situés dans les micaschistes.

On remarque par ailleurs que la part relative en calcium est plus élevée sur les points de prélèvements « eau souterraine » de l'étude INERIS (06451X0013 et 06451X0107) que sur les autres sites, y compris les sites « eau superficielle » de l'environnement proche.

Cette observation suggère que les eaux souterraines de ce secteur pourraient avoir circulé au sein d'un aquifère libérant potentiellement plus de calcium.

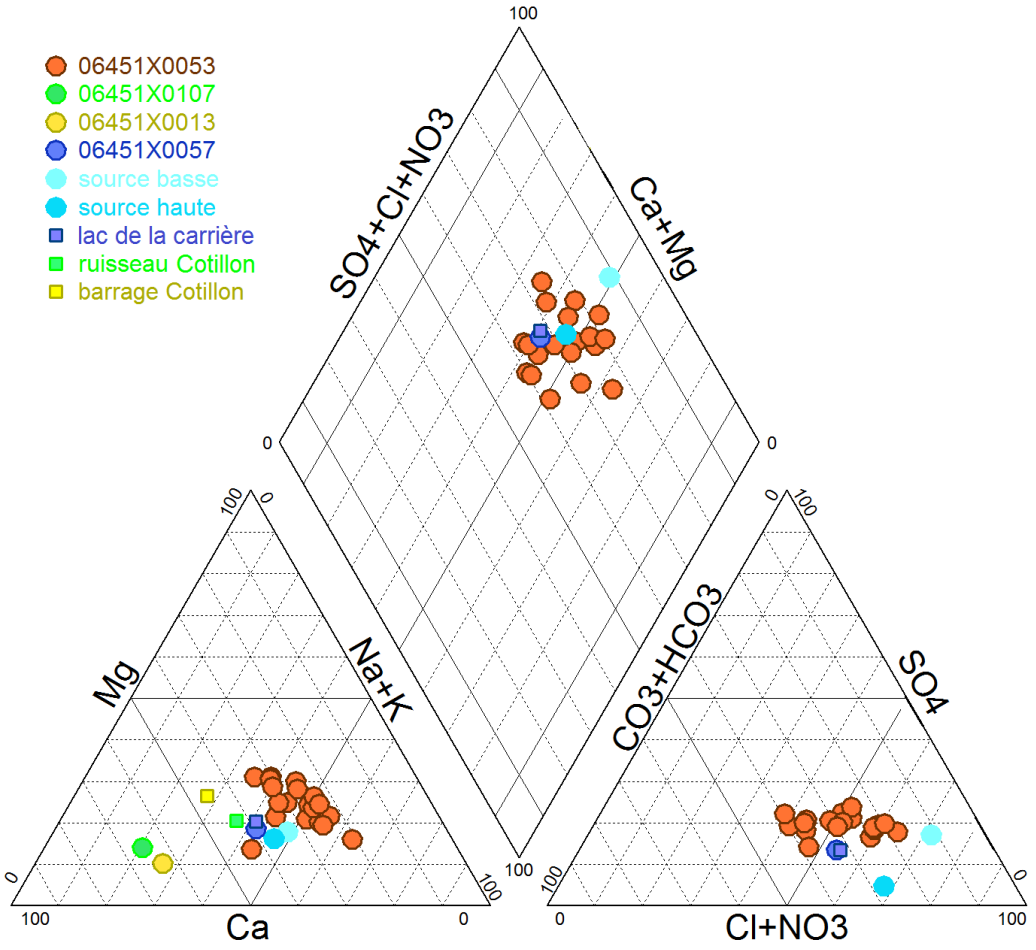


Illustration 6 – diagramme de Piper pour des sites de prélèvement d'eau souterraine (rond) et d'eau superficielle (carré). Le code couleur correspond à une proximité géographique.

6. Investigations complementaires éventuelles

Les informations disponibles en littérature donnent une image globale du contexte hydrogéologique du secteur étudié.

En fonction des objectifs que l'on se fixe, il est toujours possible d'approfondir les connaissances sur les ressources en eau souterraines en mettant en œuvre des programmes de recherches plus ou moins approfondis :

A l'échelle du bassin versant topographique, la réalisation d'un bilan hydrologique, à minima sur 1 an, peut permettre d'appréhender la ressource en eau totale disponible dans le bassin versant et de chiffrer la part approximative des écoulements souterrains. Pour ce faire, il est nécessaire de créer une station de jaugeage à l'exutoire du bassin versant, de connaitre les prélèvements soutirés au sein du territoire étudié et de disposer de données climatologiques représentatives du secteur d'étude.

La création de piézomètres et/ou l'utilisation d'ouvrages existants (puits domestiques par exemple) sur lesquels les fluctuations piézométriques sont régulièrement suivies, apportent des informations sur le comportement des nappes.

Des prélèvements et analyses d'eau (souterraine et superficielle) peuvent fournir des indications sur les différents encaissants géologiques dans lesquels les eaux ont circulé et discriminer ainsi d'éventuelles origines distinctes.

Il peut également être judicieux de connaitre le temps de résidence de l'eau dans l'aquifère par dosage des chlorofluorocarbures (CFC) par exemple.

A titre informatif, sont reportés ci-après des ordres de grandeur de coûts de travaux et matériels :

- construction d'une station de jaugeage sur un ruisseau de moins de 5 m de section (aménagement du site, construction et pose du matériel) : environ 15 000 € ;
- Création d'un piézomètre : environ 200 € par mètre linéaire comprenant la foration, son équipement et son développement (sans amenée/replis) ;
- Centrale d'acquisition numérique (mesure des hauteurs d'eau par capteur de pression avec enregistrement des données pour station de jaugeage et piézomètre) : entre 600 et 800 € pour une sonde 20 m par exemple.

Le coût des analyses physico-chimique varie en fonction des éléments recherchés : de l'ordre de 4 € par majeur à 300 € pour les CFC par exemple.

Quelles que soient les investigations complémentaires qui pourraient être mises en œuvre et compte-tenu du passé minier du secteur d'échassières, il est indispensable de dresser le plus précisément possible le relevé des travaux miniers du secteur étudié.

7. Conclusion

Les données hydrogéologiques consultées indiquent que les particularités du massif granitique d'Echassières et de son encaissant métamorphiques, notamment les micaschistes, offrent des conditions favorables à la constitution de nappes d'eau souterraine.

En effet, le degré d'altération et de fracturation des formations géologiques, liés à l'origine structurale du massif permettent l'infiltration en profondeur des précipitations météoriques. Les nappes qui se créent sont plutôt superficielles.

Les aquifères sont discontinus et les écoulements souterrains ne se cantonnent pas au simple bassin versant topographique du fait de l'existence de filons qui drainent potentiellement des territoires en dehors du bassin versant.

La présence d'anciens travaux miniers plus ou moins interconnectés et probablement ennoyés perturbent également la circulation des eaux souterraines. Ne dépassant pas les 75 m de profondeur, ils constituent des réservoirs miniers en relation avec les aquifères.

La complexité du système aquifère peut être étudiée plus en détail mais la durée des investigations à mener ainsi que le coût des travaux à réaliser peuvent constituer un frein d'autant plus que les conclusions auxquelles une étude peut aboutir dans un secteur donné, peuvent ne pas être transposables à l'échelle du massif granitique d'Echassières et de son encaissant.

8. Bibliographie

INERIS (2014). Barrage du cotillon, ancien site minier de Montmins (Echassières – 03330). Premiers résultats des investigations de terrain 2013. Rapport INERIS-DRC-13-139688-09240A.

D'Arcy D. ; Belkessa R. ; Bouchet C. ; Filippi C. ; Martin J. ; Bois J. (1987) Reconnaissance des ressources en eau sur les secteurs de la bosse et des fosses d'extraction de kaolin. Région d'Echassières (Allier). Rapport définitif. BRGM 87 SGN 159 AUV.

Filippi C. ; Martin J. (1987). Etude hydrogéologique des bassins versants de la Gourdonne et du ru blanc. Echassières (Allier). Rapport BRGM 87 SGN 048 EAU.

D'Arcy D. ; Belkessa R. ; Bouchet C. (1986) Reconnaissance des ressources en eau sur les secteurs de la bosse et des fosses d'extraction de kaolin. Région d'Echassières (Allier). Rapport intermédiaire. BRGM 86 SGN 433 AUV.

Belkessa R. ; Jeanbrun M. (1982). Renforcement des captages bois des menus, boenat et Quefoux (communes d'Echassières, Lalizolle et Nades – Allier). Rapport BRGM 82 SGN 066 AUV.

Belkessa R. (1981). Hydrogéologie du massif d'Echassières (Allier). Zone des granites et des micaschistes. Rapport BRGM 81 SGN 774 AUV.

Gagnière G. (1980). Pompage d'essai au puits Saint-Jean, mine des Montmins près d'Echassières (Allier). Rapport BRGM 80 SGN 480 AUV.

Annexe 1

liste des points d'eau recencés dans InfoTerre

Indice	Désignation	X Lambert 2 E (m)	Y Lambert 2E (m)	Profondeur atteinte (m)
06451X0005	P	648620	2130930	17,7
06451X0008	P	648590	2130660	2,8
06451X0009	HY	648510	2130460	NC
06451X0010	P	646140	2131790	5
06451X0011	HY	646210	2131710	NC
06451X0012	HY	647010	2133750	1,7
06451X0013	P	647270	2134060	11,2
06451X0014	HY	648020	2131320	NC
06451X0015	HY	647200	2131860	NC
06451X0016	HY	648000	2131980	NC
06451X0017	P	647690	2132640	5,85
06451X0018	P	645810	2131790	5,75
06451X0019	HY	645960	2131500	NC
06451X0020	HY	646076	2131450	NC
06451X0021	P	647425	2130990	5,2
06451X0022	P	648360	2130975	11,95
06451X0023	HY	648020	2131850	NC
06451X0024	HY	648420	2131930	NC
06451X0025	P	648500	2132370	5

06451X0026	P	647020	2132160	6,8
06451X0027	P	646990	2132210	8,4
06451X0028	HY	646890	2131890	NC
06451X0029	P	647700	2132040	3,85
06451X0030	P	648070	2131890	6,8
06451X0031	HY	647700	2130450	NC
06451X0032	HY	648010	2130575	NC
06451X0033	HY	648225	2130650	NC
06451X0034	HY	646920	2130930	NC
06451X0035	P	646220	2132390	15,4
06451X0036	HY	646660	2133375	NC
06451X0037	HY	646480	2133530	NC
06451X0038	HY	647390	2133710	NC
06451X0039	P	648240	2133850	13
06451X0040	P	648180	2132040	NC
06451X0041	P	647975	2132530	5,4
06451X0042	P	647120	2132590	10,1
06451X0043	HY	647420	2132525	NC
06451X0044	HY	647160	2132930	NC
06451X0045	HY	648030	2131720	NC
06451X0046	F	646991	2130460	NC
06451X0047	F	646941	2130378	NC
06451X0048	F	646999	2130415	NC
06451X0049	F	646810	2130250	NC
06451X0050	F	646991	2130129	NC
06451X0051	F	646680	2130290	NC
06451X0052	HY	646980	2131970	NC
06451X0053	TX	646370	2130410	NC
06451X0054	HY	646600	2130740	NC
06451X0055	HY	647190	2131960	NC
06451X0057	F	648140	2130830	NC
06451X0058	HY	644930	2130910	NC
06451X0059	HY	645310	2130920	NC
06451X0060	P	645275	2131140	9
06451X0061	P	645925	2131050	NC
06451X0062	HY	645630	2131960	NC
06451X0063	P	646290	2131610	10
06451X0064	TX	648420	2133375	NC
06451X0066	TX	648410	2132790	NC
06451X0067	HY	648570	2133180	NC
06451X0068	P	646820	2132610	16
06451X0069	P	646230	2132640	7,5
06451X0070	418	646920	2130280	NC
06451X0071	419	647000	2130290	NC
06451X0072	415	646990	2130330	NC
06451X0078	E4	647902	2130966	93

06451X0079	E1	647775	2131120	53,9
06451X0080	E3	647801	2131026	75,25
06451X0100	PM7	647360,4	2131677,8	3,7
06452X0002	P	648850	2132320	13,02
06452X0008	F	649840	2131870	5
06452X0009	F	649810	2131800	6
06452X0010	F	649710	2131625	7
06452X0011	HY	651010	2135400	NC
06452X0013	P	651050	2130615	1,8
06452X0014	P	651115	2130575	1,8
06452X0015	HY	651190	2130625	NC
06452X0016	HY	650430	2131375	NC
06452X0017	HY	650475	2131330	NC
06452X0022	HY	651425	2135140	NC
06452X0023	HY	650800	2134525	NC
06452X0025	HY	649100	2133300	NC
06452X0026	P	650090	2131850	14,85
06452X0027	P	649790	2132090	22,7
06452X0028	P	650300	2131900	7,1
06452X0029	HY	648825	2133225	4
06452X0030	HY	649280	2132500	NC
06452X0031	P	650875	2131090	11,44
06452X0032	P	650950	2131275	2,5
06452X0033	HY	649175	2130940	NC
06452X0034	HY	649600	2130230	NC
06452X0035	HY	650750	2133300	NC
06452X0036	HY	650790	2132875	NC
06452X0037	HY	650770	2132540	NC
06452X0041	HY	650730	2133925	NC
06452X0043	HY	650200	2132360	NC
06452X0044	HY	649800	2132410	NC
06452X0045	HY	649780	2132800	3
06452X0046	HY	649700	2132550	NC
06452X0047	HY	649410	2132600	NC
06452X0048	HY	649200	2132840	NC
06452X0049	HY	649310	2132910	NC
06452X0050	HY	649600	2132720	NC
06452X0051	HY	649220	2132940	NC
06452X0052	P	652700	2133860	13,8
06452X0054	HY	652090	2133740	NC
06452X0056	HY	650790	2130310	NC
06452X0057	P	648150	2130830	3,1
06452X0058	HY	651910	2130510	1,5
06452X0059	HY	652150	2130590	NC
06452X0060	P	651550	2130230	9,6
06452X0067	HY	652060	2132725	NC

06452X0071	P	651860	2131840	5,6
06452X0075	HY	648650	2133470	NC
06452X0076	HY	648970	2134300	NC
06452X0077	HY	649250	2134570	NC
06452X0078	P	649210	2131950	7,6
06452X0079	HY	649040	2132010	NC
06452X0080	P	649290	2132000	9,5
06452X0081	P	649440	2131740	10
06452X0096	HY	653200	2135230	NC
06452X0100	HY	651100	2131280	NC
06452X0101	P	650760	2131560	15
06452X0102	P	650425	2134050	17,1
06452X0103	HY	650440	2134270	NC
06452X0104	HY	650425	2133625	NC
06452X0105	HY	650440	2133010	NC
06452X0106	P	650650	2132540	11,7
06452X0107	P	650700	2131970	3,5
06452X0111	HY	649310	2133640	NC
06452X0115	HY	653450	2131175	NC
06452X0116	HY	648700	2133125	NC
06452X0119	HY	650250	2130800	NC
06452X0120	P	649940	2130860	12,4
06452X0121	P	649740	2130970	13,6
06452X0122	HY	649900	2131130	NC
06452X0123	P	649200	2131660	10,9
06452X0124	HY	648680	2131960	NC
06452X0129	420	649710	2132350	NC
06452X0130	421	649850	2132410	NC
06455X0004	P	646840	2128350	4,2
06455X0005	HY	646925	2129320	NC
06455X0006	HY	647000	2129250	NC
06455X0007	HY	647480	2129940	NC
06455X0008	P	648580	2129580	7,9
06455X0010	HY	647240	2128250	NC
06455X0011	G	647450	2128720	NC
06455X0012	HY	647520	2129000	NC
06455X0013	HY	647660	2129150	NC
06455X0014	HY	647460	2129560	NC
06455X0015	HY	648230	2129240	NC
06455X0016	HY	647870	2129940	NC
06455X0018	HY	646760	2128580	NC
06455X0019	HY	646350	2128220	NC
06455X0020	P	646010	2128540	3
06455X0021	HY	645810	2128825	NC
06455X0022	P	645640	2129560	11,2
06455X0023	HY	645620	2129820	NC

06455X0024	HY	646220	2129220	NC
06455X0025	HY	646300	2129620	NC
06455X0026	HY	646780	2129890	NC
06455X0027	HY	646230	2130120	NC
06455X0028	P	645560	2129560	5,2
06455X0029	HY	644830	2128870	NC
06455X0030	P	645750	2129320	4
06455X0031	HY	646300	2128300	NC
06455X0032	HY	647210	2128710	NC
06455X0033	P	643890	2129300	7,75
06455X0034	P	644010	2129580	4,1
06455X0035	P	646460	2128910	3,2
06455X0036	HY	648540	2128040	NC
06455X0037	HY	647410	2128360	NC
06455X0038	HY	646700	2128770	NC
06455X0039	P	648640	2129240	7,7
06455X0040	417	646880	2129910	NC
06455X0041	PUITS	646152	2127513	5,98
06455X0048	F	643927,7	2129596,6	6
06456X0003	P	648750	2128820	5,5
06456X0004	P	648770	2128870	10
06456X0005	HY	648710	2128640	NC
06456X0006	HY	648960	2130060	NC
06456X0007	HY	649450	2129220	NC
06456X0008	HY	649320	2129690	NC
06456X0009	HY	649010	2129400	NC
06456X0010	HY	648930	2129300	NC
06456X0011	HY	648910	2129160	NC
06456X0012	HY	648950	2129030	NC
06456X0013	HY	649020	2128200	NC
06456X0014	HY	648960	2128860	1,1
06456X0015	P	648830	2128960	11,5
06456X0016	HY	649090	2127930	NC
06456X0032	HY	651950	2127710	NC
06456X0033	P	651800	2127610	10,4
06456X0034	P	651490	2127110	12,5
06456X0035	HY	651620	2127210	NC
06456X0036	HY	651110	2128890	NC
06456X0037	HY	650650	2129740	NC
06456X0038	HY	650650	2129320	NC
06456X0039	HY	651430	2128970	0
06456X0040	HY	651740	2129340	NC
06456X0041	P	650920	2129980	17,1
06456X0042	HY	651260	2128370	NC
06456X0043	HY	650860	2128400	NC
06456X0044	P	651530	2128210	4,3
06456X0046	HY	649850	2129610	NC

06456X0047	HY	649610	2129410	NC
06456X0048	HY	650630	2128360	NC
06456X0049	HY	650130	2129090	1,5
06456X0050	P	651130	2130000	5,9
06456X0051	HY	651380	2130060	NC
06456X0052	HY	651390	2129960	NC
06456X0053	P	650700	2129910	6
06456X0054	P	651260	2129570	5
06456X0055	HY	651360	2129820	NC
06456X0065	HY	653020	2129550	NC
06456X0066	P	651520	2128590	9
06456X0067	P	651690	2128480	4,4
06456X0068	P	651130	2128730	4,1
06456X0069	P	651360	2128740	3,5
06456X0070	HY	650790	2128940	0,7
06456X0071	HY	648860	2130010	NC
06456X0072	P	648690	2128940	6,2
06456X0073	HY	650650	2129550	NC
06456X0074	416	649900	2130060	NC
06451X0107	P	647816	2133590	17

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

Direction régionale Auvergne Rhône-Alpes
Adresse
12, avenue des Landais
63170 – Aubière - France
Tél. : 04.73.15.23.00

ANNEXE 2 :

RAPPORT BRGM/RP-66960-FR

« Etude sanitaire et environnementale de l'ancien site minier des Montmins (Allier) - Campagne de mesures pXRF »

Document confidentiel

Etude sanitaire et environnementale de l'ancien site minier des Montmins (Allier) - Campagne de mesures pXRF

Rapport provisoire

BRGM/RP- RP-66960-FR
mars 2017

B. LEMIERE, G. BENTIVEGNA

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Etude sanitaire et environnementale de l'ancien site minier des Montmins (Allier) – Campagne de mesures pXRF

Rapport final

BRGM/RP 66960-FR
Mars 2017

B. LEMIERE, G. BENTIVEGNA

Vérificateur :	**Approbateur :**
Nom : G. BELENFANT	Nom : F. GARRIDO
Fonction : Chargé de mission	Fonction: Directeur Adjoint D3E
Date : 23/06/2017	Date : 18/01/2018
Signature **:**	Signature **:**

Le système de management de la qualité et de l'environnement est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.
Contact : qualite@brgm.fr

Géosciences pour une Terre durable
brgm

© BRGM, 2017, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Le présent rapport est une contribution à la mission de GEODERIS pour la réalisation d'une expertise sanitaire et environnementale du secteur des Montmins et de Nades, expertise qui alimentera la réflexion sur les modalités de gestion à mettre en oeuvre.

Parmi les objectifs de cette mission, la présente étude visait notamment à :

- Déterminer l'extension de la contamination (Fe, Mn, W, As, Li, Zn, Pb...) dans les sols et dans les sédiments au moyen de mesures in-situ (mesures par fluorescence X portable ou pXRF) et/ou d'analyses de laboratoire ;
- Caractériser les dépôts au moyen de mesures in-situ (mesures pXRF) et/ou d'analyses de laboratoire :
- Déterminer les environnements locaux témoins (ELT).

La campagne de terrain a permis d'identifier et localiser plusieurs types de signatures minéralisées, toutes associées à l'arsenic : W(Sn), Sn-W, Sb-Cu.

Le dépôt de résidus du Mazet et les barrages du Cotillon correspondent à la signature W(Sn)-As, avec en association probable le cortège minéralisé de Beauvoir (Li, B, Be, Nb, Ta, REE, Y, Th, ne permettant pas le diagnostic pXRF sur site, ou avec une sensibilité insuffisante). Ces résidus sont plutôt homogènes (matrice quartzo-micacée, granulométrie moyenne), et leur comportement géochimique, géomécanique et écologique est peu contrasté. Les contaminants identifiés sont tous peu mobiles dans un contexte d'altération météorique et tendent à migrer sous forme particulaire à l'occasion des crues ou des défaillances d'ouvrages. Seul l'**arsenic**, par ailleurs ubiquiste, présente une réelle réactivité chimique impliquant des transferts possibles en solution, entre les eaux, les résidus et les sédiments, ou dans les processus pédogénétiques. Les rejets accidentels de résidus, libérés lors des défaillances des barrages, sont observables sous forme de dépôts secondaires sur le cours aval de la Bouble et dans les zones inondables au droit du Cotillon. La même signature est applicable au site de la Bosse.

Pour les autres sites de la zone d'étude (Nades, Chaillat et Bois des Menus, Lalizolle, Boënat) certains autres éléments apparaissent (Cu, Zn, Sb, Ba) mais jamais à des concentrations suffisantes pour nécessiter un suivi environnemental plus complet, sauf peut-être sur les dépôts de résidus eux-mêmes.

Sommaire

1. Introduction, contexte, objectifs 12

1.1. INVENTAIRE DES DECHETS MINIERS 12

1.2. HISTORIQUE SUCCINCT 13

1.2.1. Concession des Montmins 13

1.2.2. Concession de Nades 15

1.3. ETUDES RECEMMENT REALISEES OU EN COURS SUR LES SECTEURS DES MONTMINS ET DE NADES 15

2. Travaux demandés au BRGM 16

2.1. TACHE 1 : REUNION DE LANCEMENT DE PROJET 16

2.2. TACHE 2 : PRESENTATION DE LA PHASE INFORMATIVE PAR GEODERIS 16

2.3. TACHE 3 : PREMIERE PHASE DE L'ETUDE HYDROGEOLOGIQUE 16

2.4. TACHE 4 : PRESENTATION DE LA PREMIERE PHASE DE L'ETUDE HYDROGEOLOGIQUE ET ELABORATION DU PLAN D'ECHANTILLONNAGE 16

2.5. TACHE 5 : CAMPAGNE DE MESURES NITON® (PXRF) 16

2.6. TACHE 6 : SYNTHESE DES RESULTATS DE LA CAMPAGNE NITON® (PXRF) 17

3. Méthodes et matériel 18

3.1.1. Cadre général 18

3.2. SPECTROMETRES PORTABLES DE FLUORESCENCE X (PXRF) 18

3.2.1. Appareil utilisé 18

3.2.2. Conditions opératoires 19

3.3. ANALYSES EN LABORATOIRE 19

3.3.1. Analyses sur échantillons de sol 19

3.3.2. Contrôles multiélémentaires 19

4. Campagne de terrain 21

5. Contribution à un schéma conceptuel 21

5.1. OBJECTIFS 21

5.2. SOURCES 21

5.2.1. Localisation 21

5.2.2. Contexte géologique 27

5.2.3. Résidus 27

5.2.4. Cartographie 28
5.3. VOIES DE TRANSFERT 33
5.3.1. Eaux de surface 33
5.3.2. Eaux souterraines 33
5.3.3. Air 34
5.4. RECEPTEURS 34
5.4.1. Agriculture, habitat et jardins 34
5.4.2. Eau domestique 34
5.5. CONTAMINATIONS CROISEES AVEC D'AUTRES MINES 34

6. Extension globale de la contamination 35
6.1. PRINCIPE 35
6.2. EXTENSION GLOBALE DE LA CONTAMINATION POUR LA BOUBLE 35
6.3. EXTENSION GLOBALE DE LA CONTAMINATION A L'EST ET AU SUD DE LA ZONE 35

7. Caractérisation des résidus 36
7.1. DECHETS D'EXTRACTION (HALDES) 36
7.2. SITE DE LA BOSSE 36
7.3. SITE DE NADES 36
7.4. SITES DE CHAILLAT ET BOIS DES MENUS 38
7.5. LALIZOLLE 40
7.6. LES CHAUMES MOLLES 40
7.7. BOËNAT 40
7.8. DECHETS DE CONCASSAGE ET DE LAVERIE (RESIDUS DE TRAITEMENT) 42
7.9. SITE DU MAZET 42

8. Environnements locaux témoin (ELT) 48
8.1. ELEMENTS SUR LE FOND GEOCHIMIQUE 48
8.2. DONNEES DE L'INVENTAIRE MINIER 48
8.3. SIGNATURE GEOCHIMIQUE DES SOURCES 50
8.4. MICASCHISTES ET GNEISS (X1, Z2) 50
8.4.1. Micaschistes à deux micas, chlorito-schistes, micaschistes leucocrates (X1) 50
8.4.2. Faciès métamorphiques de contact (X1st) 50
8.4.3. Gneiss à deux micas (Z2) 51
8.4.4. Gneiss à deux micas et sillimanite (Z2si) 51
8.4.5. Gneiss à biotite et sillimanite (Z2bsi) 51

8.4.6. Gamme des teneurs mesurées par pXRF 51
8.5. MIGMATITES (M3-4) 53
8.5.1. Gamme des teneurs mesurées par pXRF 53
8.6. GRANITE DE POUZOL-SERVANT (G3) 54
8.6.1. Gamme des teneurs mesurées par pXRF 54
8.7. GRANITE DES COLETTES (G1) 54
8.7.1. Gamme des teneurs mesurées par pXRF 55
8.8. GRANITE DE BEAUVOIR (G1AB) 55
8.8.1. Gamme des teneurs 56
8.9. ALLUVIONS (FZ) 56
8.9.1. Gamme des teneurs 57
8.10. SYNTHESE 57

9. Comparaison entre mesures de terrain et analyses en laboratoire 59
9.1. INTRODUCTION 59
9.2. COMPARAISON ENTRE MESURES EN MODE SOL ET MODE GEOCHIMIE 59
9.3. MESURES PXRF ET ANALYSES EUROFINS 62
9.4. MESURES PXRF ET ANALYSES BRGM 67
9.5. ANALYSES EUROFINS, ANALYSES BRGM ET TYPE D'ATTAQUE 74

10. Conclusions 79

11. Bibliographie 81

ANALYSES MULTIELEMENTAIRES PAR ICP/AES **ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.**

Liste des figures et/ou tableaux

Figure 1 : Localisation des dépôts des secteurs des Montmins et de Nades (en bleu : concessions des Montmins et de Nades) 12

Figure 2 : Localisation des plans d'eau du site du Mazet et du dépôt de résidus de broyage de minerai 14

Figure 3 : spectromètre pXRF Olympus Delta Premium 19

Figure 4 – Position des principales zones investiguées et potentiellement impactées par l'ancienne activité minière au niveau du Mazet et de la Bouble. 22

Figure 5 – Position des principales zones investiguées et potentiellement impactées par l'ancienne activité minière (photo aérienne IGN, 1962, zones du Mazet et de la Bosse). 23

Figure 6 – Position des principales zones investiguées et potentiellement impactées par l'ancienne activité minière (photo aérienne IGN, 1977, zones du Mazet et de la Bosse). 23

Figure 7 – Position des principales zones investiguées et potentiellement impactées par l'ancienne activité minière (photo aérienne IGN, 2002, zone du Mazet). 24
Figure 8 – Position des principales zones investiguées et potentiellement impactées par l'ancienne activité minière (zone de la Bosse). 24
Figure 9 – Position des principales zones investiguées et potentiellement impactées par l'ancienne activité minière (photo aérienne IGN, 1946, zone de la Bosse). 25
Figure 10 – Position des principales zones investiguées et potentiellement impactées par l'ancienne activité minière (photo aérienne IGN, 1965, zone de la Bosse). 25
Figure 11 – Position des principales zones investiguées et potentiellement impactées par l'ancienne activité minière (zone de Nades). 26
Figure 12 – Position des principales zones investiguées et potentiellement impactées par l'ancienne activité minière (photo aérienne IGN, 1981, zones de Nades et de la Bosse). 26
Figure 13 – Répartition des teneurs en As (mesures pXRF). 29
Figure 14 – Répartition des teneurs en Sn (mesures pXRF). 30
Figure 15 – Répartition des teneurs en W (mesures pXRF). 31
Figure 16 – Réseau hydrographique (DDT Allier, 2016). 33
Figure 17 – Dépôt de Nades (Google Earth, 2016). 37
Figure 18 – Dépôt de Nades (boisé - points 154 à 156). 38
Figure 19 – Indices de Chaillat et Bois des Menus, teneurs As et Sn (mesures pXRF). 39
Figure 20 – Site de Chaillat (points 63, drainage acide, et 64). 39
Figure 21 – Site des Chaumes Molles, points de mesure pXRF. 40
Figure 22 – Site de Boënat, points de mesure As en pXRF (haut) et inventaire minier (bas). 41
Figure 23 – Dépôt du Mazet (Google Earth, 2016). 43
Figure 24 – Dépôt du Mazet (points 141, 143). 43
Figure 25 – Dépôt du Mazet (points 141, 143, 144), zone des bassins du Mazet (points 20, 142), zone d'écoulement du Cotillon (points 21, 22, 140) et prés inondables de la Bouble (points 158 à 164).Teneurs W en mg/kg 44
Figure 26 – Dépôt du Mazet (points 141, 143, 144), zone des bassins du Mazet (points 20, 142), zone d'écoulement du Cotillon (points 21, 22, 140) et prés inondables de la Bouble (points 158 à 164).Teneurs Sn en mg/kg 45
Figure 27 – Dépôt du Mazet (points 141, 143, 144), zone des bassins du Mazet (points 20, 142), zone d'écoulement du Cotillon (points 21, 22, 140) et prés inondables de la Bouble (points 158 à 164).Teneurs As en mg/kg 46
Figure 28 – Bassins du Cotillon (Google Earth, 2016). 47
Figure 29 – Bassins et digue du Cotillon (points 142, 140, 2016). 47
Figure 30 – Carte des teneurs en As de l'inventaire minier (mg/kg). 49
Figure 31 – Carte des teneurs en Sn de l'inventaire minier (mg/kg). 49
Figure 32 – Carte des teneurs en W de l'inventaire minier (mg/kg). 49
Figure 33 – Comparaison entre mesures en mode sol et mode géochimie pour As en pXRF. 60
Figure 34 – Comparaison entre mesures en mode sol et mode géochimie pour Pb en pXRF. 60

Figure 35 – Comparaison entre mesures en mode sol et mode géochimie pour Sn en pXRF. 61
Figure 36 – Comparaison entre mesures en mode sol et mode géochimie pour Sb en pXRF. 61
Figure 37 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP Eurofins pour As. 62
Figure 38 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP Eurofins pour Cu. 63
Figure 39 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP Eurofins pour Fe. 63
Figure 40 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP Eurofins pour Mn. 64
Figure 41 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP Eurofins pour Pb. 64
Figure 42 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP Eurofins pour Sb. 65
Figure 43 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP Eurofins pour Sn. 65
Figure 44 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP Eurofins pour W. 66
Figure 45 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP Eurofins pour Zn. 66
Figure 46 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP BRGM pour As. 67
Figure 47 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP BRGM pour Cu. 68
Figure 48 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP BRGM pour Fe. 68
Figure 49 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP BRGM pour Mn. 69
Figure 50 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP BRGM pour Nb. 69
Figure 51 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP BRGM pour Pb. 70
Figure 52 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP BRGM pour Sb. 70
Figure 53 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP BRGM pour Sn. 71
Figure 54 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP BRGM pour W. 71
Figure 55 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP BRGM pour Ti. 72
Figure 56 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP BRGM pour Y. 72
Figure 57 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP BRGM pour Zn. 73
Figure 58 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP BRGM pour Zr. 73
Figure 59 – Comparaison entre analyses ICP Eurofins (eau régale) et BRGM (fusion alcaline) pour Sn. 74
Figure 60 – Comparaison entre analyses ICP BRGM eau régale et fusion alcaline pour Sn. ... 75
Figure 61 – Comparaison entre analyses ICP BRGM eau régale et fusion alcaline pour Nb. ... 76
Figure 62 – Comparaison entre analyses ICP BRGM eau régale et fusion alcaline pour Ti. 76
Figure 63 – Comparaison entre analyses ICP BRGM eau régale et fusion alcaline pour W. 77
Figure 64 – Comparaison entre analyses ICP BRGM eau régale et fusion alcaline pour Zr. 77
Tableau 1 : gamme de teneurs observée autour de la Bosse. Mesures pXRF en mg/kg. 36
Tableau 2 : gamme de teneurs observée dans les sols autour du dépôt de résidus de Nades. Mesures pXRF en mg/kg. 37
Tableau 3 : gamme de teneurs observée dans les sols autour du site de Chaillat. Mesures pXRF en mg/kg. 38
Tableau 4 : gamme de teneurs observée dans les sols autour du site du Bois des Menus. Mesures pXRF en mg/kg. 39

Tableau 5 : gamme de teneurs observée dans les résidus du site du Mazet et les digues. Mesures pXRF en mg/kg. 42

Tableau 6 : gamme de teneurs observée sur le Cotillon et dans les sols en aval du Mazet. Mesures pXRF en mg/kg. 46

Tableau 7 : gamme de teneurs observée dans les sols dans les micaschistes (X1) . Mesures pXRF en mg/kg. 52

Tableau 8 : gamme de teneurs observée dans les sols dans les micaschistes à staurotide (X1st). Mesures pXRF en mg/kg. 52

Tableau 9 : gamme de teneurs observée dans les sols dans les gneiss (Z2). Mesures pXRF en mg/kg. 53

Tableau 10 : gamme de teneurs observée dans les sols dans les migmatites (M3-4). Mesures pXRF en mg/kg. 53

Tableau 11 : gamme de teneurs observée dans les sols du granite de Pouzol-Servant (g3). Mesures pXRF en mg/kg. 54

Tableau 12 : gamme de teneurs observée dans les sols du granite des Colettes (G1). Mesures pXRF en mg/kg. 55

Tableau 13 : gamme de teneurs observée dans le granite de Beauvoir (G1ab), en mg/kg. 56

Tableau 14 : gamme de teneurs observée dans les alluvions (Fz). Mesures pXRF en mg/kg. 57

Tableau 15 : gamme de teneurs de l'ELT, par formation (en mg/kg, mesures pXRF) 58

Liste des annexes

Annexe 1 Extrait du rapport sur l'amélioration de la sécurité des barrages et ouvrages hydrauliques 85

Annexe 2 Résultats de mesures 89

Annexe 3 Résultats d'analyses en laboratoire ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Annexe 4 Fiches descriptives des points de mesure 97

1. Introduction, contexte, objectifs

Le présent rapport est une contribution à l'expertise sanitaire et environnementale des secteurs des Montmins et de Nades) faisant l'objet de la demande de prestations au BRGM par GEODERIS selon le cahier des charges S2016/023DIO - 16AUV24030 du 25/02/2016, dont les termes sont repris ci-dessous.

1.1. INVENTAIRE DES DECHETS MINIERS

L'inventaire des déchets miniers réalisé par GEODERIS selon les termes de l'article 20 de la directive européenne 2006/21/CE liste 233 secteurs contenant des dépôts de résidus miniers. Ces secteurs ont été classés selon les potentiels de risques sanitaire, environnemental et géotechnique que les dépôts qu'ils contiennent sont susceptibles de générer. Pour l'aspect sanitaire et environnemental, le classement a été effectué sur des classes allant de A à E, les secteurs potentiellement les plus impactants étant rangés dans la classe E. Pour l'aspect géotechnique, le classement a été réalisé selon trois classes allant de I à III, la classe III concernant les secteurs pouvant présenter une (ou des) instabilité(s) potentielle(s) importantes(s).

Le secteur des Montmins (ancienne exploitation de tungstène) appartenant au district minier d'Echassières-Montmins a été classé en E et en III. Il a donc été ciblé pour une étude sanitaire et environnementale. Même s'il n'est classé qu'en B et en I le secteur de Nades (ancienne exploitation d'antimoine) sera également intégré à cette étude dans la mesure où il s'inscrit aussi dans le district minier d'Echassières-Montmins.

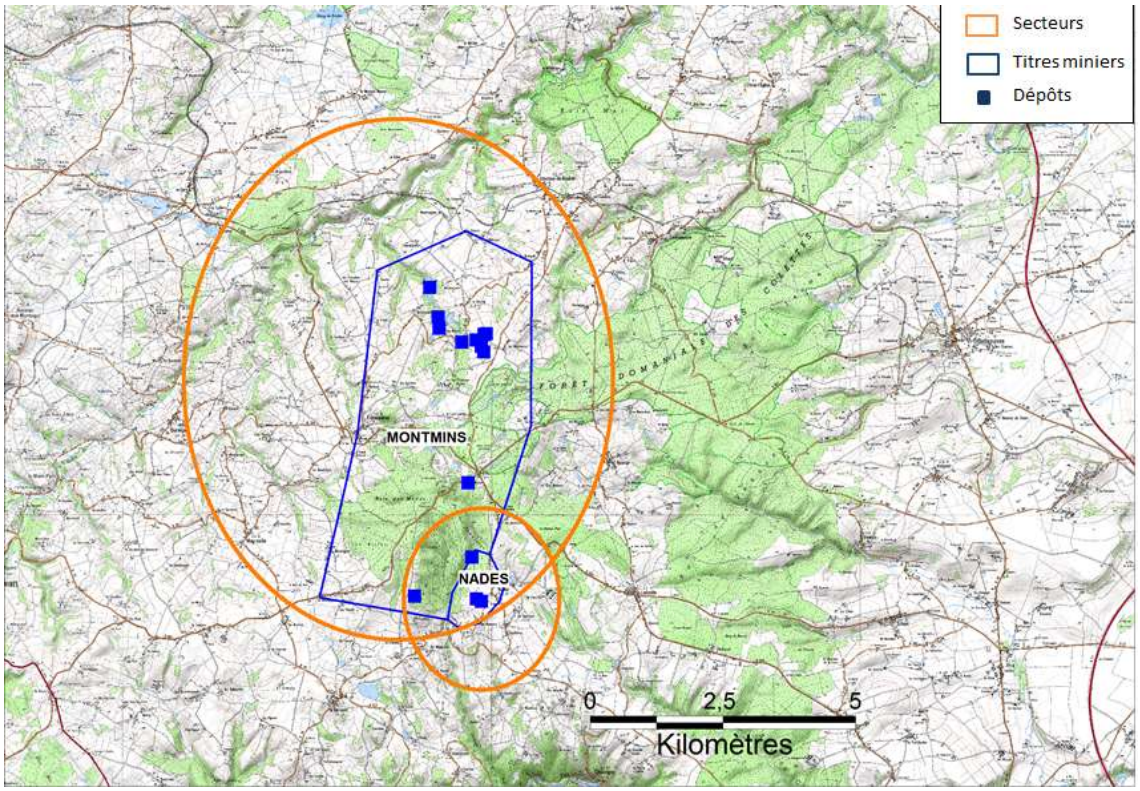


Figure 1 : Localisation des dépôts des secteurs des Montmins et de Nades (en bleu : concessions des Montmins et de Nades)

Neuf dépôts ont été inventoriés sur le secteur des Montmins ainsi que trois dépôts sur le secteur de Nades (Figure 1).

L'étude se base sur les méthodologies édictées par le Ministère de l'Ecologie (MEDDE), en particulier sur l'interprétation de l'état des milieux (IEM). Elle vise notamment à :

- Déterminer l'extension de la contamination dans les sols et dans les sédiments au moyen de mesures in-situ (mesures par fluorescence X portable, désignée pXRF dans ce rapport et Niton® dans le cahier des charges[1]) et/ou d'analyses de laboratoire ;
- Caractériser les dépôts au moyen de mesures in-situ (mesures pXRF) et/ou d'analyses de laboratoire ;
- Identifier et caractériser les possibles exhaures des travaux miniers ;
- Comprendre les mécanismes de communication entre l'aquifère minier et les nappes d'eaux souterraines environnantes ;
- Evaluer la compatibilité entre l'état des milieux et les usages identifiés.

1.2. HISTORIQUE SUCCINCT

Pour le district minier d'Echassières-Montmins, l'exploitation remonterait à l'époque galloromaine.

Ce secteur comprend de nombreux filons métallifères (fer, étain, wolfram, antimoine) qui ont fait l'objet de nombreux petits travaux de recherches entre 1820 et le début du 20ème siècle. Ce district a fait l'objet de plusieurs titres miniers :

- le PER d'Echassières pour étain attribué au BRGM de 1968 à 1977 ;
- le PEX d'Echassières pour étain attribué à COFRAMINES de 1979 à 1989 ;
- la concession de Montmins pour tungstène attribuée en 1917 ;
- la concession de Nades pour antimoine annulée en 1958.

Les travaux associés aux deux premiers titres miniers sont peu étendus, mais ils ont permis l'exploitation de l'étain comme sous-produit de la carrière de kaolin encore en activité à Echassières.

Un Permis Exclusif de Recherches de mines de lithium, étain, tantale, niobium, tungstène, béryllium et substances connexes dit « permis de Beauvoir » est actuellement accordé à la société IMERYS CERAMICS France depuis le 15 mai 2015.

1.2.1. Concession des Montmins

La concession des Montmins a été attribuée le 02/06/1917 à la Compagnie Minière et Métallurgique des Montmins puis mutée au profit de la Société Minière et Métallurgique de Penarroya le 17/10/1968. L'exploitation a fait l'objet d'une procédure d'arrêt des travaux miniers, régulièrement actée en 1962 en excluant les annexes comme les

[1] Ce terme, qui est le nom du constructeur d'un des principaux spectromètres portables de fluorescence X (pXRF) sera remplacé dans la suite du document par le terme générique (pXRF), d'autres appareils étant désormais utilisés.

terrils ou autres dépôts de résidus de traitement de minerai suivant les règles en vigueur avant 1980.

En 2003, il est donné acte de l'arrêt définitif des travaux miniers sur la concession des Montmins sans que la gestion des résidus de la laverie minière et du barrage du Cotillon aient été pris en compte après analyse juridique du bureau de la législation minière de la DGEMP qui les exclut du champ d'application de la police des mines.

La concession des mines de wolfram des Montmins a vu sa renonciation acceptée en 2006. La production a été d'environ 20 000 tonnes de wolframite à une teneur de près de 65 % d'oxyde de tungstène après traitement.

L'ensemble des rejets de laverie a été déposé au sein des bassins de décantation situés au niveau du site du Mazet. Quatre de ces bassins sont retenus par des barrages dont le plus important est le barrage du Cotillon (hauteur de 32 m). Un important dépôt de résidus de broyage de minerai est également observé sur le site, près du cinquième bassin (bassin de la Dune ; Figure 2).

Figure 2 : Localisation des plans d'eau du site du Mazet et du dépôt de résidus de broyage de minerai

Après l'arrêt de l'exploitation, l'ensemble du foncier a été cédé en 1968 à la SCI du Mazet qui y a développé diverses activités de loisir sur une partie des bassins en eau. Le site est maintenant la propriété d'un autre particulier.

En 2013, suite à la constatation du mauvais état du barrage du Cotillon, le plan d'eau situé à l'arrière de cet ouvrage a été vidangé. Dès la fin de la vidange, les sédiments contenus au fond de ce plan d'eau ont été entaillés et érodés car traversés du sud au nord par le cours d'eau du Cotillon qui se jette à plus d'un kilomètre en aval dans la rivière de la Bouble. Une partie de ces sédiments a pu ainsi être entraînée vers l'aval de la retenue du Cotillon.

En février 2015, un des barrages situé en amont de celui du Cotillon, s'est brutalement rompu et s'est déversé vers la retenue du Cotillon, en aval immédiat, entraînant une pollution du réseau hydrographique superficiel. Deux autres retenues font l'objet d'un abaissement de leur niveau afin de diminuer le risque de rupture en cascade des ouvrages.

1.2.2. Concession de Nades

Les premiers travaux de recherche à Nades datent de 1825. Ces derniers permettent de découvrir le gisement de sulfure d'antimoine du quartier St Paul. Ce n'est qu'en 1833 que commence véritablement l'exploitation du quartier St Paul. L'exploitation n'étant pas rentable, elle s'arrête en 1837. La mine est restée inactive jusqu'en 1877, où elle fait l'objet de travaux de recherche. Un puits est foncé au voisinage des anciens travaux et l'ancienne galerie d'écoulement est prolongée. Ces recherches n'ayant pas permis de trouver un gîte exploitable, la mine de Nades fut de nouveau délaissée jusqu'en 1901.

A cette date, les travaux sont repris, notamment sous la forme de nombreuses tranchées. Une seule tranchée, pratiquée à l'emplacement du futur quartier Giraudet, donne des résultats.

- En 1902, le puits Pansier est ouvert avec deux galeries qui ne donneront pas grand résultat.
- Un autre puits, dit puits Giraudet, est amorcé à proximité de l'ancienne tranchée.
- En 1903, des galeries au niveau 12 sont attaquées depuis le puits Giraudet.
- En 1906, l'extraction est de 50 tonnes de minerai. Elle est de 248 tonnes en 1907.
- De 1910 à 1914, la mine de Nades est exploitée. C'est à cette époque qu'on découvre de l'or au sein des filons de stibine. Durant cette période, la section du puits Giraudet est agrandie jusqu'à 3,50 x 2,80 m, le puits est approfondi. Les galeries Nord et Sud du niveau 23 sont avancées. De nouvelles galeries aux niveaux 13 et 48 sont creusées, ainsi qu'un travers-banc au niveau 48.

Après 1914, l'exploitation ne reprendra pas. L'annulation de la concession est proposée en 1958.

1.3. ETUDES RECEMMENT REALISEES OU EN COURS SUR LES SECTEURS DES MONTMINS ET DE NADES

Ces secteurs font actuellement l'objet d'une étude détaillée des aléas (EDA). Le BRGM a été sollicité pour contribuer à la réalisation de la phase informative et de la phase d'évaluation de l'aléa.

En juin 2013, le propriétaire du site du Mazet a confié à un bureau conseil spécialisé (SOMIVAL) l'étude de réhabilitation du site du barrage du Cotillon (sécurisation du barrage, de la cuvette et élimination du risque de migration des sédiments de la cuvette vers le cours d'eau). Les conclusions ont été rendues en 2015 à la demande de la DREAL. Cette étude prévoit le détournement hydraulique de toutes les retenues par le creusement de chenaux sur les deux versants.

Le secteur des Montmins et plus précisément le site du Mazet, a par ailleurs fait l'objet d'un état des lieux environnemental ciblé sur l'aval du site suite à la vidange du barrage du Cotillon et à l'érosion, par le ruisseau éponyme, des sédiments situés en fond de retenue. Les résultats de cet état des lieux sont reportés dans les rapports INERIS-DRC-13-139688-0924A et GEODERIS S 2014/063DE-14AUV3301.

2. Travaux demandés au BRGM

Les travaux demandés au BRGM s'articulent autour des tâches suivantes :

2.1. TACHE 1 : REUNION DE LANCEMENT DE PROJET

2.2. TACHE 2 : PRESENTATION DE LA PHASE INFORMATIVE PAR GEODERIS

2.3. TACHE 3 : PREMIERE PHASE DE L'ETUDE HYDROGEOLOGIQUE

2.4. TACHE 4 : PRESENTATION DE LA PREMIERE PHASE DE L'ETUDE HYDROGEOLOGIQUE ET ELABORATION DU PLAN D'ECHANTILLONNAGE

Les tâches 1 à 4 ne sont pas couvertes par le présent rapport.

2.5. TACHE 5 : CAMPAGNE DE MESURES NITON® (PXRF)

Les travaux demandés au BRGM dans le cadre de cette tâche sont :

- effectuer une campagne de mesures NITON® (pXRF) permettant une évaluation semi quantitative de l'état de contamination des terrains investigués et d'orienter les prélèvements effectués par GEODERIS et l'INERIS en vue des analyses de laboratoire ; ces mesures porteront sur les sols, les sédiments et les résidus miniers. Une partie d'entre elles sera consacrée à la détermination des environnements locaux témoins selon la démarche utilisée par le BRGM sur le site de Lacoste dans le Gard. Les éléments d'intérêt sont le fer, le manganèse, le tungstène, l'arsenic, le lithium[2], le zinc (et le plomb) ;
- pour chaque point, le matériau sur lequel aura été effectuée la mesure devra faire l'objet d'une description (granulométrie, type de matériau, couleur, etc..) ainsi que de photographies. Les prélèvements devront, quant à eux, faire l'objet d'une fiche de prélèvement. Chaque point de mesure et de prélèvement devra être géoréférencé au sein d'une table au format shapefile. Ces éléments devront être fournis à GEODERIS au plus tard 2 semaines après la campagne de mesures ;

[2] le lithium ne peut en fait pas être analysé par pXRF (trop léger)

- prévoir une réunion (qui se déroulera à l'issue de la campagne de terrain) entre le BRGM, GEODERIS et l'INERIS durant laquelle tous les points de mesure seront repris afin d'harmoniser les données.
- effectuer une vérification, par un spécialiste de la mesure NITON®, des résultats des mesures. Cette vérification devra permettre de filtrer les mesures considérées comme non exploitables et non fiables. Des droites de calibration « mesures NITON® / analyses de laboratoire » devront par ailleurs être réalisées.

Les prélèvements solides et les analyses de laboratoire nécessaires à l'élaboration de ces droites de calibration seront effectués par le BRGM.

La durée de cette campagne est évaluée à 10 jours. Elle sera réalisée conjointement avec le BRGM, l'INERIS et GEODERIS. Avec son propre NITON®, GEODERIS appuiera l'action du BRGM en l'aidant à circonscrire les secteurs les plus contaminés. Afin d'éviter tout artéfacts sur les résultats de mesure liés à l'utilisation de deux NITON® différents, seules les mesures du BRGM seront retenues dans le cadre de la phase d'interprétation.

Le premier jour de la campagne de terrain sera consacré à une visite globale de la zone d'étude organisée par GEODERIS.

2.6. TACHE 6 : SYNTHESE DES RESULTATS DE LA CAMPAGNE NITON® (PXRF)

Il est demandé au BRGM de synthétiser dans un rapport les données NITON® (mesures BRGM) après avoir écarté celles considérées comme non fiables. Ce rapport devra également comprendre un tableau de synthèse où figure une description macroscopique sommaire des matériaux sur lesquels ont été effectuées les mesures (granulométrie, type de matériau, couleur, référence de la photographie associée, etc..). Enfin, ce rapport devra également présenter les droites de calibration du NITON® ainsi que les résultats d'analyses ICP qui ont permis l'élaboration de ces droites.

3. Méthodes et matériel

3.1.1. Cadre général

Cette étude fait appel à la méthodologie générale de caractérisation des sites et sols pollués en vigueur en France (MEEM, 2017), ainsi qu'aux méthodologies de monitoring des impacts des mines abandonnées, aux méthodologies de détermination du fond géochimique en milieu hétérogène, à la méthodologie d'utilisation des spectromètres portables de fluorescence X sur les sites miniers, et aux méthodologies d'échantillonnage dynamique à partir des résultats de mesure sur site (Robbat, 1997 ; US-DOE, 2001).

Elle fait en outre appel à la méthodologie de définition de l'environnement local témoin, ou ELT (INERIS, 2006; Maton et al., 2008; Aubert et Hulot, 2012) récemment développée pour le site de Pallières (Lemière et al., 2017).

La mission faisant l'objet du présent rapport a été effectuée du 10 au 21 octobre 2016 par Bruno Lemière et Gaétan Bentivegna.

3.2. SPECTROMETRES PORTABLES DE FLUORESCENCE X (PXRF)

Cette technique est désignée dans le cahier des charges de l'étude sous le nom du constructeur des appareils utilisés habituellement (NITON®). Elle peut être mise en œuvre avec tout spectromètre pXRF de performances comparables à ceux de ce constructeur.

3.2.1. Appareil utilisé

L'appareil utilisé est un spectromètre pXRF Olympus Delta Premium (Figure 3) équipé d'un tube émetteur X 50kV et d'un détecteur Si-PIN, disposant des modes sol et géochimie. Il peut détecter ou analyser les éléments de numéro atomique entre le silicium et l'uranium pourvu que leur teneur soit suffisante et qu'il n'y ait pas d'interférences.

Notons que pour le sujet étudié, certains éléments importants ne peuvent pas être analysés :

- Li, B et Be, trop légers,
- Ta, trop peu abondant,
- les terres rares (REE) pour lesquelles la sélectivité de l'appareil est insuffisante.

Certains éléments peuvent être détectés mais pas analysés avec précision, en raison de la proximité de leur limite analytique : Th, U, Nb, Y. Si nécessaire, une analyse statistique précise de La, Ce, Y et Th peut être envisagée.

Lors des campagnes 2016 sur les sites d'Enguialès et Pallières, cet appareil a été déployé en parallèle du Niton XL3t, afin d'en évaluer les performances et de comparer les mesures avec celles du Niton XL3t. Ces comparaisons ont montré que les mesures de l'Olympus étaient de qualité au moins équivalente.

Figure 3 : spectromètre pXRF Olympus Delta Premium.

3.2.2. Conditions opératoires

Les mesures au Delta Premium sont effectuées en modes sol et géochimie après calibration interne. Le temps de comptage est de 30 secondes pour chacun des 3 filtres (mode sol) ou 40 secondes pour chacun des 2 filtres (mode géochimie), ce qui fait un temps total inférieur à 2 minutes. La mesure en mode géochimie est nécessaire pour analyser Al, Si, W et Sn, et pour quantifier les sources (fortes teneurs).

3.3. ANALYSES EN LABORATOIRE

3.3.1. Analyses sur échantillons de sol

Les analyses de laboratoire exploitées pour ce projet ont été réalisées par les laboratoires Eurofins sous le contrôle de GEODERIS avec les procédures suivantes :

- Lors de la préparation physico chimique de l'échantillon, le refus à 2mm ne sera pas conservé. Si le laboratoire le juge nécessaire, un broyage mécanique (LSA6L) sera ajouté afin de faciliter la préparation de l'échantillon. Prétraitement de l'échantillon - NF ISO 11464 (X31-412) : Accrédité sur Sol (Programme 134), Sédiments, Boue (Programme 156) ;
- Minéralisation à l'eau régale selon NF EN 13346 (X33-010) : Accréditée sur Sol (Programme 134), Sédiments, Boue (Programme 156) ;
- Analyse par ICP/AES de : Aluminium (Al) , Argent (Ag), Arsenic (As), Baryum (Ba), Calcium (Ca), Cadmium (Cd), Chrome (Cr), Cobalt (Co), Cuivre (Cu), Fer (Fe), Potassium (K), Magnésium (Mg), Manganèse (Mn), Sodium (Na), Nickel (Ni), Plomb (Pb), Soufre (S), Antimoine (Sb), Silicium (Si), Thallium (Tl), Zinc (Zn) selon NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B ou B sols. Mercure (Hg) selon NF ISO 16772 (Sol) - Adaptée de NF ISO 16772 (Boue, Sédiments).

3.3.2. Contrôles multiélémentaires

Une sélection d'échantillons a été analysée par les laboratoires du BRGM en mode multiélémentaire. Les échantillons ont été séchés et broyés à 80 µm, puis la perte au feu a été déterminée à 450°C. Une mise en solution complète a été effectuée par frittage alcalin et reprise acide. 34 éléments ont ensuite été déterminés par spectrométrie ICP/AES (résultats en annexe 2).

Compte tenu des écarts importants entre les analyses Eurofins et les analyses de contrôle en mise en solution complète (§ 9), une sélection d'échantillons a été analysée également après minéralisation par eau régale (résultats en annexe 2). Cette tâche avait pour objectif de mettre en évidence le rôle du type de minéralisation pour l'analyse des éléments réfractaires, notamment W et Sn.

4. Campagne de terrain

Les investigations de terrain et mesures pXRF ont été effectuées du 10 au 21 octobre 2016 par B. Lemière et G. Bentivegna. Une tournée commune avec GEODERIS et la DREAL le 20 octobre a permis de valider le plan d'échantillonnage et de partager les observations.

Remarque générale : les photos sont autant que possible référencées avec le numéro de point. Les coordonnées des points figurent dans l'annexe 3.

5. Contribution à un schéma conceptuel

5.1. OBJECTIFS

L'étude sanitaire et environnementale s'appuie sur une connaissance précise des sources principales des éléments chimiques à suivre, leurs voies de transfert et les conditions dans lesquelles ils se déposent dans les milieux récepteurs.

Elle nécessite de bien connaître l'extension géographique des transferts et des dépôts, afin de pouvoir bien distinguer les milieux contaminés des milieux naturellement riches en ces éléments. En effet, les concentrations naturelles peuvent être plus élevées au voisinage des minéralisations que dans les sols et sédiments comparables mais éloignés de toute minéralisation. Ce phénomène (anomalie géochimique) est généralement exploité pour la recherche minière.

Elle nécessite enfin de connaître les processus géochimiques libérant les éléments depuis les sources (minerais et résidus), contrôlant leur transfert en solution ou sous forme particulaire, et leur dépôt dans les milieux récepteurs en fonction de leur nature géologique.

Ces notions sont à la base du schéma conceptuel du site. Même si un tel schéma a déjà été élaboré préalablement, il convient en premier lieu de le contrôler et l'affiner, lors de la vérification de l'extension des zones impactées.

Les interprétations ci-dessous ont été effectuées avec les seules données d'investigations de terrain avec le spectromètre pXRF. Elles ont été ensuite reliées avec les résultats de laboratoire afin de pouvoir relier les valeurs ELT avec les études de risque sanitaire. Ce choix est justifié par la bonne corrélation entre mesures de terrain et analyses (§ 9).

5.2. SOURCES

5.2.1. Localisation

Les sources identifiées sont les restes de l'activité minière pour tungstène et ses substances associées (Sn, Li, Nb, Ta,...), mais aussi pour d'autres substances telles que l'antimoine (Aubert, 1969 ; Cuney et al., 1992 ; Bouchot et al., 2005). Compte tenu

des études précédentes (GEODERIS), les sources potentielles principales sont les stocks de déchets d'extraction (haldes) et de traitement (résidus fins). Aucune source hydraulique (exhaure) majeure n'a été identifiée. Le rôle des excavations résiduelles (open pits ou minières, Gagnière, 1980) comme sources potentielles n'a pas été abordé ici.

Les haldes les plus récentes se trouvent aux environs de la Bosse (Figure 8 à Figure 10) à proximité des excavations les plus importantes. L'exploitation des Chaumes Molles s'observe dans la topographie, mais surtout en cavités, ainsi que des haldes anciennes, largement végétalisées. Il s’agit d’une ancienne exploitation de kaolin, donc non minière. Des haldes anciennes, largement végétalisées, sont observables dans le secteur de Nades (Figure 11, Figure 12), où le traitement mécanique des minerais après triage n'a pas laissé de dépôts de résidus aussi volumineux qu'au Mazet. Dans les secteurs de Chaillat et Bois des Menus, Lalizolle et Boënat, aucun dépôt formel n'a été reconnu.

Les résidus de traitement se trouvent principalement dans le secteur du Mazet, au nord ouest du village, traversés par le ruisseau du Cotillon (Figure 4 à Figure 7).

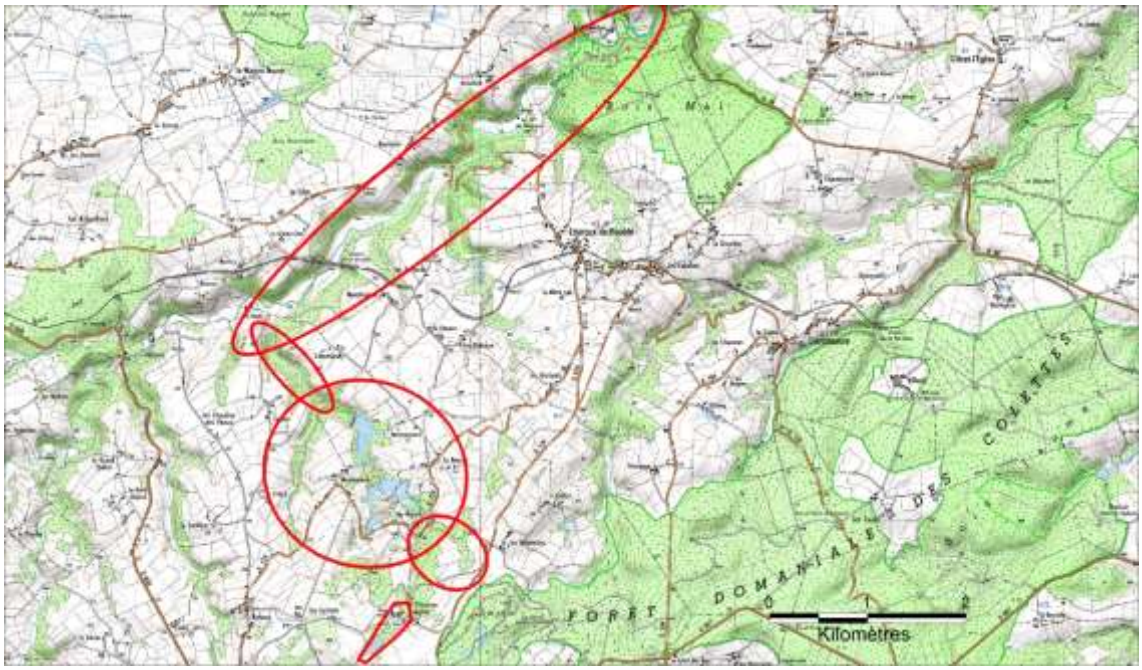


Figure 4 – Position des principales zones investiguées et potentiellement impactées par l’ancienne activité minière au niveau du Mazet et de la Bouble.

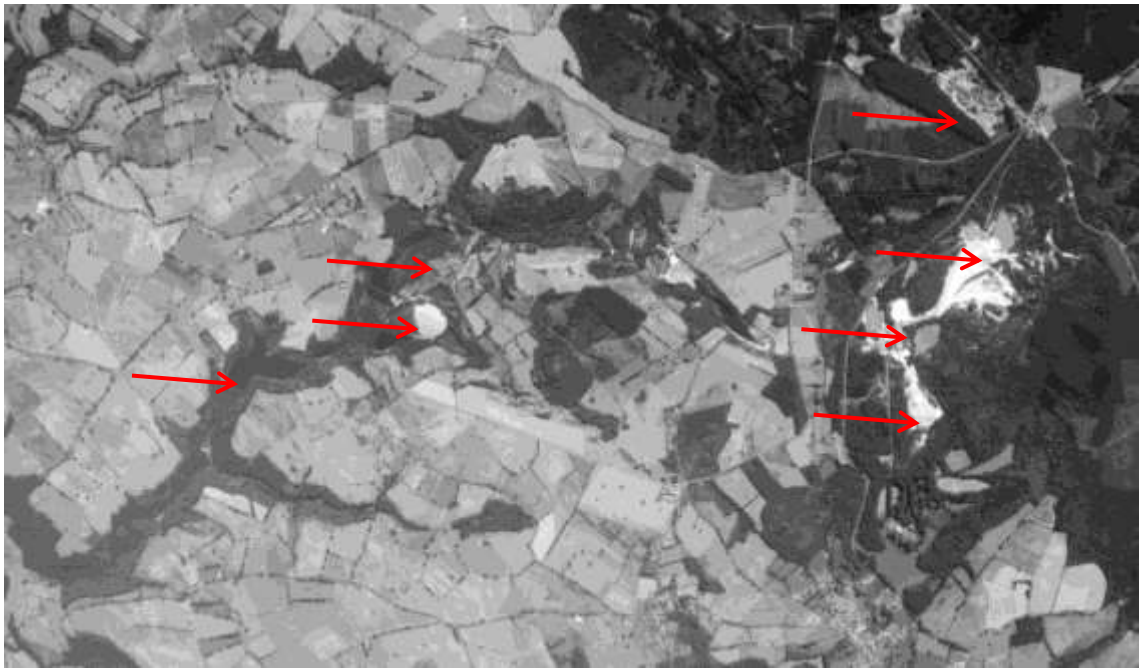


Figure 5 – Position des principales zones investiguées et potentiellement impactées par l'ancienne activité minière (photo aérienne IGN, 1962, zones du Mazet et de la Bosse).

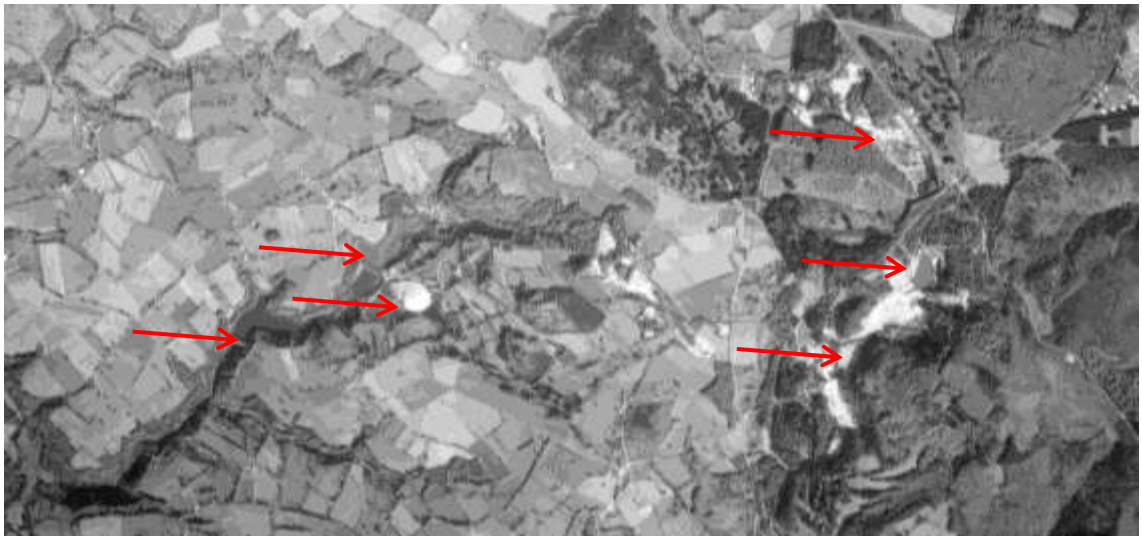


Figure 6 – Position des principales zones investiguées et potentiellement impactées par l'ancienne activité minière (photo aérienne IGN, 1977, zones du Mazet et de la Bosse).

Figure 7 – Position des principales zones investiguées et potentiellement impactées par l'ancienne activité minière (photo aérienne IGN, 2002, zone du Mazet).

Les travaux de la zone du Mazet ne sont pas visibles sur les photos de 1946.

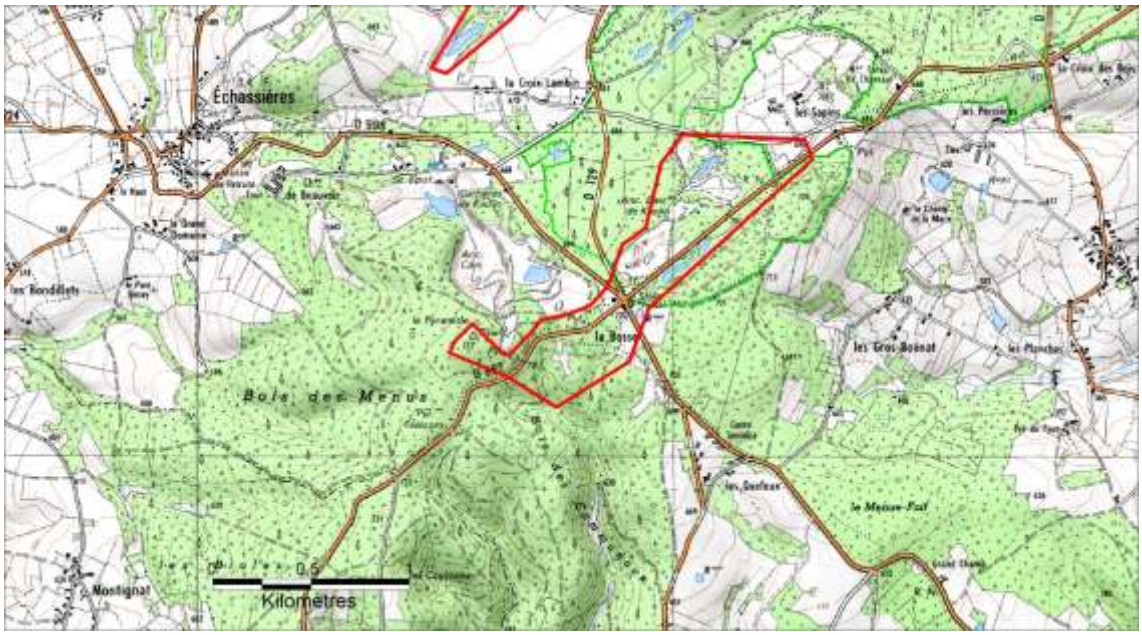


Figure 8 – Position des principales zones investiguées et potentiellement impactées par l'ancienne activité minière (zone de la Bosse).

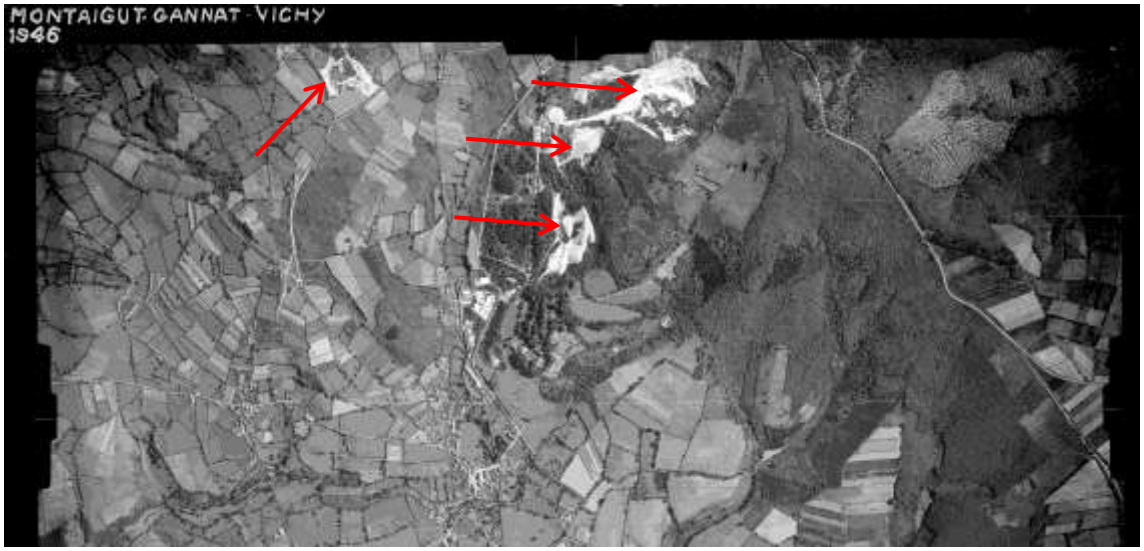


Figure 9 – Position des principales zones investiguées et potentiellement impactées par l'ancienne activité minière (photo aérienne IGN, 1946, zone de la Bosse).

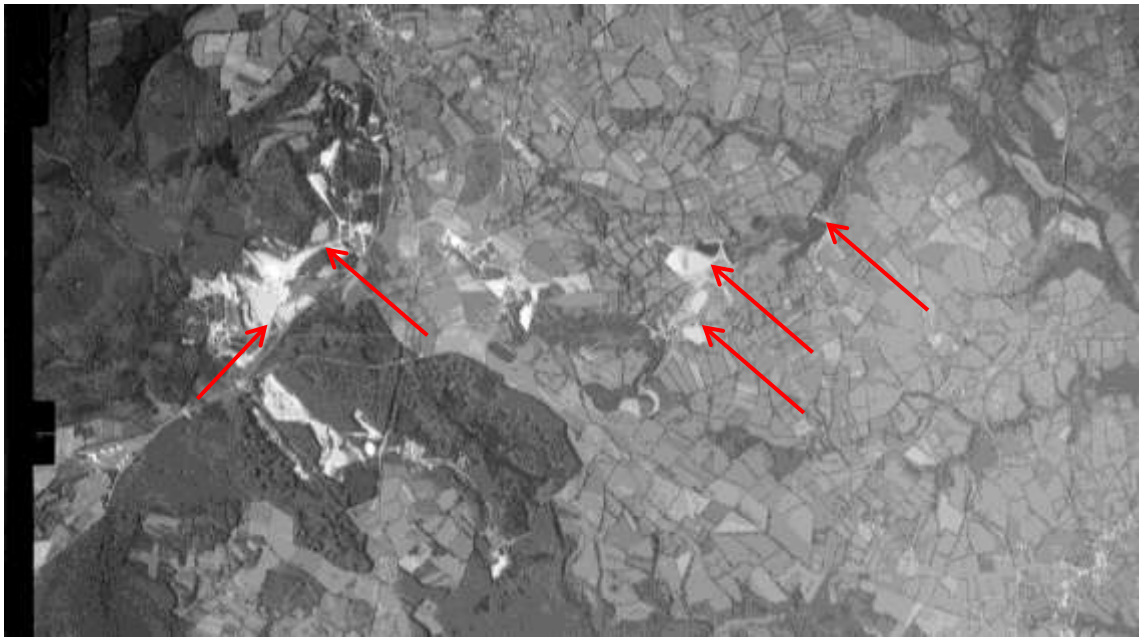


Figure 10 – Position des principales zones investiguées et potentiellement impactées par l'ancienne activité minière (photo aérienne IGN, 1965, zone de la Bosse).

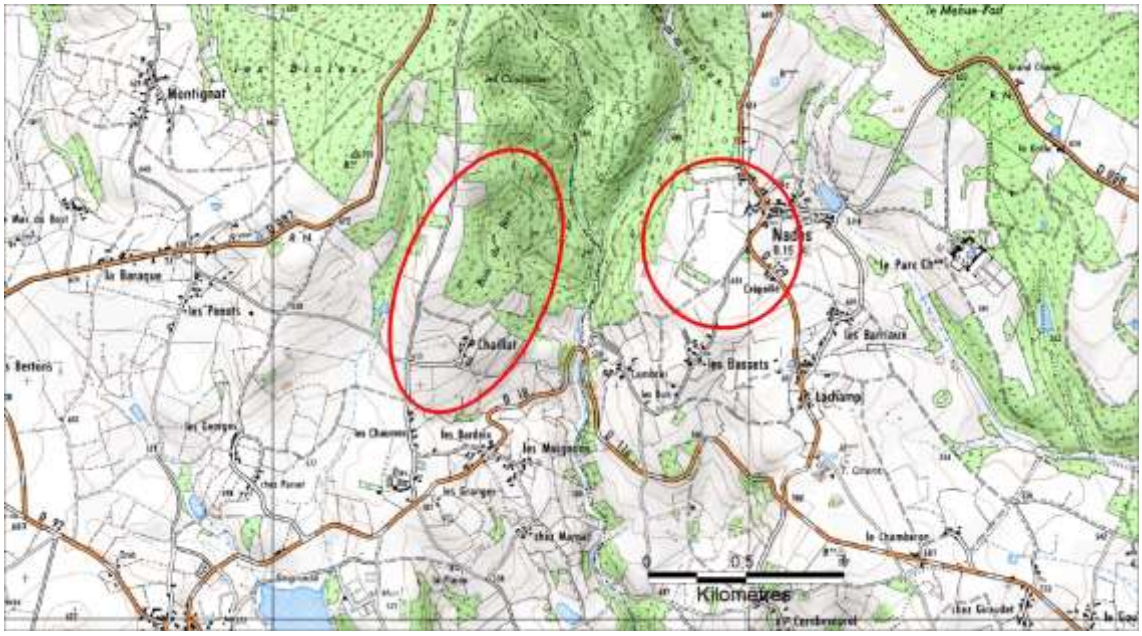


Figure 11 – Position des principales zones investiguées et potentiellement impactées par l'ancienne activité minière (zone de Nades).

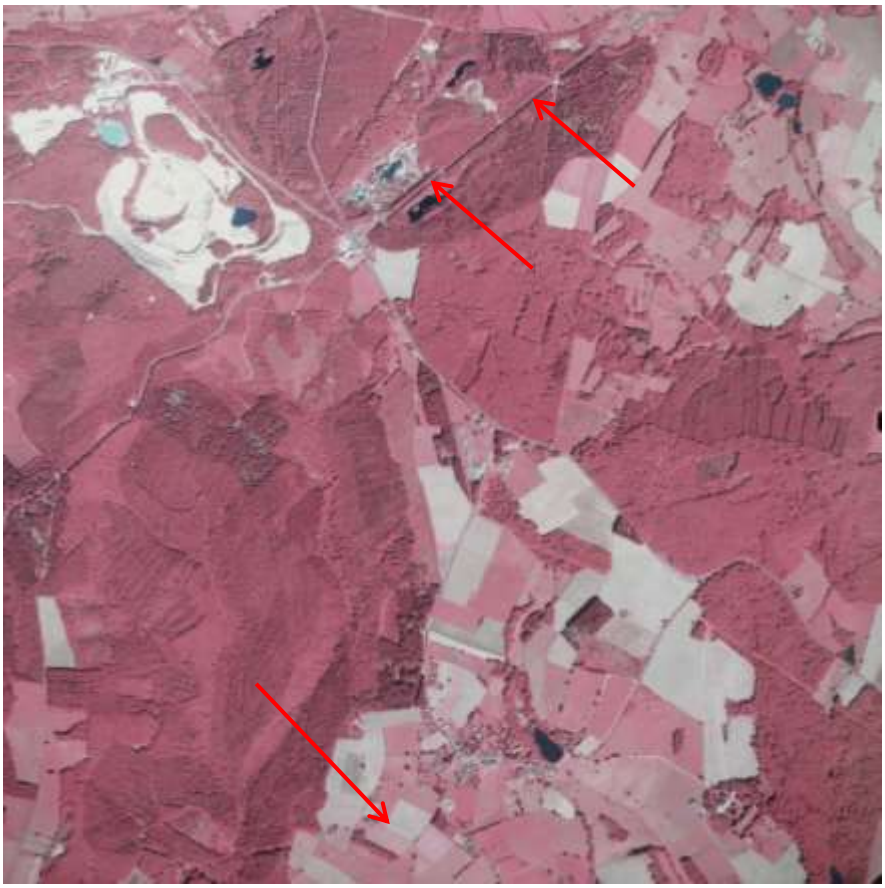


Figure 12 – Position des principales zones investiguées et potentiellement impactées par l'ancienne activité minière (photo aérienne IGN, 1981, zones de Nades et de la Bosse).

Les anciennes haldes de Nades sont visibles sur photo aérienne sous forme d'une zone boisée dans les labours.

5.2.2. Contexte géologique

La minéralisation est associée aux intrusions granitiques des Colettes et plus particulièrement à la coupole alcaline à lépidolite (Li) de Beauvoir. Elle comprend plusieurs cortèges de filons principalement quartzeux, souvent à topaze (Aubert, 1969), et leurs épontes d'altération hydrothermale chargées en sulfures, minéraux potassiques et tourmaline. L'ensemble de ces éléments est implanté de façon sécante dans les micaschistes du groupe de la Sioule (Grolier et al., 1975) et dans les granites (Aubert, 1969 ; Cuney et al., 1992 ; Bouchot et al., 2005). Le granite des Colettes, toujours proche ou sous-jacent des micaschistes (auréole métamorphique à staurotide) apparaît à l'affleurement au centre du secteur d'étude.

Des filons stériles ou pauvres, et les altérations hydrothermales sont susceptibles d'être observés bien au-delà du périmètre de la concession. L'arsenic peut ainsi être présent au-delà des filons minéralisés (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.** à **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

5.2.3. Résidus

Ces matériaux ont été investigués et localisés lors d'études précédentes (GEODERIS). La présente étude a permis d'en compléter la connaissance par quelques observations et analyses complémentaires.

Ils représentent des matériaux à composition de granite altéré ou hydrothermalisé, ou des matériaux filoniens, à quartz et sulfures, accompagnés de leur encaissant altéré ou hydrothermalisé, en général micaschisteux, parfois cornéifié.

Déchets d'extraction (haldes)

Ces déchets d'extraction (waste rock) sont des fragments et déblais de roche présumés stériles qui n'ont pas été concassés. Ils représentent donc un mélange de roche hôte (schistes et granites plus ou moins hydrothermalisés), et de matériaux filoniens (quartz, brèches) pauvres en minéralisation. Du fait de l'altération hydrothermale, ces déchets sont susceptibles d'être localement enrichis en As, K, Fe, Mn et Cu. Ils contiennent souvent des teneurs anomaliques en Sn, W, Cu, Sb, etc, mais trop basses pour être considérés comme minerai avec les techniques de valorisation de l'époque. Ils sont moins oxydés que le minerai concassé et broyé.

On trouve de tels déchets au voisinage des exploitations de la Bosse (ils se trouvent sur les emprises IMERYS) et de la mine de Nades (§ 7.3). Les autres sites peuvent avoir laissé de tels déchets mais ils sont difficiles à localiser du fait de leur ancienneté et du couvert végétal.

Déchets de concassage et de laverie (résidus de traitement)

Ces résidus sont des matériaux inframillimétriques (sables, fines de traitement) de même nature lithologique que les précédents. Ils ont été observés en quantité importante au Mazet, et sur son aval hydrographique (Cotillon). On en retrouve aussi

de faibles quantités plus en aval, sur le cours de la Bouble, probablement suite aux défaillances de digues.

Sur une partie du terril de Nades, on trouve aussi des matériaux concassés et triés.

5.2.4. Cartographie

Les teneurs en As, Sn et W ont été reportées (Figure 13 à Figure 15) indépendamment de la nature des milieux (sols, sédiments) ou des formations, afin de mieux localiser les sources potentielles.

On observe ainsi les points d'extraction et de traitement, ainsi que les voies de transfert. Ces points sont bien délimités pour le tungstène (Figure 15), élément géochimiquement peu mobile, et se transférant sous forme solide. L'étain a le même type de comportement mais est plus largement distribué (Figure 14) ce qui suggère que les sources minéralisées sont plus nombreuses. Enfin, l'arsenic est très largement distribué (Figure 13), ce qui peut représenter des sources plus nombreuses encore (filons à arsénopyrite seule, par exemple) ou une mobilité géochimique bien plus importante.

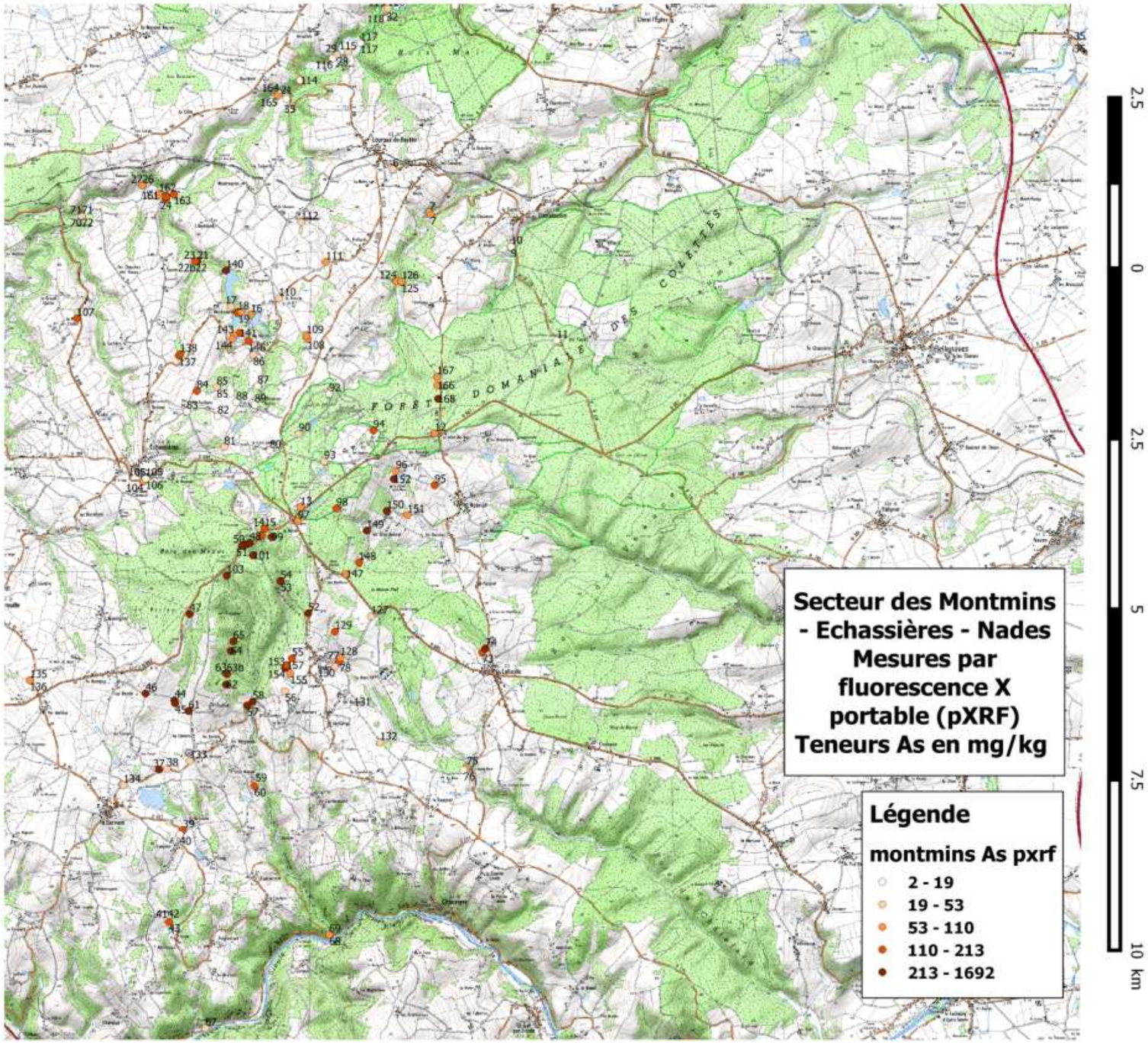


Figure 13 – Répartition des teneurs en As (mesures pXRF).

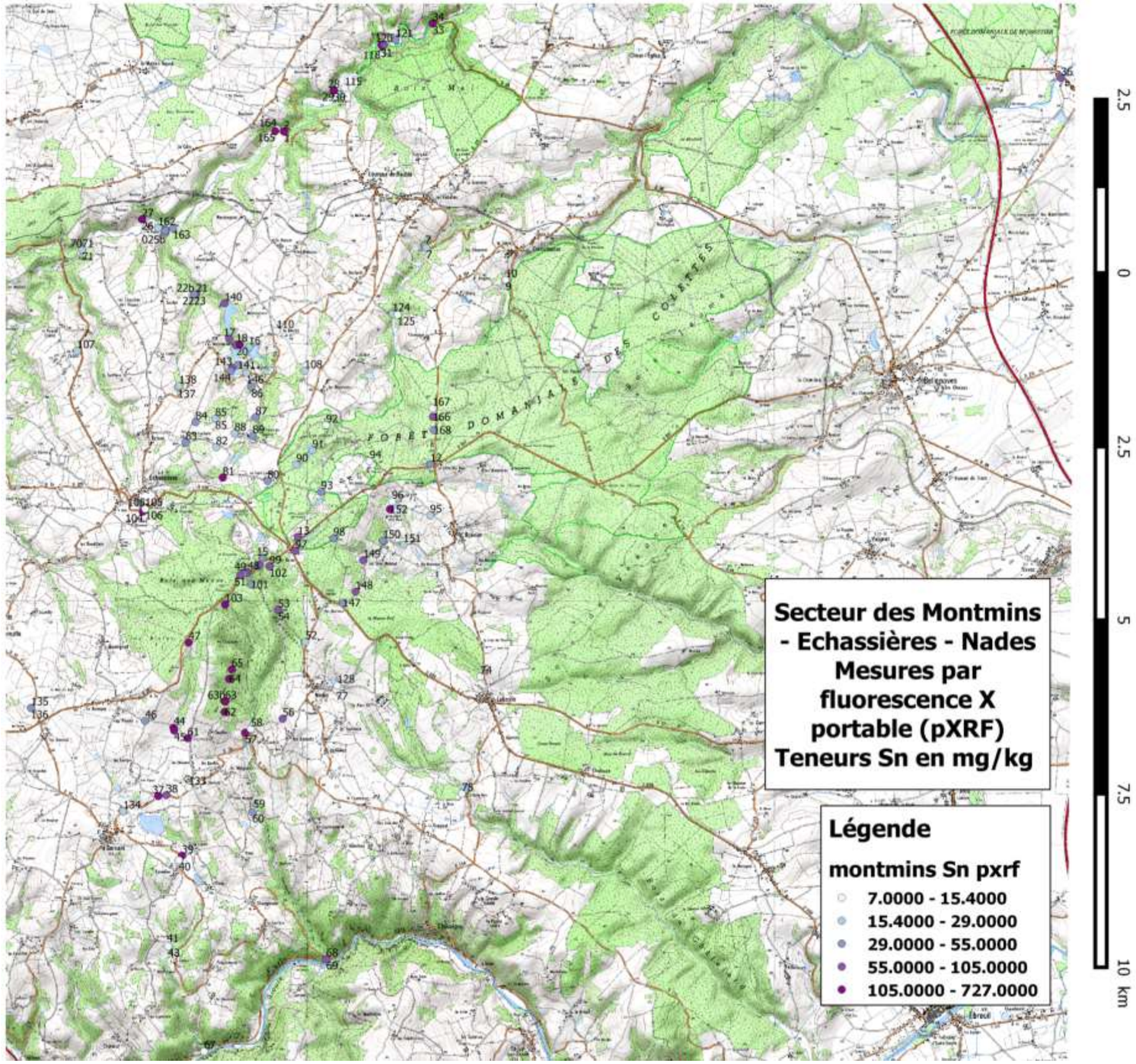


Figure 14 – Répartition des teneurs en Sn (mesures pXRF).

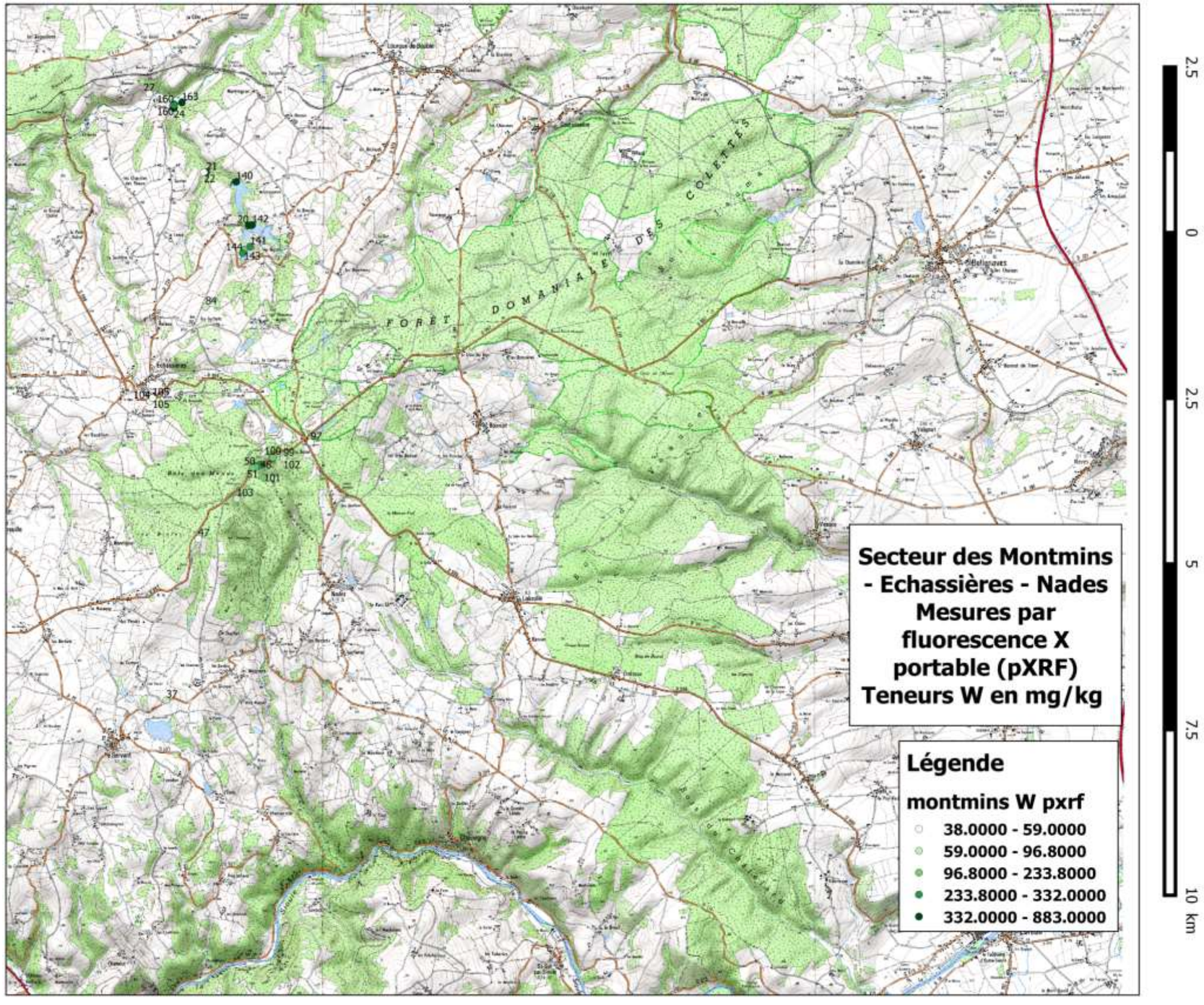


Figure 15 – Répartition des teneurs en W (mesures pXRF).

5.3. VOIES DE TRANSFERT

5.3.1. Eaux de surface

Le principal drainage des travaux miniers et des stocks de résidus est le ruisseau du Cotillon, la Bouble, côté Nord et Est, et la Sioule et ses affluents (Gourdonne, Cèpe, Grand Vallon) côté Est et Sud. Toutefois, les observations sur la Cèpe et le Grand Vallon semblent reliées à des anomalies naturelles plutôt qu'à des résidus mal connus. Le transfert de résidus par le réseau hydrographique apparaît très clairement sur les cartes pXRF (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.** à **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Figure 16 – Réseau hydrographique (DDT Allier, 2016).

L'ensemble de ces cours d'eau est soumis à des variations de débit modérées en relation avec les pluies saisonnières. Les sédiments présents dans leur lit sont soumis à un régime de chasses modérées, et les berges à des épisodes d'érosion et de débordement. Les plaines alluviales sont sujettes à inondation en cas de crue.

La rupture accidentelle d'une digue du site du Mazet, en mars 2015, a donné lieu à un déversement de sédiments et de résidus dans la Bouble.

5.3.2. Eaux souterraines

L'hydrogéologie du site à l'époque de la fin des exploitations est présentée par Belkessa (1981). Le secteur d'étude est totalement contrôlé par les régimes de fracture caractéristiques des socles granitiques et cristallophylliens. Ce point est traité dans le rapport BRGM RP-66139 réalisé dans le cadre de la tâche 3 de la demande Geoderis. Le paragraphe suivant en reprend les éléments de synthèse :

- Le degré d'altération et de fracturation des formations géologiques du territoire étudié permettent la constitution d'horizons aquifères comme en témoigne le grand nombre de points d'eau recensés dans InfoTerre.
- Les écoulements souterrains ne sont pas circonscrits au sein des bassins versants topographiques du fait de l'existence de filons jouant le rôle de drains.
- Les anciens travaux miniers plus ou moins interconnectés et ennoyés perturbent localement la circulation de l'eau souterraine.

5.3.3. Air

Le transfert des polluants par voie aérienne est possible pour les résidus fins en période de sécheresse (arsenic principalement). Il peut alors affecter les sols du voisinage, principalement des herbages et quelques forêts. Ce transfert est probablement peu important depuis la fin de la période d'exploitation.

On ne tient pas compte ici des exploitations actuelles de kaolin.

5.4. RECEPTEURS

5.4.1. Agriculture, habitat et jardins

Le secteur est en partie couvert par des zones forestières, parcourue par des sentiers de randonnée ou de chasse, et pour le reste par des zones agricoles (herbages et polyculture). Ces zones comportent des villages et de l'habitat dispersé, avec jardins.

5.4.2. Eau domestique

La principale ressource utilisée par le SIVOM de Sioule et Bouble est le captage sous basaltique de Louchadière, hors secteur. Des captages AEP ont existé au Bois des Menus (Echassières), à Boenat (Lalizolle) et Quefoux (Nades), tous dans la zone d'étude mais ils ont tous été abandonnés. Les motifs d'abandon ont été essentiellement des raisons qualitatives : présence d'arsenic (captages du bois des menus sur la commune d'Echassières : codes BSS 06451X0070 à 06451X0072, 06451X0074 et 06451X0040) et/ou quantitatives : débits insuffisants (captages de la commune de Lalizolle : codes BSS 06452X0008 à 06452X0010, captage de Quefoux sur la commune de Nades : 06692X0001).

Les puits domestiques sont fréquents, le plus souvent en relation avec le réseau fracturé.

5.5. CONTAMINATIONS CROISEES AVEC D'AUTRES MINES

L'ensemble des mines liées à la coupole d'Echassières étant pris en compte dans les investigations, et aucune mine métallique de ce type n'étant identifiée dans le bassin versant amont de la Bouble, il n'y a pas lieu de prendre en compte de contamination croisée pour Sn ou W. Les anciennes mines de plomb proches de St Eloy pourraient rentrer dans ce cadre, mais leur impact en Pb ou Zn n'a pas été détecté dans les sols en amont du Cotillon sur la Bouble. On observe toutefois la présence de 300 mg/kg d'arsenic dans un sédiment fin au Moulin de Villonne, sans pouvoir préciser si cette anomalie est en rapport avec ces mines ou avec les filons de quartz à arsénopyrite ubiquistes dans cette région. Les anciennes mines de charbon de Saint Eloy et les cendres de production thermique, stockées sur site, ne sont pas connues pour être source d'arsenic.

6. Extension globale de la contamination

6.1. PRINCIPE

Afin de mieux délimiter les zones où pouvaient être effectuées des observations et mesures, il a été procédé en début d'étude à une reconnaissance de l'extension des contaminations d'origine minière, essentiellement au moyen des sédiments de cours d'eau et des sols de zones alluviales.

6.2. EXTENSION GLOBALE DE LA CONTAMINATION POUR LA BOUBLE

Sur la base des observations reprises en § 5.2 et § 5.3, les principaux impacts par voie hydraulique à partir du site de traitement du Mazet, se font par le ruisseau du Cotillon et par le cours aval de la Bouble (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). On a ainsi pu observer la signature W-Sn des résidus miniers dans les sédiments de la Bouble au moins jusqu'à Chantelle la Vieille. En l'absence de signature W-Sn significative sur la Bouble en amont du Cotillon, on considère les teneurs observées en aval comme liées essentiellement aux activités minières. Les sédiments de ces cours d'eau et les sols inondables peuvent être affectés sur tout leur cours, jusqu'au confluent avec la Sioule, ce confluent constituant la clôture de la zone. Aucun impact n'a été noté au-delà des zones inondables.

6.3. EXTENSION GLOBALE DE LA CONTAMINATION A L'EST ET AU SUD DE LA ZONE

Les parties sud et est du secteur, et notamment les zones de Nades, Chaillat, Lalizolle et Boënat sont drainées par de petits affluents de la Sioule et ses affluents (Gourdonne, Cèpe, Grand Vallon) côté Est et Sud. Des anomalies en As, Sn, W et localement Cu ont été observées dans les sédiments et sols alluviaux (cartes pXRF **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** à **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Elles semblent s'atténuer ou se diluer avant leurs confluents avec la Sioule, ce confluent constituant la clôture de la zone. Aucun impact n'a été noté au-delà des zones inondables.

7. Caractérisation des résidus

La caractérisation des résidus complète les travaux déjà réalisés par GEODERIS, notamment dans le cadre de l'inventaire national des déchets miniers, et vient contribuer aux études d'impact et de risque subséquentes.

7.1. DECHETS D'EXTRACTION (HALDES)

Ce type de résidus a été observé indirectement à Nades et peut être rencontré, sous un important couvert végétal, en différents points du secteur d'étude. Leur caractérisation précise nécessiterait une étude de détail, soit sur les terrains IMERYS (La Bosse) soit en zone forestière (Chaillat et Bois des Menus, Lalizolle), au-delà des objectifs de la présente étude et des enjeux présents sur ces zones.

7.2. SITE DE LA BOSSE

Ce site, situé dans l'emprise IMERYS, était le point principal d'extraction des minerais de W et Sn. Il n'y avait pas de traitement lors de la phase principale d'exploitation (1915-1962), les minerais étant transportés par téléphérique jusqu'au site du Mazet où se trouvaient les laveries. Il est probable qu'on puisse y observer encore des déchets d'extraction et peut être des exhaures.

La Bosse	As	Cu	Hg	Nb	Pb	Sn	Th	W	Y	Zn
nbval	9	6	6	9	9	9	8	7	9	9
min	41	24	3	12	23	8	5	43	9	54
max	704	146	38	34	82	101	10	314	24	407
moy	301	58	17	22	49	63	8	191	19	156
med	322	43	11	21	51	62	8	194	20	112

Tableau 1 : gamme de teneurs observée autour de la Bosse. Mesures pXRF en mg/kg.

7.3. SITE DE NADES

"Une exploitation d'antimoine (sous forme de stibine) a été en activité dans la seconde moitié du XIXème Siècle, à proximité du village de Nades. Cette mine a exploité une minéralisation de stibine liée à un filon de quartz encaissé dans les micaschistes." (IMERYS, 2013). Une minéralisation de même type a été décrite au sud de Servant, hors zone d'étude (Grolier et al., 1975).

Un important dépôt de résidus ancien, totalement végétalisé en taillis et fourrés, est observable au sud-ouest de Nades, entouré de labours.

Les résidus proprement dits n'ont pas été mesurés, le terrain étant clos, mais leur signature peut être approchée à travers les anomalies sur les sols environnants (Tableau 2).

Nades	Ag	As	Cu	Pb	Sb	Zn
nbval	1	5	5	5	5	5
min		53	12	29	161	61
max	3.3	512	20	66	680	131
moy		175	15	37	304	108
med		91	14	30	238	120

Tableau 2 : gamme de teneurs observée dans les sols autour du dépôt de résidus de Nades. Mesures pXRF en mg/kg.

On constate une forte anomalie en Sb, une anomalie significative en As et pas ou peu d'anomalie en Cu, Pb, Zn, ni en autres éléments (non représentés ici).

Figure 17 – Dépôt de Nades (Google Earth, 2016).

Figure 18 – Dépôt de Nades (boisé - points 154 à 156).

7.4. SITES DE CHAILLAT ET BOIS DES MENUS

"Certaines zones, au voisinage de La Bosse, ont fait l'objet de travaux superficiels que l'on attribue aux gallo-romains (Indices des Bois Menus et de Chaillat). Il est vraisemblable que l'étain ait été alors recherché" (IMERYS, 2013).

Les indices de Chaillat et Bois des Menus n'ont probablement pas donné lieu à des dépôts volumineux, mais leur impact sur les teneurs en arsenic (Figure 19) dans les sols avoisinants est fort. Les teneurs en As sont nettement supérieures à celles mesurées sur le Mazet. Les teneurs en Sn au nord de Chaillat peuvent laisser penser que des résidus solides ont été dispersés par ruissellement. Les galeries sont situées en amont topographique du point d'observation 63) ce qui est confirmé par l'observation de drainages acides en cours de neutralisation (Figure 20).

Chaillat	As	Cu	Hg	Nb	Pb	Sn	Th	W	Y	Zn
nbval	6	6	6	6	6	6	6	0	6	6
min	396	186	3	16	28	107	8		20	249
max	1692	1158	14	26	112	281	12		27	1069
moy	918	543	7	22	52	185	11		24	538
med	891	359	6	22	41	157	11		24	377

Tableau 3 : gamme de teneurs observée dans les sols autour du site de Chaillat. Mesures pXRF en mg/kg.

Si les teneurs en Sn et As sont au moins comparables à celles du Mazet et du Cotillon, on remarque à Chaillat l'absence de W, la présence de Pb et surtout de Cu, déjà noté par Aubert (1969).

Au Bois des Menus, plus proche de la Bosse, W est présent, Cu et Zn plus faibles.

Bois des Menus	As	Cu	Hg	Nb	Pb	Sn	Th	W	Y	Zn
MMsol103	326	84	20	35	61	127	7	63	13	105

Tableau 4 : gamme de teneurs observée dans les sols autour du site du Bois des Menus. Mesures pXRF en mg/kg.

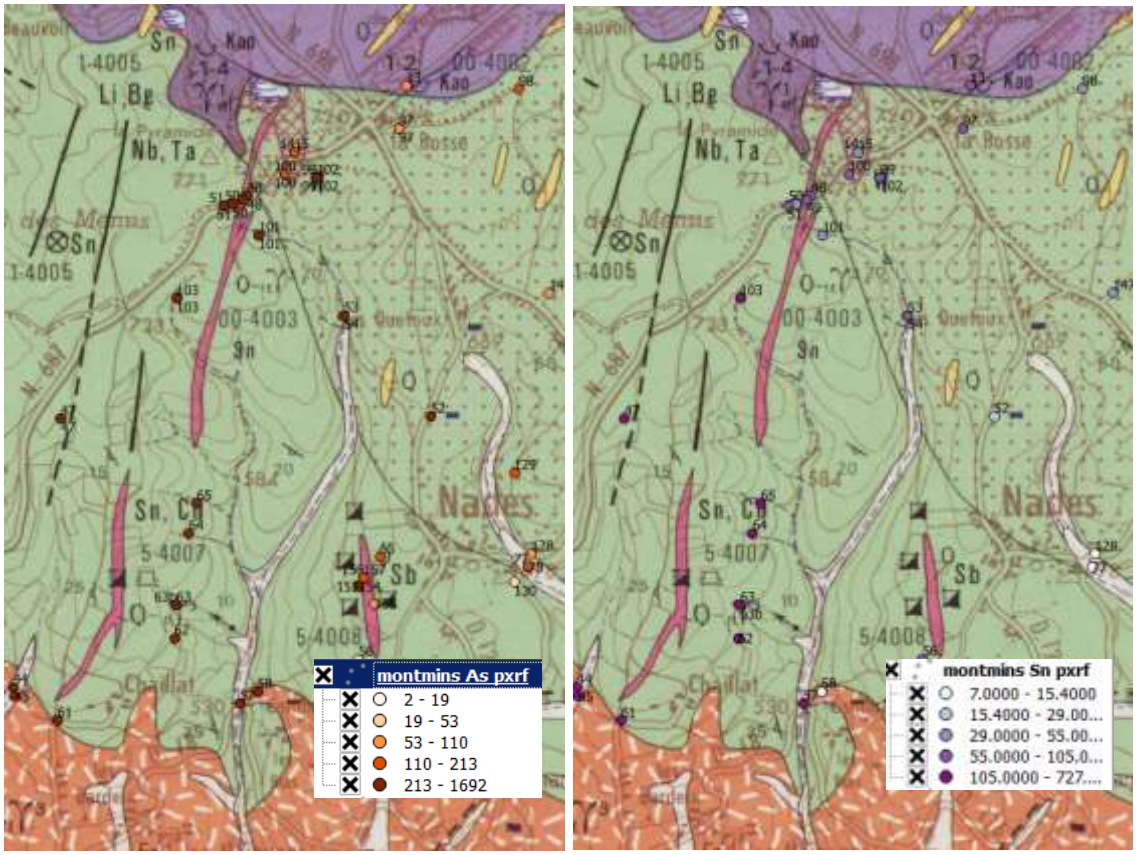


Figure 19 – Indices de Chaillat et Bois des Menus, teneurs As et Sn (mesures pXRF).

Figure 20 – Site de Chaillat (points 63, drainage acide, et 64).

7.5. LALIZOLLE

Aucune observation n'a détecté l'éventualité de présence de résidus pouvant entraîner une contamination.

7.6. LES CHAUMES MOLLES

Des carrières de kaolin étaient exploitées aux Chaumes Molles par la Société des Kaolins des Héritiers de James, qui a cessé son activité en 1981 (IRSP, 2016). Les éléments de bibliographie et les mesures sur site (Figure 21) n'ont mis en évidence aucune anomalie métallique ou arsénieuse. Il s'agit probablement d'une exploitation pour kaolin ou feldspaths uniquement. Du fait de cette activité non minière, ce secteur n'était pas une cible de l'étude, mais a néanmoins été visité pour vérifier l’absence de sols chargés en métaux et/ou métalloïdes.

Figure 21 – Site des Chaumes Molles, points de mesure pXRF.

7.7. BOËNAT

A notre connaissance, il ne s'agissait pas d'un site d'exploitation mais de recherches, avec présence de filons arsénifères. Les mesures effectuées à l'ouest et au nord-ouest du village montrent des anomalies en As, Sn et W (Figure 22 gauche). Ces anomalies s'étendent dans le réseau hydrographique, comme le montrent les pointes de l'inventaire en stream (Figure 22 droite). Aucun résidu n'a été localisé.

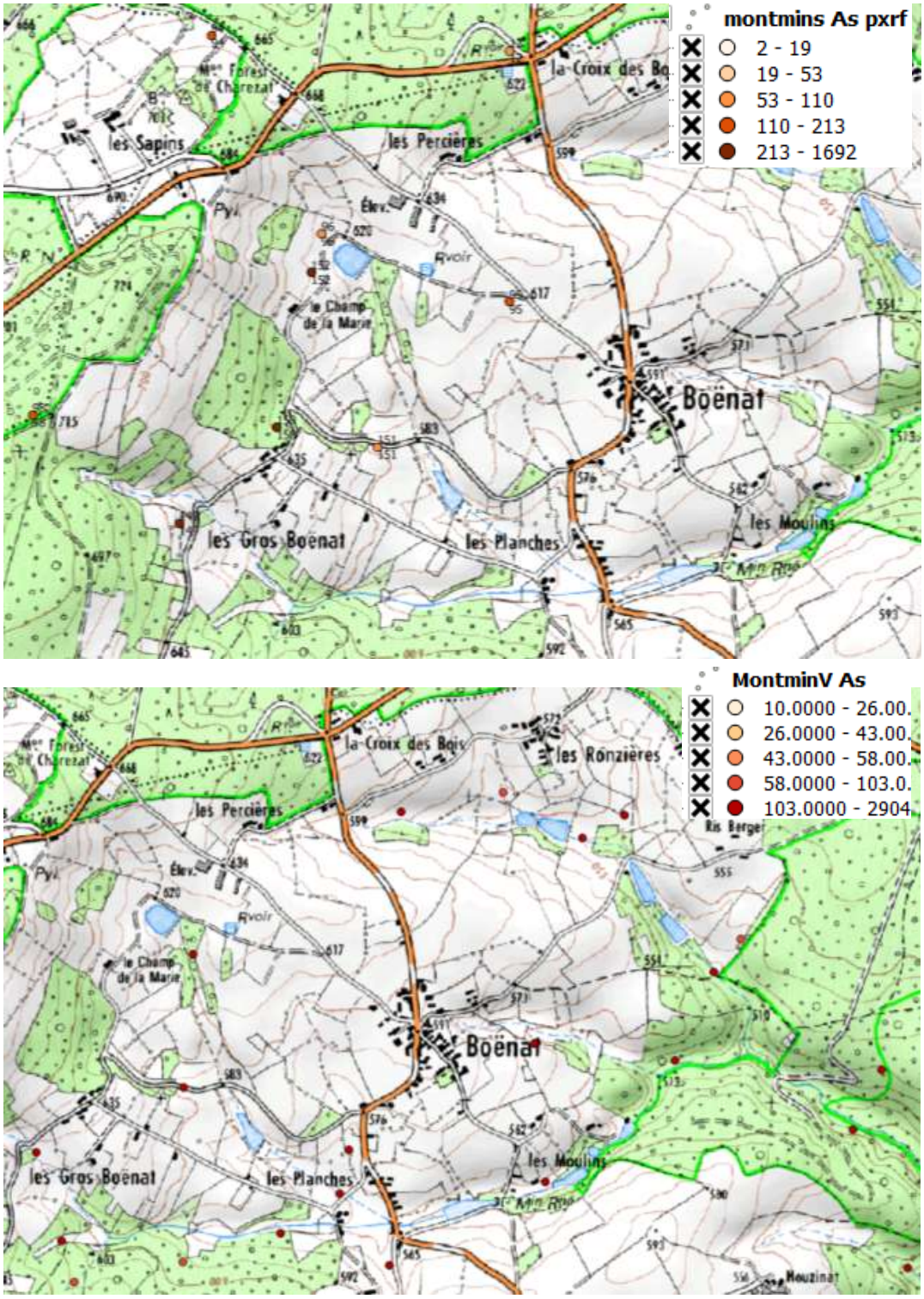


Figure 22 – Site de Boënat, points de mesure As en pXRF (haut) et inventaire minier (bas).

7.8. DECHETS DE CONCASSAGE ET DE LAVERIE (RESIDUS DE TRAITEMENT)

Ces résidus observés au Mazet et sur son aval hydrographique (Cotillon, Bouble), ne présentent en pXRF que la signature W-Sn-As, à l'exclusion des anomalies Sb ou Cu observées sur d'autres sites.

Le traitement les a appauvris en Sn et W par rapport à des minerais, mais les teneurs résiduelles peuvent être importantes du fait des rendements limités des techniques de l'époque. On ne dispose d'aucune donnée sur les autres éléments valorisables (Li, Be, Ta, Nb, REE). Le traitement tend à enrichir les résidus fins en éléments indésirables (As notamment, Fe). Le broyage fin augmente le degré d'oxydation des résidus et la mobilité de As.

Les concentrations en W (200 à 1000 mg/kg), Sn (100 à 800 mg/kg) et Nb (50 à 250 mg/kg) mesurées en pXRF, correspondent à celle d'une anomalie géochimique locale mais pas un minerai. La stabilité géochimique de ces éléments n'impose pas de précaution particulière.

Les concentrations en As mesurées en pXRF (250 à 2000 mg/kg), correspondent à celle d'une anomalie géochimique locale significative. La mobilité, et le risque potentiel associé à cette anomalie dépendent de la spéciation de As, qui devra être établie pour tout plan de gestion.

D'autres éléments ont été mesurés (Nb) ou non détectés (Li, Be, Ta) par pXRF. Dans les analyses en laboratoire, on identifie aussi des anomalies en B (100 à 300 mg/kg), Be (15 à 30 mg/kg), Li (500 à 2500 mg/kg), non analysables par pXRF, et Nb (100 à 300 mg/kg). Les autres éléments réfractaires (Hf, Ta) et les terres rares n'ont pas été analysés. Les teneurs en La et Ce mesurées par ICP/AES ne sont pas très précises mais restent assez basses (maximum 350 et 680 mg/kg) pour ne pas laisser deviner une anomalie significative.

7.9. SITE DU MAZET

Les résidus forment un dépôt sableux fin de plusieurs mètres de haut, non végétalisé, s'étendant sur environ 75x100m (Figure 23, Figure 24).

Les gammes de teneurs montrent un contenu résiduel significatif en W, et localement Hg, Sn et Nb. Les teneurs en As sont anomaliques par rapport aux ELT des formations hôtes (§ 8.4, 8.6, 8.7) sans être élevées. Les teneurs en Cu, Pb, Th, Y et Zn sont faiblement anomaliques.

Mazet	As	Cu	Hg	Nb	Pb	Sn	Th	W	Y	Zn
nbval	20	17	12	20	20	19	20	13	20	20
min	6	4	5	12	18	12	7	43	13	20
max	248	55	100	55	45	207	22	626	30	217
moy	113	28	43	29	34	58	12	327	22	115
med	125	25	23	25	35	31	11	332	23	112

Tableau 5 : gamme de teneurs observée dans les résidus du site du Mazet et les digues. Mesures pXRF en mg/kg.

Figure 23 – Dépôt du Mazet (Google Earth, 2016).

Figure 24 – Dépôt du Mazet (points 141, 143).

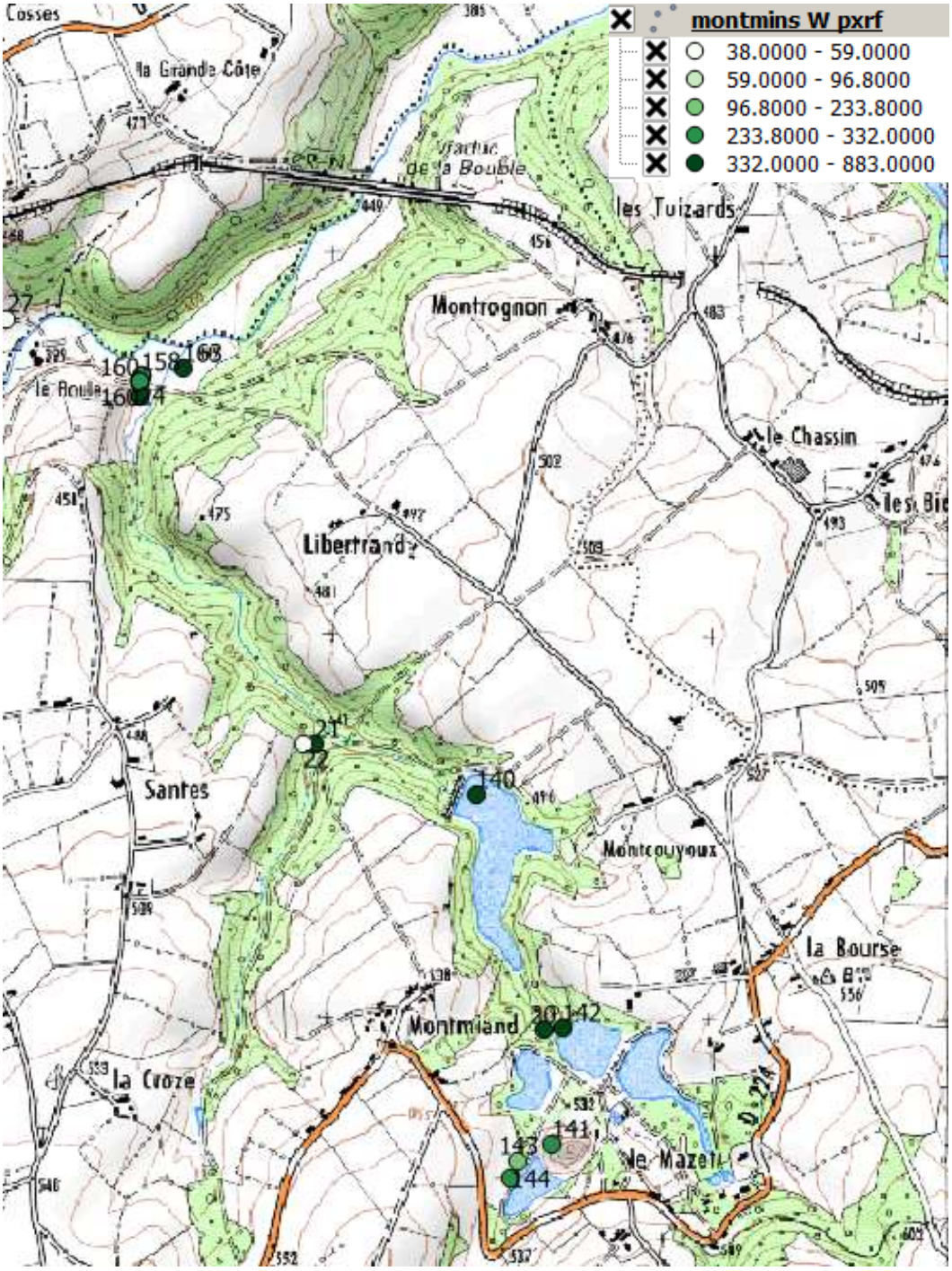


Figure 25 – Dépôt du Mazet (points 141, 143, 144), zone des bassins du Mazet (points 20, 142), zone d'écoulement du Cotillon (points 21, 22, 140) et prés inondables de la Bouble (points 158 à 164).Teneurs W en mg/kg

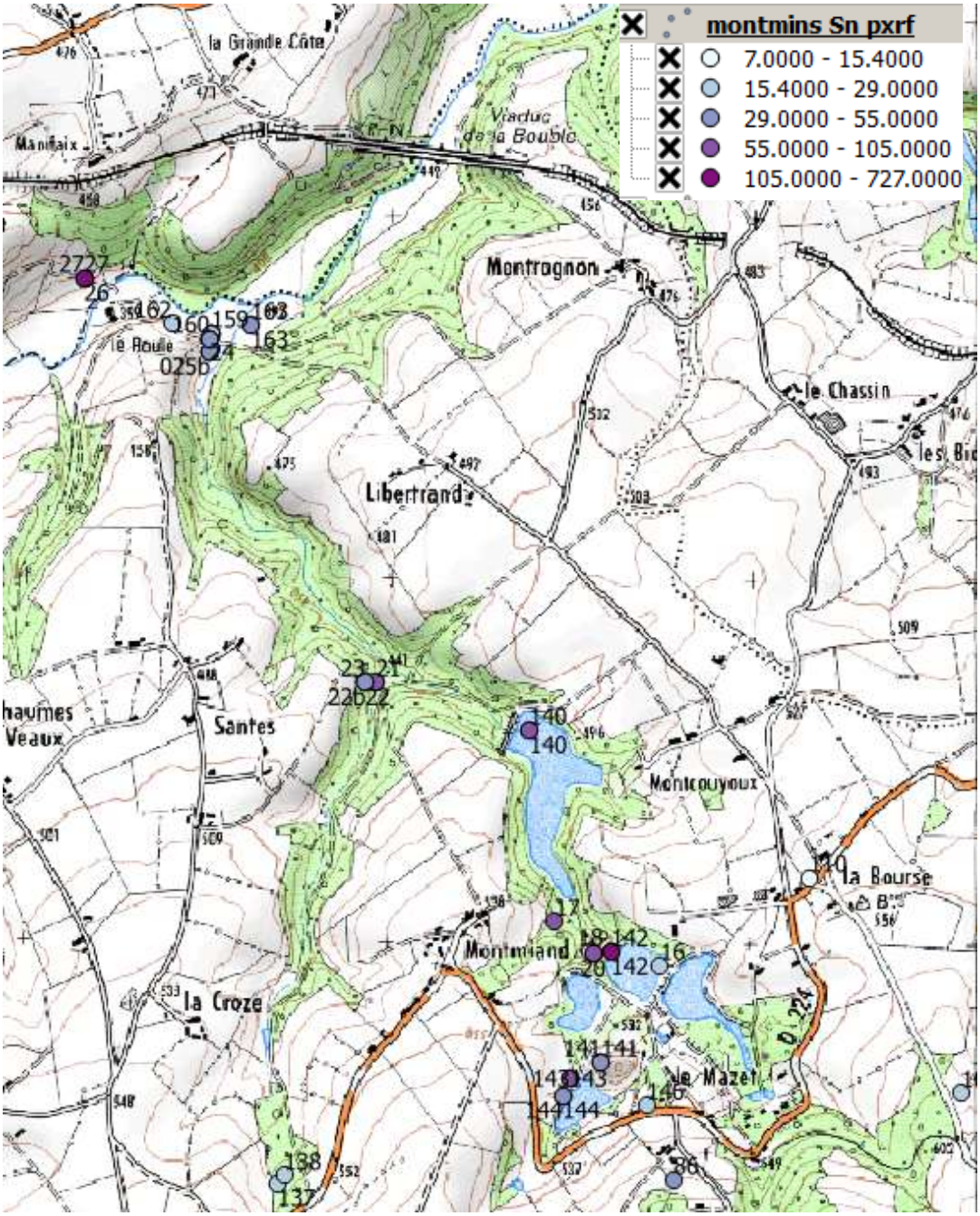


Figure 26 – Dépôt du Mazet (points 141, 143, 144), zone des bassins du Mazet (points 20, 142), zone d'écoulement du Cotillon (points 21, 22, 140) et prés inondables de la Bouble (points 158 à 164).Teneurs Sn en mg/kg

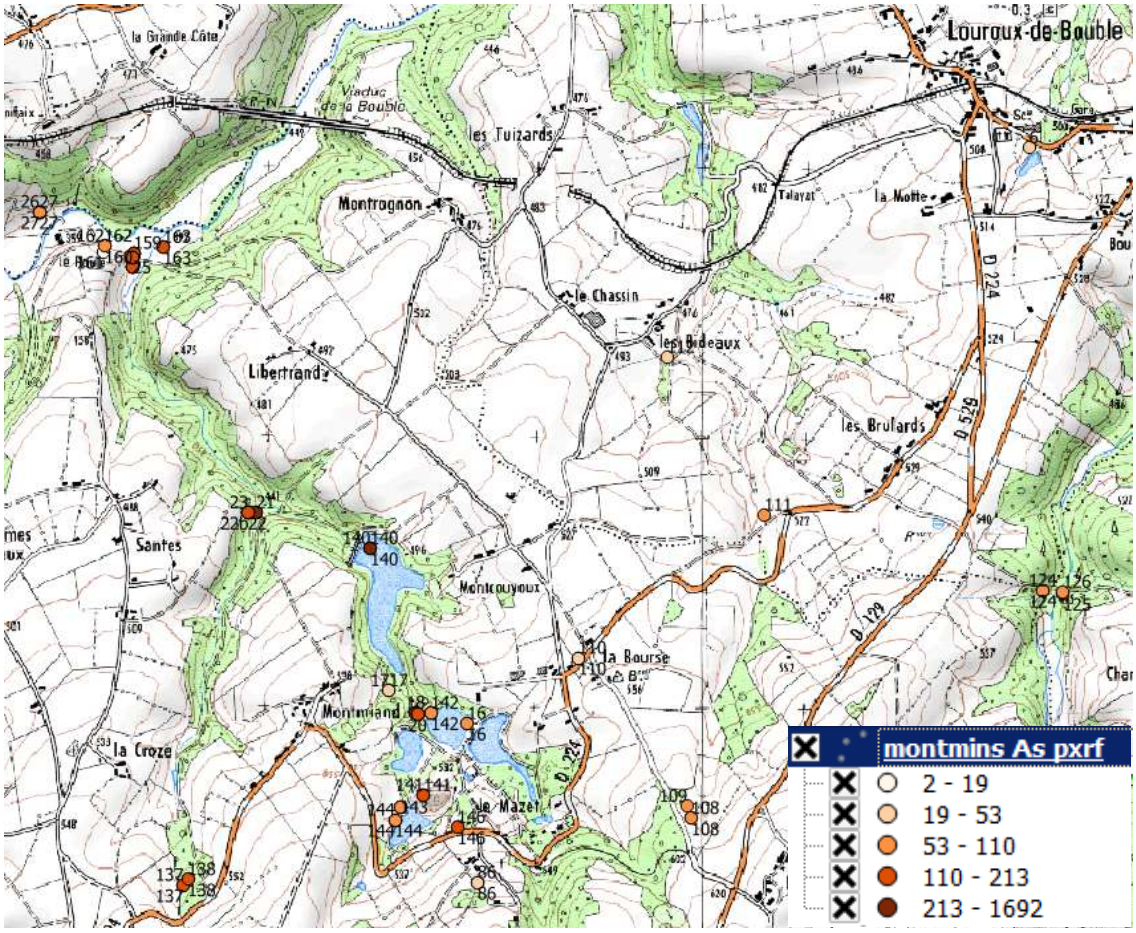


Figure 27 – Dépôt du Mazet (points 141, 143, 144), zone des bassins du Mazet (points 20, 142), zone d'écoulement du Cotillon (points 21, 22, 140) et prés inondables de la Bouble (points 158 à 164).Teneurs As en mg/kg

Ce dépôt aérien est complété par une digue à stériles et des bassins de rétention implantés sur le vallon du Cotillon (Figure 25 à Figure 29).

La composition des sédiments et sols (Tableau 6) marque incontestablement l'impact des résidus du Mazet, avec les mêmes éléments anomaliques.

Cotillon	As	Cu	Hg	Nb	Pb	Sn	Th	W	Y	Zn
nbval	11	10	10	7	11	11	6	6	7	11
min	49	31	10	25	9	14	7	99	13	91
max	224	118	198	53	103	131	12	883	27	276
moy	124	54	92	40	37	56	8	510	20	161
med	107	43	80	44	31	55	8	495	19	139

Tableau 6 : gamme de teneurs observée sur le Cotillon et dans les sols en aval du Mazet. Mesures pXRF en mg/kg.

Figure 28 – Bassins du Cotillon (Google Earth, 2016).

Figure 29 – Bassins et digue du Cotillon (points 142, 140, 2016).

8. Environnements locaux témoin (ELT)

8.1. ELEMENTS SUR LE FOND GEOCHIMIQUE

Le secteur d'étude est situé dans un ensemble de formations métamorphiques de composition silicoalumineuse assez homogène, présentant peu de contraste géochimique, et dans deux intrusions granitiques à composition distincte.

Les minéralisations sont liées à la mise en place de ces intrusions, et sont observables soit dans leur surface d'affleurement, soit dans l'encaissant métamorphique, où elles prennent une forme sécante de type filons et épontes hydrothermalisées. Des filons stériles ou pauvres en métaux, mais arsénifères, s'observent également, avec des altérations hydrothermales. Ils sont susceptibles d'être observés bien au-delà du périmètre de la concession. Leur signature géochimique à As-Fe est observable sous forme d'une anomalie régionale (Figure 30). On considère donc comme fond géochimique les granites, les schistes non visiblement altérés et les sols qu'ils portent.

8.2. DONNEES DE L'INVENTAIRE MINIER

Les données issues de l'Inventaire Minier national (http://sigminesfrance.brgm.fr/) disponibles sur le secteur d'étude concernent essentiellement les sédiments du réseau hydrographique. Bien qu'anciennes et répondant à un objectif différent, ces données permettent de localiser les principales anomalies géochimiques, naturelles ou anthropiques, et ont aidé à sélectionner les données représentatives de l'ELT.

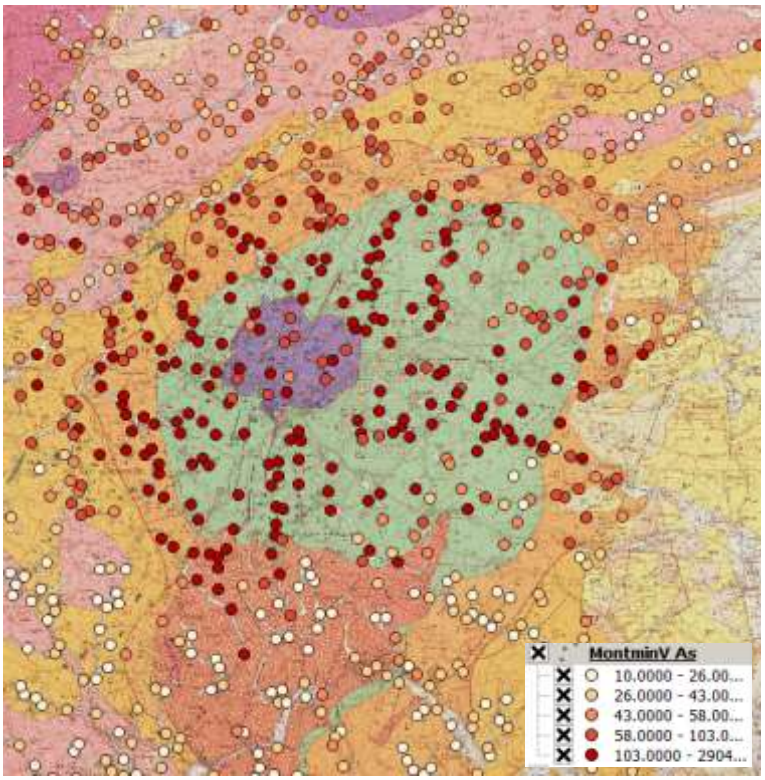


Figure 30 – Carte des teneurs en As de l'inventaire minier (mg/kg).

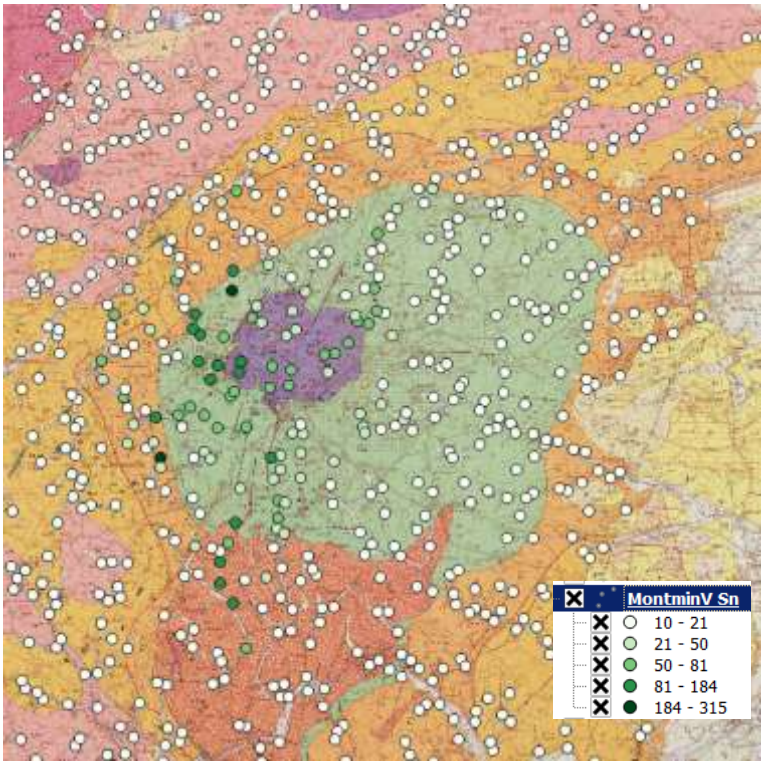


Figure 31 – Carte des teneurs en Sn de l'inventaire minier (mg/kg).

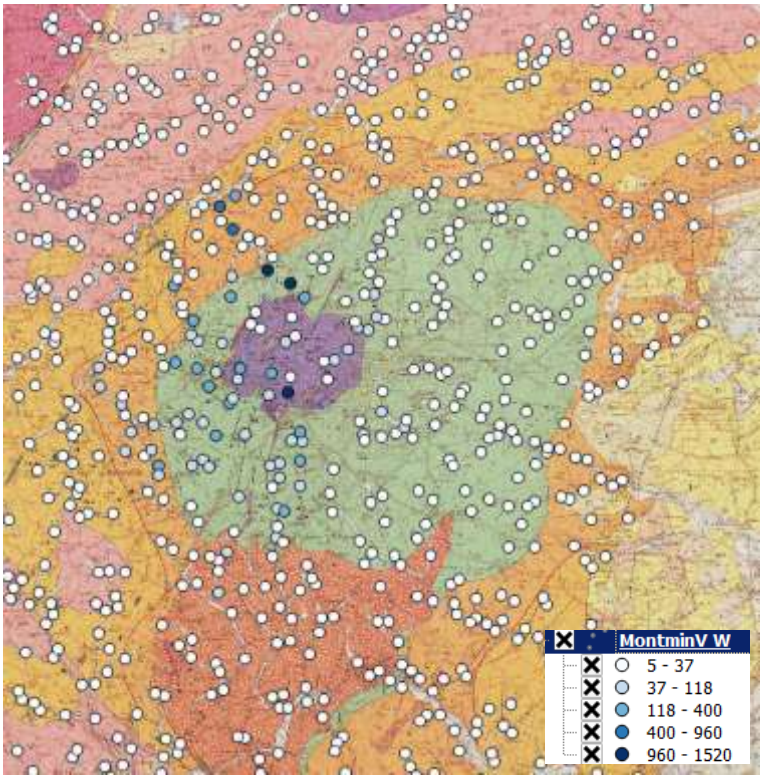


Figure 32 – Carte des teneurs en W de l'inventaire minier (mg/kg).

8.3. SIGNATURE GEOCHIMIQUE DES SOURCES

Il a été montré aux § 5.2 et § 7 que différentes sources de contamination sont présentes sur le site d'étude.

On observe différentes signatures principales, toutes liées à l'activité hydrothermale des granites, mais partiellement indépendantes :

- W dominant, avec As et Sn,
- Sn-W-Nb, avec probablement Li, Ta, Be, F (éléments non mesurables par pXRF),
- Sn-Cu-As,
- Sb-As (mine de Nades),
- As et Fe, avec S mais sans éléments exploitables.

Ces signatures ont été prises en compte pour la sélection des mesures utilisées pour constituer les ELT. Les tableaux 7 à 12 et 14 ont été établis seulement avec des sols naturels, à l'exclusion de tous résidus. Ils comprennent néanmoins des sols impactés (non visiblement) par l'activité minière, et qui ne sont pas repris dans les valeurs ELT du tableau 15. On note ainsi des anomalies Sb (Nades, tableau 7), Sn et W (alluvions, tableau 14).

Les descriptions des formations étudiées sont reprises de la notice de la carte géologique à 1/50000e, feuille Gannat (Grolier et al., 1975).

8.4. MICASCHISTES ET GNEISS (X1, Z2)

Les différents faciès de micaschistes de la zone d'étude appartiennent au groupe de la Sioule (Grolier, 1971).

8.4.1. Micaschistes à deux micas, chlorito-schistes, micaschistes leucocrates (X1)

"Les micaschistes dits moyens sont composés de quartz assez abondant (aspect gréseux), de muscovite et de biotite en quantités sensiblement égales. Le plagioclase résiduel, très altéré (séricite), peut être absent. On note la présence de chlorite et de grenat microscopique. Les micaschistes à chlorite et muscovite riches en phyllites sont pauvres en quartz et plagioclase. La sillimanite est souvent présente. Dans les micaschistes argentés, la muscovite prédomine et la biotite est absente. On observe ces micaschistes dans l'antiforme de la Bosse où ils ceinturent entièrement le massif d'Echassières (partie occidentale de la carte), suivant une bande étroite s'étendant de Chouvigny au Nord à Pouzol au Sud, ainsi qu'à l'Ouest de Jenzat".

8.4.2. Faciès métamorphiques de contact (X1st)

Ces micaschistes sont l'équivalent des précédents, mais affectés par le métamorphisme de contact des granites des Colettes et de Beauvoir. Cette auréole thermique affecte la minéralogie mais pas la composition chimique. Elle comprend une auréole externe à staurotide et une auréole interne à andalousite-cordiérite.

"Au Nord de Nades et dans la région de la Croix-des-Bois, ces micaschistes présentent une linéation due aux feuillets micacés et à l'alignement de staurotides presque entièrement pseudomorphosées en séricite. Cela leur donne un aspect tacheté caractéristique. Le plagioclase est rare, la muscovite et la chlorite abondantes. Le grenat spongieux est fréquent ainsi que la tourmaline. On note, en outre, la présence d'hématite, de limonite et d'ilménite".

"Dans les micaschistes encaissants, quand elle existe, l'auréole métamorphique du granite des Colettes est caractérisée par l'apparition d'andalousite et, accessoirement, par celle de la biotite et de la cordiérite. Irrégulière, elle est surtout marquée au Sud du massif".

8.4.3. Gneiss à deux micas (Z2)

Ces gneiss sont généralement riches en micas noirs et blancs. Le plagioclase est généralement de l'oligoclase. On y observe la présence de zircons et d'un peu de sillimanite. Parfois, en plus du plagioclase, du microcline est accompagné de myrmékite.

8.4.4. Gneiss à deux micas et sillimanite (Z2si)

En de nombreux points, le gneiss (à deux micas) décrit ci-dessus se charge en sillimanite. Ces roches affleurent toujours entre le gneiss à deux micas et ceux de la zone à biotite et sillimanite. Ils sont parfois microplissés. La sillimanite se présente en amas tourbillonnaires et en pelotes. De beaux affleurements peuvent être observés à 2,5 km au N.NW de Bellenaves.

8.4.5. Gneiss à biotite et sillimanite (Z2bsi)

C'est dans la région de Bois Mal que ces roches ont leur plus grande extension et sont les plus typiques. « La sillimanite y est abondante en fibres alignées. La structure est granolépidoblastique et localement diablastique. Les minéraux sont les suivants: quartz, oligoclase à inclusions poecilitiques de quartz et micas, avec un peu de myrmékite au contact du feldspath potassique, microcline diablastique, légèrement perthitique, biotite très riche en inclusions de zircon et auréoles pléochroïques, muscovite résiduelle, sillimanite abondante en touffes flexueuses » (Grolier, 1971).

Des gneiss à biotite, sillimanite et grenat peuvent être observés de part et d'autre de la Sioule, entre Saint-Gal et Saint-Quintin, ainsi qu'aux abords des agglomérations de Monestier et de Deneuille-lès-Chantelle.

Certains gneiss deviennent très riches en sillimanite (hypersillimanitiques) avec disparition des feldspaths, jusqu'à passer à des quartzites à sillimanite : Bois Mal, Durmignat, Miallet, hameau des Naines, tunnel de Bègues.

8.4.6. Gamme des teneurs mesurées par pXRF

L'ensemble des micaschistes et gneiss présente donc une composition silicoalumineuse, potassique et ferreuse, peu sensible à l'altération et peu apte à la neutralisation des drainages acides. Les teneurs en Sb supérieures à 20 mg/kg n'ont été observées qu'autour du dépôt de Nades et ne font donc pas partie de l'ELT.

x1	Ag	Al	As	Ba	Bi	Ca	Cr	Cu	Fe	Hg	K	Mn	Nb
nbval	4	35	43	43	5	37	39	39	43	31	43	43	35
min	3	21500	13	222	12	180	6	8	9800	3	3368	404	12
max	5	124200	326	1284	30	6979	70	84	63664	198	35657	7931	237
moy	4	51266	107	557	19	2135	27	31	32172	30	20223	1124	38
med	3	48300	90	531	17	1734	28	21	33268	9	19580	954	25

Ni	P	Pb	Rb	S	Sb	Se	Si	Sn	Sr	Th	Ti	W	Y	Zn	Zr
34	35	43	43	23	10	15	35	30	43	31	40	11	35	43	43
8	872	9	77	189	8	1	24700	8	34	4	692	38	10	51	83
58	3193	143	1818	1128	476	31	234700	727	250	19	7019	883	30	276	324
24	1836	45	344	436	146	7	124863	92	80	9	3235	260	20	124	189
19	1768	36	208	362	131	2	110000	37	67	9	3237	121	19	111	198

Tableau 7 : gamme de teneurs observée dans les sols dans les micaschistes (X1) . Mesures pXRF en mg/kg.

Eléments inférieurs à la limite analytique : Cd, Mo, U, V.

x1st	Al	As	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Hg	K	Mn	Nb
nbval	11	12	12	12	12	12	12	9	12	12	11
min	15000	32	175	684	4	12	5646	3	7167	309	9
max	64600	137	1075	6208	35	45	43634	13	24268	5436	29
moy	43673	78	453	2610	21	24	30734	6	17839	1415	18
med	42500	72	412	2275	23	24	32220	7	18738	798	20

Ni	P	Pb	Rb	S	Si	Sn	Sr	Th	Ti	W	Y	Zn	Zr
8	11	12	12	11	11	11	12	11	12	1	11	12	12
17	1478	23	97	152	28400	8	27	3	351	43	8	54	37
45	2867	131	592	1551	214000	63	97	13	3685	43	24	246	260
23	2085	54	229	547	94473	27	51	8	2661	43	18	146	156
20	2076	49	191	397	87000	17	47	7	2995	43	19	147	175

Tableau 8 : gamme de teneurs observée dans les sols dans les micaschistes à staurotide (X1st). Mesures pXRF en mg/kg.

Eléments inférieurs à la limite analytique : Ag, Bi, Cd, U, V.

Les micaschistes à staurotide ne se différencient pas des micaschistes, ce qui est normal compte tenu du caractère largement isochimique du métamorphisme de contact.

z2	Al	As	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Hg	K	Mn	Nb	Ni
nbval	13	14	14	13	13	13	14	5	14	14	13	11
min	18700	3	307	1187	7	8	18957	3	10403	357	7	16
max	151600	69	774	19801	44	119	49985	14	21934	3094	39	37
moy	50400	30	496	5209	29	28	35919	8	15906	1201	21	25
med	44700	25	459	4184	30	21	37302	7	15113	1032	21	23

P	Pb	Rb	S	Sb	Si	Sn	Sr	Th	Ti	W	Y	Zn	Zr
13	14	14	11	2	13	6	14	12	13	1	13	14	14
1382	14	70	167	8	78500	7	61	5	1570	59	8	37	60
3418	45	280	2021	15	223100	134	119	18	6499	59	30	278	377
2067	28	147	878	12	123962	63	81	11	3703	59	20	119	255
1823	27	135	740	12	109000	51	76	12	3656	59	22	108	276

Tableau 9 : gamme de teneurs observée dans les sols dans les gneiss (Z2). Mesures pXRF en mg/kg.

Eléments inférieurs à la limite analytique : Ag, Bi, Cd, Mo, Se, U, V.

La composition des gneiss se différencie peu de celle des micaschistes. Un regroupement lithogéochimique est possible. Noter que de nombreux points associés à ces unités sont affectés par les minéralisations et imprégnations, ou par les dispersions de résidus, et n'ont donc pas été repris dans ces tableaux.

8.5. MIGMATITES (M3-4)

Différents faciès peuvent être distingués dans les migmatites observées dans le cadre de la feuille Gannat : embréchites leptyniques (quartz, microcline, oligoclase, andésine, biotite chloritisée, grenats petits et dispersés, apatite, zircon) et embréchites à hornblende (avec, en plus, la présence de hornblende et de sphène).

8.5.1. Gamme des teneurs mesurées par pXRF

m3-4	Al	As	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Hg	K	Mn	Nb
nbval	6	6	6	6	4	5	6	1	6	6	6
min	40200	2	429	1649	16	7	22524		14278	564	9
max	54500	30	712	5506	29	15	44226	3	21016	798	20
moy	48950	12	535	4345	22	11	33271		18014	725	14
med	48700	9	521	4983	22	10	31843		17607	766	14

Ni	P	Pb	Rb	S	Si	Sn	Sr	Th	Ti	Y	Zn	Zr
3	6	6	6	4	6	2	6	6	5	6	6	6
12	1483	13	91	219	108000	8	46	8	2745	19	42	154
19	2056	26	115	466	152000	8	85	13	5054	30	425	319
15	1704	19	106	291	135300	8	72	11	3497	23	152	218
15	1613	19	108	240	141650	8	76	12	3062	21	111	213

Tableau 10 : gamme de teneurs observée dans les sols dans les migmatites (M3-4). Mesures pXRF en mg/kg.

Eléments inférieurs à la limite analytique : Ag, Cd, Mo, Sb, Se, U, W.

L'ensemble des gneiss et migmatites présente donc une composition silicoalumineuse, potassique et ferreuse, peu sensible à l'altération et peu apte à la neutralisation des drainages acides.

8.6. GRANITE DE POUZOL-SERVANT (G3)

Le massif de Pouzol-Servant, présent au Sud de la zone d'étude, est "une masse intrusive, laccolitique, de microgranite sub-alcalin à monzonitique, porphyrique (Didier, 1964). Il contient des enclaves de microdiorites quartzitiques ou, plus rarement, de microgranodiorites et des enclaves de schistes cristallins. Il est généralement de teinte gris clair et l'on y voit de très beaux cristaux d'andésine et des petits phénocristaux de quartz souvent arrondis et corrodés. De nombreux filons et sills microgranitiques, notamment entre Chouvigny, Pouzol et Marcillat, se présentent comme des répliques en petit du massif principal.

La corrélation paraît nette entre les minéralisations en antimoine (Nades, Servant, etc.) et la présence du microgranite".

8.6.1. Gamme des teneurs mesurées par pXRF

G3	Al	As	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Hg	K	Mn	Nb	Ni	P
nbval	23	24	24	23	22	23	24	21	24	24	23	20	23
min	34200	7	283	534	9	4	16495	3	12768	518	6	15	1113
max	76600	415	1240	18500	35	58	48992	18	35986	6994	37	52	3891
moy	54126	88	608	4210	19	17	30202	6	21482	1227	21	27	2183
med	54300	36	545	3762	18	11	30197	5	21889	817	21	25	2147

Pb	Rb	S	Sb	Se	Si	Sn	Sr	Th	Ti	U	W	Y	Zn	Zr
24	24	21	7	9	23	22	24	20	24	2	1	23	24	24
26	161	147	8	1	80300	9	42	6	1231	5		5	35	76
110	515	1769	18	4	252500	128	162	24	4741	7	63	22	278	316
55	252	534	11	2	158017	38	101	13	2888	6		14	115	198
50	222	405	10	1	152700	16	103	13	2753	6		14	93	217

Tableau 11 : gamme de teneurs observée dans les sols du granite de Pouzol-Servant (g3). Mesures pXRF en mg/kg.

Les mesures (Tableau 11) montrent des valeurs élevées en K et Fe, de type monzonitique, élevées en As, et légèrement élevées en Sn.

Eléments inférieurs à la limite analytique : Ag, Bi, V.

8.7. GRANITE DES COLETTES (G1)

Massif d'Echassières

"C'est typiquement un massif circonscrit. Il se situe à la charnière de l'antiforme de la Bosse. On distingue deux unités pétrographiques essentielles: le granite des Colettes

qui forme la plus grande partie du massif, et l'albitite à lépidolite de Beauvoir qui forme une petite coupole dans la partie méridionale du massif. Tout un cortège de minéralisations est lié au massif d'Echassières (étain, lithium, beryllium, tungstène)". On peut y ajouter le bore, le fluor et le niobium - et peut être les terres rares.

Granite alcalin à muscovite des Colettes (Lameyre, 1966 ; Aubert, 1969)

"Le batholite granitique des Colettes a une structure en coupole surbaissée. De teinte généralement grise ou rose, ce granite est porphyroïde. Composition minéralogique: quartz automorphe, microcline fortement perthitique, plagioclase, albite-oligoclase, muscovite, biotite abondante dans le faciès gris, zircon, apatite. (...) Il peut être affecté par des phénomènes de kaolinisation. Dans les zones kaolinisées subsistent souvent des boules de grandes dimensions de granite intact".

8.7.1. Gamme des teneurs mesurées par pXRF

Les mesures pXRF effectuées sur les sols du granite des Colettes sont résumées sur le Tableau 12, à l'exception de celles manifestement affectées par la minéralisation (anomalies en Sn, W ou As). On observe une dominante potassique (avec Rb) et des valeurs faibles en calcium. Un fond un peu plus élevé que d'ordinaire en As et Sn est observé.

G1	Al	As	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Hg	K	Mn	Nb	Ni
nbval	16	17	17	15	15	17	17	15	17	17	16	3
min	26800	5	195	497	6	7	10144	3	10191	69	16	9
max	78800	142	2388	8504	35	129	34557	18	26953	1583	37	26
moy	46000	32	502	2735	14	21	17103	8	17784	739	26	20
med	44150	19	309	2535	10	11	16444	7	17380	668	27	25

P	Pb	Rb	S	Se	Si	Sn	Sr	Th	Ti	W	Y	Zn	Zr
16	17	17	12	4	16	17	17	5	17	1	15	17	17
1121	20	247	147	1	62900	14	41	4	262		5	41	33
4080	114	578	3005	4	138100	106	176	11	4637	63	20	1687	225
2042	51	377	637	2	107919	38	69	7	1556		10	209	93
1994	51	357	354	2	115350	33	57	6	1347		8	87	83

Tableau 12 : gamme de teneurs observée dans les sols du granite des Colettes (G1). Mesures pXRF en mg/kg.

Eléments inférieurs à la limite analytique : Ag, Bi, Cd, Sb, Mo, V.

8.8. GRANITE DE BEAUVOIR (G1AB)

Albitite de Beauvoir

"Le massif de Beauvoir est situé immédiatement au Sud du granite des Colettes (...) et plonge sous les micaschistes. Le gisement de cette albitite apparaît comme celui d'une coupole que l'érosion a fortement entamée. Composition minéralogique: quartz, albite abondante, feldspath potassique, lépidolite, topaze, béryl, apatite, amblygonite-montebrasite, herdérite, cassitérite, microlite et tantalo-niobite, mispickel, stannite,

fluorite. La définition de la roche, d'après Aubert (1969), est un granite à albite-lépidolite. Cette roche est, comme le granite des Colettes, souvent affectée par des phénomènes de kaolinisation. Ceux-ci disparaissent en profondeur et n'existent pas quand une couche de micaschistes recouvre l'albitite sur quelques dizaines de mètres. La minéralisation en cassitérite et en lépidolite, les teneurs en fluor et en bore ne dépendent pas de l'état de kaolinisation de l'albitite. Des formations de greisens existent dans l'albitite de Beauvoir, tous plus ou moins minéralisés".

8.8.1. Gamme des teneurs

G1ab	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	P2O5	Li2O	Rb2O
nbval	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
min	67.4	0	16	0.13	0.03	0	0.36	4.01	3.25	0.8	0.25	0.17
max	72.1	0.12	18.1	0.72	0.13	0.46	0.99	5.07	4.13	1.48	1.61	0.47
moy	69.65	0.04	17.00	0.42	0.08	0.06	0.69	4.41	3.72	1.18	0.93	0.31
med	69.95	0.03	17.05	0.38	0.09	0.00	0.71	4.38	3.74	1.24	0.88	0.27

F	B	Ba	Be	Cs	Nb	Pb	Sn	Sr	Ta	Th	U	W	Zn
8	1	2	8	8	8	8	7	8	8	7	8	8	8
1.36		16	12	76.4	27	15	140	70	28.7	0.26	9.6	15	52
2.39	26.6	54	259	612	158	32	886	448	425	1.71	18.8	57	172
1.84		35	79	294	70	24	540	183	113	0.65	14	32	126
1.72		35	51	285	51	25	396	143	51	0.54	14	29	137

Tableau 13 : gamme de teneurs observée dans le granite de Beauvoir (G1ab), en mg/kg.

Ce granite étant situé dans l'emprise des terrains IMERYS n'a pas été observé lors de cette campagne. Il n'y a pas davantage de point dans l'échantillonnage de l'inventaire minier (Figure 30). On a utilisé (Tableau 13) les données de Cuney et al. (1992) pour définir les tendances géochimiques. On note de très fortes anomalies en F, Na, Be, Nb, Sn, Ta et W.

Il convient de garder à l'esprit qu'il s'agit d'analyses de roche et non pas de sol, effectuées en laboratoire et non pas en pXRF. Les tendances suivantes sont toutefois exploitables :

- teneurs fortes en Sn non accompagnées de W. On peut rapprocher cette tendance de celle observée à Chaillat et Bois des Menus (§ 7.4) dans les micaschistes probablement sus-jacents. Cuney et al. (1992) n'ont pas dosé le cuivre ;
- teneurs fortes en Ta, Be et Cs, et dans une moindre mesure, Nb, Th et U. Cuney et al. (1992) n'ont pas dosé les terres rares ni Li ;
- absence d'anomalie en Pb, Zn ou Ba.

8.9. ALLUVIONS (FZ)

Les alluvions présents dans la zone d'étude sont des formations récentes de sables grossiers (principalement > 125 µm) et galets (jusqu'à 16 mm). Leur répartition est discontinue. Ils forment principalement des remplissages des vallées d'érosion et sont localement absents, là où les vallées se resserrent.

La composition en minéraux lourds des sédiments de la Sioule met en évidence le rôle prédominant du massif volcanique du Mont-Dore (augites et titano-magnétites). On retrouve dans ces alluvions et ceux des affluents les minéraux des principales formations plutoniques et cristallophylliennes représentéés sur la feuille.

8.9.1. Gamme des teneurs

Fz	Al	As	Ba	Ca	Cr	Cu	Fe	Hg	K	Mn	Nb	Ni	P
nbval	20	20	20	20	17	17	20	14	20	20	20	14	18
min	15600	6	477	730	8	4	11363	3	10132	148	7		1129
max	102700	60	915	22116	47	41	54645	39	34995	1822	63	39	2929
moy	44900	30	589	5105	22	18	26882	13	16967	794	31	23	1948
med	41300	30	554	3645	19	19	27908	9	15676	761	29	23	1859

Pb	Rb	S	Se	Si	Sn	Sr	Th	Ti	W	Y	Zn	Zr
20	20	17	10	20	17	20	19	18	9	20	20	20
12	107	241	1	72200	9	53	5	613	38	7	18	46
40	769	23793	5	245800	329	166	23	6363	133	47	122	497
28	299	2060	3	140345	116	101	12	2546	82	25	84	247
27	195	469	2	131100	91	99	11	2382	88	25	98	264

Tableau 14 : gamme de teneurs observée dans les alluvions (Fz). Mesures pXRF en mg/kg.

La gamme de teneurs des sols d'alluvions ne se distingue pas des sols de formations cristallophylliennes ou granitiques, ce qui est normal vu que l'essentiel des bassins versants est constitué de telles formations.

Eléments inférieurs à la limite analytique : Bi, Cd, Mo, U, V.

8.10. SYNTHESE

La plupart des unités métamorphiques ne se distinguent que sur des critères minéralogiques, thermodynamiques ou structuraux. Elles sont presque complètement constituées de matériaux cristallophylliens de compositions silicoalumineuses très proches, avec des teneurs peu variables en éléments traces.

Ces compositions sont par ailleurs très peu différentes de celles des granites non minéralisés, comme celui de Pouzol-Servant. Seul le granite de Beauvoir se différencie, de par son caractère métallogénique spécialisé. Il n'a malheureusement pas été observé en dehors des emprises IMERYS et sa composition a été estimée à partir des données de Cuney et al. (1992).

Il résulte de ceci que l'environnement local témoin autour du site des Montmins est très peu contrasté et que les anomalies, même hors de toute influence anthropique connue, sont à relier au contexte minéralisé (filons, imprégnations, fractures) lié aux intrusions granitiques.

	As	Cr	Cu	Fe[3]	Mn	Pb	Sb	Sn	W	Zn
micaschistes (X1) et micaschistes à staurotide (X1st)	15-120	15-50	15-50	1.5-6	600-5000	15-100	<20[4]	15-150	40-250	60-200
gneiss (Z2)	15-50	15-50	15-50	2.5-6	600-5000	15-40	<20	15-100	[4]	50-200
migmatites (M3-4)	15-30	15-30	10-20	3-6	500-1000	15-30	<20	[5]	[4]	50-200
unités métamorphiques	15-120	15-50	15-50	1.5-6	600-5000	15-100	<20	15-150	40-250	50-200
granite de Pouzol-Servant (g3)	15-100	10-30	10-40	2.5-6	600-5000	25-100	<20	20-100	[4]	40-200
granite des Colettes (G1)	15-75	10-30	10-30	1.5-5	200-1500	25-100	<20	20-100	[4]	50-200
granite de Beauvoir (G1ab)[6]				0.2-1	300-1500	15-30	<20	150-500	15-50	50-150
alluvions (Fz)	15-60	10-40	10-40	2-6	200-1500	15-50	<20	15-150	40-120	20-120

Tableau 15 : gamme de teneurs de l'ELT, par formation (en mg/kg, mesures pXRF)

[3] Exprimé en % Fe_2O_3

[4] Les teneurs en Sb supérieures à 20 mg/kg ne concernent que les alentours du site de Nades

[5] Données insuffisantes

[6] Estimé d'après les données de Cuney et al. (1992)

9. Comparaison entre mesures de terrain et analyses en laboratoire

9.1. INTRODUCTION

Trois types de comparaisons ont été effectuées dans le cadre de cette étude :

- une comparaison entre mesures pXRF en mode sol et en mode géochimie. Le mode sol de l'appareil Olympus est analogue à celui du Niton. Par contre, si le mode géochimie (§ 3.2.2) joue un rôle analogue au mode minier du Niton (calibration mieux adaptée aux fortes teneurs), il présente une meilleure flexibilité en cas de teneurs hétérogènes. Aucun de ces deux modes ne couvre l'ensemble des éléments : W, Sn, Th, U, Y, Al et Si ne sont dosés qu'en mode géochimie; Cr est dosé dans des conditions plus satisfaisantes en mode sol en présence de fer,
- une comparaison entre mesures pXRF et analyses classiques en laboratoire, sur une sélection de points validée entre GEODERIS et le BRGM. Les analyses ont été effectuées par Eurofins par ICP selon le protocole habituel pour GEODERIS, avec une mise en solution par eau régale (§ 3.3.1), et sont notamment destinées à obtenir un référentiel homogène pour les analyses de risque effectuées par GEODERIS,
- une comparaison entre mesures pXRF et analyses en laboratoire selon un protocole adapté aux gisements de métaux réfractaires, sur un sous-ensemble de la sélection de points ci-dessus. Les analyses ont été effectuées par le BRGM par ICP, avec une mise en solution acide après fusion alcaline (§ 3.3.2), et sont notamment destinées à une évaluation de la précision des analyses pXRF, et des biais éventuels.

9.2. COMPARAISON ENTRE MESURES EN MODE SOL ET MODE GEOCHIMIE

Le tungstène n'est analysé qu'en mode géochimie, ce qui a nécessité de doubler la plupart des mesures.

Pour l'arsenic (Figure 33), le plomb (Figure 34) et l'étain (Figure 35), la corrélation est bonne entre les deux modes, avec quelques points plus dispersés et un biais qui ne semble pas lié aux niveaux de concentration. Pour l'antimoine (Figure 36), la corrélation est bonne mais le biais est élevé. En première approche et par précaution, pour un point donné, la valeur la plus élevée a été retenue pour chaque élément. Toutefois, en toute rigueur, le choix entre mode géochimie et mode sol devra être basé sur les comparaisons avec les échantillons de laboratoire.

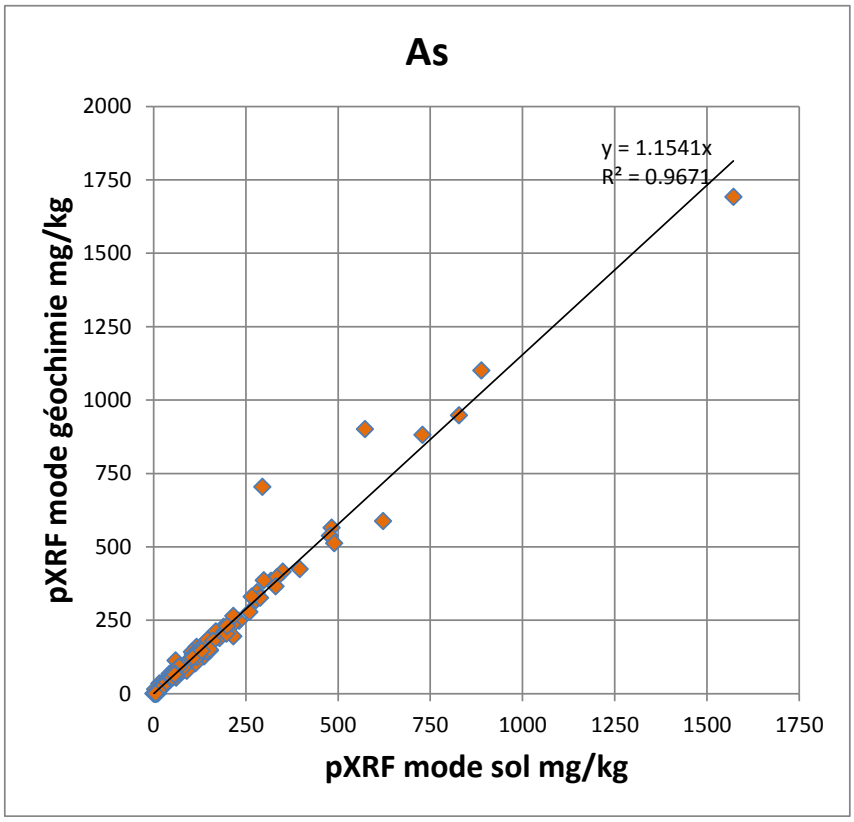


Figure 33 – Comparaison entre mesures en mode sol et mode géochimie pour As en pXRF.

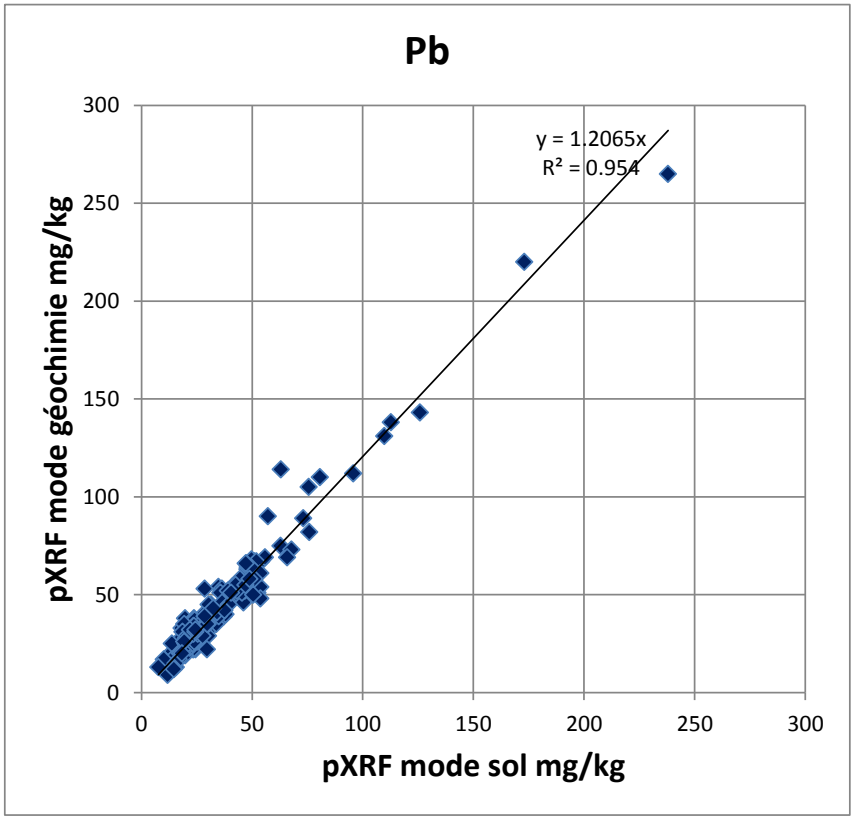


Figure 34 – Comparaison entre mesures en mode sol et mode géochimie pour Pb en pXRF.

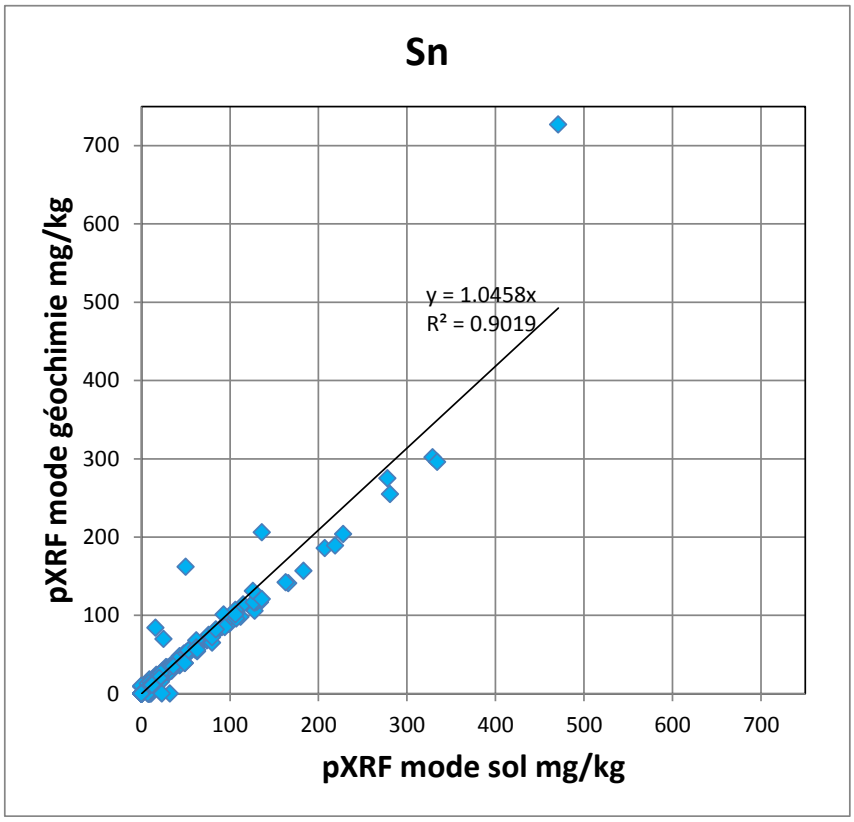


Figure 35 – Comparaison entre mesures en mode sol et mode géochimie pour Sn en pXRF.

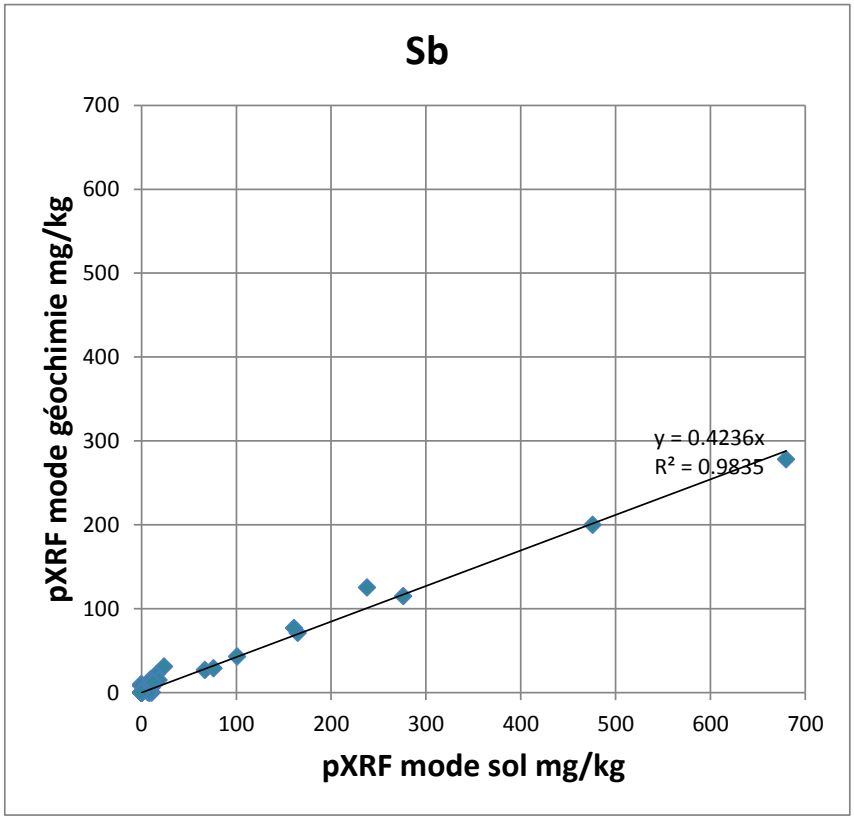


Figure 36 – Comparaison entre mesures en mode sol et mode géochimie pour Sb en pXRF.

9.3. MESURES PXRF ET ANALYSES EUROFINS

La sélection des échantillons a été effectuée de manière à couvrir les gammes de teneurs rencontrées pour les principaux éléments détectés en pXRF, et ceux sur lesquels s'est focalisée l'étude. Les éléments difficilement ou non détectables par pXRF (REE, Nb, Ta, Li, Be, ...) étant associés à des éléments mesurables en pXRF (Sn, Ti, W),

La corrélation est excellente pour As (Figure 37), avec un peu de dispersion au-dessus de 1000 mg/kg, pour Pb (Figure 41), pour Sb (Figure 42) malgré un faible nombre de mesures, pour Cu (Figure 38) avec un biais de 15%, et Zn avec un biais de 21% (Figure 45, noter qu'un point à forte teneur en pXRF mode géochimie n'a pas été retrouvé en ICP, bien qu'une forte teneur ait été confirmée par la mesure pXRF en mode sol). Les corrélations sont moins bonnes pour Fe (Figure 39) et Mn (Figure 40).

On note un très fort biais pour Sn (Figure 43) dans le sens d'un sous dosage en ICP, présumé dû à une mise en solution partielle par l'eau régale de la cassitérite, minéral réfractaire.

La corrélation entre mesures pXRF et analyses Eurofins n'a pas été exploitée. En effet la gamme de résultats de ces dernières, avec un minimum de 229 mg/kg, est irréaliste et nécessiterait une vérification détaillée.

Ces points seront discutés au § 9.5.

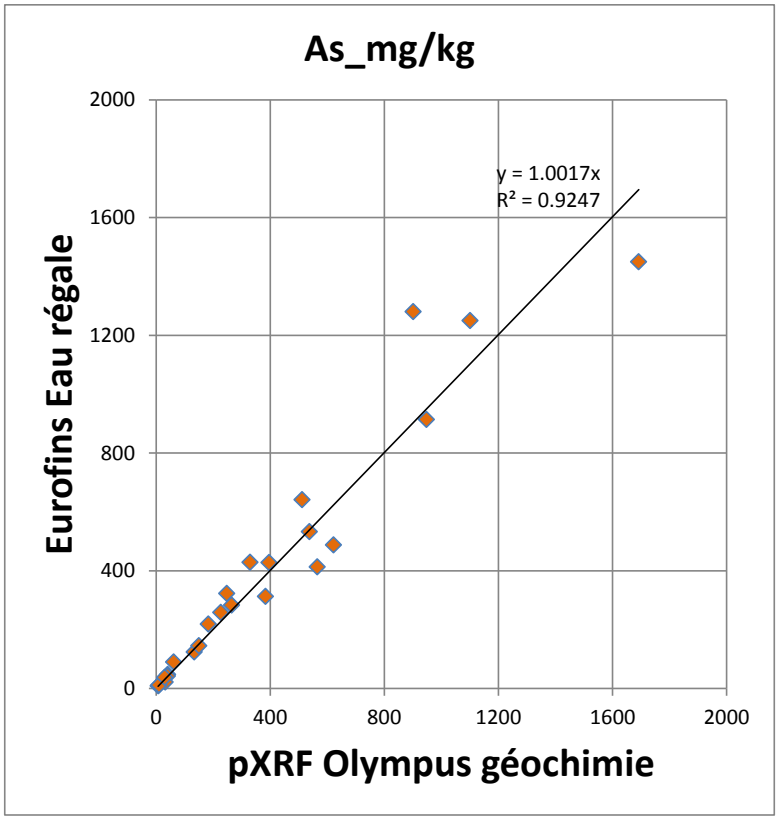


Figure 37 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP Eurofins pour As.

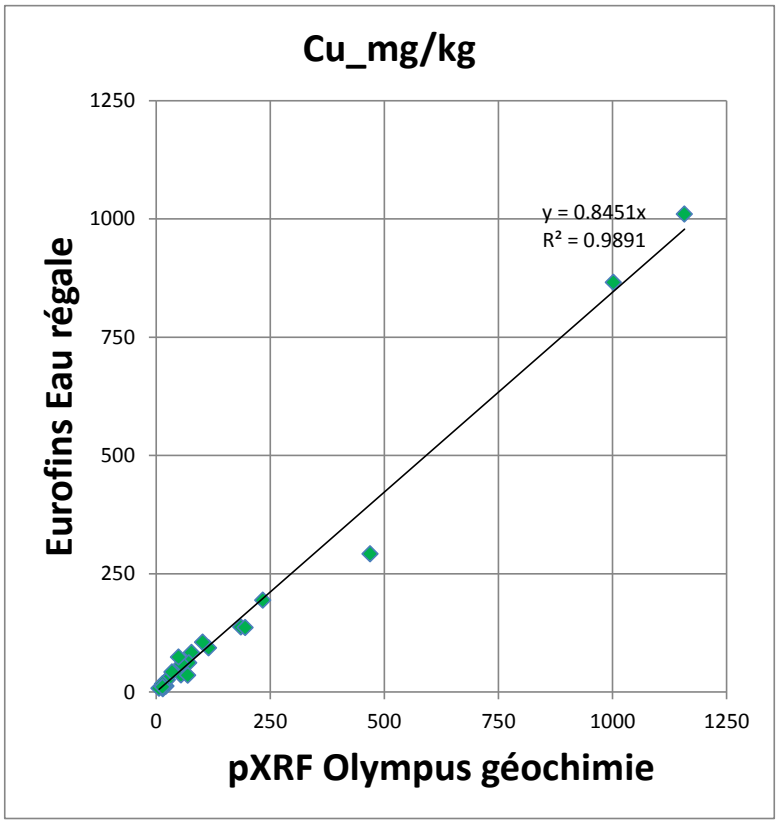


Figure 38 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP Eurofins pour Cu.

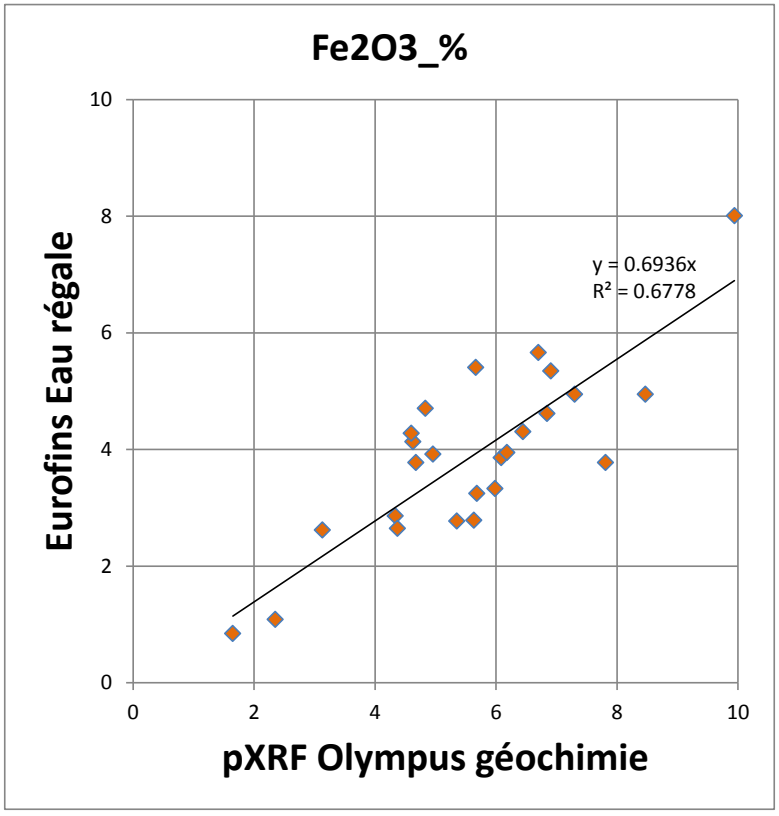


Figure 39 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP Eurofins pour Fe.

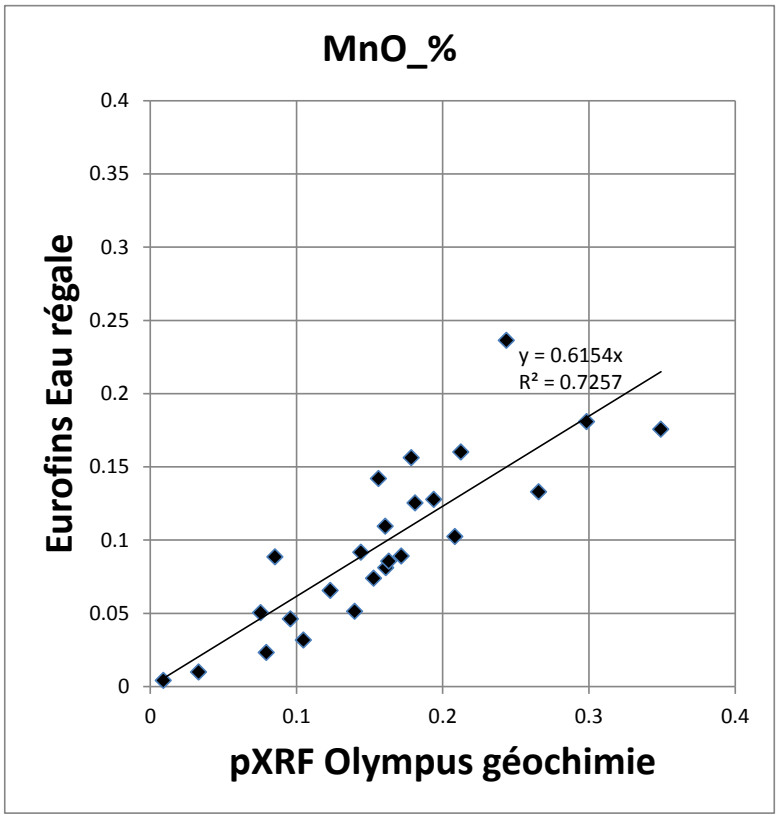


Figure 40 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP Eurofins pour Mn.

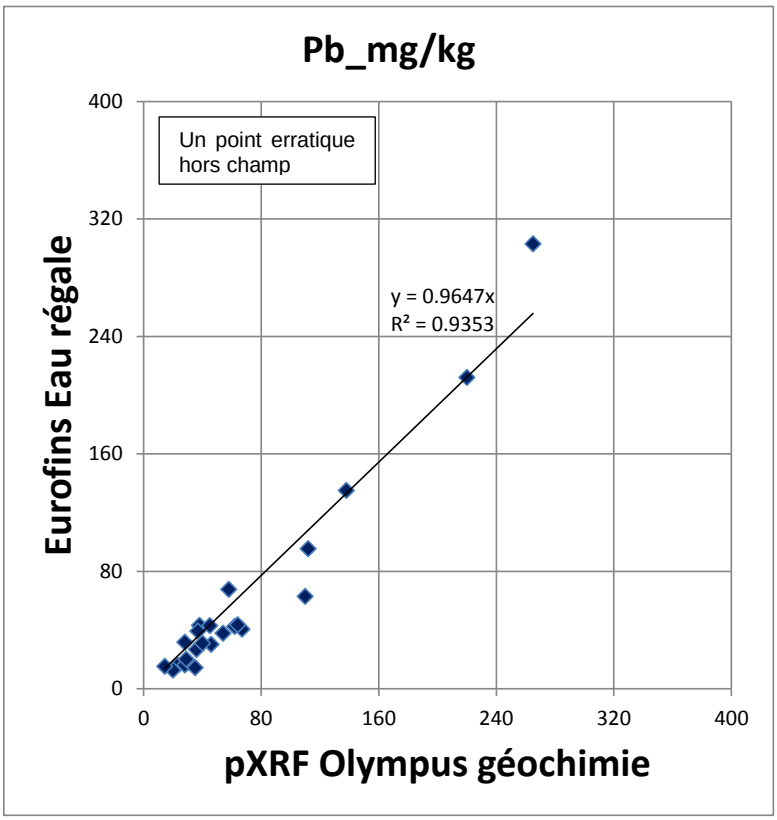


Figure 41 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP Eurofins pour Pb.

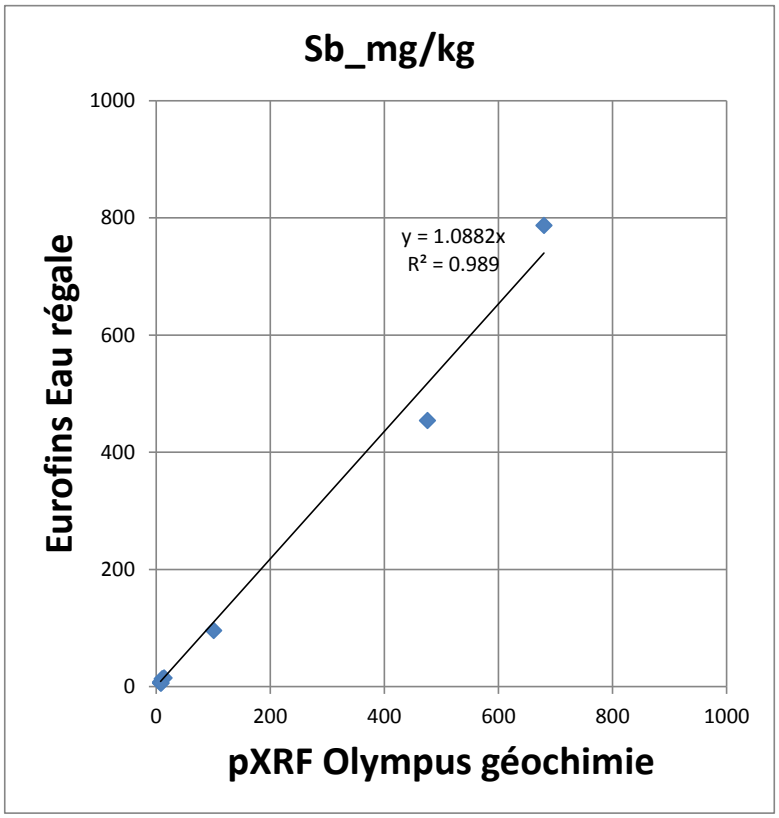


Figure 42 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP Eurofins pour Sb.

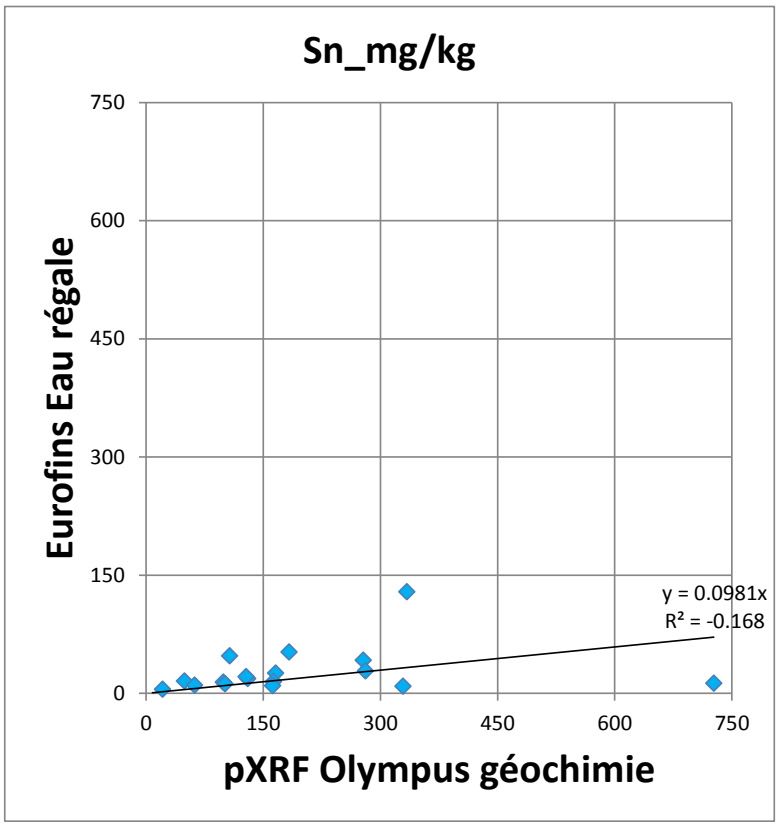


Figure 43 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP Eurofins pour Sn.

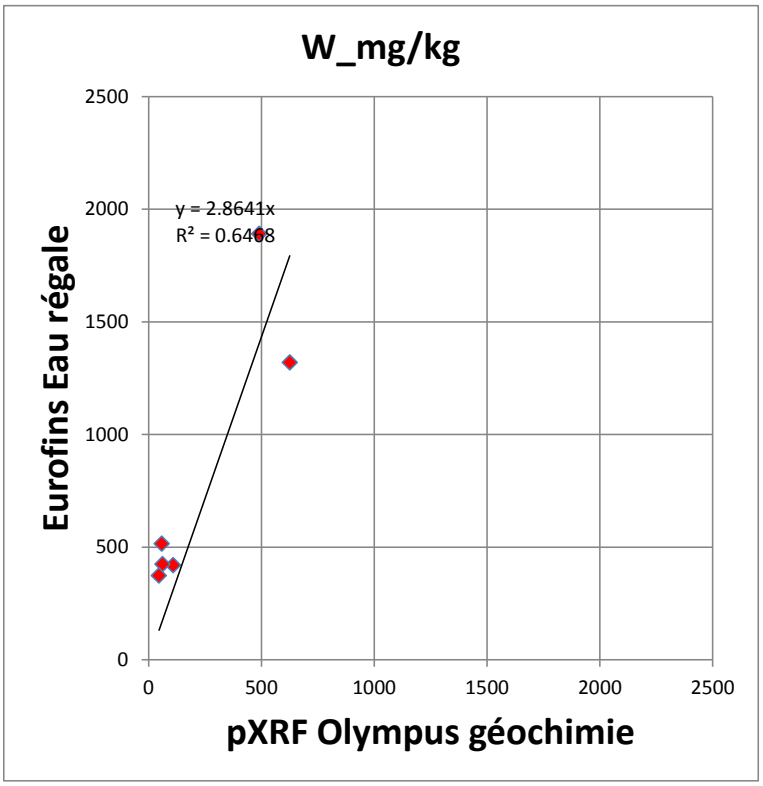


Figure 44 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP Eurofins pour W.

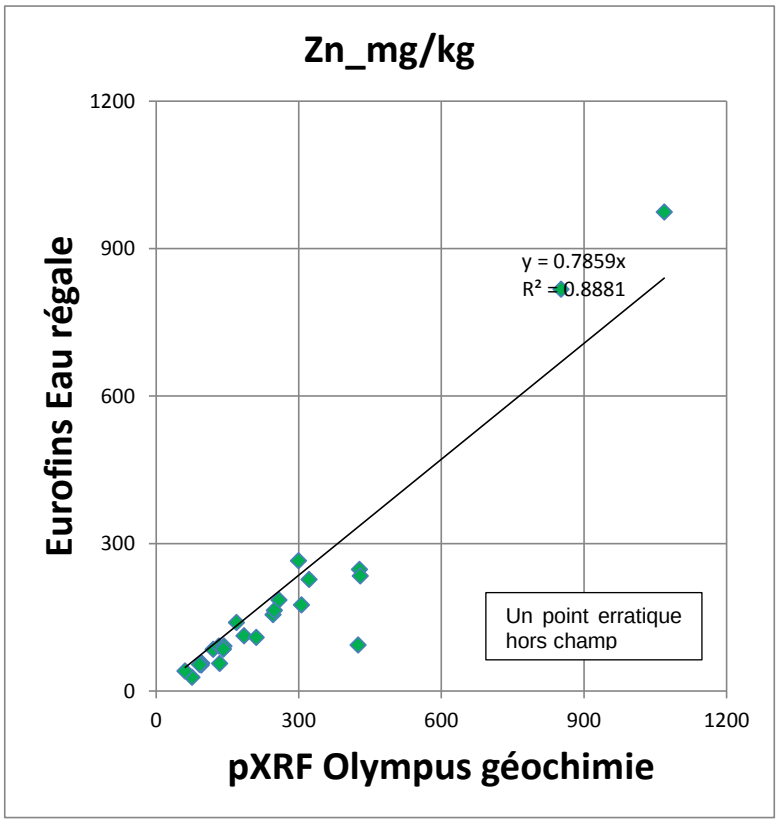


Figure 45 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP Eurofins pour Zn.

9.4. MESURES PXRF ET ANALYSES BRGM

La corrélation est correcte pour As (Figure 46), mais avec un biais (30%) et une dispersion significative au-dessus de 1000 mg/kg. Pour Cu (Figure 47) on note un biais moyen de 24%, mais ce biais n'apparaît en fait qu'au dessus de 500 mg/kg, et il est inférieur à 5% en dessous de cette valeur. Pour Pb (Figure 51), la corrélation est correcte jusqu'à 300 mg/kg et perturbée au dessus par un point. Le biais de près de 50% peut être en fait ramené à 25% en dessous de ce seuil. Pour Zn la corrélation est bonne (Figure 57), noter qu'un point à forte teneur en pXRF mode géochimie n'a pas été retrouvé en ICP, bien qu'une forte teneur ait été confirmée par la mesure pXRF en mode sol). Les corrélations sont correctes mais avec un peu de dispersion pour Fe (Figure 48) et Mn (Figure 49), avec un biais de 25% pour Mn.

On note une corrélation correcte pour Sn (Figure 53), Ti (Figure 55) et Zr (Figure 58), malgré une dispersion notable, et une corrélation approximative pour W (Figure 54), Nb (Figure 50), Y (Figure 56) et Sb (Figure 52) assortie d'un fort biais dans le sens d'un sous dosage en pXRF. Ce point sera discuté au § 9.5.

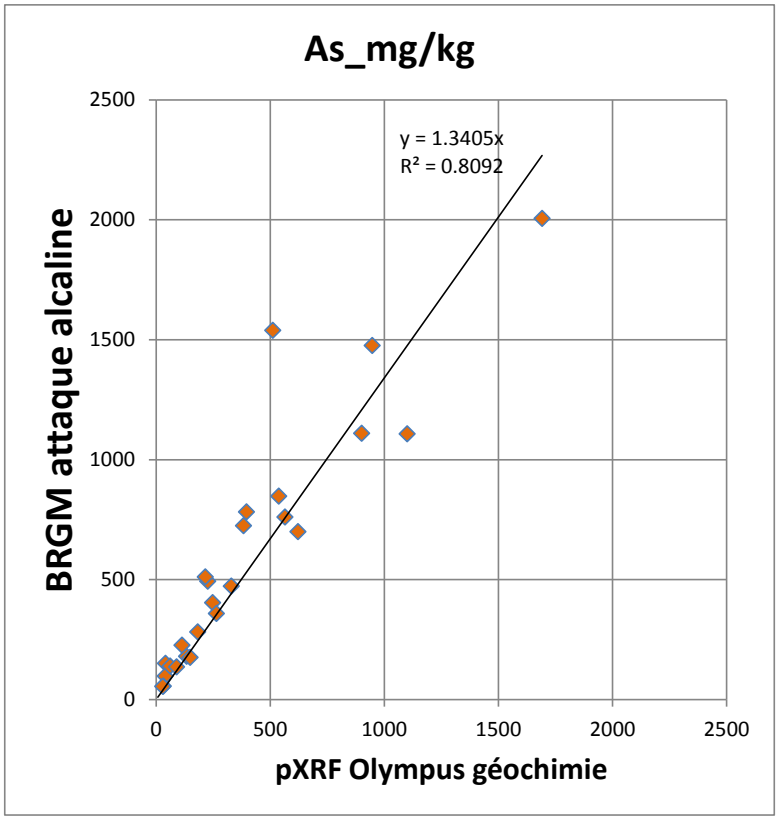


Figure 46 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP BRGM pour As.

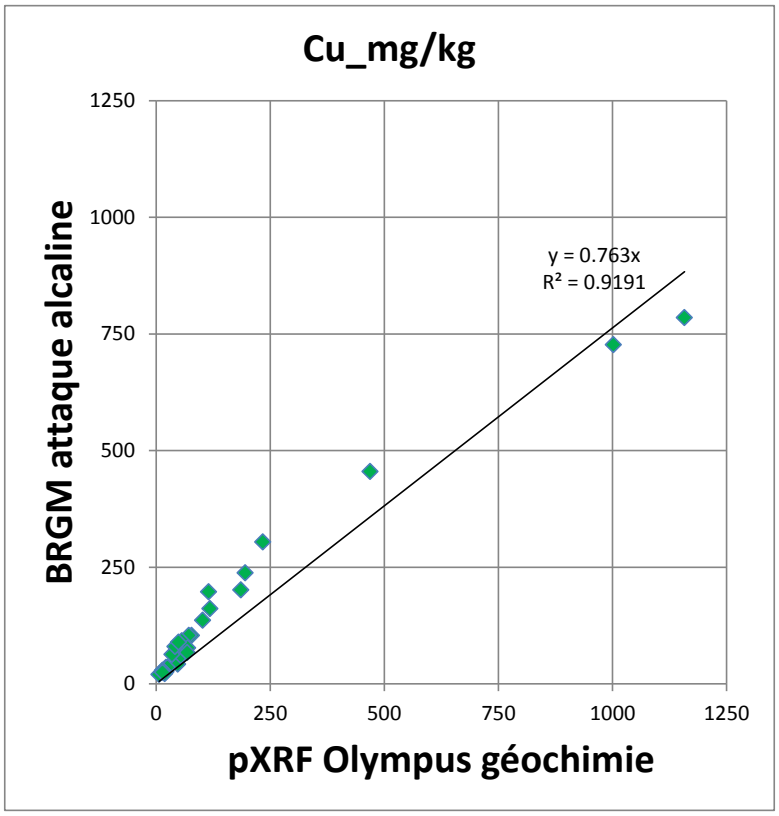


Figure 47 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP BRGM pour Cu.

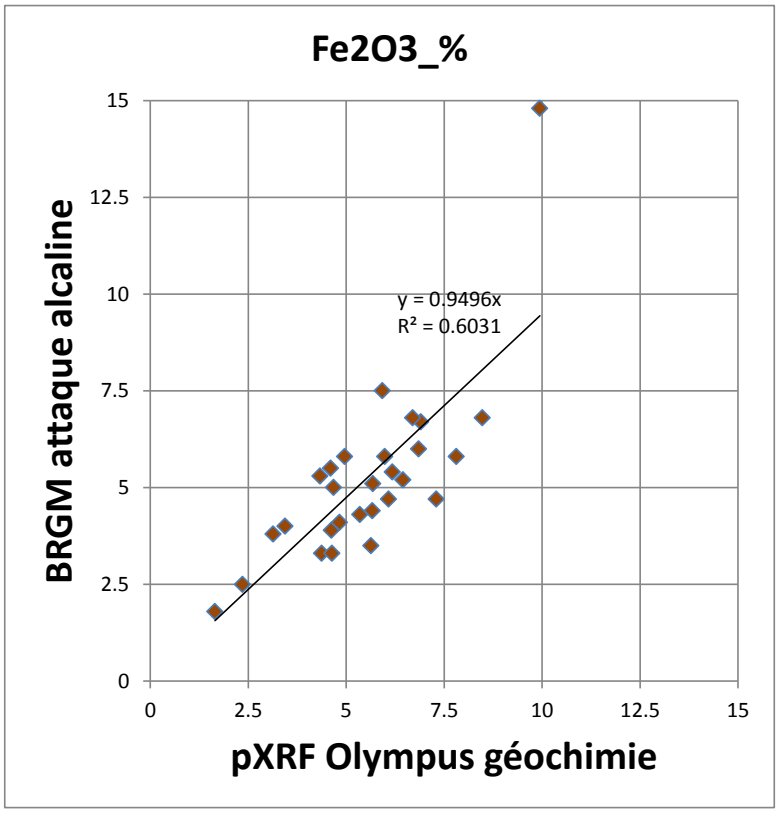


Figure 48 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP BRGM pour Fe.

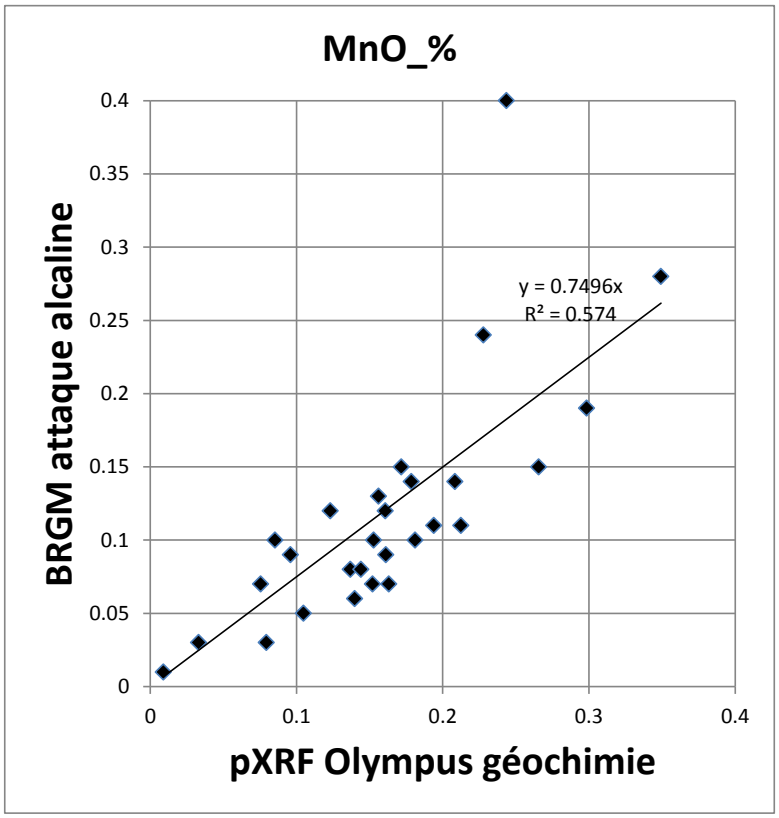


Figure 49 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP BRGM pour Mn.

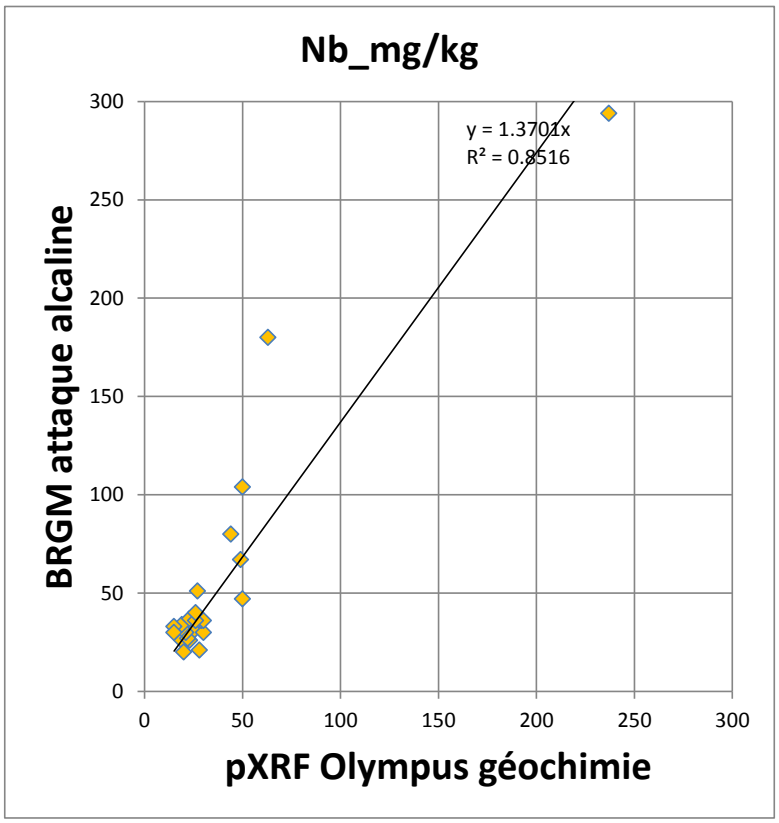


Figure 50 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP BRGM pour Nb.

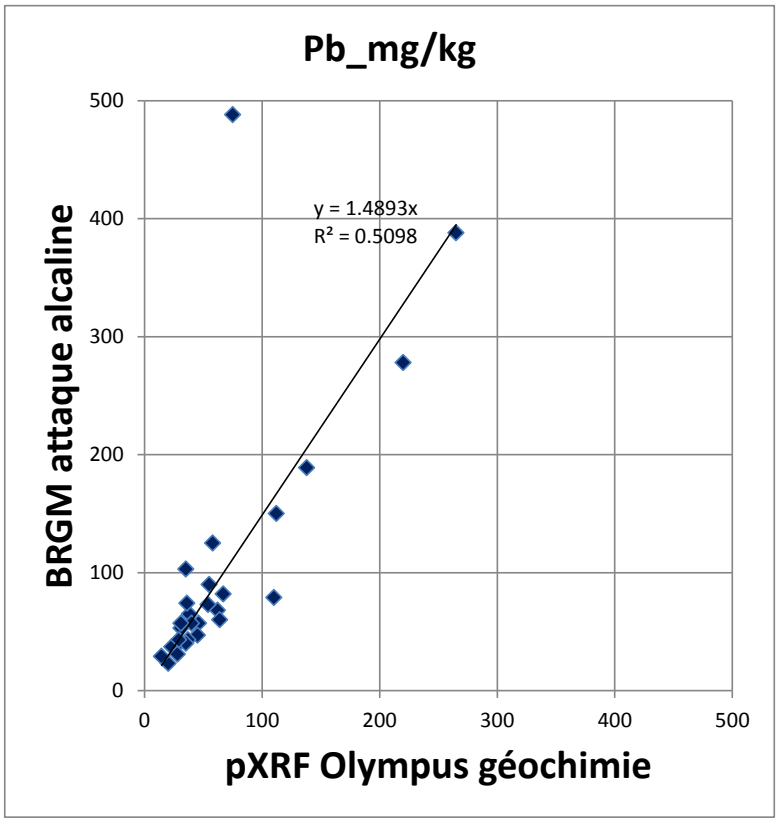


Figure 51 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP BRGM pour Pb.

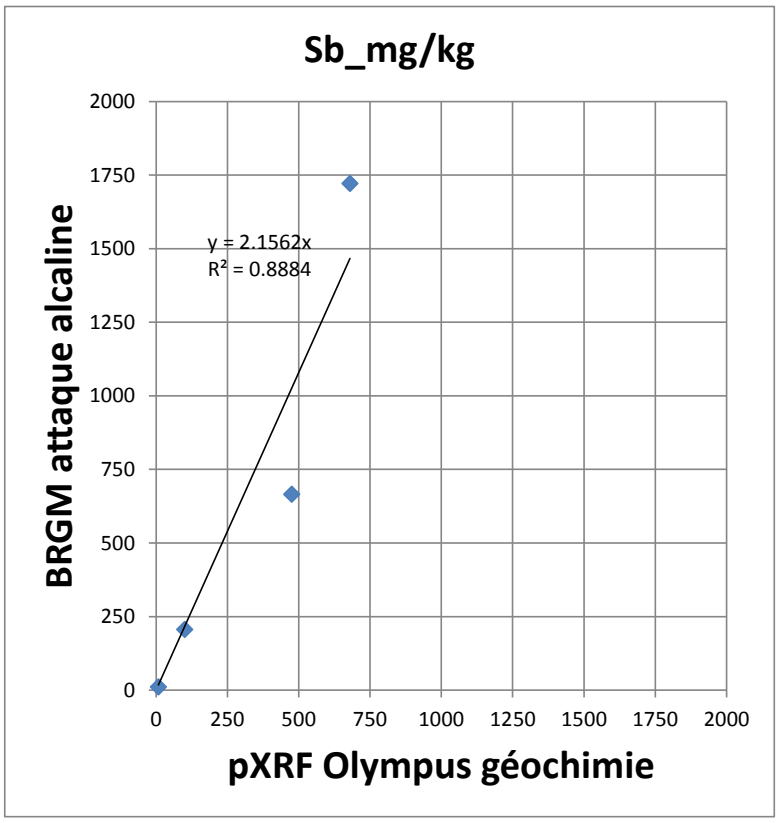


Figure 52 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP BRGM pour Sb.

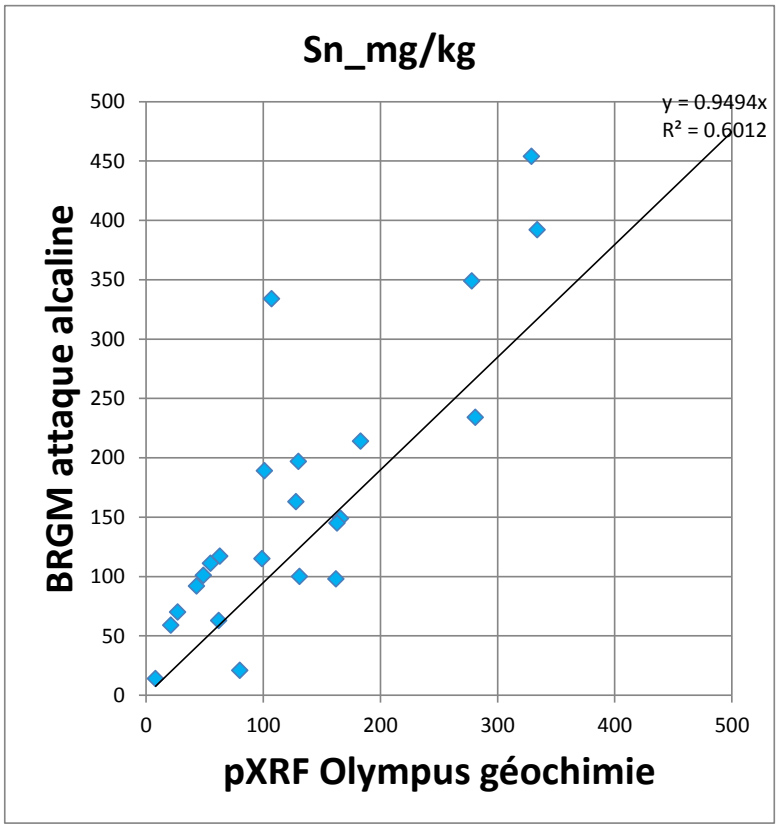


Figure 53 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP BRGM pour Sn.

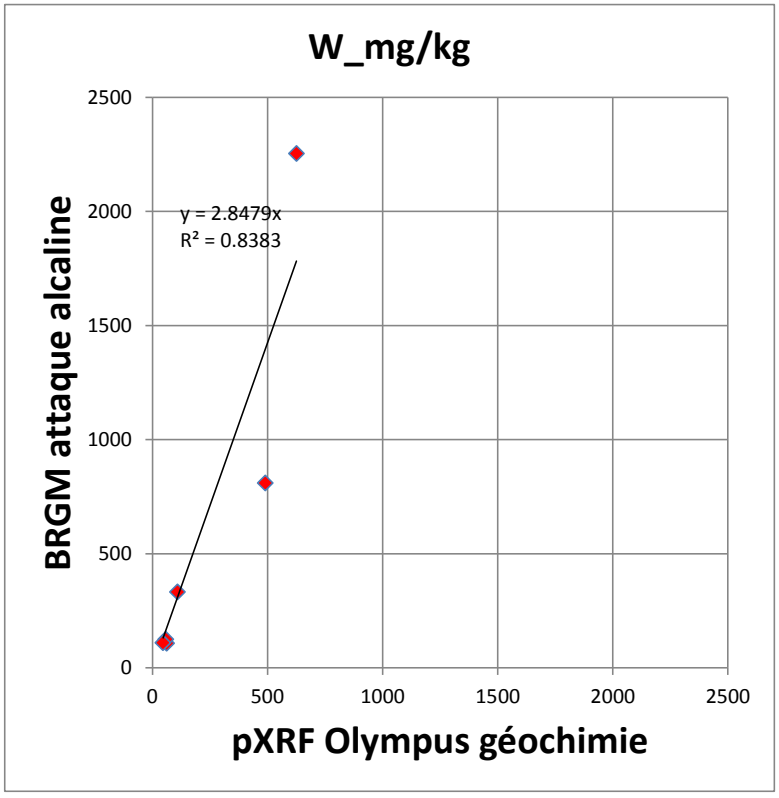


Figure 54 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP BRGM pour W.

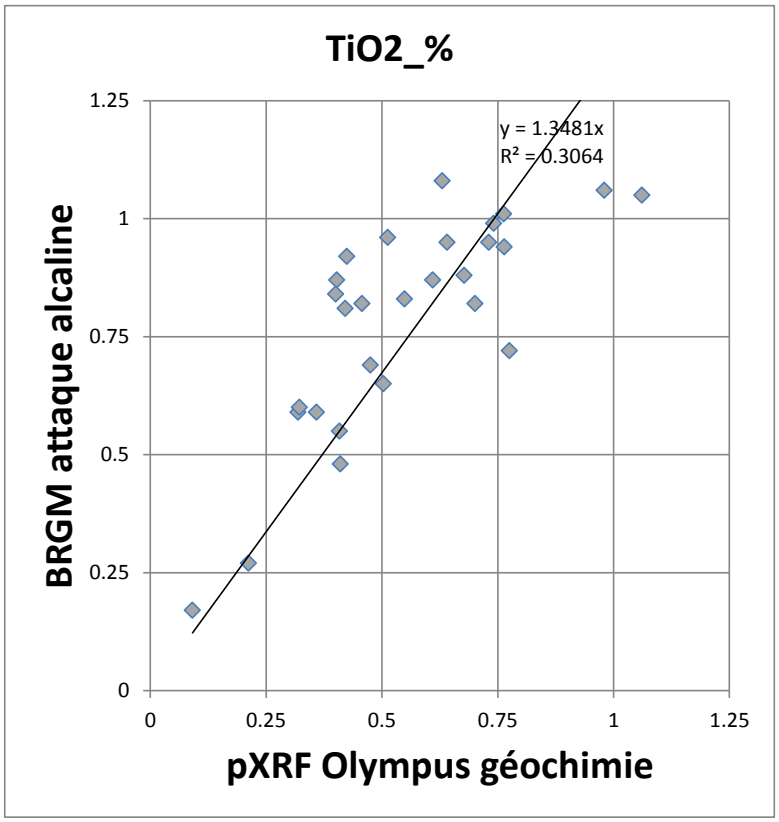


Figure 55 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP BRGM pour Ti.

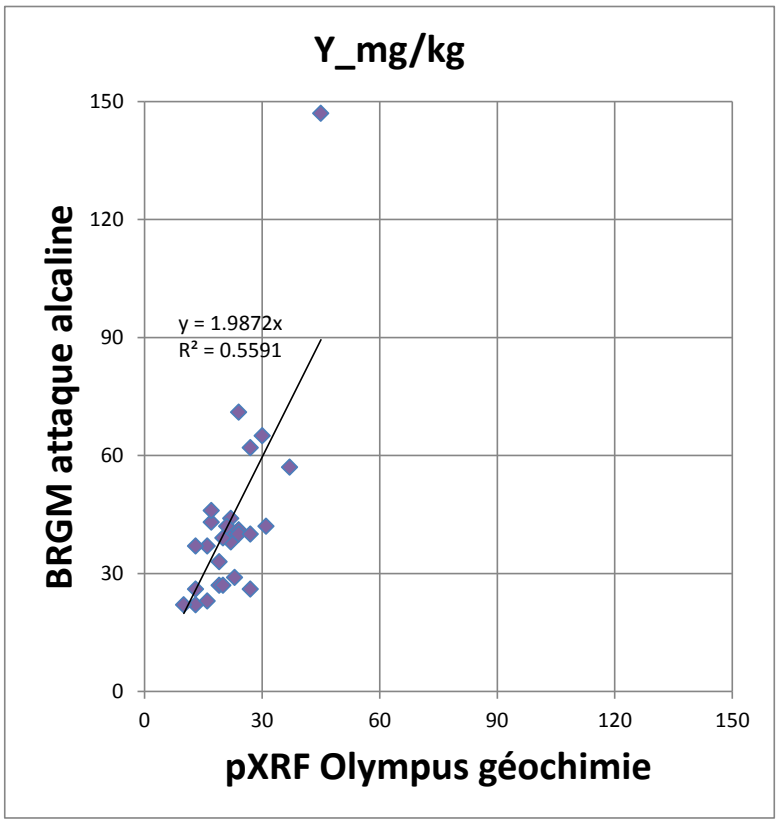


Figure 56 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP BRGM pour Y.

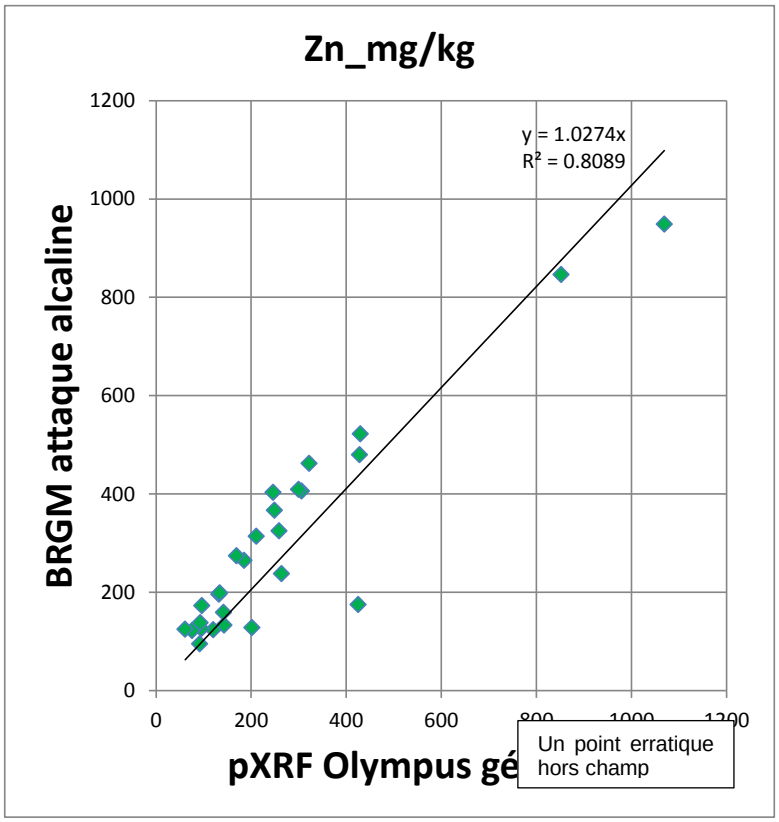


Figure 57 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP BRGM pour Zn.

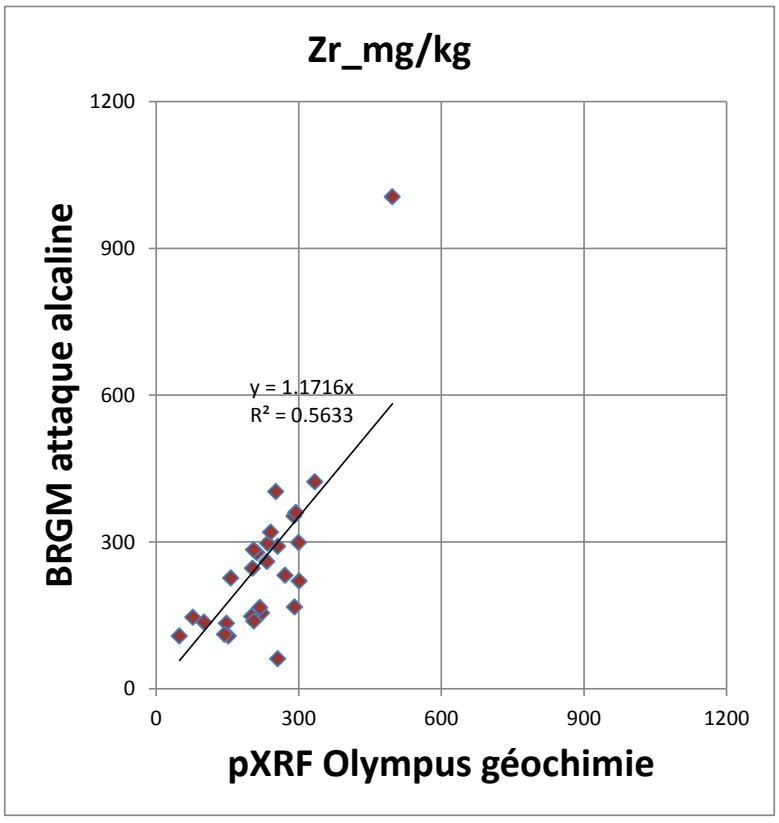


Figure 58 – Comparaison entre mesures pXRF et analyses ICP BRGM pour Zr.

9.5. ANALYSES EUROFINS, ANALYSES BRGM ET TYPE D'ATTAQUE

Cette comparaison, à priori hors du champ de l'étude, a été présentée à GEODERIS en janvier 2017 afin de permettre de mieux apprécier les enjeux du choix de la mise en solution des substances réfractaires avant l'étude du site du Pic de la Fourque, prévue en 2017. Nous reprenons ici les principales conclusions afin de permettre d'en tenir compte pour le site des Montmins. Noter que Ti, Zr, Nb et Y ne faisaient pas partie des éléments à doser par Eurofins.

La comparaison directe des analyses Eurofins (eau régale) et BRGM (fusion alcaline) montre que Sn est sous dosé en moyenne de 70% par mise en solution eau régale, et que ce biais n'est pas homogène (Figure 59). Cette hétérogénéité peut refléter un comportement variable selon les minéraux porteurs (cassitérite ou stannite) lors de la mise en solution. Il faut également tenir compte de l'hétérogénéité possible de distribution de ces minéraux lourds dans la prise d'essai. La comparaison pour W est sans objet pour les raisons indiquées plus haut.

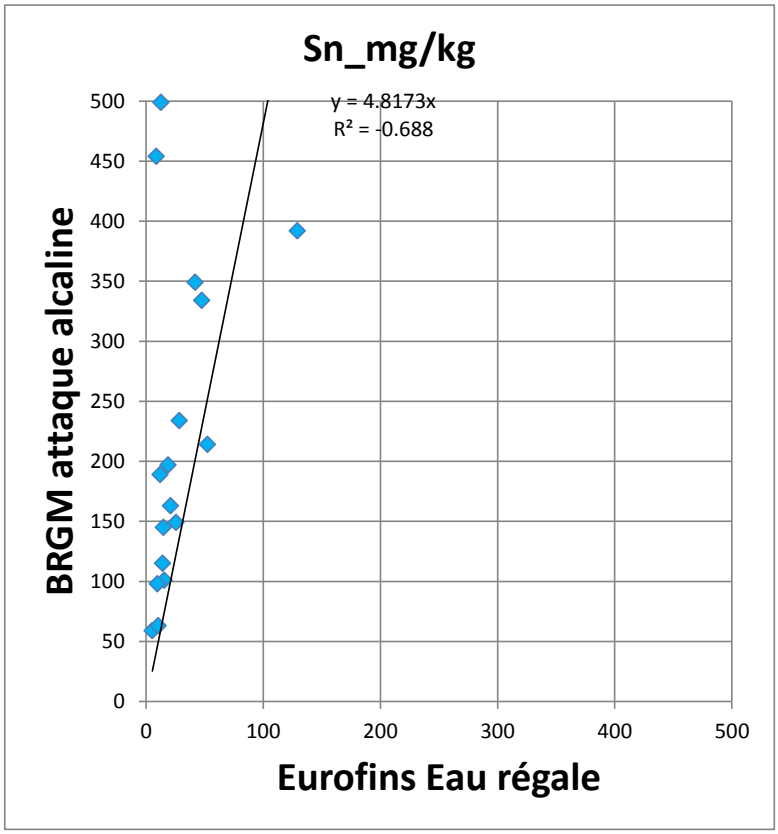


Figure 59 – Comparaison entre analyses ICP Eurofins (eau régale) et BRGM (fusion alcaline) pour Sn.

Afin de permettre d'établir la part du type de mise en solution dans ces écarts, sans prendre en compte d'éventuels écarts analytiques, une mise en solution par eau régale a été effectuée au BRGM et réanalysée en ICP selon le même protocole.

La sélection des échantillons a été effectuée à partir de celle destinée à Eurofins, en privilégiant les échantillons où ont été détectés en pXRF des éléments réfractaires à la mise en solution classique (Sn, Ti, W, Zr),

La comparaison directe des analyses BRGM (eau régale) et BRGM (fusion alcaline) montre un fort sous-dosage en eau régale pour Sn (Figure 60), Nb (Figure 61), Ti (Figure 62) et Zr (Figure 64), tandis que pour W (Figure 63), il semble que ce sous-dosage prenne la forme d'un biais régulier de 25% environ.

Sur cette base et sur celle de la Figure 54, il semble possible de dériver des valeurs ELT à partir des mesures pXRF et des analyses par eau régale, alors que pour Sn, Nb, Ti et Zr, les mesures pXRF ne peuvent être validées qu'avec une attaque plus complète.

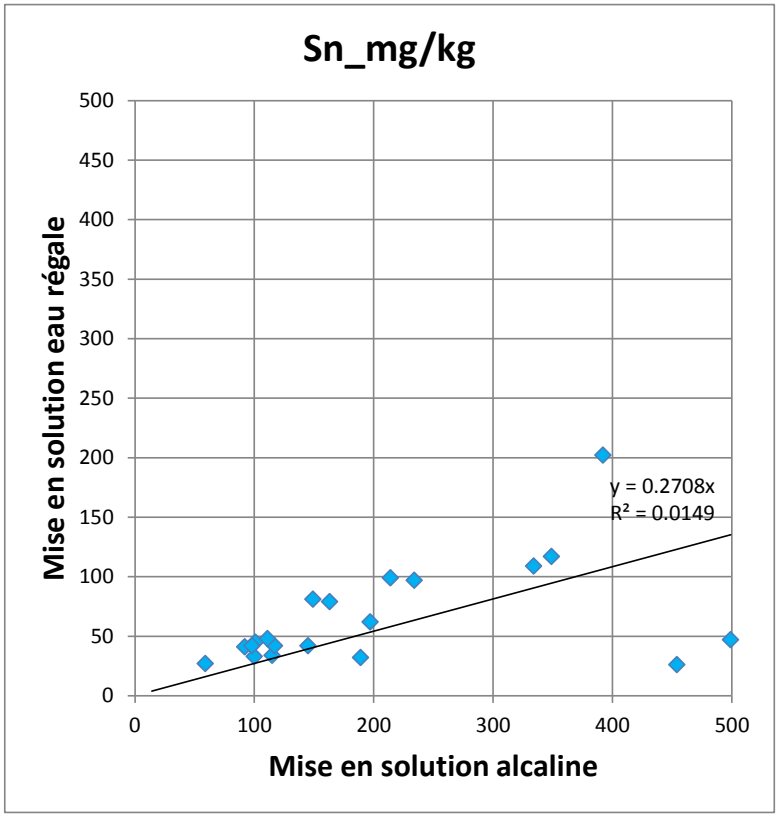


Figure 60 – Comparaison entre analyses ICP BRGM eau régale et fusion alcaline pour Sn.

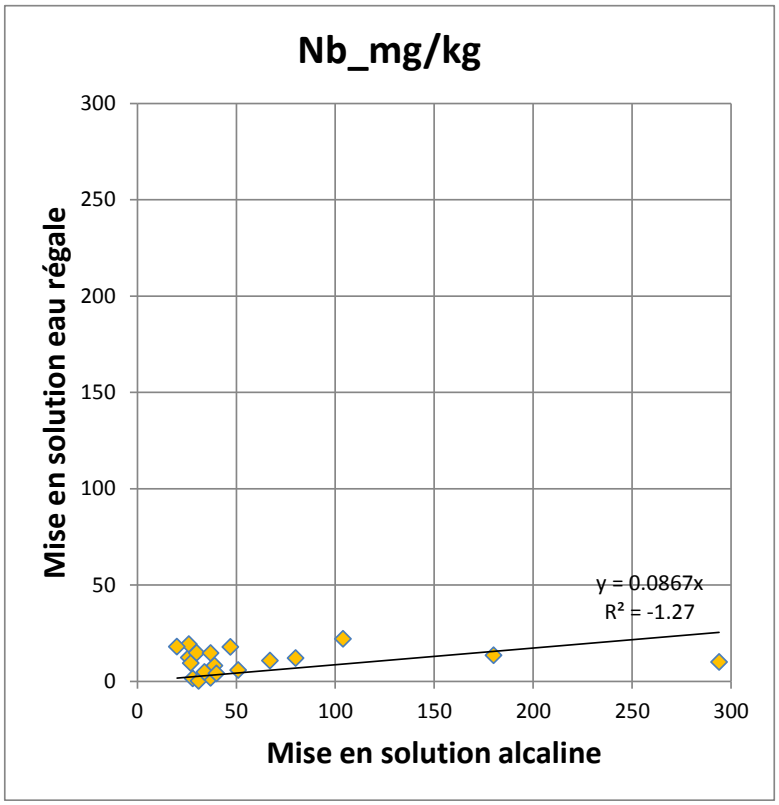


Figure 61 – Comparaison entre analyses ICP BRGM eau régale et fusion alcaline pour Nb.

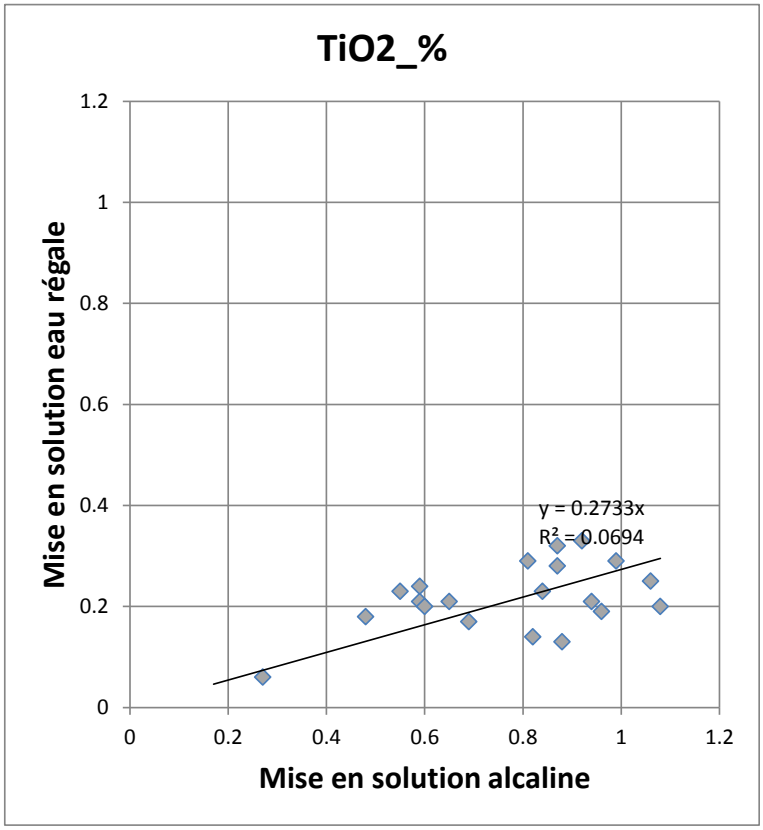


Figure 62 – Comparaison entre analyses ICP BRGM eau régale et fusion alcaline pour Ti.

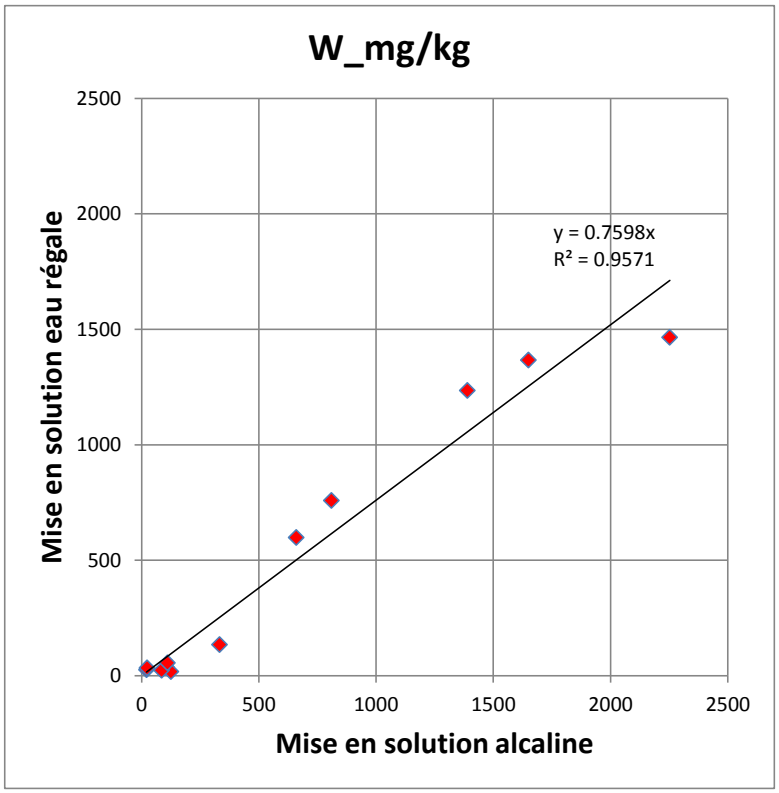


Figure 63 – Comparaison entre analyses ICP BRGM eau régale et fusion alcaline pour W.

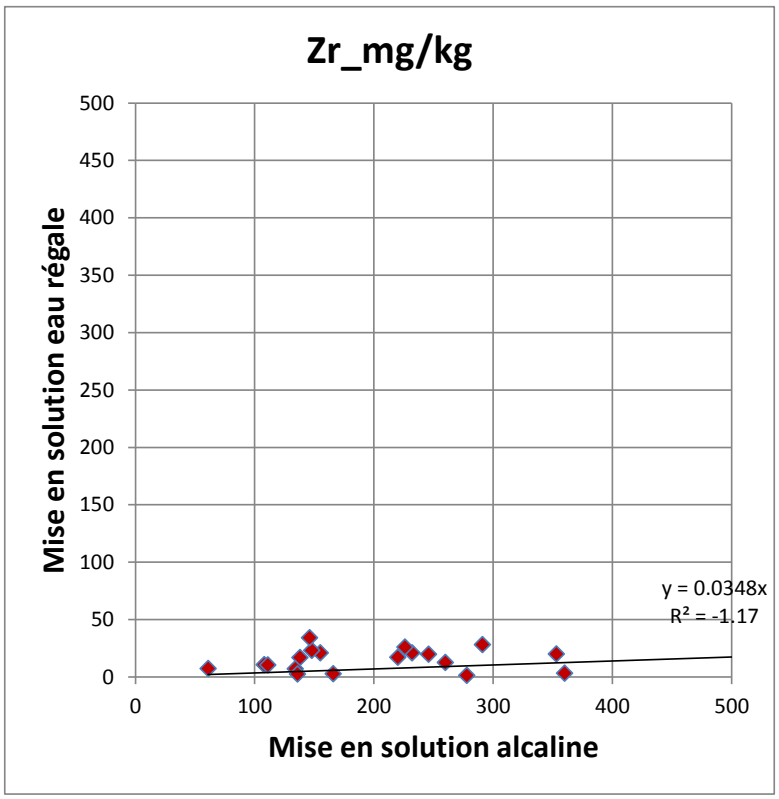


Figure 64 – Comparaison entre analyses ICP BRGM eau régale et fusion alcaline pour Zr.

10. Conclusions

L'état des lieux de la contamination du site des Montmins doit prendre en compte l'hétérogénéité des minéralisations, qui bien que toutes liées à l'activité hydrothermale du massif des Colettes, présentent plusieurs types de signatures :

- W-As-Sn autour de la Bosse, avec probablement des signatures associées qui sont délicates à mettre en évidence par pXRF. Il s'agit de Li et Be (éléments non détectés en pXRF mais pouvant être simulés par une analyse multivariée, Brand & Brand, 2016), de Nb, Ta et Th dont les faibles concentrations nécessiteraient des temps de comptage très élevés et une préparation de l'échantillon, non compatibles avec le programme de travail ; des terres rares (REE) non distinguables individuellement par les spectromètres pXRF usuels, et dont la détection nécessiterait un traitement séparé du signal. Ces éléments n'ont également pas été dosés au laboratoire pour la plupart ;
- Sn-Cu-As-Pb pour les sites des Bois-Menus et de Chaillat,
- Sb-As pour le site de Nades,
- Fe-As pour les fractures et filons isolés.

L’étendue du dépôt de résidus du Mazet a été reconnue, elle ne dépasse pas le périmètre des propriétés concernés. Par contre, les ruptures de digues documentées au cours de l'exploitation du site, puis en 1988 (Annexe 1) ont entraîné via le Cotillon des lâchers de résidus vers le cours de la Bouble, résidus dont la signature a été identifiée jusqu'à Chantelle la Vieille.

Le site de Nades présente un dépôt de résidus plus modestes, largement végétalisé.

Les autres exploitations (Chaillats, Bois des Menus, etc.) présentent des dépôts de résidus modestes, végétalisés et pas complètement localisés. Elles laissent néanmoins une signature métallifère dans les sédiments des cours d'eau et les sols alluviaux, sans que l'on puisse déterminer si cette signature provient des résidus ou de sources en lien avec les exhaures.

Ces différentes sources et dépôts constituent actuellement une source de contamination significative en As, et notable en W et Sn mais sans risque sanitaire, dont les impacts peuvent être suivis jusqu'au cours de la Bouble et de la Sioule.

A Nades, le dépôt constitue potentiellement une source significative de contamination en Sb et As, mais les voies de transfert semblent limitées. On note une auréole de contamination des sols dans le champ autour du dépôt, probablement due au ruissellement.

A Chaillat et Nades, les autres polluants potentiels (Cu, Pb) ne sont pas en abondance suffisante, que ce soit dans les résidus, la minéralisation ou son encaissant, pour constituer un risque significatif.

Le minerai de tungstène lui-même, et ses éléments associés Sn, Nb, Y, (Ta), bien que largement observé dans les résidus et leurs produits d'érosion, ne constitue pas un enjeu environnemental, en raison de sa quasi-totale insolubilité et de sa faible nocivité sous forme de minéraux.

Le transport de l'arsenic s'effectue à la fois sous forme solutée et particulaire. As est mobile dans les eaux acides, mais au dessus de pH 2, et en milieu oxydant, il sera présent sous forme H_2AsO^{4-} et aura donc tendance à s’adsorber sur les oxydes de fer hydratés, et sera donc peut présent dans la phase dissoute. La migration de As est donc limitée par les dépôts d'hydroxydes de fer, pièges naturels.

Une étude approfondie des corrélations entre mesures pXRF et analyses de laboratoire selon différents protocoles de mise en solution a permis de montrer que les mesures pXRF sont toujours représentatives pour les éléments étudiés, mais qu'elles peuvent présenter des biais significatifs. Les analyses effectuées selon le protocole classique des sols (eau régale) sont représentatives pour la majorité des éléments, et notamment As, Cu, Pb et Zn, mais peuvent être fortement sous dosées pour les éléments les plus réfractaires (Sn, W, Ti, Zr, Nb, Y et probablement Ta et REE). Un tel sous-dosage a bien été observé pour Sn, Ti, Zr et Nb dans cette étude, mais le sous-dosage de W est moins prononcé. Dans le cas des sites comportant ces éléments, il est prudent de se baser de préférence sur les mesures pXRF sur site, ou de faire doser les éléments correspondants avec une mise en solution plus efficace que l'eau régale.

11. Bibliographie

Aubert, G. (1969). Les coupoles granitiques de Montebras et d'Echassières (Massif Central Français) et la genèse de leur minéralisations. Thèse, 1966, et Mémoire BRGM n°46, 345 p.

Aubert, N., Hulot, C. (2012). Mise en œuvre de la méthodologie IEM sur un ancien site minier en Ariège (concession du Pic de la Fourque), Salau (09). Rapport préliminaire. Rapport BRGM/RP-60674-FR, 270 p., 16 ann.

Belkessa, R. (1981). Hydrogéologie du massif d'Echassières (Allier). Zones des granites et des micaschistes. Rapport BRGM 81 SGN 774 AUV. http://infoterre.brgm.fr/rapports/81-SGN-774-AUV.pdf

Bouchot, V., Ledru, P., Lerouge, C., Lescuyer, J.L. & Milesi J.P. (2005). 5: Late Variscan mineralizing systems related to orogenic processes: The French Massif Central. Ore Geology Reviews 27 169–197.

Brand, N. W & Brand, C.J. (2016). Detecting The Undetectable Lithium By pXRF. Consulté à https://www.pxrfs.com.au/news-posts/detecting-undetectable-lithium-pxrf/# le 2017/01/27.

BRGM (1982). Projet de carrière pour la mise en exploitation du gisement polymétallique d'Echassières (Sn - Ta). Rapport 82 RDM 034 DPM. http://infoterre.brgm.fr/rapports/82-RDM-034-DPM.pdf

Cathelineau, M., Boiron, M.C., Holliger, P. & Poty, B. (1990). Metallogenesis of the French part of the Variscan orogen. Part II: Time-space relationships between U, Au and Sn-W ore deposition and geodynamic events - mineralogical and U-Pb data. Tectonophysrcs, 177, 59-79.

Cuney, M., Marignac, C. & Weisbrod, A. (1992). The Beauvoir Topaz-Lepidolite-Albite Granite (Massif Central, France): The Disseminate Magmatic Sn-Li-Ta-Nb-Be Mineralization. Economic Geology 87, 1766-1794.

Didier J. (1964) - Etude pétrographique des enclaves de quelques granites du Massif Central français. Annales Fac. Sc;. Univ. Clermont-Ferrand, n° 23, 254 p., 9 pl.

Gagnière, G. (1980). DDA de l'Allier - Syndicat Pennaroya/BRGM : Pompage d'essai au puits Saint Jean. Mine des Montmins, près d'Echassières (Allier). Rapport BRGM 80 SGN 480 AUV, http://infoterre.brgm.fr/rapports/80-SGN-480-AUV.pdf .

GEODERIS (2014). Barrage du Cotillon, ancien site minier des Montmins (Echassières - 03) Résumé du volet environnemental. S 2014/063DE-14AUV3301.

GEODERIS (2016). Cahier des charges S 2016/023DIO - 16AUV24030.

Grolier, J. (1971). Contribution à l'étude géologique des séries cristallophylliennes inverses du Massif Central français : la série de la Sioule (Puy-de-Dôme, Allier). Mém. B.R.G.M., n°64, 163 p., 8 pl., 7 cartes h.t.

Grolier, J. Giot, D., Gentilhomme, P. (1975). Carte géologique Gannat, échelle 1:50000, n° 645. BRGM éditions.

IMERYS (2013). DEMANDE DE PERMIS EXCLUSIF DE RECHERCHES DE MINES, DIT «PERMIS DE BEAUVOIR » Pour lithium, étain, tantale, niobium, tungstène, beryllium et connexes. Communes d'Echassières (03), Coutansouze(03), Lalizolle(03), Nades(03), Servant (63). https://www.economie.gouv.fr/files/files/PDF/per-beauvoir_information-du-public.pdf

INERIS (2006) - Retour d'expérience sur la gestion des sites pollués en France. VDSS, VCI-sols, outils génériques pour l'évaluation des sites pollués: Évaluation et perspectives RAPPORT D'ÉTUDE DRC-06-75999-DESP/R11.

IRSP (Inventaire des Réseaux Spéciaux et Particuliers) (2016). Echassières – carrières de kaolin et tungstène. Fiche IRSP n°03108.0, 21 mars 2016 - http://www.inventaires-ferroviaires.fr/hd03/03108.0.pdf

Lemière, B., Laperche, V., Auger, P. & Bentivegna, G. (2016) – Etude sanitaire et environnementale des anciens sites miniers de St-Félix-de-Pallières et de Carnoulès (Gard). Caractérisation de l'environnement local témoin. Rapport BRGM/RP-66448-FR, xx p., xx fig., xx ann.

Maton, D., Laperche, V., Le Strat, P. (2008). Recherche d'une zone «témoin» dans le cadre de la démarche IEM sur la commune de Saint-Laurent-le-Minier (30). Contexte géologique et gîtologique. Rapport BRGM/RP-56454-FR.

MEDDE (2007). La politique nationale de gestion des sites et sols pollués – Circulaire du 8/2/2007, Annexe 2 Comment identifier un site (potentiellement) pollué. Comment gérer un problème de site pollué. Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués.

MEEM (Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer) (2017). Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués. http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Methodo_SSP_2017.pdf

Nordstrom, Kirk D. (2014). Baseline and Premining Geochemical Characterization of Mined Sites. Applied Geochemistry 57, 17-34.

Robbat, Jr., A. (1997). Dynamic Workplans and Field Analytics: The Keys to Cost-effective Site Investigations, Tufts University, Case Study.

US-DOE (2001). Adaptive Sampling and Analysis Programs (ASAPs). Report DOE/EM-0592.

U.S. EPA (1995) Determination of Background Concentrations of Inorganics in Soils and Sediments at Hazardous Waste Sites. U.S. EPA Engineering Forum Issue paper. EPA/540/S-96/500.

U.S. EPA (2002) Guidance for Comparing Background and Chemical Concentrations in Soil for CERCLA Sites. EPA 540-R-01-003 OSWER 9285.7-41

Vincienne, H. & Pélissonnier, H. (1954). Etude microscopique de la minéralisation du filon des Chaillats (Puy-de-Dome), à la bordure sud du granite des Montmins, et de quelques accidents sulfurés dans des filons de quartz à wolfram au voisinage de Montboucher (Creuse). Bulletin de la Société Française de Minéralogie et de Cristallographie 77, 1337-1362.

Annexe 1

Extrait du rapport sur l'amélioration de la sécurité des barrages et ouvrages hydrauliques

OFFICE PARLEMENTAIRE D'ÉVALUATION DES CHOIX SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES

RAPPORT sur l'amélioration de la sécurité des barrages et ouvrages hydrauliques

Par M. Christian Kert, député (2008)

b) Les barrages de Cotillon

Le Préfet de l'Allier que j'avais saisi de la situation des barrages de Cotillon a longuement répondu à votre rapporteur sur un cas plus difficile de barrages contenant des stériles miniers. Voici donc quelques bonnes lignes sur ce problème qui peut devenir épineux.

« Ces barrages de Cotillon sont suivis actuellement par les services de la Direction départementale de l'agriculture et de la forêt de l'Allier depuis 1986. Il s'agit d'un ensemble de cinq plans d'eau dont, en aval, un grand plan d'eau dit «Barrage du Cotillon ». Cet ensemble se situe sur la commune d'Echassières sur un petit ruisseau dit «Le Cotillon», affluent de la rivière La Bouble, elle-même affluent des rivières La Sioule et l'Allier.

Les quatre petits plans d'eau situés en amont ont une surface moyenne de 0,5 à 1 ha chacun. En revanche, le plan d'eau de Cotillon est composé d'une retenue de 4,5 ha et d'un barrage en remblai d'une hauteur de 22 mètres environ, en travers du thalweg sur une longueur de 100 mètres en crête. Son volume en eau est évalué à 50 000 m^3 soit une hauteur d'eau moyenne de 1,10 mètre. Le volume total y compris les sédiments est estimé à 200 000 m^3.

Compte tenu de ces caractéristiques, cet ouvrage a été classé en 1993 comme intéressant la sécurité publique (ISP) au titre de la circulaire n° 70-15 du 14/08/1970. En revanche, il n'existe pas d'enjeux majeurs de sécurité des biens et des personnes à proximité avale, en cas de rupture de cet ouvrage. Le barrage relève désormais de la classe A du décret n°2007-1732 du 11 décembre 2007 (Art R214-112 du code de l'environnement).

Ces cinq plans d'eau sont issus d'une ancienne concession de mine de wolfram (minerai de tungstène) dite des Montmins instituée par décret du 02 juin 1917, au profit de la compagnie minière des Montmins, puis mutée en 1968 à la société minière et métallurgique PENNAROYA devenue METALEUROP S.A.. Ces ouvrages remblayés au fil des ans, avaient pour but de stocker les résidus fins de l'ancienne laverie à minerai.

L'exploitation a cessé en 1962 et le site a été acheté par un particulier pour en faire un lieu de détente. Depuis son décès en mars 1987, c'est son fils qui a hérité de cette propriété de 25 ha environ. Aucune prescription particulière au titre du code minier n'a

été imposée à l'époque à l'ancien exploitant en ce qui concerne ces digues. Enfin, il a été donné acte par arrêté préfectoral du 08 avril 2003, à la société METALEUROP S.A., de l'arrêt définitif de l'ensemble des travaux miniers de cette concession.

En ce qui concerne la première intervention du Service police de l'eau de la DDAF, elle remonte à l'année 1975 et faisait suite à un procès verbal pour pollution établi par le Conseil Supérieur de la Pêche. Dès septembre 1978, la DDAF a sollicité l'appui technique du CTGREF (Centre Technique du Génie Rural des Eaux et des Forêts) devenu CEMAGREF pour expertiser ce site. Ce service est ensuite intervenu une nouvelle fois en novembre 1985 et février 1986. Suite à la mission d'inspection nationale du CEMAGREF en octobre 1990, et sur ses recommandations, cet ouvrage a été classé comme Intéressant la Sécurité Publique (ISP) par l'arrêté préfectoral n° 3109 du 21 juillet 1993.

Depuis cette date, ce classement a entraîné, au titre de la circulaire n° 70-15 du 14 août 1970, au moins une visite annuelle du service contrôle (DDAF). Ce suivi a d'ailleurs fait l'objet de nombreux courriers à l'attention du propriétaire des ouvrages. Cependant, le propriétaire s'est montré peu enclin à mettre en œuvre les consignes de sécurisation et d'entretien des ouvrages en dépit de nombreuses relances. Il n'est finalement devenu réactif que suite à la mise en œuvre de procédures judiciaires ou de procédures administratives.

Quatre arrêtés préfectoraux de mise en demeure ont été pris au titre des articles L 216-1 et L 216-10 du code de l'environnement:

- le 28/01/1987, pour vidange totale des plans d'eau,

- le 11/06/1987, pour l'entretien du barrage du Cotillon,

- le 18/07/2000, pour l'entretien du barrage du Cotillon,

- le 17/06/2004, pour l'entretien des berges des étangs du Mazet et du Cotillon.

En outre, un arrêté préfectoral du 12/04/2007 a engagé la procédure de consignation prévue à l'article L 216-1 du code de l'environnement pour un montant de 10 017,00 Euros répondant au coût des travaux énoncés à l'arrêté préfectoral du 17/06/2004. Une levée partielle de 50% des fonds a été autorisée le 5 mai 2007 compte tenu de la réalisation de l'essentiel des travaux à l'exception des abords de l'évacuateur de crues.

D'autre part, diverses infractions ont été relevées par les techniciens de la DDAF en relation avec la Brigade de Gendarmerie Nationale, à savoir :

Infraction relevée par	Date	Type d'infraction	Suite donnée par le parquet
Gendarmerie Nationale	11/11/2000	Non respect de l'arrêté préfectoral du 18/07/2000	- Affaire jugée. - Propriétaire déclaré coupable, mais dispensé de peine. - Cette affaire a bénéficié de la loi d'amnistie de août 2002.
DDAF	09/09/2004	Non respect de l'arrêté préfectoral du 17/06/2004	- Le Procureur de la République décide « rappel à la loi » le OS/07/2005. - Suite à cette décision, la DDAF a rappelé fin juillet 2005, l'attention du Tribunal de Grande Instance sur l'instabilité du barrage (cf. étude Coyne et Bellier de 1994 mentionnée plus bas).
DDAF	14/01/2005	Exploitation d'une installation sans être en règle.	
DDAF	15/12/2006	Non respect de l'arrêté préfectoral	En mars 2008, le Procureur de la République transmet un avis de classement « régularisation sur demande du parquet ». La DDAF, écrit au Procureur de la République pour attirer son attention, une nouvelle fois, sur les risques et ce, suite à la lettre de la DDAF de fin juillet 2005.

Il convient de noter enfin qu'un grave incident a affecté cet ouvrage, le 15 mai 1988.

En effet, suite à de fortes pluies (80 mm en 3 heures), une crue a entraîné rapidement la montée du niveau des eaux de la retenue en raison du sous dimensionnement de l'évacuateur de crue. Cette montée des eaux a provoqué un glissement d'une partie du parement aval (partie haute) mais sans créer de brèche dans l'ouvrage.

Du matériel de travaux publics a été réquisitionné (58 000 francs) pour élargir et approfondir l'évacuateur de crue et permettre l'abaissement du niveau des eaux de la retenue. Suite à cet incident et à l'initiative de la DDAF, une étude « diagnostic » a été réalisée. Ce rapport a préconisé des travaux de confortement par drainage et recharge avale pour un montant total de travaux estimé à 480 000 F en juillet 1994.

Depuis lors, et malgré l'action constante du service de contrôle, aucun confortement de cet ouvrage n'a été entrepris. Une végétation arbustive s'est même installée, ce qui a motivé la procédure de consignation décrite plus haut.

Par le procès-verbal de visite annuelle de février 2008 et par des courriers du 22 avril et du 19 juin 2008, les nouvelles dispositions réglementaires (décret du 11/12/2007 et arrêtés ministériels des 28 février et 19 juin 2008 ont été communiqués au maître d'ouvrage (Classe A).

Enfin, eu égard aux défauts de stabilité identifiés par l'étude précitée, il est prévu d'avancer la production de l'étude de danger visée à l'article R214-115 du code de l'environnement au 31 décembre 2009.

En conclusion de cette affaire, il semblerait que les difficultés rencontrées dans le suivi de ces ouvrages et la mise en œuvre par leur propriétaire des mesures d'entretien et de sécurisation adéquates pourraient tenir d'une part à la disparité du cadre réglementaire applicable aux barrages de retenue selon qu'ils relèvent du code minier, des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) ou de la police de l'eau et des milieux aquatiques et, d'autre part, à la capacité technique et financière d'un maître d'ouvrage privé.

En effet, cet ouvrage tombant dans le champ des dispositions très abouties du code de l'environnement, les contraintes applicables à son maître d'ouvrage privé apparaissent de fait, aujourd'hui, sans commune mesure avec le mode d'exploitation qui prévalait lors de l'exploitation minière ».

Ceci est exemplaire d’un travail sérieux de l’administration, mais révélateur de l’inadéquation d’une partie de la réglementation à la situation réelle d’un propriétaire qui ne peut faire face à ses obligations.

Annexe 2

Résultats de mesures

No echantillon	Ag	Al	As	Ba	Bi	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	K	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	Rb	S	Sb	Se	Si	Sn	Sr	Th	Ti	U	V	W	Y	Zn	Zr
MMsol001	ND	32900	69	467	ND	4184	ND	21	24.7	29092	13.7	14044	1154	ND	35	16	1993	28	243	918	ND	2	118000	134	102	13	2179	6	ND	59	18	98	296
MMsed002	*ND*	*66900*	*51*	*774*	*ND*	*6661*	*ND*	*30*	*23*	*35598*	*10*	*21934*	*1127*	*ND*	*39*	*32*	*2344*	*38*	*280*	*1899*	*ND*	*2.3*	*223100*	*112*	*119*	*18*	*3313*	*ND*	*ND*	*ND*	*22*	*117*	*291*
MMsed003	ND	18700	18	555	ND	4453	ND	30	7.8	23230	ND	14356	1570	ND	7	ND	1823	21	80	885	ND	ND	102200	ND	77	ND	2656	ND	ND	ND	8	43	60
MMsed004	ND	19800	10	628	ND	5840	ND		ND	18957	ND	13003	797	ND	7	ND	1536	14	70	167	ND	ND	163100	ND	75	5	ND	ND	ND	ND	11	37	86
MMsol005	ND		7.4	425		ND	ND	39	28.1	49985	ND	19708	1005	ND		30	ND	17.6	156	ND	8	ND		ND	69.5		6499					95.1	323
MMsol006	ND	49500	35	307	ND	8775	ND	19	15.4	48643	ND	13529	801	ND	19	23	3418	33	116	2021	ND	ND	78500	ND	73.3	8	2649	ND		ND	20	191	177
MMsol007	ND		51.9	490		202	ND	43	20.4	34435	5.4	28237	1107	ND		34	ND	44.5	201	ND	ND	ND		25	77.1		4991					102	244
MMsed008	ND	58200	78	643	ND	1244	ND	13	12.8	33310	9.4	25050	1197	ND	21	28	1762	38	277	ND	ND	1.9	230500	25	57	8	2378	ND	ND	ND	15	129	130
MMsol009	ND		98.7	666		489	ND	16	15.8	19447	8.8	23418	404	ND		ND	ND	85.9	329	ND	ND	1.7		57	91.8		2964					102	170
MMsed010	ND		15.9	222		756	ND	10	ND	9800	ND	5670	676	ND		ND	ND	10	77	ND	ND	ND		8	44.7		1418					51.1	93
MMsol011	ND		13.2	341		1655	ND	34	9.2	14178	ND	22211	1206	ND		ND	ND	32.3	105	468	ND	ND		ND	34.4		3696					51.6	324
MMsol012	ND		62	433		6208	ND	26	24.3	27242	7.1	23025	607	ND		27	ND	43.1	269	958	ND	ND		40	68.4		3089					86.7	162
MMsol013	ND		75.7	847		ND	ND	35	43.7	27502	18.2	22955	684	ND		26	ND	110	356	692	ND	4.1		69	104		4637					125	225
MMsol014	ND		221	637		ND	ND	49	69	31982	113	32254	764	ND		26	ND	68.5	562	ND	ND	21.2		101	90		5151					161	242
MMsol015	ND		205	620		ND	ND	32	41.3	43637	12.1	25733	711	ND		42	ND	38.5	306	ND	ND	1.7		34	90		4744					78.8	259
MMsed016	ND		92.7	535		180	ND	6.3	45.4	12225	92.4	3368	1330	4.1		9	ND	26.5	236	ND	ND	18.9		27	115		692					95.8	87.6
MMsol017	ND		48.5	514		892	ND	26	35.9	18591	43.4	19299	1444	ND		15	ND	18.3	369	1011	ND	7.9		61	109		2038					111	150
MMsol018	ND		224	537		ND	ND	40	31	38752	9.7	25996	490	ND		28	ND	103	218	ND	ND	1.5		14	47.7		4273					276	206
MMsol019	3.6		107	550		ND	ND	35	58	24876	115	25842	499	3.5		21	ND	15	487	ND	ND	20.2		55	63.1		3553					139	142
MMsol020	3.3	54600	140	614	30	ND	ND	*39*	77	37712	198	29484	1180	ND	53	43	3193	15.6	644	ND	ND	30.7	214200	81	69.5	12	4003	ND	ND	883	24	199	195
MMsol021	ND	38600	248	528	10	396	ND	*20*	47.7	32340	91.3	18581	2311	ND	50	40	1384	28	513	ND	ND	16	159400	99	76.7	9	2449	ND	ND	491	19	121	222
MMsol022	ND	42500	174	566	ND	1964	ND	*26*	21	35874	14	19833	1225	ND	18	25	1812	30	149	ND	ND	2	160000	24	80	9	3219	ND	ND	55	15	99	240
MMsol022b	ND	74200	142	803	ND	1224	ND	42	24	36796	5	21291	780	ND	20	45	1285	33	141	ND	ND	ND	214400	20	95	11	4581	ND	ND	ND	21	125	281
MMsed023	*ND*	*69300*	*159*	*750*	*ND*	*3220*	*ND*	*39*	*28*	*40563*	*7.6*	*22564*	*1409*	*ND*	*22*	*46*	*2434*	*40*	*167*	*772*	*ND*	*1.1*	*203900*	*31*	*97*	*10*	*3675*	*ND*	*ND*	*ND*	*21*	*217*	*248*
MMsol024	ND	41100	227	493	ND	2105	ND	27	54.5	34684	100	15616	2705	3.4	50	31	1950	38	369	ND	ND	16.6	150400	101	103	22	2541	ND	ND	626	24	132	301
MMsol025	ND	53600	30	498	ND	4463	ND	35	21.3	43613	ND	15869	1934	ND	23	37	2566	45	148	740	ND	ND	178100	70	87	12	4263	ND	ND	ND	23	153	326
MMsol025b	ND	66000	153	744	ND	1471	ND	28	42	42056	64	21410	936	ND	26	37	2039	39	223	453	ND	13	171100	34	120	13	3698	ND	ND	347	24	128	248
MMsol026	ND	22400	12	592	ND	3456	ND	8.2	3.6	11586	ND	12448	197	ND	12	ND	1278	18	114	332	ND	ND	138100	74	79.9	7	665	ND	ND	ND	15	20	126
MMsol027	ND	41000	58	573	ND	9856	ND	22	36.1	29210	17	17583	1378	ND	55	31	1599	40	769	2896	ND	2.5	101800	207	159	14	2349	ND	ND	43	20	99	265
MMsol028	ND	71100	60	649	ND	3541	ND	40	41	36618	19	25106	1007	ND	55	39	2620	39	464	498	8	3	174400	219	130	21	3953	ND	ND	72	44	101	423
MMsed029	ND	15600	13	610	ND	2244	ND	10	ND	11363	ND	14760	378	ND	8	ND	1529	12	117	ND	ND	ND	130300	27	61	ND	613	ND	ND	ND	7	18	46
MMsol030	ND	47500	29	486	ND	3821	ND	40	22	42533	9	23927	706	ND	35	28	2193	25	209	445	ND	2	124300	115	87	19	4360	ND	ND	ND	32	107	379
MMsol031	4	41600	17	554	ND	4959	ND	32	10	30546	3	15942	796	ND	21	16	2420	24	126	469	ND	ND	172100	9	84	11	3625	ND	ND	ND	33	63	389
MMsed032	ND	23600	10	578	ND	2642	ND	11	11	12492	39	12444	148	ND	19	ND	1129	17	107	ND	ND	5	149000	76	65	5	1029	ND	ND	133	9	52	87
MMsed033	ND	23200	28	477	ND	2366	ND	14	11	16475	10	10132	402	3	29	17	1435	26	258	551	ND	1	72200	228	96	15	1400	ND	ND	38	27	122	332
MMsol034	ND	102700	41	544	ND	2792	ND	20	22	30300	27	14100	742	ND	63	24	ND	36	446	1018	ND	4	147400	329	147	23	2414	9	ND	109	45	96	497
MMsol035	ND	15900	10	758	ND	22116	ND	ND	6	14224	3	16051	330	ND	7	ND	ND	15	144	23793	ND	ND	160900	ND	112	5	966	ND	ND	ND	9	27	75
MMsol036	ND	60400	32	729	ND	5185	ND	12	23	29796	17	20278	1077	ND	42	22	1547	38	569	942	8	3	192100	91	166	12	2642	ND	ND	45	29	108	314
MMsol037	ND	72600	622	559	ND	1803	ND	24	78	42553	16	23964	1248	ND	22	42	1338	62	214	ND	8	3	176600	334	75	14	4200	ND	ND	62	22	259	256
MMsol038	ND	63800	26	677	ND	3228	ND	17	11	29292	6	22504	835	ND	23	25	2072	62	223	ND	8	1	208400	80	105	16	3998	ND	ND	ND	14	87	264
MMsol039	ND	65200	212	541	ND	3504	ND	25	28	43034	7	22967	1181	ND	19	27	2723	47	202	603	10	2	191600	128	90	15	3834	ND	ND	ND	21	278	316
MMsol040	ND	61500	12	547	ND	6181	ND	21	9	35546	3	19663	769	ND	24	25	2122	63	222	664	10	ND	173400	9	113	12	3699	ND	ND	ND	16	97	221
MMsol041	ND	48700	11	492	ND	4406	ND	18	12	33503	3	16649	539	ND	23	27	2023	58	180	382	ND	ND	165700	11	141	16	2710	ND	ND	ND	12	99	225
MMsol042	ND	34600	12	529	ND	4128	ND	15	10	21289	10	15444	799	ND	16	23	1999	41	161	216	ND	1	136700	ND	123	17	2124	5	ND	ND	16	70	270

No echantillon	Ag	Al	As	Ba	Bi	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	K	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	Rb	S	Sb	Se	Si	Sn	Sr	Th	Ti	U	V	W	Y	Zn	Zr
MMsol043	ND	42200	178	684	ND	6647	ND		11	41696	5	25825	2129	ND	10	21	2654	40	225	860	10	ND	148200	14	127	11	1472	ND	ND	ND	6	120	117
MMsol044	ND	61400	415	475	ND	4100	4	24	58	37462	7	24675	1261	ND	20	31	2328	62	293	550	9	ND	154800	107	60	10	3232	ND	ND	ND	22	212	239
MMsol045	ND	69700	565	501	ND	170	4	29	72	37420	9	25657	811	ND	23	29	1851	67	257	491	11	2	189300	130	57	12	4062	ND	ND	ND	22	185	290
MMsol046	ND	72600	278	612	ND	1849	ND	33	33	35059	7	29342	969	ND	23	42	2132	105	278	ND	16	2	178800	43	70	13	4440	ND	ND	ND	23	190	271
MMsol047	ND	70200	948	485	ND	964	ND	38	234	48300	15	24721	1082	ND	25	27	2774	23	274	215	14	4	146700	166	89	14	4442	ND	ND	59	22	211	271
MMsol048	5	51000	322	794	24	540	ND		ND	37276	ND	20371	756	ND	28	ND	1537	82	384	ND	ND	ND	129300	92	94	9	ND	ND	ND	314	24	87	129
MMsol049	ND	50100	367	592	16	391	ND		ND	41262	ND	17996	602	3	23	ND	1665	45	363	ND	ND	ND	97800	71	69	10	ND	ND	ND	285	18	90	114
MMsol050	ND	72200	451	633	35	257	ND		ND	48194	ND	20187	567	ND	19	ND	2001	30	350	ND	ND	ND	110300	38	86	8	ND	ND	ND	226	19	84	106
MMsol051	ND	60300	704	1081	27	392	ND	46	32	41059	10	29767	793	ND	25	51	2599	54	537	ND	22	1	161800	84	149	8	5166	ND	ND	194	21	182	298
MMsol052	ND	95600	341	622	ND	1409	ND		ND	55522	ND	26782	1161	ND	27	ND	2363	44	205	ND	15	ND	162700	22	53	13	3000	ND	ND	ND	29	186	207
MMsol053	ND	15000	41	191	ND	1717	ND	7	24	5646	3	9291	309	4	12	ND	1478	23	279	397	ND	ND	28400	8	35	7	351	6	ND	ND	9	54	37
MMsol054	ND	74400	424	873	ND	148	ND	43	146	46106	10	29585	553	ND	34	13	2326	53	302	588	ND	2	141200	101	79	9	5811	ND	ND	ND	22	407	304
MMsol055	ND	82800	134	563	ND	1734	ND	30	22	51055	5	28348	1502	ND	28	44	2394	46	197	ND	476	ND	164800	ND	67	11	4645	ND	ND	ND	27	143	291
MMsol056	3	87000	40	574	ND	2149	ND	36	25	47878	4	28245	1245	ND	30	43	1677	40	177	ND	101	ND	169300	80	79	15	4380	ND	ND	ND	24	142	300
MMsol057	3	67900	384	508	ND	1623	4	33	115	41859	9	23003	953	ND	19	49	2202	31	181	ND	8	1	159500	163	71	14	3655	ND	ND	ND	20	246	218
MMsol058	ND	65100	345	542	ND	4845	ND	33	19	47562	4	27102	1272	ND	21	34	2406	46	191	714	ND	1	152700	12	105	15	4538	7	ND	ND	22	144	260
MMsol059	ND	70600	13	654	ND	534	ND	20	5	33186	5	23833	778	ND	25	25	1927	67	241	ND	ND	1	202400	9	102	20	4290	ND	ND	ND	13	86	278
MMsol060	ND	54300	166	500	ND	2646	ND	15	26	29824	3	18346	566	ND	16	15	2141	41	173	405	ND	ND	150000	52	99	13	2566	ND	ND	ND	16	181	248
MMsol061	ND	76200	538	542	ND	3073	ND	39	186	43222	7	27187	1183	ND	22	27	2800	54	245	701	9	ND	171300	278	64	11	4579	ND	ND	ND	24	306	256
MMsol062	ND	68200	396	514	ND	5812	4	32	195	39741	6	24334	1329	3	21	35	2278	112	224	631	ND	ND	168800	128	90	11	2847	10	ND	ND	24	249	201
MMsol063	3	57300	1101	353	ND	1937	10	18	1002	39634	6	15663	1402	3	20	45	2016	45	180	457	ND	2	110700	183	67	9	3016	ND	ND	ND	23	852	206
MMsol063b	ND	58900	901	284	ND	2870	14	18	1158	33782	3	14679	1645	ND	16	37	2077	37	170	549	ND	ND	99700	107	61	8	1913	ND	ND	ND	20	1069	148
MMsol064	ND	83600	1692	461	ND	ND	ND	35	469	59250	14	29896	2057	ND	26	42	1970	28	268	530	ND	3	164400	281	65	12	5875	ND	ND	ND	27	428	294
MMsol065	ND	69200	881	452	ND	1057	ND	27	248	47547	9	21465	1404	ND	24	36	1980	34	220	ND	ND	1	137100	131	56	12	4085	ND	ND	ND	25	325	269
MMsol066	ND	49600	16	1240	ND	1960	ND	14	4	16495	4	35986	1183	ND	6	25	1581	46	222	211	ND	ND	252500	10	138	7	1231	ND	ND	ND	5	35	76
MMsol067	ND	71200	42	706	ND	3762	ND	21	9	36262	6	22172	1206	ND	23	25	2233	69	215	390	ND	1	175600	10	133	17	3899	ND	ND	ND	16	89	201
MMsol068	ND	64200	57	912	ND	1966	ND	11	9	22373	3	28048	628	ND	9	33	1113	44	217	367	ND	ND	234900	12	103	10	1869	ND	ND	ND	9	65	134
MMsol069	ND	76600	85	685	ND	2415	ND	25	18	35952	6	27690	726	ND	26	31	1579	61	235	ND	ND	2	201200	63	119	24	4741	ND	ND	ND	19	88	315
MMsed070	ND	51600	23	915	ND	3748	ND	17	8	25445	3	20961	1442	ND	12	29	1603	23	131	367	ND	ND	245800	18	101	8	2232	ND	ND	ND	9	70	136
MMsed071	ND	91300	318	585	ND	4210	ND	23	34	75024	6	28052	3304	ND	29	50	3251	89	200	993	9	ND	168100	27	68	12	4911	ND	ND	ND	23	346	256
MMsol072	ND	93600	32	586	ND	730	ND	47	19	54645	4	34995	585	ND	29	36	1584	35	176	ND	ND	1	188500	ND	53	17	6363	ND	ND	ND	37	95	334
MMsol073	ND	83700	124	524	ND	4125	ND	40	19	55409	4	24325	1467	ND	27	46	2150	53	154	1128	ND	ND	183400	ND	82	19	4994	ND	ND	ND	26	134	315
MMsol074	ND	124200	224	688	ND	2223	ND	70	29	63664	7	35657	770	ND	33	58	2012	39	202	ND	ND	2	174500	8	69	17	7019	ND	ND	ND	30	119	272
MMsed075	ND	63800	68	664	ND	18500	ND	23	35	48992	3	23561	6994	4	20	52	3891	68	212	1769	ND	ND	169300	10	162	13	2768	ND	ND	ND	22	190	150
MMsol076	ND	56300	7	521	ND	4903	ND	12	ND	30569	ND	18772	1263	ND	19	22	2356	64	211	525	ND	ND	149900	ND	99	15	2738	ND	ND	ND	13	92	235
MMsed077	ND	55200	137	571	ND	3105	ND	20	12	43512	8	24268	4325	ND	12	45	2076	25	190	594	ND	ND	214000	13	55	6	2901	ND	ND	ND	14	137	103
MMsol078	ND	103600	212	673	ND	1646	ND	51	33	64143	9	34503	1846	ND	29	55	2841	54	242	ND	31	2	178300	ND	71	15	5300	ND	ND	ND	27	152	294
MMsol080	ND	37600	16	402	ND	3132	ND	13	16	16051	8	19031	392	ND	27	9	2196	53	527	337	ND	2	125500	51	51	ND	1635	ND	ND	ND	6	87	68
MMsol081	ND	41800	21	501	ND	3118	ND	9	12	16806	10	13075	518	ND	32	ND	2246	52	374	763	ND	ND	90500	106	56	ND	1411	ND	ND	ND	9	78	103
MMsol082	ND	33200	11	309	ND	1679	ND	10	10	14531	5	17169	902	ND	25	ND	2639	23	320	ND	ND	ND	120200	26	41	ND	1258	ND	ND	ND	5	41	76
MMsol083	ND	73700	11	398	ND	ND	ND	10	15	16444	10	26953	255	ND	26	ND	1121	20	578	ND	ND	1	124500	43	72	6	1269	ND	ND	ND	10	1687	77
MMsol084	ND	51100	142	818	ND	1103	ND	30	33	34557	11	21137	1583	ND	28	25	2153	37	451	147	ND	2	118500	49	124	11	2675	ND	ND	63	20	93	145
MMsol085	ND	49200	19	331	ND	2028	ND	9	9	20016	6	23601	662	ND	29	ND	1330	20	319	ND	ND	ND	130600	25	45	ND	1439	ND	ND	ND	8	380	114
MMsol085b	ND	34200	30	303	ND	2756	ND	8.9	6.5	19333	5.1	13701	603	ND	23	ND	1749	26	260	334	ND	ND	121700	22	42.2	ND	1677	ND	ND	ND	7	54	101

No echantillon	Ag	Al	As	Ba	Bi	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	K	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	Rb	S	Sb	Se	Si	Sn	Sr	Th	Ti	U	V	W	Y	Zn	Zr
MMsol086	ND	52600	22	297	ND	2535	ND	11	11	16967	7	21605	1096	ND	37	ND	2566	34	515	261	ND	ND	114800	33	60	6	1347	ND	ND	ND	9	91	119
MMsol087	ND	48500	15	266	ND	1764	ND	14	9	14203	6	18410	414	ND	24	ND	1556	28	280	364	ND	ND	138100	34	41	ND	3700	ND	ND	ND	7	258	60
MMsol088	ND	38000	11	272	ND	4004	ND	11	9	17920	3	17380	529	ND	28	ND	2251	36	357	484	ND	ND	103100	27	42	ND	1717	ND	ND	ND	6	69	102
MMsol089	ND	78800	10	2388	ND	497	ND	27	11	10831	9	16625	992	ND	30	ND	1428	54	370	ND	ND	ND	115900	48	176	7	512	8	ND	ND	20	54	110
MMsol090	ND	26800	19	241	ND	1999	ND	6	8	14177	4	11655	668	ND	18	ND	1840	51	288	305	ND	ND	62900	29	49	ND	554	ND	ND	ND	7	61	70
MMsol091	ND	48000	ND	376	ND	902	ND	ND	7	11528	6	17316	69	ND	30	ND	1661	75	434	ND	ND	ND	100000	27	73	ND	544	ND	ND	ND	13	76	49
MMsol092	ND	46500	5	195	ND	8504	ND	7	129	10144	ND	10191	963	ND	20	ND	4080	114	305	3005	ND	ND	79100	15	74	ND	262	ND	ND	ND	ND	136	33
MMsol093	ND	40600	19	307	ND	2663	ND	6	10	11212	10	18757	733	ND	26	ND	1716	52	432	343	ND	ND	101000	33	65	4	555	ND	ND	ND	10	86	46
MMsol094	ND	35400	113	283	ND	4336	ND	ND	11	18534	ND	12768	1505	ND	16	ND	2147	90	247	612	ND	ND	80300	14	57	ND	1255	ND	ND	ND	7	182	83
MMsol095	ND	54000	122	473	ND	2194	ND	35	40	43634	7	21443	653	ND	20	18	2426	67	200	302	ND	2	87000	17	34	12	3600	ND	ND	ND	24	173	207
MMsol096	ND	29100	67	175	ND	2990	ND	4	17	12695	ND	7167	940	ND	9	ND	1883	66	97	735	ND	ND	44600	9	28	3	741	ND	ND	ND	8	206	78
MMsol097	ND	51600	76	1075	ND	1410	ND	28	45	28410	13	21783	830	ND	21	ND	1807	73	325	ND	ND	2	111200	61	82	8	3672	ND	ND	43	22	246	180
MMsol098	ND	34800	150	562	ND	1359	ND	8	56	39395	6	15479	1209	ND	19	14	1486	265	249	349	ND	1	103000	49	55	6	2400	ND	ND	ND	16	322	233
MMsol099	ND	42400	176	969	ND	1771	ND	16	57	30337	31	11233	4489	ND	16	21	1898	31	308	530	7	6	56700	53	99	ND	1679	ND	ND	129	20	112	102
MMsol100	ND	48700	145	961	ND	2766	ND	25	42	25608	38	17704	678	ND	20	ND	2042	51	472	541	ND	7	81100	62	80	5	2519	ND	ND	148	14	142	154
MMsol101	ND	55800	234	849	ND	523	ND	34	84	36014	29	21277	479	ND	22	17	1675	17	362	281	ND	6	116500	38	90	8	3714	ND	ND	121	21	117	252
MMsol102	ND	47300	386	321	ND	1056	ND	20	63	34792	21	14169	1017	ND	15	18	2044	34	315	825	ND	3	96600	94	41	7	2139	ND	ND	74	16	125	116
MMsol103	ND	49200	326	536	ND	989	ND	26	84	28010	20	17646	1088	ND	35	8	1889	61	428	241	ND	5	83200	127	101	7	2325	ND	ND	63	13	105	106
MMsol104	ND	60300	90	712	ND	3114	ND	15	67	17991	15	22600	1204	ND	49	ND	1768	82	780	ND	ND	2	134900	136	162	6	1384	ND	ND	38	16	131	114
MMsol105	ND	45000	61	583	ND	1724	4	22	70	21901	18	17474	1614	ND	237	15	1630	58	1818	236	ND	5	84500	727	250	ND	2151	ND	ND	46	17	134	152
MMsol105b	ND	36800	31	490	ND	1683	ND		ND	12413	ND	14974	1551	ND	237	ND	1630	44	1818	236	ND	ND	81500	727	250	ND	ND	ND	ND	38	12	110	83
MMsol106	ND	49800	13	452	ND	3294	ND	32	16	36124	ND	16687	637	ND	16	ND	2603	25	128	426	ND	ND	101800	12	79	11	3707	ND	ND	ND	20	104	222
MMsol107	ND	45600	183	614	ND	1919	ND	24	35	32685	8	19416	1382	ND	23	16	1496	138	244	ND	ND	1	118900	21	64	10	3073	ND	ND	ND	21	169	212
MMsol108	ND	44600	92	601	ND	957	ND	39	21	22002	6	18774	708	ND	21	8	1479	143	201	362	ND	1	121900	24	53	8	3580	ND	ND	ND	22	184	198
MMsol109	ND	29400	76	337	ND	4552	ND	12	16	18820	3	11465	864	ND	12	8	1808	64	133	561	ND	ND	71900	ND	58	ND	1580	ND	ND	ND	14	173	130
MMsol110	ND	47600	39	456	ND	3254	ND	16	11	21266	4	19177	713	ND	17	ND	1601	23	97	223	ND	ND	107500	9	78	7	2159	ND	ND	ND	20	91	238
MMsol111	ND	42300	74	1284	ND	6979	ND	14	11	29161	ND	15561	1644	ND	17	10	2290	30	136	446	12	ND	80300	ND	67	6	2054	ND	ND	ND	17	85	224
MMsol112	ND	42200	20	451	ND	2656	ND	29	17	39859	3	18309	821	ND	20	19	1804	33	134	221	ND	ND	88000	ND	69	12	3753	ND	ND	ND	24	103	247
MMsol113	ND	33600	5	506	ND	2353	ND	22	12	27697	ND	10403	357	ND	17	23	1382	16	91	206	ND	ND	93100	ND	77	12	3348	ND	ND	ND	23	83	329
MMsol114	ND	44700	3	354	ND	19801	ND	7	119	33720	ND	10691	3094	ND	11	ND	3038	33	131	1801	ND	ND	102100	ND	87	10	1570	ND	ND	ND	13	132	261
MMsol115	ND	54500	30	429	ND	3441	ND	29	14	32156	ND	21007	660	ND	15	19	1971	14	113	466	ND	ND	116500	8	46	11	3839	ND	ND	ND	30	425	252
MMsol116	ND	35000	7	550	ND	6966	ND	34	16	34924	ND	17822	780	ND	18	24	2929	23	115	1083	ND	ND	126400	ND	83	11	3251	ND	ND	ND	47	112	249
MMsol117	ND	48700	15	547	ND	5506	ND	20	7	31529	ND	18346	798	ND	14	12	2056	24	108	219	ND	ND	152000	ND	79	13	2784	ND	ND	ND	19	111	154
MMsol117b	ND	48700	12	494	ND	5506	ND		ND	31529	ND	16868	798	ND	14	ND	1487	24	108	219	ND	ND	152000	ND	79	13	ND	ND	ND	ND	19	111	154
MMsol118	ND	40200	6	712	ND	5244	ND	16	8	22524	ND	16570	564	ND	9	ND	1724	15	99	ND	ND	ND	141000	8	73	8	2745	ND	ND	ND	20	42	249
MMsol119	ND	38800	41	525	ND	3018	ND		ND	23134	ND	14040	1822	ND	50	ND	1880	33	550	457	ND	ND	108600	121	116	9	ND	ND	ND	88	21	98	157
MMsol119b	ND	38800	41	502	ND	3018	ND		ND	23134	ND	14040	998	ND	50	ND	1880	33	550	457	ND	ND	108600	121	116	9	ND	ND	ND	88	21	98	157
MMsol120	ND	48700	50	518	ND	5710	ND	19	30	29225	8	15410	1021	ND	32	19	2652	34	433	302	ND	2	128300	84	108	15	3005	ND	ND	ND	25	110	288
MMsol121	ND	48200	42	553	ND	7879	ND	21	22	25742	5	11697	555	ND	21	17	2398	28	180	425	ND	1	110700	43	86	9	2309	ND	ND	ND	25	111	262
MMsol122	ND	47900	2	442	ND	4722	ND		10	44226	ND	14278	777	ND	10	ND	1483	13	91	261	ND	ND	108000	ND	85	9	3062	ND	ND	ND	22	74	177
MMsol123	ND	53700	6	586	ND	1649	ND	24	15	37661	3	21016	755	ND	20	15	1501	26	115	ND	ND	ND	142300	ND	72	13	5054	ND	ND	ND	29	150	319
MMsol124	ND	21500	57	466	ND	1461	ND	11	8	16989	5	7506	844	ND	15	17	1452	53	219	189	ND	ND	24700	22	44	4	1358	ND	ND	ND	10	113	104
MMsol125	ND	40900	189	484	ND	1371	ND	30	15	39247	4	24315	510	ND	25	15	1967	30	208	ND	ND	ND	80100	9	56	9	5196	ND	ND	ND	19	223	209
MMsol126	ND	48900	94	451	ND	1897	ND	30	20	44716	9	21554	682	ND	26	26	1985	46	303	401	ND	2	100200	ND	60	10	4464	ND	ND	ND	22	109	236

No echantillon	Ag	Al	As	Ba	Bi	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	K	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	Rb	S	Sb	Se	Si	Sn	Sr	Th	Ti	U	V	W	Y	Zn	Zr
MMsol127	ND	42500	32	442	ND	2116	5	25	18	34488	3	17799	820	ND	23	22	1529	32	143	152	ND	ND	84700	ND	44	10	3537	ND	ND	ND	21	87	260
MMsol128	ND	39800	88	390	ND	3528	ND	28	26	39123	5	19265	776	ND	20	19	1995	55	161	495	ND	ND	83800	10	55	11	3387	ND	ND	ND	18	131	194
MMsol129	ND	43900	179	357	ND	2941	ND	39	20	45017	ND	18041	772	ND	20	25	2024	51	141	271	67	ND	68500	ND	48	9	3969	ND	ND	ND	18	85	142
MMsol130	ND	33200	27	475	ND	1916	ND	30	19	44094	5	19580	954	ND	23	18	1851	36	150	308	11	ND	75800	ND	64	11	3952	ND	ND	ND	24	100	237
MMsol131	ND	32400	16	456	ND	1882	ND	25	17	33268	ND	17158	753	ND	21	14	1432	27	127	ND	ND	ND	87400	ND	64	10	3045	ND	ND	ND	22	72	245
MMsol132	ND	33400	32	399	ND	2653	ND	28	9	32582	ND	17297	636	ND	16	10	1555	25	98	277	ND	ND	80000	ND	63	9	3000	ND	ND	ND	18	72	220
MMsol133	ND	42500	22	672	ND	4232	ND	18	9	21179	4	20457	678	ND	23	20	2539	46	208	380	11	ND	133100	9	71	11	3534	ND	ND	ND	8	85	213
MMsol134	ND	38200	22	492	ND	5033	ND	16	9	26943	ND	16629	653	ND	18	21	1655	45	209	365	18	ND	108200	17	90	10	3067	ND	ND	ND	16	120	204
MMsol135	ND	151600	34	380	ND	3237	ND	44	25	42722	4	18274	1059	ND	21	37	1999	25	137	600	15	ND	134400	7	103	10	4917	ND	ND	ND	22	133	335
MMsol136	ND	52000	63	756	ND	1374	ND	33	29	29271	7	20742	1436	ND	27	20	1575	26	204	ND	ND	ND	136100	32	64	11	3745	ND	ND	ND	23	278	241
MMsol137	ND	41000	121	625	ND	1183	ND	29	39	38497	6	17499	781	ND	21	18	1648	32	182	228	ND	ND	83500	25	60	10	3217	ND	ND	ND	22	87	184
MMsol138	ND	56500	152	714	ND	1108	ND	25	30	39653	ND	20388	458	ND	22	24	1875	30	188	ND	ND	ND	110000	17	57	7	3363	ND	ND	ND	16	98	212
MMres140	ND	50800	216	669	34	1010	ND	20	118	41439	180	22547	1764	5	44	50	2156	55	542	179	ND	ND	88900	63	150	8	2521	ND	ND	823	27	264	157
MMres141	ND	24200	114	941	17	ND	ND	17	41	24036	67	19149	1059	ND	27	13	872	35	635	ND	ND	ND	213900	55	79	ND	1930	ND	ND	265	19	93	101
MMres142	ND	37600	90	531	14	ND	ND	28	68	32436	145	19069	1177	ND	49	35	1204	31	558	ND	8	ND	220100	131	46	7	2460	ND	ND	710	16	202	144
MMres143	ND	48300	61	619	ND	ND	ND		ND	35968	ND	20022	1118	ND	52	ND	1213	9	629	ND	ND	ND	234700	73	82	7	ND	ND	ND	99	25	91	106
MMres144	ND	33600	71	485	12	761	ND		35	29865	55	17316	816	ND	28	19	1612	52	387	269	ND	ND	128600	36	64	7	2696	ND	ND	279	13	109	134
MMres146	ND	60000	204	415	ND	3775	ND	28	32	51925	12	27189	1299	ND	25	32	2119	51	315	282	ND	ND	110500	23	54	9	3854	ND	ND	ND	18	193	162
MMsol147	ND	40800	86	306	ND	3253	ND	17	24	34615	ND	13873	5436	ND	16	20	2867	41	166	1551	ND	ND	92800	42	50	7	2500	ND	ND	ND	19	161	169
MMsol148	ND	37900	139	435	ND	1908	ND	20	33	32193	ND	16737	1387	ND	24	16	1827	42	249	ND	12	ND	120300	68	53	8	3678	ND	ND	ND	21	158	225
MMsol149	ND	57600	330	684	ND	1549	ND	42	49	46848	11	24541	1115	ND	26	28	1973	110	215	ND	ND	ND	116600	62	63	10	4573	ND	ND	ND	31	300	241
MMsol150	ND	37300	365	489	ND	1083	ND	16	29	43893	5	13486	1015	ND	15	14	2260	34	155	279	ND	ND	69800	32	23	11	2517	ND	ND	ND	18	227	191
MMsol151	ND	28400	95	373	ND	1763	ND	21	13	29952	ND	16085	508	ND	17	ND	2232	30	137	275	ND	ND	81900	23	27	7	3685	ND	ND	ND	17	125	203
MMsol152	ND	61500	265	492	ND	1148	ND	29	102	45072	9	20225	614	5	26	9	2545	220	280	534	ND	ND	136100	162	62	11	3777	ND	ND	ND	17	430	203
MMsol153	ND	47900	89	428	ND	4135	ND	24	13	33846	3	17176	771	ND	19	14	2102	29	132	705	165	ND	80200	ND	63	7	2703	ND	ND	ND	19	120	198
MMsol154	ND	43300	512	338	ND	2454	ND	ND	14	69543	ND	21056	1886	ND	15	ND	2270	29	117	240	680	ND	132200	ND	63	8	3290	ND	ND	ND	13	61	205
MMsol155	ND	54200	53	432	ND	3655	ND	23	12	31071	ND	16878	618	ND	18	14	1995	30	117	497	238	ND	108500	ND	79	12	3256	ND	ND	ND	19	100	204
MMsol156	ND	63800	91	486	ND	3374	ND	32	20	45392	4	21863	1175	ND	25	29	2569	66	198	485	161	ND	125000	ND	93	11	4091	ND	ND	ND	26	128	233
MMsol157	ND	42000	131	388	ND	4713	ND	17	16	32437	ND	15124	7931	ND	17	33	1574	32	117	774	276	ND	78200	ND	61	7	2671	ND	ND	ND	18	131	175
MMsol158	ND	47200	121	514	ND	2952	ND	35	24	33314	28	16515	1001	ND	22	23	1900	31	167	273	ND	ND	122900	30	96	12	3103	ND	ND	332	22	90	228
MMsol159	ND	38400	125	443	ND	2352	ND	35	34	36245	52	16897	1121	ND	24	25	1765	35	210	241	ND	ND	89900	22	84	7	3469	ND	ND	332	24	109	197
MMsol160	ND	56000	124	563	ND	3011	ND	35	28	40044	17	20630	1335	ND	29	22	2089	35	243	ND	ND	ND	135900	26	97	11	4366	ND	ND	332	25	111	272
MMsol160b 50cm	ND	49400	124	563	ND	3011	ND		ND	40005	ND	15236	1025	ND	29	ND	2089	35	243	ND	ND	ND	116900	26	97	11	ND	ND	ND	332	25	111	181
MMsol160c 40cm	ND	57000	139	542	ND	2642	ND		ND	42236	ND	16688	1383	ND	33	ND	2018	40	266	192	ND	ND	127100	29	105	10	ND	ND	ND	391	27	135	194
MMsol160d 20cm	ND	46400	148	509	ND	2922	ND		ND	38739	ND	14590	1202	ND	31	ND	2266	40	251	ND	ND	ND	116000	32	99	11	ND	ND	ND	301	22	116	187
MMsol161	ND	41200	14	411	ND	1187	ND	39	18	41475	ND	18475	659	ND	22	24	1616	26	125	ND	ND	ND	85800	ND	61	17	5593	ND	ND	ND	30	92	377
MMsol162	ND	48500	54	428	ND	2738	ND	34	18	39006	ND	13342	1000	ND	24	18	1782	39	150	201	ND	ND	109000	20	70	9	3656	ND	ND	ND	21	113	226
MMsol163	ND	51700	146	579	ND	2466	ND	31	52	41864	99	17998	1128	ND	35	49	2221	43	305	254	ND	ND	115500	36	108	11	3429	ND	ND	545	26	152	215
MMsol164	ND	34900	6	546	ND	5090	ND	10	9	26606	ND	11665	548	ND	12	0	2546	20	109	241	ND	ND	95500	12	72	7	2185	ND	ND	ND	13	70	156
MMsol165	ND	43400	56	530	ND	2972	ND	19	25	29643	18	15947	962	ND	43	21	1837	32	417	748	ND	ND	131900	206	105	19	2461	ND	ND	123	27	103	275
MMsol166	ND	64600	68	648	ND	2356	ND	24	23	28789	8	21860	1111	ND	29	17	2476	131	592	210	ND	ND	105000	63	97	6	1719	ND	ND	ND	21	187	75
MMsol167	ND	59400	65	359	ND	684	ND	20	16	40702	3	18210	666	ND	23	19	2170	58	193	343	ND	ND	105800	12	42	13	2751	ND	ND	ND	23	157	199
MMsol168	ND	57300	230	433	ND	592	ND	29	23	37113	7	23247	960	ND	27	ND	1945	69	318	ND	76	ND	117800	49	94	12	2785	ND	ND	ND	14	177	176

Annexe 3

Résultats d'analyses en laboratoire

ANALYSES MULTIELEMENTAIRES PAR ICP/AES

Codes : EURO Eurofins ICP eau régale, BRGM ICP fusion alcaline

	Ag	Ag	Ag	Al2O3	Al2O3	Al2O3	As	As	As	B	Ba	Ba	Be	Bi	Bi	CaO	CaO	CaO	Cd	Cd	Cd	Ce	Co
Analyse	BRGM	EURO	pXRF	BRGM	EURO	pXRF	BRGM	EURO	pXRF	BRGM	BRGM	pXRF	BRGM	BRGM	pXRF	BRGM	EURO	pXRF	BRGM	EURO	pXRF	BRGM	BRGM
LQ	0.2	5		1			20	1		10	10		2	10		1	5		2	0.4		10	5
Unité	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
MMsol 021	0.9	<5.00	<LD	12	3.23	7.29	404	323	248	64	591	528	33	25	10		0.09	0.06	3	<0.40		102	19
MMsol 024	1.3	<5.00	<LD	15.7	3.12	7.77	493	258	227	97	859	493	29	32			21.27	0.29	4	0.48		360	30
MMsol 034		<5.00	<LD	17.5	2.32	19.41	151	47.4	41	67	771	544	14			1.1	0.24	0.39	4	<0.40		679	22
MMsol 037	0.9	<5.00	<LD	15.4	3.16	13.72	700	488	622	125	534	559	11				0.21	0.25	5	1.58		156	26
MMsol 045		<5.00	<LD	14.2	1.56	13.17	761	413	565	157	580	501	8				0.05	0.02	4	1.01	4	168	17
MMsol 047	0.4	<5.00	<LD	18	3.57	13.26	1476	914	948	59	712	485	5	16			0.08	0.13	4	0.63		165	19
MMsol 055		<5.00	<LD	14.2	3.67	15.65	180	124	134	83	587	563	5				0.15	0.24	3	<0.40		103	22
MMsol 056		<5.00	3	18.1	3.80	16.44	97	42	40	83	763	574	6				0.19	0.30	3	<0.40		188	27
MMsol 057	1.7	<5.00	3	15.8	2.32	12.83	724	313	384	106	711	508	8				0.12	0.23	7	1.61	4	145	30
MMsol 061	3.3	<5.00	<LD	16.5	2.68	14.40	847	533	538	148	722	542	7				0.24	0.43	6	1.86		138	21
MMsol 062	1.2	<5.00	<LD	14.7	1.93	12.89	782	428	396	71	561	514	12			1.2	0.43	0.81	6	2.21	4	132	24
MMsol 063	6.4	<5.00	3	13.8	4.78	10.83	1107	1250	1101	95	528	353	7				0.49	0.27	14	10.8	10	90	21
MMsol 063b	7.3	<5.00	<LD	12.8	3.84	11.13	1110	1280	901	87	491	284	7				0.45	0.40	16	16.1	14	77	22
MMsol 064	3.2	<5.00	<LD	18.2	3.08	15.80	2005	1450	1692	84	745	461	6	13			0.04		5	1.91		145	33
MMsol 072		<5.00	<LD	18.3	2.74	17.69	56	22	32	116	1393	586	5				0.05	0.10	3	<0.40		181	23
MMsol 076		<5.00	<LD	14.3	2.25	10.64		8.39	7.2	111	423	521	9				0.33	0.69	2	<0.40		113	13
MMsol 083		<5.00	<LD	25.6	2.25	13.93		11.5	10.5	74	524	398	9	20			0.07		2	<0.40		44	8
MMsol 091		<5.00	<LD	27.4	3.50	9.07		18.6		81	1803	376	17				0.06	0.13		<0.40		54	6
MMsol 098	1	<5.00	<LD	14.2	2.93	6.58	176	145	150	47	1316	562	7	12			0.21	0.19	2	0.64		103	23
MMsol 105	0.2	<5.00	<LD	21.9	2.57	8.50	139	90.1	61.3	91	1252	583	29	16			0.18	0.24	3	<0.40	4	126	22
MMsol 107	0.4	<5.00	<LD	19.5	3.02	8.62	282	219	183	165	1114	614	11				0.23	0.27	3	0.57		118	37
MMsol 115		<5.05	<LD	16.7	3.53	10.30	55	37.6	30	70	543	429	3				0.24	0.48	3	<0.40		185	22
MMres 140	2.6	<5.00	<LD	21.1	4.44	9.60	511	364	216	81	1399	669	28	109	34		0.14	0.14	4	0.57		113	35
MMres 141	1.5	<5.00	<LD	14.1	2.14	4.57	226	175	113.5	56	1040	941	13	67	17		0.10		2	<0.40		75	20
MMres 142	3	<5.06	<LD	11.9	1.87	7.10	136	111	90	61	584	531	22	61	14		0.11		2	0.53		54	21
MMsol 149		<5.00	<LD	19.5	3.78	10.88	473	429	330	172	770	684	9				0.17	0.22	5	2.43		178	22
MMsol 152	1.7	<5.00	<LD	19.2	2.66	11.62	359	283	265	268	793	492	9				0.14	0.16	4	1.01		191	13
MMsol 154		<5.00	<LD	16.2	1.70	8.18	1539	641	512	94	726	338	14				0.21	0.34	6	<0.40		147	24

	Cr	Cr	Cu	Cu	Cu	Fe2O3	Fe2O3	Fe2O3	Hg	Hg	K2O	K2O	K2O	La	Li	Li	MgO	MgO	MnO	MnO	MnO
Analyse	BRGM	pXRF	BRGM	EURO	pXRF	BRGM	EURO	pXRF	EURO	pXRF	BRGM	EURO	pXRF	BRGM	BRGM	EURO	BRGM	EURO	BRGM	EURO	pXRF
LQ	10		5	5		1			0.1		0.5			20	10	20	1		0.01		
Unité	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	%	%	mg/kg	mg/kg	%	%	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	mg/kg	%	%	%
MMsol 021	56	20	42	44.6	47.7	3.9	4.13	4.62	<0.10	91.3	3	1.01	2.24	54	719	322		0.63	0.19	0.18	0.30
MMsol 024	75	27	60	35.9	54.5	5.8	3.92	4.96	<0.10	100.2	3.5	0.77	1.88	189	593	183	1.3	0.70	0.28	0.18	0.35
MMsol 034	76	20	35	12.2	22.1	5.3	2.86	4.33	0.12	26.6	3.4	0.23	1.70	347	807	42	1.4	0.61	0.09	0.05	0.10
MMsol 037	66	24	104	83.4	78	4.7	3.86	6.08		15.7	3.6	0.14	2.89	81	251	58.7	1	0.50	0.09	0.08	0.16
MMsol 045	69	29	104	61.6	72	4.3	2.77	5.35	0.11	8.6	3.6	0.12	3.09	86	207	29.1	1	0.28	0.05	0.03	0.10
MMsol 047	92	38	304	194	234	6.7	5.35	6.91	0.13	14.9	3.8	0.52	2.98	84	322	104	1	0.44	0.06	0.05	0.14
MMsol 055	74	30	26	23.8	22.2	4.7	4.95	7.30	0.18	5	3.2	0.38	3.41	54	135	41.2	1	0.68	0.11	0.13	0.19
MMsol 056	96	36	35	25.8	24.7	6	4.62	6.85	0.12	4.4	3.9	0.44	3.40	96	126	35.9	1.3	0.76	0.12	0.11	0.16
MMsol 057	90	33	197	93.4	115	5.8	3.33	5.98		8.7	3.3	0.25	2.77	75	171	40.7	1.2	0.53	0.12	0.07	0.12
MMsol 061	100	39	201	137	186	5.4	3.95	6.18	0.2	6.5	3.7	0.30	3.27	72	193	42.1	1.5	0.68	0.1	0.07	0.15
MMsol 062	73	32	238	136	195	5.1	3.25	5.68	0.15	5.6	3.4	0.19	2.93	69	126	24.5	1.1	0.55	0.15	0.09	0.17
MMsol 063	70	18	727	866	1002	4.4	5.40	5.67	0.25	5.7	3	0.45	1.89	47	186	82.6		0.72	0.1	0.13	0.18
MMsol 063b	64	18.4	785	1010	1158	4.1	4.70	4.83	0.26	3	2.7	0.36	1.77	41	171	78.5		0.65	0.11	0.16	0.21
MMsol 064	94	35	455	292	469	6.8	4.95	8.47	0.21	14	3.8	0.36	3.60	79	304	79		0.39	0.15	0.13	0.27
MMsol 072	79	47	22	11	18.8	5.8	3.77	7.81	0.13	3.9	4.4	0.45	4.22	97	151	22	1.5	0.85	0.07	0.05	0.08
MMsol 076	54	12	7	<5.00		3.3	2.64	4.37	0.11		3.5	0.11	2.26	63	99			0.52	0.07	0.09	0.16
MMsol 083	28	10	28	6.53	15	2.5	1.09	2.35	<0.10	10.4	4.9	0.24	3.25	25	702	124		0.10	0.03	0.01	0.03
MMsol 091	22		20	7.67	6.7	1.8	0.84	1.65	<0.10	6.2	3.4	0.20	2.09	27	328	82.4		0.06	0.01	0.00	0.01
MMsol 098	55	8	92	59	56.2	3.5	2.79	5.63	0.1	6.3	4.1	0.54	1.86	57	311	96.7	1.5	0.85	0.13	0.14	0.16
MMsol 105	60	22	77	35.3	69.6	3.8	2.62	3.13	<0.10	18.4	4	0.40	2.10	67	2235	119		0.48	0.14	0.10	0.21
MMsol 107	90	24	63	41.9	35.2	5	3.77	4.67	0.11	7.7	4.5	0.35	2.34	66	251	56.4	1	0.48	0.14	0.16	0.18
MMsol 115	88	29	29	17	14	5.5	4.27	4.60	<0.10		3.8	0.76	2.53	100	87	20.8	1.5	0.94	0.1	0.09	0.09
MMres 140	93	20	161	123	118	7.5	6.65	5.92	<0.10	180	4.7	1.29	2.72	63	1054	443	1.4	0.83	0.24	0.25	0.23
MMres 141	67	17	80	60.1	41.3	4	3.05	3.44	<0.10	66.9	4.1	0.73	2.31	43	942	217	1	0.39	0.08	0.09	0.14
MMres 142	47	28	67	66.4	68	3.3	3.15	4.64	<0.10	145	2.8	0.62	2.30	32	786	219		0.38	0.07	0.08	0.15
MMsol 149	103	42	89	73.4	49	6.8	5.66	6.70	0.13	10.8	3.9	0.43	2.96	98	171	55.2	1.1	0.66	0.08	0.09	0.14
MMsol 152	88	29	136	105	102	5.2	4.30	6.44	<0.10	8.9	3.9	0.36	2.44	105	270	64.5		0.35	0.03	0.02	0.08
MMsol 154	78		25	10.7	13.9	14.8	8.01	9.94	0.11		3.4	0.16	2.54	81	146	25.5	1	0.34	0.4	0.24	0.24

	Mo	Mo	Na	Nb	Nb	Ni	Ni	P2O5	P	Pb	Pb	Pb	Rb	S	Sb	Sb	Sb	Se	SiO2	SiO2	SiO2
Analyse	BRGM	pXRF	EURO	BRGM	pXRF	BRGM	pXRF	BRGM	pXRF	BRGM	EURO	pXRF	pXRF	pXRF	BRGM	EURO	pXRF	pXRF	BRGM	EURO	pXRF
LQ	5		20	20		10		100		10	5				10	1			1		
Unité	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	%	%
MMsol 021			176	47	50	22	40	1294	1384	39	31.7	28	513			4		16	64.2	0.16	34.1
MMsol 024	5	3.4	100	104	50	40	31	2552	1950	65	43.1	38	369			3.23		16.6	54.2	0.16	32.17
MMsol 034			105	180	63	35	24	3194		74	26.6	36	446	1018		2.91		4.2	59.7	0.06	31.53
MMsol 037			47.2	28	22	28	42	1536	1338	68	42.3	62	213.5			5.86	8	2.7	59.7	0.01	37.78
MMsol 045			75.9	26	23	20	29	1946	1851	82	40.6	67	257	491		13	11	2.1	57.9	0.03	40.49
MMsol 047			82.1	31	25	25	27	2624	2774	37	15.8	23	274	215		14.7	14	3.5	47.8	0.04	31.38
MMsol 055			38.2	21	28	34	44	2389	2394	57	30.2	46	197		665	454	476		60.1	0.02	35.25
MMsol 056			58.7	30	30	46	43	3409	1677	57	31	40	177		206	95.5	101		48.4	0.07	36.22
MMsol 057			52.3	26	19	56	49	3071	2202	53	17.8	31	181			7.66	8	1.4	45.5	0.02	34.12
MMsol 061			45	27	22	24	27	3932	2800	73	37.8	54	245	701		5.76	9		47.2	0.03	36.64
MMsol 062		3.4	44.4	30	21	34	35	3404	2278	150	95.3	112	224	631		6.65			47.8	0.02	36.11
MMsol 063		3.2	84.2	20	20	47	45	2236	2016	47	43	45	180	457		3.27		1.5	55.1	0.30	23.68
MMsol 063b			72.9		16	49	37	2000	2077	43	39.3	37	170	549		2.89			48.9	0.13	21.33
MMsol 064			58.7	37	26	33	42	1454	1970	31	16.1	28	268	530		4.26		2.6	49.4	0.02	35.17
MMsol 072			33.4	36	29	30	36	1037	1584	40	14.4	35	176		11	3.07		1.4	55.4	0.01	40.32
MMsol 076			48.3	32	19	29	22	1827	2356	60	43.4	64	211	525	10	1.58			56.9	0.08	32.07
MMsol 083			22.9	39	26	12		1068	1121	23	12.6	20	578					1.4	51	0.07	26.63
MMsol 091			55.2	36	30	10		3503	1661	488	843	75	434			1.53			52.3	0.76	21.39
MMsol 098			52.8	34	19	19	14	2310	1486	388	303	265	249	349		1.83		1.2	53.9	0.11	22.03
MMsol 105			100	294	237	30	15	3784	1630	125	67.7	58	1818	236		3		4.7	52	0.06	18.08
MMsol 107			52.6	37	23	34	16	2266	1496	189	135	138	244			3.15		1.2	50.6	0.06	25.44
MMsol 115			111	33	15	34	19	2696	1971	29	15.3	14.4	113	466		3.92			48.1	0.06	24.92
MMres 140	6	5.1	257	80	44	41	50	3433	2156	90	57.2	55	542	179		6.19			51.9	0.08	19.02
MMres 141			98.8	51	27	22	13	2048	872	103	62.5	35	635		14	3.53			66.2	0.12	45.76
MMres 142			108	67	49	20	35	1414	1204	57	38.4	31	558		11	3.27	8		70.5	0.05	47.08
MMsol 149			56.6	36	26	36	28	2260	1973	79	62.9	110	215			2.18			46	0.15	24.94
MMsol 152		4.5	81.7	40	26	20	9	2786	2545	278	212	220	280	534		3.12			46.7	0.09	29.11
MMsol 154			25.8	30	15	36		3210	2270	43	20.1	29	117.1	240	1721	787	680		40.5	0.11	28.28

	Sn	Sn	Sn	Sr	Sr	Th	TiO2	TiO2	V	V	U	U	W	W	W	Y	Y	Zn	Zn	Zn	Zr	Zr
Analyse	BRGM	EURO	pXRF	BRGM	pXRF	pXRF	BRGM	pXRF	BRGM	pXRF	EURO	pXRF	BRGM	EURO	pXRF	BRGM	pXRF	BRGM	EURO	pXRF	BRGM	pXRF
LQ	10	5		5			0.01		10		0.1		10	10		20		5	5		20	
Unité	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
MMsol 021	115	14.1	99	106	76.7	9	0.55	0.41	67		4.1		810	1890	491	27	19	124	84.7	120.5	155	222
MMsol 024	189	12	101	168	103	22	0.92	0.42	99		3.1		2253	1320	626	71	24	196	91.3	132	220	301
MMsol 034	454	8.76	329	269	147	23	0.87	0.40	91		2.4	9	332	420	109	147	45	173	56.6	96	1005	497
MMsol 037	392	129	334	104	75.2	14	0.82	0.70	76		3.1		107	424	62	38	22	325	185	259	291	256
MMsol 045	197	18.7	130	88	57.3	12	0.88	0.68	84		2.1		57	253		44	22	265	112	185	353	290
MMsol 047	149	25.5	166	154	89	14	0.99	0.74	113		2.3		125	515	59	41	22	314	109	211	232	271
MMsol 055	26			73	67	11	0.72	0.77	81		1.5		21	417		26	27	133	91.1	143	167	291
MMsol 056	21		80	96	79.3	15	0.95	0.73	109		1.5		21	439		41	24	159	85.1	142	299	300
MMsol 057	145	14.8	163	99	70.7	14	0.87	0.61	100		1.6		85	294		39	20	403	155	246	166	218
MMsol 061	349	41.9	278	105	64.2	11	0.94	0.76	130		2		41	320		41	24	406	175	306	61	256
MMsol 062	163	20.9	128	101	89.8	11	0.69	0.47	70		6.2	10	30	229		40	24	367	164	249	148	201
MMsol 063	214	52.4	183	90	67.1	9	0.65	0.50	78	495	2.4		33	477		29	23	846	817	852	138	206
MMsol 063b	334	47.5	107	88	60.6	8	0.59	0.32	69	501	2		30	419		27	20	949	974	1069	134	148
MMsol 064	234	28.3	281	105	64.7	12	1.06	0.98	123		1.9		34	368		40	27	480	247	428	360	294
MMsol 072	16			71	52.6	17	1.05	1.06	127		1.5			319		57	37	126	52.7	95	423	334
MMsol 076	16			103	98.9	15	0.82	0.46	67		1.9			278		22	13	95	53.6	92	297	235
MMsol 083	92		43	150	72	6	0.27	0.21	25		2.3		21	246		22	10	129	47.3		146	77.3
MMsol 091	70		27	247	73		0.17	0.09	10		10		25	369		26	13	122	27.8	76	108	49.1
MMsol 098	101	15.5	49	128	55.3	6	0.84	0.40	87		1.8		27	355		37	16	462	227	322	260	233
MMsol 105	499	12.7	727	498	250		0.59	0.36	75	2443	3.1		110	373	46	43	17	199	55.8	134	108	152
MMsol 107	59	5.25	21	139	64	10	0.96	0.51	129		6		27	391		42	21	274	139	169	278	212
MMsol 115	14		8	69	45.6	11	0.95	0.64	112		1.3			426		65	30	175	93.6	425	403	252
MMres 140	117	17.9	63	303	150	8	0.81	0.42	127		8.7		1650	2810		62	27	238	111	264	226	157
MMres 141	111	13.5	55	127	79		0.6	0.32	85		3.4		660	870		33	19	138	59.5	92.9	136	101
MMres 142	100	10.5	131	84	46	7	0.48	0.41	62		5.3		1390	2360		23	16	128	62.8	202	111	144
MMsol 149	63	10.3	62	92	62.6	10	1.01	0.76	147		1.9		21	467		42	31	409	265	300	320	241
MMsol 152	98	9.61	162	115	62	11	1.08	0.63	123		6.9		23	335		46	17	522	234	430	246	203
MMsol 154				115	62.6	8	0.83	0.55	103		1			311		37	13	125	40.3	61	284	205

Annexe 4

Fiches descriptives des points de mesure

No echantillon	Lat Dd	Long Dd	Lat Lamb93	Long Lamb93	Geol	site	échantillon
MMsol001	46.232743	2.962754	6570321	697130	z2	Lit du Bouble	sol de berge
MMsed002	*46.23274*	*2.96275*	*6570321*	*697130*	z2	Lit du Bouble	sédiment
MMsed003	46.231066	2.963411	6570135	697180	z2	Affluent du Bouble	sédiment fin
MMsed004	46.231066	2.963411	6570135	697180	z2	Affluent du Bouble	sédiment
MMsol005	46.231066	2.963411	6570135	697180	z2	Affluent du Bouble	sol de berge
MMsol006	46.223145	2.983031	6569254	698692	z2	Lit asséché	sol brun
MMsol007	46.217408	2.990005	6568617	699230	x1	Lit du Belon	sédiment clair
MMsed008	*46.21718*	*2.99019*	*6568592*	*699244*	x1	Lit du Belon	sédiment foncé
MMsol009	46.212905	3.005472	6568117	700422	x1	Lit du Belon	sol d'herbage clair
MMsed010	46.212909	3.005497	6568118	700424	x1	Lit du Belon	sédiment sableux
MMsol011	46.200565	3.014176	6566747	701093	x1	Forêt des Fayes - Croix des Bois	sol beige gris un peu caillouteux
MMsol012	46.188285	2.990974	6565383	699304	X1st	La Bosse, près ancienne kaolinière	sol brun jaune fin, débris caillout
MMsol013	46.178529	2.965483	6564300	697337	g1	La Bosse, près anc. laverie? et haldes	sol très clair, fin
MMsol014	46.175721	2.958665	6563989	696811	X1st	La Bosse, près anc. laverie? et haldes	sol très clair, fin
MMsol015			6566545	696275	X1st	Le Mazet, herbage dans thalweg	sol beige clair peu caillouteux
MMsed016	46.203929	2.956035	6567121	696610	x1	Le Mazet, dépôt fin sur remblai	dépôt de flaque
MMsol017	46.205022	2.952269	6567243	696320	x1	Le Mazet, sol sous brèche de digue	sol beige clair peu caillouteux
MMsol018	46.204281	2.953543	6567160	696418	x1	Le Mazet, brèche dans digue	résidus beige fins
MMsol019	46.204225	2.953634	6567154	696425	x1	Le Mazet, haut digue	résidus beige fins
MMsol020	46.204225	2.953634	6567154	696425	x1	Le Mazet, haut digue	résidus beige fins
MMsol021	46.21096	2.94587	6567903	695827	z2	Affluent W du Cotillon	sédiment très caillouteux
MMsol022	46.210958	2.94548	6567902	695797	z2	Affluent W du Cotillon	sol près ruisseau
MMsol022b	46.210958	2.94548	6567902	695797	z2	Affluent W du Cotillon, berge	sol fin clair, aspect de tailings
MMsed023	*46.21096*	*2.94548*	*6567902*	*695797*	z2	Affluent W du Cotillon	sédiment fin clair humide
MMsol024	46.219155	2.939913	6568813	695368	z2	Herbage, vallée aval du Cotillon	sol de berge brun fin à résidus
MMsol025	46.219155	2.939913	6568813	695368	z2	Sous bois, vallée aval du Cotillon	sol de talus (10m plus haut)
MMsol025b	46.219155	2.939913	6568813	695368	z2	Sous bois, vallée aval du Cotillon	sol de talus, taupinière
MMsol026	*46.22098*	*2.93542*	*6569016*	*695022*	Fz	Gué, vallée Bouble amont	sédiment fin beige jaune
MMsol027	*46.22098*	*2.93542*	*6569016*	*695022*	Fz	Berge, vallée Bouble amont	sol fin blanc micacé
MMsol028	46.238224	2.972404	6570929	697874	Fz	Moulin Boutevin, gué sur Bouble	sol fin blanc micacé
MMsed029	46.238224	2.972404	6570929	697874	Fz	Moulin Boutevin, gué sur Bouble	sédiment sableux grossier
MMsol030	46.238224	2.972404	6570929	697874	Fz	Moulin Boutevin, gué sur Bouble	pied de berge beige clair
MMsol031	46.244084	2.981428	6571580	698569	Fz	Moulin Berthon, gué sur Bouble	sol de berge, clair, taupinière
MMsed032	46.244086	2.981794	6571580	698597	Fz	Moulin Berthon, gué sur Bouble	sédiment sableux
MMsed033	46.247174	2.991391	6571923	699337	Fz	Moulin Berthon, gué sur Bouble	sol de berge, gratté jaune
MMsol034	46.247174	2.991391	6571923	699337	Fz	Moulin Berthon, gué sur Bouble	sol de berge, gris, taupinière
MMsol035	46.239824	3.112519	6571113	708670	Fz	Cours Bouble, Chantelle Vieille	sédiment sableux
MMsol036	46.239824	3.112519	6571113	708670	Fz	Berge Bouble, Chantelle Vieille	sol clair avec sédiments
MMsol037	46.143923	2.938645	6560458	695264	g3	Fond de thalweg, herbage	sol clair arénitique
MMsol038	46.144048	2.940166	6560472	695381	g3	labour	sol clair arénitique
MMsol039	46.135944	2.943201	6559572	695615	g3	sol de berge	sol clair arénitique
MMsol040	46.13536	2.942625	6559507	695571	g3	sol, bas de talus	sol clair arénitique
MMsol041	46.124068	2.94033	6558253	695392	g3	pré inondable	sol clair, taupinière
MMsol042	46.124068	2.94033	6558253	695392	g3	ruisseau étroit	sol dans lit ruisseau
MMsol043	46.123848	2.940566	6558229	695411	g3	fond de bassin sur ruisseau	sol brun sableux
MMsol044	46.15307	2.941583	6561474	695492	g3	fossé à 20m du ruisseau	sol clair caillouteux
MMsol045	46.152692	2.941687	6561432	695500	g3	berge de ruisseau	sol blanc
MMsol046	46.153968	2.936109	6561574	695069	x1	sommet de colline, chaume	sol beige caillouteux
MMsol047	46.164438	2.94447	6562736	695715	x1	labour en zone forêt	sol beige trés caillouteux à micas
MMsol048	46.173861	2.95582	6563782	696592	x1	Talus en forêt	sol beige rosé
MMsol049	46.173721	2.955536	6563767	696570	x1	Talus en forêt	sol rouge
MMsol050	46.173522	2.954891	6563745	696520	x1	Talus en forêt	sol beige
MMsol051	46.173442	2.954379	6563736	696480	x1	Talus en forêt	sol
MMsol052	46.16455	2.96695	6562748	697450	X1st	Labour, chaume	sol jaune micaschisteux
MMsol053	46.16881	2.961694	6563221	697044	X1st	fond de ruisseau	sédiment sableux humide
MMsol054	46.16881	2.961694	6563221	697044	X1st	talus	sol à débris de micaschiste
MMsol055	46.158611	2.963896	6562088	697214	x1	labour	sol beige caillouteux
MMsol056	46.154271	2.962574	6561606	697112	x1	labour	sol beige caillouteux
MMsol057	46.152395	2.955353	6561398	696554	Fz	sol de berge	sol brun fin
MMsol058	46.152907	2.956436	6561455	696638	g3	bas de talus	sol sableux caillouteux à micasch
MMsol059	46.142045	2.956971	6560249	696678	g3	talus sous herbage	sol clair sableux
MMsol060	46.141781	2.956763	6560220	696662	g3	sol de berge	sol brun foncé humide
MMsol061	46.151663	2.944277	6561318	695699	g3	labour	sol beige clair caillouteux
MMsol062	46.155152	2.95138	6561705	696248	x1	entrée forêt	sol beige clair caillouteux
MMsol063	46.156555	2.951505	6561861	696258	x1	ruisseau forestier	sol brun

No echantillon	Lat Dd	Long Dd	Lat Lamb93	Long Lamb93	Geol	site	échantillon
MMsol063b	46.156555	2.951505	6561861	696258	x1	ruisseau forestier	dépôt ferrugineux
MMsol064	46.159587	2.952252	6562197	696315	x1	pied de talus, chemin forestier	sol beige micaschisteux
MMsol065	46.160857	2.952747	6562338	696354	x1	pied de talus, chemin forestier	sol beige micaschisteux
MMsol066	46.10982	2.947498	6556671	695945	g3	ruisseau de Crozet, confluent Sioule	sédiment sableux
MMsol067	46.10982	2.947498	6556671	695945	g3	ruisseau de Crozet, talus de route	sol sableux clair
MMsol068	46.122149	2.970989	6558039	697760	g3	ruiss. de Gourdonne, confluent Sioule	sédiment sableux
MMsol069	46.122149	2.970989	6558039	697760	g3	ruiss. de Gourdonne, confluent Sioule	sol sableux
MMsed070	46.2169	2.923902	6568564	694134	Fz	Bouble, Moulin Villonne, lit affluent	sédiment très caillouteux
MMsed071	46.2169	2.923902	6568564	694134	Fz	Bouble, Moulin Villonne, méandre	sédiment sableux
MMsol072	46.2169	2.923902	6568564	694134	Fz	Bouble, Moulin Villonne, méandre	sédiment sableux beige, humus
MMsol073	46.159399	2.99999	6562175	699999	x1	ruiss. de la Guelle, herbage	sol brun humide
MMsol074	46.159905	3.000591	6562231	700046	x1	thalweg de la Guelle, labour	sol brun clair caillouteux
MMsed075	46.144272	2.997054	6560495	699773	g3	moulin, canal dérivation	sédiment brun humique
MMsol076	46.143893	2.996476	6560453	699728	g3	talus route	sol brun clair sableux
MMsed077	46.158171	2.972888	6562039	697908	X1st	Ruiss. de la Cèpe, herbage	sédiment fin
MMsol078	46.158188	2.972901	6562041	697909	X1st	Ruiss. de la Cèpe, herbage	sol brun clair, taupinière
MMsol080	46.186034	2.959656	6565134	696888	g1	labour	sol brun caillouteux humide
MMsol081	46.186484	2.951031	6565184	696223	g1	herbage	sol brun caillouteux humide
MMsol082	46.190537	2.949741	6565634	696124	g1	labour	sol brun caillouteux humide
MMsol083	46.191183	2.943874	6565706	695671	g1	fossé creusé dans arène	sol rosé graveleux
MMsol084	46.193886	2.945785	6566006	695819	g1	herbage, sommet de colline	sol brun graveleux
MMsol085	46.194369	2.94957	6566060	696111	g1	fossé sous herbage proche forêt	sol brun caillouteux
MMsol085b	46.194369	2.94957	6566060	696111	g1	fossé sous herbage proche forêt	sol brun caillouteux
MMsol086	46.198619	2.956521	6566532	696647	g1	sol sous herbage proche résidus	sol brun peu caillouteux
MMsol087	46.194535	2.957334	6566078	696710	g1	talus sous labour	sol brun clair peu caillouteux
MMsol088	46.19239	2.953292	6565840	696398	g1	sol sous herbage	sol brun peu caillouteux
MMsol089	46.192065	2.956793	6565804	696668	g1	carrière abandonnée	sol kaolineux
MMsol090	46.188251	2.965157	6565380	697313	g1	forêt, sol avec ornières de débardage	sol brun gris argil peu caillouteux
MMsol091	46.19015	2.96827	6565591	697553	g1	forêt	sol clair caillouteux
MMsol092	46.193512	2.970932	6565964	697758	g1	forêt, couvert de fougères	sol brun très humique
MMsol093	46.184602	2.969988	6564974	697685	g1	pied de remblai route, près carrière	sol sableux gris
MMsol094	46.188696	2.979307	6565429	698404	g1	entrée de champ	sol brun caillouteux
MMsol095	46.181468	2.990966	6564626	699303	X1st	labour en haut de colline	sol brun clair caillouteux
MMsol096	46.183318	2.983618	6564832	698736	X1st	fond thalweg avec mares	sol brun très humide
MMsol097	46.176711	2.965014	6564098	697301	X1st	labour	sol brun clair argil peu caillouteux
MMsol098	46.178395	2.972322	6564285	697865	X1st	chemin forestier	sol brun clair peu caillouteux
MMsol099	46.174639	2.960024	6563868	696916	X1st	chemin forestier sous La Bosse	sol brun peu caillouteux
MMsol100	46.174787	2.958101	6563885	696768	X1st	chemin forestier sous La Bosse	sol brun clair peu caillouteux
MMsol101	46.172206	2.956493	6563598	696643	x1	chemin forestier sous La Bosse	sol brun clair caillouteux
MMsol102	46.174639	2.960024	6563868	696916	X1st	herbage en thalweg	sol brun humique
MMsol103	46.169521	2.951502	6563300	696258	x1	talus haut de prairie	sol clair, taupinière
MMsol104	46.18192	2.935638	6564678	695035	x1	herbage en thalweg	sol clair à paillettes de muscovite
MMsol105	46.182308	2.936093	6564721	695070	x1	prairie en haut route	sol brun argileux caillouteux
MMsol105b	46.182308	2.936093	6564721	695070	x1	prairie en haut route	sol brun argileux caillouteux
MMsol106	46.182299	2.936101	6564720	695071	x1	herbage en thalweg	sol brun humique
MMsol107	46.203421	2.922986	6567067	694062	z2	labour	sol brun fin peu caillouteux
MMsol108	46.200767	2.966797	6566770	697440	x1	pâture, thalweg	sol brun clair peu caillouteux
MMsol109	46.201168	2.966601	6566814	697425	x1	pâture, thalweg, source ? arbres	sol brun clair peu caillouteux
MMsol110	46.206114	2.961368	6567364	697021	x1	labour	sol brun clair caillouteux
MMsol111	46.210887	2.9703	6567893	697710	x1	labour	sol brun caillouteux
MMsol112	46.216158	2.96562	6568479	697350	z2	berge ruisseau fauché et curé	sol+séd brun clair peu caillouteux
MMsol113	46.232402	2.962776	6570283	697131	z2	talus sous herbage	sol brun caillouteux
MMsol114	46.234856	2.965408	6570555	697334	z2	sol sur subaffleurement leptynite	sol brun caillouteux
MMsol115	46.238578	2.974469	6570968	698033	M3-4	herbage partie haute	sol brun clair peu caillouteux
MMsol116	46.237735	2.971568	6570875	697809	Fz	Talus en forêt au dessus anc terrasse	sol brun clair peu caillouteux
MMsol117	46.239783	2.976848	6571102	698216	M3-4	Ruisseau busé avec gué et passerelle	sédiment grossier entre cailloux
MMsol117b	46.239783	2.976848	6571102	698216	M3-4	Berge près gué	sol sédiment de berge
MMsol118	46.242972	2.981365	6571456	698564	M3-4	Chemin en forêt en RD	sol jaune fin peu caillouteux
MMsol119	46.244271	2.981586	6571601	698581	Fz	Gué, Moulin Berthon, bord de lit	sédiment grossier entre cailloux
MMsol119b	46.244271	2.981586	6571601	698581	Fz	Gué, Moulin Berthon, bord de lit	sol sédiment de berge
MMsol120	46.244343	2.982069	6571609	698618	Fz	Jardin près passerelle du gué	sol brun fin amendé
MMsol121	46.245006	2.984284	6571682	698789	Fz	potager très amendé	sol brun très fin
MMsol122	46.248712	2.994132	6572094	699548	M3-4	bord route, colluvio	sol brun fin peu caillouteux
MMsol123	46.244701	2.994846	6571648	699603	M3-4	bord route, forêt, affleurement	sol brun fin
MMsol124	46.208366	2.9837	6567613	698743	x1	ruisseau du Belon, pont	sédiment sableux graveleux

No echantillon	Lat Dd	Long Dd	Lat Lamb93	Long Lamb93	Geol	site	échantillon
MMsol125	46.208263	2.984676	6567602	698819	x1	RD, colluvions	sol brun clair fin
MMsol126	46.20832	2.984677	6567608	698819	x1	forestier	sol jaune brun fin
MMsol127	46.164163	2.978906	6562704	698372	X1st	labour en sommet de colline	sol brun peu caillouteux
MMsol128	46.15872	2.973071	6562100	697922	X1st	labour en coteau	sol brun peu caillouteux, taupinièr
MMsol129	46.162149	2.972032	6562481	697842	X1st	labour en sommet de colline	sol brun clair caillouteux
MMsol130	46.15752	2.972033	6561967	697842	x1	herbage	sol brun clair caillouteux
MMsol131	46.152064	2.975638	6561361	698120	x1	labour en sommet de colline	sol brun clair caillouteux à quartz
MMsol132	46.147515	2.980617	6560856	698504	x1	pâture, thalweg, source à sec ?	sol beige sableux
MMsol133	46.145097	2.944498	6560588	695716	g3	talus de route	sol beige peu caillouteux
MMsol134	46.141895	2.931916	6560234	694744	g3	talus près herbage	sol brun fin peu caillouteux
MMsol135	46.155687	2.914155	6561767	693375	z2	talus de route	sol beige peu caillouteux
MMsol136	46.155675	2.914125	6561765	693373	z2	labour en sommet de colline	sol brun très caillouteux
MMsol137	46.198528	2.942374	6566522	695556	x1	début thalweg sous bois	sol brun très humide, taupinières
MMsol138	46.198719	2.942589	6566543	695573	x1	début thalweg sous bois	sol brun très humide, taupinières
MMres140	46.209769	2.951356	6567770	696250	z2	digue à résidus inférieure	boue
MMres141	46.201534	2.953923	6566855	696447	x1	terril au dessus digue	résidus sableux
MMres142	46.204272	2.954273	6567159	696474	x1	terril au dessus digue	résidus sableux
MMres143	46.201137	2.952799	6566811	696360	x1	terril au dessus digue	résidus sableux
MMres144	46.200708	2.952538	6566764	696340	x1	retenue de résidus stratifiée	résidus sableux
MMres146	46.200465	2.955557	6566737	696573	x1	berme de route, taupinières	sol brun fin peu caillouteux
MMsol147	46.169753	2.974153	6563325	698006	X1st	sol forestier	sol brun peu caillouteux
MMsol148	46.171259	2.97658	6563493	698193	X1st	sol forestier, talus	sol brun peu caillouteux
MMsol149	46.175466	2.978055	6563960	698307	X1st	bord de route près herbage, taupinière	sol brun clair caillouteux
MMsol150	46.178066	2.981868	6564248	698601	X1st	sol forestier	sol brun clair caillouteux
MMsol151	46.177532	2.985815	6564189	698906	X1st	labour	sol brun clair caillouteux
MMsol152	46.182266	2.983215	6564715	698705	X1st	talus sous arbres	sol brun clair caillouteux
MMsol153	46.156261	2.962572	6561827	697112	x1	Nades, labour autour du dépôt	sol brun clair caillouteux
MMsol154	46.156261	2.962572	6561827	697112	x1	Nades, labour autour du dépôt	sol brun clair caillouteux
MMsol155	46.155542	2.963541	6561748	697186	x1	Nades, labour autour du dépôt	sol brun clair caillouteux
MMsol156	46.156626	2.962882	6561868	697136	x1	Nades, labour autour du dépôt	sol brun clair caillouteux
MMsol157	46.156626	2.962882	6561868	697136	x1	Nades, labour autour du dépôt	sol brun clair caillouteux
MMsol158	46.219613	2.939966	6568864	695372	z2	Confl.Cotillon Bouble, herbage taupini	sol brun peu caillouteux
MMsol159	46.219613	2.939966	6568864	695372	z2	Confl.Cotillon Bouble, herbage taupini	sol brun peu caillouteux
MMsol160	46.219486	2.939908	6568850	695368	z2	Confl.Cotillon Bouble, herbage 60cm t	sol brun peu caillouteux
MMsol160b 50cm	46.219486	2.939908	6568850	695368	z2	Confl.Cotillon Bouble, herbage 50cm t	sol brun peu caillouteux
MMsol160c 40cm	46.219486	2.939908	6568850	695368	z2	Confl.Cotillon Bouble, herbage 40cm t	sol brun peu caillouteux
MMsol160d 20cm	46.219486	2.939908	6568850	695368	z2	Confl.Cotillon Bouble, herbage 20cm t	sol brun peu caillouteux
MMsol161	46.219659	2.938536	6568869	695262	z2	Confl.Cotillon Bouble, herbage	sol brun mesure directe
MMsol162	46.219849	2.938549	6568890	695263	z2	Amont confl.Cotillon Bouble, taupinièr	sol brun peu caillouteux
MMsol163	46.219818	2.94139	6568887	695482	z2	Aval confl.Cotillon Bouble, herbage ta	sol brun peu caillouteux
MMsol164	46.233042	2.96134	6570354	697021	Fz	Bord de rivière, herbage	sol brun peu caillouteux
MMsol165	46.232789	2.96108	6570326	697001	Fz	sol forestier	sol beige brun clair caillouteux
MMsol166	46.194617	2.991463	6566086	699342	X1st	sol forestier	sol brun clair caillouteux
MMsol167	46.195763	2.991406	6566214	699337	X1st	sol forestier	sol brun clair caillouteux
MMsol168	46.192844	2.991625	6565889	699354	X1st	sol forestier	sol brun clair peu caillouteux

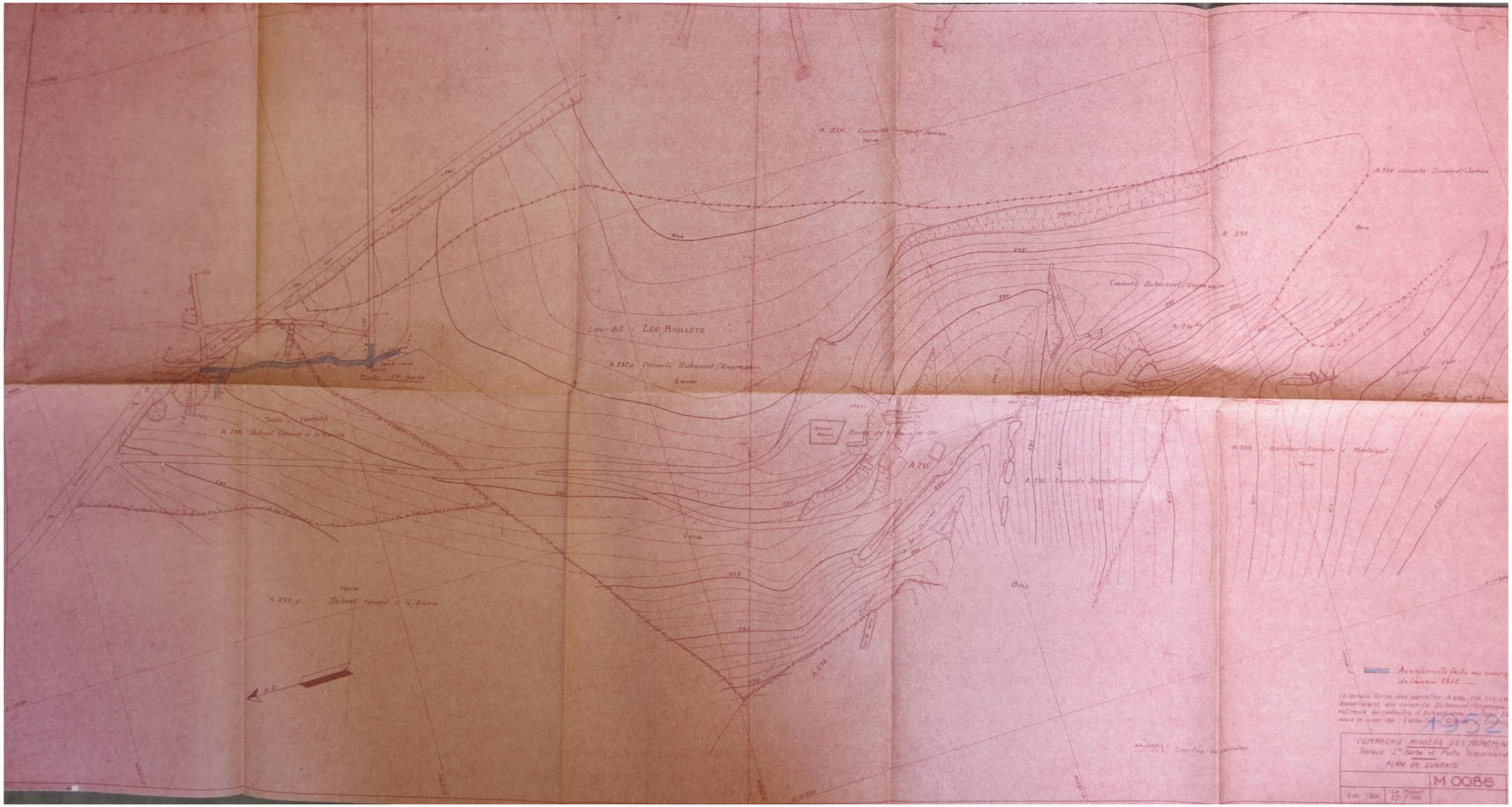
Géosciences pour une Terre durable
brgm

Centre scientifique et technique
Direction Eau, Envirommement, Ecotechnologies
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34

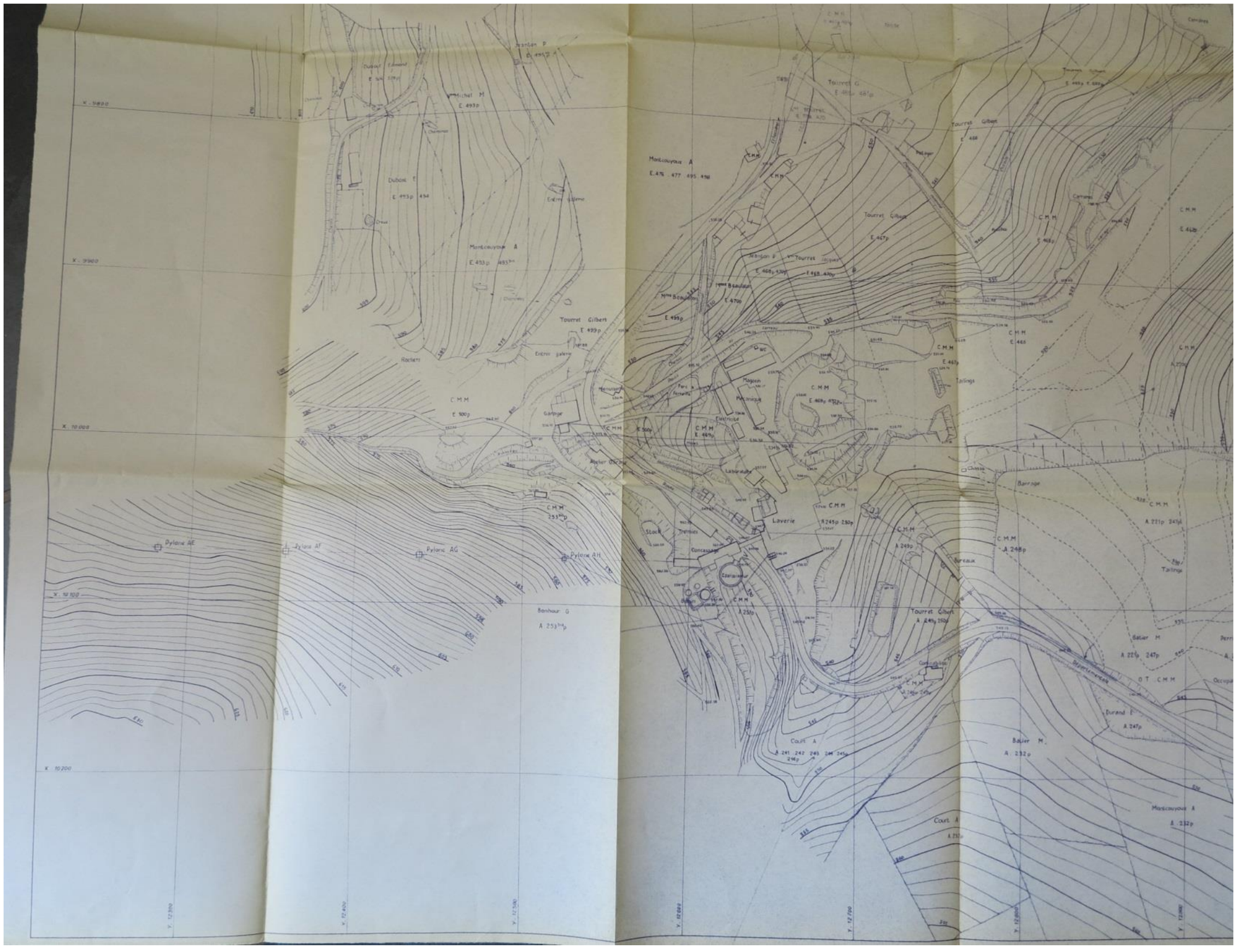
ANNEXE 3 :

PLANS DE SURFACE

Plan de surface des travaux de Sainte Barbe (plan daté du 27 juillet 1951)

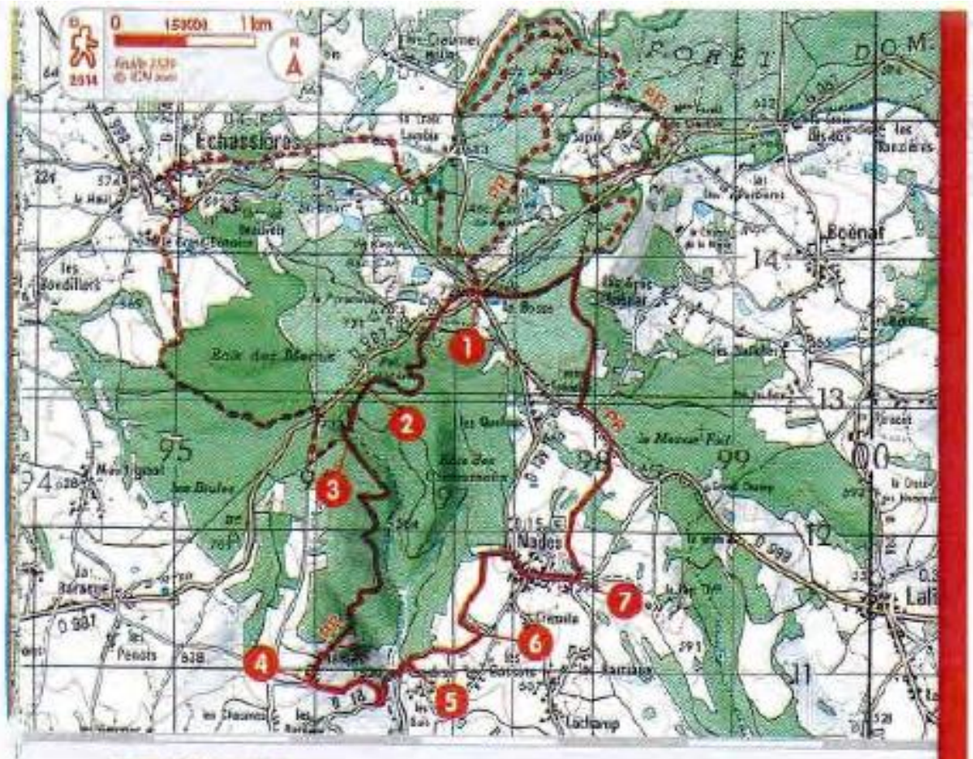


Plan de surface du site du Mazet (plan daté du 7 avril 1955)



ANNEXE 4 :

CIRCUIT RANDO-TRAIN



TECHNIQUES

L'AVENTURE MINIÈRE

L'intérêt pour le sous-sol de La Bosse remonte au IVe siècle : les Gallo-Romains exploitent alors l'étain pour la fabrication d'objets en bronze. À partir du XIXe siècle, l'activité minière se développe avec l'exploitation du kaolin, matière première pour la fabrication de la porcelaine. Au XXe siècle, c'est le wolfram qui donnera au secteur sa renommée. Utilisé dans la fabrication d'aciers spéciaux ou de filaments d'ampoule électrique, l'exploitation de ce minerai de tungstène se révèle être une source d'activité locale importante. Jusqu'à 350 personnes participent à cette aventure, qui prendra fin en 1962. La présence des carrières, puits et bâtiments, dans le paysage témoigne de ce passé minier.

MINEURS - DÉBUT XXe SIÈCLE / COLLECTION S.W.

Le **sentier** des **Minerais**

Agréable descente en sous-bois et larges perspectives sur la vallée de la Sioule sur ce circuit qui, depuis un célèbre carrefour géologique, révèle quelques traces du passé minier de la région.

> Possibilité de réaliser le circuit du Puy Juillat de 9,5 km ***(voir tracé en tirets sur la carte).***

1 Derrière le musée Wolframines, suivre le sentier et déboucher sur la D 987 *(site d'un ancien concasseur pour traitement du wolfram)*. La prendre à droite sur quelques mètres, puis s'engager à gauche sur le sentier derrière la glissière. Passer un petit pont de bois, tourner à droite puis, au croisement, monter à droite.

2 Au carrefour, prendre à gauche, laisser un chemin à gauche, et virer à droite. Puis, à 180 m, descendre le chemin abrupt à droite et tourner à droite. Laisser le chemin sur la gauche et monter tout droit.

> Le chemin qui monte à droite permet de réaliser le circuit du Bois des Menus de 9 km ***(voir tracé en tirets sur la carte).***

3 Au croisement, tourner à gauche et descendre vers Challiat *(avant la sortie de forêt, à gauche, « haldes » dues à des forages pour la recherche de cuivre et d'étain)*. Traverser le hameau *(vue sur les volcans d'Auvergne et la vallée de la Sioule)*.

4 Au carrefour, descendre à gauche, puis prendre la D 18 à gauche. Après le pont, monter à gauche par la route de Cambrai. Laisser un chemin à gauche et poursuivre sur 50 m.

> En continuant la route jusqu'au panneau Cambrai, possibilité de voir un contact géologique micaschiste-granite.

5 Grimper à gauche par le sentier abrupt dans le bois. À la sortie, monter tout droit, laisser le chemin à droite et continuer la montée.

6 Au carrefour en T, virer à gauche *(à droite : puy Giraudet, ancien site d'extraction de stibine, minerai d'antimoine ; plus loin, à gauche : poudrière)*. Prendre la petite route à droite, puis la D 129 et arriver à Nades. Devant la mairie, descendre à gauche.

7 Tourner deux fois à gauche pour contourner l'étang par la droite et continuer la montée. Emprunter la D 998 à gauche, laisser la route des Gros-Boënat à droite et poursuivre sur 100 m. Monter par le chemin à droite en lisière. Au carrefour, virer à gauche en angle aigu et rejoindre La Bosse.

PR agréé 5

MOYEN

3H • 11,5KM

S SITUATION
Échassières, à 27 km au nord-ouest de Gannat par la D 998

P PARKING
musée Wolframines (hameau de La Bosse), au carrefour des D 998 et D 987. Départs possibles depuis la salle polyvalente de Nades et Vaugnat (musée de la Source).

DÉNIVELÉE
altitude mini et maxi, dénivelée cumulée à la montée

B BALISAGE
jaune

! DIFFICULTÉS !
zone de chasse
(se renseigner en mairie)

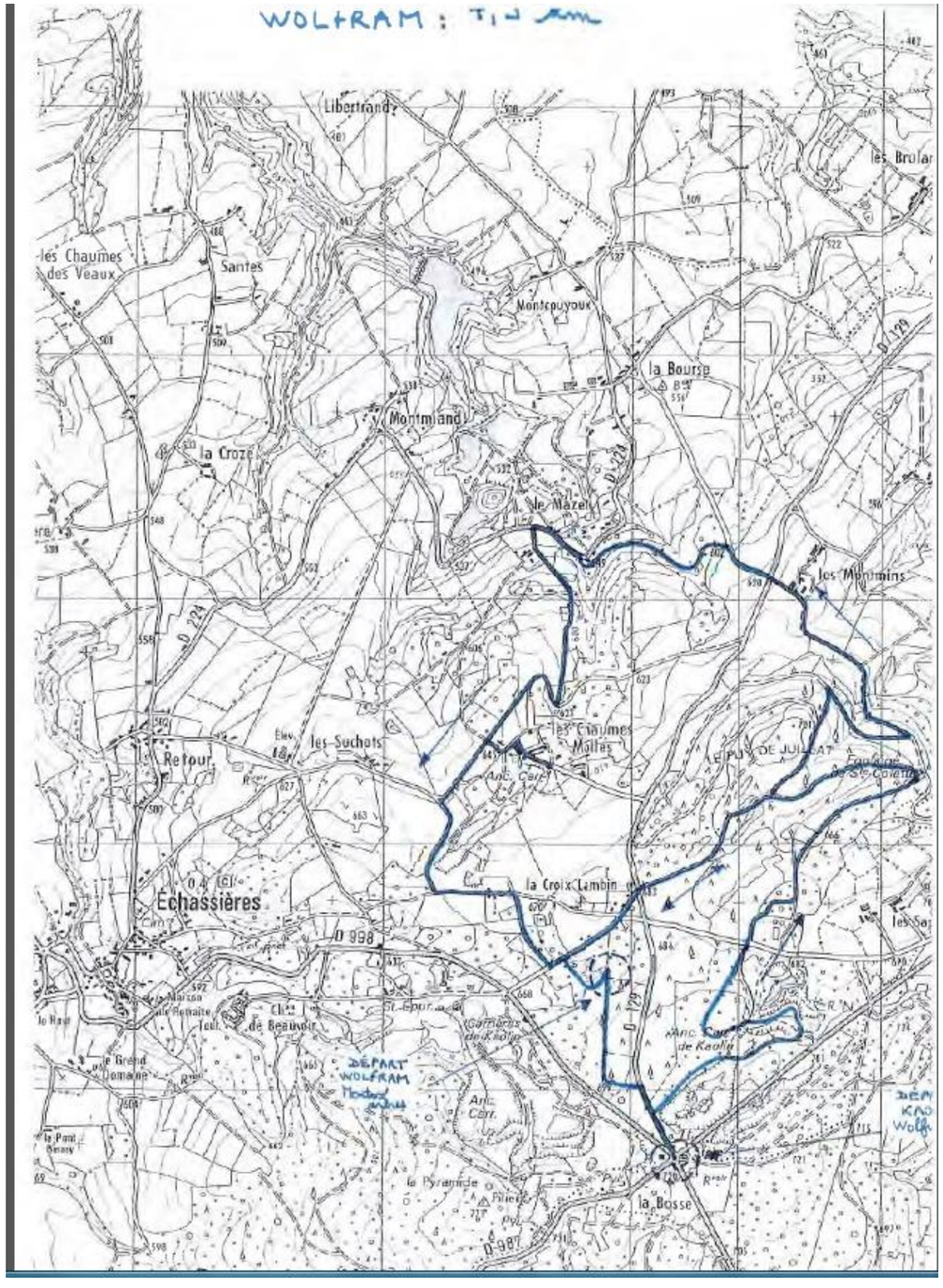
V CIRCUIT VTT

À DÉCOUVRIR...

En chemin :
- Espace nature du val de Sioule
- traces du passé minier de la région
- panorama sur les volcans d'Auvergne et la vallée de la Sioule

Dans la région :
- Coutansouze : forêt des Colettes
- Chouvigny : gorges de Chouvigny
- Louroux-de-Bouble : viaducs

Parcours Wolframine



en chemin ... de Lapeyrouse à Louroux-de-Bouble — Rando-Train 1 — Caractéristiques du viaduc

14 km - 3 h 30

Moulin de Villonne

Aller en train (7 min) :
Louroux-de-Bouble ▸ Lapeyrouse

Retour à pied (14 km - 3 h 30) :
Lapeyrouse ▸ Louroux-de-Bouble
▼ 399 m - ▲ 500 m

Dénivelée cumulée à la montée : 280 m

Situation : Gare de Louroux-de-Bouble
à 30 km au nord-ouest de Gannat par les D 998 et D 129

Parking : gare

Balisage : bien suivre le descriptif
(ne pas tenir compte du balisage peinture)

En chemin :

Lapeyrouse : plan d'eau	Louroux-de-Bouble :
Moulin de Villonne	Eglise et vitraux
Points de vue	Viaduc de la Bouble

Achat du billet directement dans le train
ou aux gares de Gannat - Vichy - Commentry
Horaires affichés en gare - Renseignements : SNCF 36 35

LE VIADUC DE LA BOUBLE

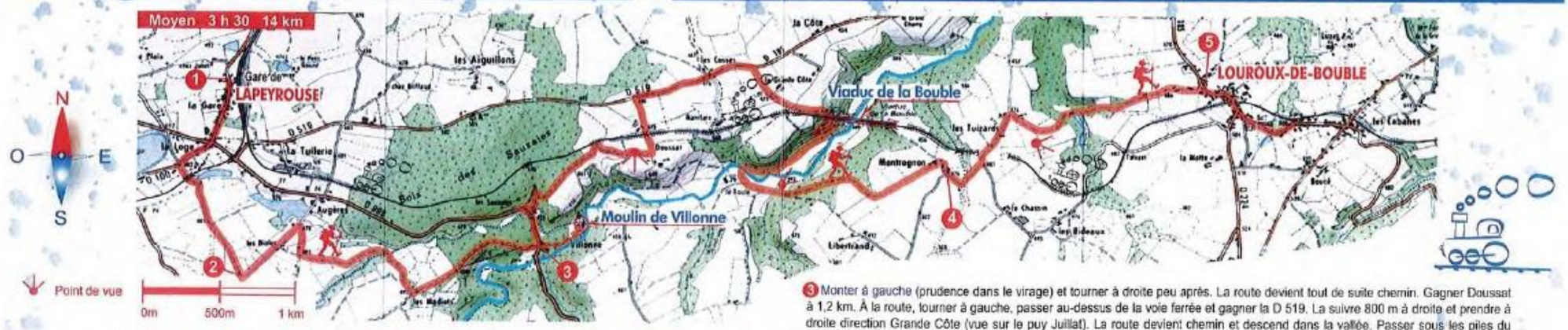
Photographie : Jean-Claude Bichard

Maître d'ouvrage : Compagnie Paris-Orléans
Ingénieur en chef : Wilhelm Nördling
Construction : Etablissement Cail & Fives-Lille
Concepteur : Félix Moreaux
Méthode de construction : Ripage longitudinal
Matériaux piles et treillis : Fer puddlé et fonte
Matériaux arches : Maçonnerie

Longueur totale	395 m
Espacement des travées	6 x 50 m
Hauteur au-dessus de la vallée	66,10 m
Nombre d'arches	5 + 2
Largeur du tablier	4,54 m
Poids du tablier	2 350 kg/m
Prix	1 060 000 F

Réalisation : Atelier F.Etienne - 04 70 56 65 16 - bureautudeetienne@wanadoo.fr
SMAT du Bassin de Sioule - 03450 Ebreuil - smat3@wanadoo.fr
Remerciements : Catherine Pillon - photographies : Pascal Poel

1 Rando-Train — LE VIADUC DE LA BOUBLE



Prendre le train à **Louroux-de-Bouble**. Descendre à **Lapeyrouse**.

1 Devant la gare, partir à gauche et rejoindre la D998 à 500m. Au stop, continuer en face par la D100 (direction Durmignat) et juste après un pont, prendre le chemin à gauche. Passer sous la voie ferrée et suivre le chemin jusqu'à une route.

2 Prendre à gauche passer les Biolles, puis tourner à droite. Au croisement suivant, poursuivre par le chemin de gauche. Faire 500 m, traverser le ruisseau sur une passerelle, puis monter à gauche jusqu'à une route. Descendre sur la gauche jusqu'à la D 998 *(pour aller au moulin de Villonne -600 m aller et retour- prendre à droite puis à gauche).*

3 Monter à gauche (prudence dans le virage) et tourner à droite peu après. La route devient tout de suite chemin. Gagner Doussat à 1,2 km. À la route, tourner à gauche, passer au-dessus de la voie ferrée et gagner la D 519. La suivre 800 m à droite et prendre à droite direction Grande Côte (vue sur le puy Juillat). La route devient chemin et descend dans la vallée. Passer sous les piles du viaduc, laisser un chemin à droite, et bifurquer par le chemin suivant à droite (en face : accès sous le viaduc à 100 m). Suivre le chemin en sous-bois jusqu'à une passerelle sur la Bouble. Traverser, rejoindre un chemin, partir à gauche, puis au carrefour suivant, monter à gauche (direction Louroux-de-Bouble). (Vue sur le viaduc de la Bouble). Laisser un chemin à droite, et après une montée abrupte, rejoindre Montrognon.

4 Après les maisons tourner à gauche (direction Louroux-de-Bouble). A la route, tourner à gauche. Passer une maison le long de la route et peu après, au carrefour, s'engager sur le chemin à droite et tout de suite à droite avant une maison (vue sur Louroux-de-Bouble). Descendre le chemin herbeux jusqu'à un ruisseau. Traverser sur la passerelle (hêtre remarquable) et continuer tout droit. Plus haut, le chemin devient route, gagner la D 185.

5 Au stop, suivre la route à droite sur 700 m et rejoindre la gare.

D'après les cartes IGN 1: 25 000 n° 2529 E & O © IGN - PARIS 2010 - Autorisation n° 50 - 1122

ANNEXE 5 :

RESULTATS ANALYTIQUES

Prélèvements de sols :

campagnes octobre 2016 et avril 2017

ID	X	Y	Al	Sb	Ag	As	B	Be	Bi	Cd	Ca	Ce	Co	Cr	Cu	Sn	SnAlc	Fe
SOL-G01_0_10	697841.76	6570746.53	13700	3,61	<5.00	66	-	-	-	<0.4	2220	-	-	-	24,6	8,19	-	21300
SOL-G02_0_10	695547.34	6566436.17	12300	1,39	<5.00	92,8	-	-	-	<0.40	1320	-	-	-	34,8	<5.00	-	23600
SOL-G03_0_5	695550.97	6566523.69	17400	3,4	<5.02	226	-	-	-	0,64	1660	-	-	-	60,1	7,06	-	38800
SOL-G04_0_5	696576.33	6566731.32	20000	3,36	<5.00	141	-	-	-	0,47	4150	-	-	-	30,7	<5.00	-	37300
SOL-G05_0_5	698305.39	6563971.97	20500	2,07	<5.00	401	-	-	-	1,46	946	-	-	-	69,1	9,89	-	38000
SOL-G06_0_5	698643.68	6564622.26	12300	2,04	<5.00	283	-	-	-	1,59	2180	-	-	-	97,1	9,04	-	25600
SOL-G07_0_5	697138.14	6561806.62	13000	1070	<5.06	907	-	-	-	0,43	1940	-	-	-	12,1	<5.06	-	67300
SOL-G10_0_5	695370.03	6568863.86	21600	4,1	<5.00	173	-	-	-	0,42	1980	-	-	-	32,3	9,6	-	34700
SOL-G11_60_80	695354.16	6568859.78	19400	6,68	<5.56	151	-	-	-	<0.44	1480	-	-	-	24,5	<5.56	-	36900
SOL-G12_0_5	695511.97	6568883.81	25900	3,97	<5.00	188	-	-	-	0,89	2710	-	-	-	48,3	12,3	-	38700
RES-G01	696264.51	6567762.59	24900	6,73	<5.00	548	-	-	-	0,66	1700	-	-	-	146	22,5	-	49100
RES-G02	696430.94	6566852.91	9590	3,1	<5.00	153	-	-	-	<0.40	515	-	-	-	58,4	12,6	-	18900
RES-G03	696484	6567164.45	11500	4,63	<5.00	136	-	-	-	0,47	738	-	-	-	75,5	14,9	-	24900
RES-G04	696342.65	6566742.28	7910	6,51	<5.00	58,3	-	-	-	<0.40	405	-	-	-	24,7	8,03	-	14500
S101_0_10	695320.29	6568780.32	26800	3,49	<5.00	185	-	-	-	0,59	2340	-	-	-	32	8,4	-	37800
S102_0_10	695330.04	6568773.18	17400	3,63	<5.25	144	-	-	-	0,54	1850	-	-	-	35,5	8,14	-	25400
S104_0_5	696793.58	6566713.17	8230	8,43	<5.00	190	-	-	-	1,33	10100	-	-	-	89,2	15,9	-	28700
S105_0_5	696785.87	6566689.91	11900	21,5	<5.00	155	-	-	-	2,2	5910	-	-	-	772	43,1	-	60700
S106_0_5	696817.64	6566702.17	12100	5,17	<5.00	165	-	-	-	0,79	2110	-	-	-	97,8	14,6	-	24100
S107_0_5	696785.19	6566741.2	12200	3,42	<5.00	100	-	-	-	0,63	1140	-	-	-	76,5	16	-	22300
S108_0_5	696939.95	6566929.09	13200	3,69	<5.00	128	-	-	-	0,77	157	-	-	-	76,8	15,8	-	25900

ID	Li	Mg	Mn	Pb	K	La	Mo	Nb	Si	Na	V	W	Walc	WER_BRGM	Y	Zn	Hg	U
SOL-G01_0_10	58,3	3920	705	32,2	4030	-	-	-	68,7	75,6	-	363	-	-	-	76	0,16	2,5
SOL-G02_0_10	54,8	1600	1250	23,6	2330	-	-	-	704	40,9	-	269	-	-	-	40,2	<0.10	2
SOL-G03_0_5	69,1	2510	839	49,2	3190	-	-	-	465	65	-	418	-	-	-	93,7	0,21	2,3
SOL-G04_0_5	70,9	4610	843	52,4	6160	-	-	-	1040	70,7	-	491	-	-	-	147	0,12	4,2
SOL-G05_0_5	51,5	3700	667	51,1	3320	-	-	-	754	54,4	-	414	-	-	-	249	0,13	1,8
SOL-G06_0_5	49,4	1990	273	202	2710	-	-	-	641	53,4	-	325	-	-	-	248	0,12	4,8
SOL-G07_0_5	34,5	2790	1980	28,2	2030	-	-	-	1410	35,7	-	269	-	-	-	54,2	0,11	1
SOL-G10_0_5	104	5420	1100	31	5730	-	-	-	874	72,3	-	784	-	-	-	96,4	<0.10	2,7
SOL-G11_60_80	60,4	5290	930	25,7	3620	-	-	-	38	54,9	-	509	-	-	-	83,6	0,19	2,7
SOL-G12_0_5	198	5790	1180	56,9	7120	-	-	-	930	109	-	1860	-	-	-	199	<0.10	4,4
RES-G01	424	5300	2330	72,1	10600	-	-	-	773	213	-	2700	-	-	-	133	0,1	6,7
RES-G02	205	2310	569	64,3	5170	-	-	-	312	104	-	859	-	-	-	50,8	<0.10	3,6
RES-G03	261	2630	615	49,7	6200	-	-	-	130	119	-	2840	-	-	-	72,7	0,18	5,6
RES-G04	186	1720	148	70,9	4090	-	-	-	297	94,9	-	768	-	-	-	43	<0.10	2,5
S101_0_10	95,1	6050	1170	44,5	4620	-	-	-	250	64,2	-	252	-	-	-	104	<0.10	3,4
S102_0_10	111	5020	950	29,4	5070	-	-	-	223	62	-	581	-	-	-	83,1	<0.10	2,8
S104_0_5	86,5	1710	910	327	3330	-	-	-	474	60,2	-	3410	-	-	-	245	0,26	7,7
S105_0_5	127	2260	869	607	3500	-	-	-	385	123	-	2100	-	-	-	996	0,51	5,3
S106_0_5	184	2530	970	106	5590	-	-	-	399	82,2	-	1810	-	-	-	117	0,19	6,2
S107_0_5	242	2590	1180	163	7060	-	-	-	471	98,7	-	2170	-	-	-	98,1	<0.10	4,7
S108_0_5	283	3360	2380	62,7	6180	-	-	-	398	125	-	1670	-	-	-	71,2	<0.10	4,5

- : non dosé

ID	X	Y	Al	Sb	Ag	As	B	Be	Bi	Cd	Ca	Ce	Co	Cr	Cu	Sn	Sn ALC	Fe
MM SOL_024	695368.21	6568812.97	16500	3,23	<5.00	258	97	29	32	0,48	152000	360	30	75	35,9	12	189	27400
MM SOL_034	699336.72	6571922.8	12300	2,91	<5.00	47,4	67	14	-	<0.40	1740	679	22	76	12,2	8,76	454	20000
MM SOL_037	695263.97	6560458.44	16700	5,86	<5.00	488	125	11	-	1,58	1490	156	26	66	83,4	129	392	27000
MM SOL_045	695499.51	6561432.07	8270	13	<5.00	413	157	8	-	1,01	351	168	17	69	61,6	18,7	197	19400
MM SOL_047	695715.21	6562736.32	18900	14,7	<5.00	914	59	5	16	0,63	540	165	19	92	194	25,5	149	37400
MM SOL_055	697213.86	6562088.35	19400	454	<5.00	124	83	5	-	<0.40	1090	103	22	74	23,8	<5.00	26	34600
MM SOL_056	697111.61	6561606.44	20100	95,5	<5.00	42	83	6	-	<0.40	1350	188	27	96	25,8	<5.00	21	32300
MM SOL_057	696554.21	6561398.4	12300	7,66	<5.00	313	106	8	-	1,61	893	145	30	90	93,4	14,8	145	23300
MM SOL_061	695699.32	6561317.65	14200	5,76	<5.00	533	148	7	-	1,86	1740	138	21	100	137	41,9	349	27600
MM SOL_062	696247.76	6561704.74	10200	6,65	<5.00	428	71	12	-	2,21	3080	132	24	73	136	20,9	163	22700
MM SOL_063	696257.51	6561860.54	25300	3,27	<5.00	1250	95	7	-	10,8	3530	90	21	70	866	52,4	214	37800
MM SOL_063_B	696257.51	6561860.54	20300	2,89	<5.00	1280	87	7	-	16,1	3240	77	22	64	1010	47,5	334	32900
MM SOL_064	696315.36	6562197.21	16300	4,26	<5.00	1450	84	6	13	1,91	294	145	33	94	292	28,3	234	34600
MM SOL_072	694133.77	6568563.61	14500	3,07	<5.00	22	116	5	-	<0.40	356	181	23	79	11	<5.00	16	26400
MM SOL_076	699727.98	6560453.27	11900	1,58	<5.00	8,39	111	9	-	<0.40	2340	113	13	54	<5.00	<5.00	16	18500
MM SOL_083	695671.33	6565706.41	11900	0	<5.00	11,5	74	9	20	<0.40	520	44	8	28	6,53	<5.00	92	7600
MM SOL_091	697552.81	6565590.65	18500	1,53	<5.00	18,6	81	17	-	<0.40	449	54	6	22	7,67	<5.00	70	5910
MM SOL_098	697864.86	6564285.13	15500	1,83	<5.00	145	47	7	12	0,64	1510	103	23	55	59	15,5	101	19500
MM Sol_105	695070.43	6564721.29	13600	3	<5.00	90,1	91	29	16	<0.40	1270	126	22	60	35,3	12,7	499	18300
MM SOL_107	694061.69	6567066.82	16000	3,15	<5.00	219	165	11	-	0,57	1650	118	37	90	41,9	5,25	59	26400
MM SOL_115	698032.65	6570968.48	18700	3,92	<5.05	37,6	70	3	-	<0.40	1710	185	22	88	17	<5.05	14	29900
MMRES140	696249.65	6567770.03	23500	6,19	<5	526	81	28	109	0,57	1030	113	35	93	123	17,9	117	46500
MM RES_141	696447.03	6566855.41	11300	3,53	<5.00	175	56	13	67	<0.40	699	75	20	67	60,1	13,5	111	21300
MM RES_142	696474.19	6567159.45	9900	3,27	<5.06	111	61	22	61	0,53	757	54	21	47	66,4	10,5	100	22000
MM SOL_149	698307.03	6563959.72	20000	2,18	<5.00	429	172	9	-	2,43	1250	178	22	103	73,4	10,3	63	39600
MM SOL_152	698705.26	6564714.77	14100	3,12	<5.00	283	268	9	-	1,01	1030	191	13	88	105	9,61	98	30100
MM SOL_154	697111.56	6561827.43	9000	787	<5.00	641	94	14	-	<0.40	1470	147	24	78	10,7	<5.00	-	56000

- : non dosé

ID	Li	Mg	Mn	Pb	K	La	Mo	Nb	Si	Na	V	W	Walc	WER_BRGM	Y	Zn	Hg	U
MM SOL_024	183	4200	1360	43,1	6410	189	5	104	750	100	99	1320	2253	1465	71	91,3	<0.10	3,1
MM SOL_034	42	3700	358	26,6	1920	347	-	180	261	105	91	420	332	134	147	56,6	0,12	2,4
MM SOL_037	58,7	3020	629	42,3	1140	81	-	28	62	47,2	76	424	107	36	38	185	-	3,1
MM SOL_045	29,1	1690	246	40,6	1020	86	-	26	127	75,9	84	253	57	-	44	112	0,11	2,1
MM SOL_047	104	2670	397	15,8	4330	84	-	31	204	82,1	113	515	125	17	41	109	0,13	2,3
MM SOL_055	41,2	4080	989	30,2	3150	54	-	21	80,2	38,2	81	417	21	-	26	91,1	0,18	1,5
MM SOL_056	35,9	4580	848	31	3660	96	-	30	309	58,7	109	439	21	-	41	85,1	0,12	1,5
MM SOL_057	40,7	3220	508	17,8	2040	75	-	26	87,4	52,3	100	294	85	23	39	155	-	1,6
MM SOL_061	42,1	4130	573	37,8	2520	72	-	27	119	45	130	320	41	-	41	175	0,2	2
MM SOL_062	24,5	3290	690	95,3	1590	69	-	30	82,9	44,4	70	229	30	-	40	164	0,15	6,2
MM SOL_063	82,6	4340	970	43	3760	47	-	20	1380	84,2	78	477	33	-	29	817	0,25	2,4
MM SOL_063_B	78,5	3910	1240	39,3	3000	41	-	-	591	72,9	69	419	30	-	27	974	0,26	2
MM SOL_064	79	2380	1030	16,1	3000	79	-	37	111	58,7	123	368	34	-	40	247	0,21	1,9
MM SOL_072	22	5110	391	14,4	3770	97	-	36	50,4	33,4	127	319	-	-	57	52,7	0,13	1,5
MM SOL_076	<20.0	3130	663	43,4	927	63	-	32	381	48,3	67	278	-	-	22	53,6	0,11	1,9
MM SOL_083	124	575	76,5	12,6	2030	25	-	39	332	22,9	25	246	21	26	22	47,3	<0.10	2,3
MM SOL_091	82,4	384	33	843	1630	27	-	36	3540	55,2	10	369	25	-	26	27,8	<0.10	10
MM SOL_098	96,7	5140	1100	303	4520	57	-	34	537	52,8	87	355	27	-	37	227	0,1	1,8
MM Sol_105	119	2900	793	67,7	3320	67	-	294	294	100	75	373	110	55	43	55,8	<0.10	3,1
MM SOL_107	56,4	2890	1210	135	2890	66	-	37	295	52,6	129	391	27	-	42	139	0,11	6
MM SOL_115	20,8	5680	686	15,3	6340	100	-	33	287	111	112	426	-	-	65	93,6	<0.10	1,3
MMRES140	443	5000	1900	57,2	10700	63	6	80	353	257	127	2810	1650	1367	62	111	<0.10	8,7
MM RES_141	217	2380	670	62,5	6100	43	-	51	578	98,8	85	870	660	598	33	59,5	<0.10	3,4
MM RES_142	219	2300	581	38,4	5180	32	-	67	218	108	62	2360	1390	1235	23	62,8	<0.10	5,3
MM SOL_149	55,2	3960	710	62,9	3590	98	-	36	702	56,6	147	467	21	-	42	265	0,13	1,9
MM SOL_152	64,5	2110	180	212	2990	105	-	40	405	81,7	123	335	23	34	46	234	<0.10	6,9
MM SOL_154	25,5	2050	1830	20,1	1300	81	-	30	500	25,8	103	311	-	-	37	40,3	0,11	1

- : non dosé

Prélèvements de sols réalisés dans le cadre du volet sanitaire :

campagne septembre 2016

ID	X	Y	Al	Sb	Ag	As	B	Be	Bi	Cd	Ca	Ce	Co	Cr	Cu	Sn	SnAlc	Fe
Sj1_0_30	697153	6564102	27100	12.2	<5	82.1	-	-	-	<0,4	5030	-	-	-	53.9	-	-	29100
S2_0_5	697153	6564107	5100	3.29	<5	22.6	-	-	-	<0,4	2340	-	-	-	17.4	-	-	9610
Sj3_0_30	697732	6561323	18900	11.5	<5	32	-	-	-	0.53	8770	-	-	-	142	-	-	23100
Sj4_0_30	696697	6566686	16500	3.34	<5	133	-	-	-	0.79	5750	-	-	-	36.9	-	-	30600
Sj5_0_30	696636	6566750	15800	4.19	<5	102	-	-	-	<0,4	3660	-	-	-	28.3	-	-	28800
S6_0_5	696645	6566745	19100	3.15	<5	98.7	-	-	-	<0,4	4490	-	-	-	32.6	-	-	31300
Sj7_0_30	696977	6567194	10800	1.62	<5	31.3	-	-	-	<0,4	5770	-	-	-	33.8	-	-	19700
Sj8_0_30	696981	6567164	12800	1.94	<5	38.3	-	-	-	<0,4	7200	-	-	-	39.6	-	-	22700
S9_0_5	696974	6567154	15600	1.64	<5	36.6	-	-	-	<0,4	3000	-	-	-	23.2	-	-	30000
S10_0_10	695457	6566772	13500	1.66	<5	141	-	-	-	0.76	1840	-	-	-	29.4	-	-	20300
Sj11_0_30	696843	6567111	15800	1.28	<5	24.1	-	-	-	<0,4	4230	-	-	-	31.1	-	-	22400
Sj12_0_30	696850	6567088	16400	1.65	<5	27.1	-	-	-	<0,4	1520	-	-	-	26.6	-	-	24700
Sj13_0_30	696873	6567158	17100	1.96	<5	32.5	-	-	-	<0,4	2540	-	-	-	28.9	-	-	27900
Sj14_0_30	695887	6566976	16100	3.12	<5	135	-	-	-	<0,4	6830	-	-	-	55.6	-	-	26000
Sj15_0_30	695824	6567006	16100	3.07	<5	187	-	-	-	<0,4	2280	-	-	-	51.4	-	-	24100
Sj16_0_30	695928	6567151	11300	3.69	<5	177	-	-	-	1.09	3300	-	-	-	51.3	-	-	20800
Sj17_0_30	697488	6561793	17400	40.7	<5	49.2	-	-	-	<0,4	2980	-	-	-	60.1	-	-	28500
Sj18_0_30	697788	6561388	22100	6.05	<5	46.2	-	-	-	<0,4	8130	-	-	-	34.8	-	-	26400
S19_0_10	698098	6567903	12800	2.17	<5	31.8	-	-	-	<0,4	2170	-	-	-	14.3	-	-	25700
Sj20_0_30	698334	6568253	10300	2.47	<5	18.7	-	-	-	<0,4	16900	-	-	-	52.2	-	-	17900
S21_0_10	698360	6568313	8590	2.31	<5	29	-	-	-	<0,4	2790	-	-	-	10.8	-	-	15800
Sj22_0_30	695080	6565968	15200	1.62	<5	57.9	-	-	-	<0,4	3350	-	-	-	30.5	-	-	20000
S23_0_10	695017	6565933	15300	1.9	<5	91.9	-	-	-	0.41	3010	-	-	-	47.2	-	-	24800
S24_0_10	696003	6565671	14200	<1	<5	24.9	-	-	-	<0,4	2400	-	-	-	8.8	-	-	10100
Sj25_0_30	698767	6564039	18300	2.75	<5	216	-	-	-	1.25	4530	-	-	-	34.8	-	-	35600
S26_0_10	698694	6564095	16800	2.32	<5	234	-	-	-	0.82	1920	-	-	-	32.9	-	-	38400
SB27_0_10	697083	6570321	15000	3.3	<5	45.6	-	-	-	<0,4	1640	-	-	-	15.9	-	-	24400
SB28_0_10	696993	6570334	12600	3.45	<5	56.7	-	-	-	<0,4	1030	-	-	-	17.2	-	-	18800
SB29_0_10	695941	6569406	11000	3.16	<5	63.3	-	-	-	<0,4	1520	-	-	-	16.3	-	-	20400
S30_0_10	696838	6567049	20200	1.95	<5	32.6	-	-	-	<0,4	1610	-	-	-	27.5	-	-	30200
S31_0_10	696864	6567024	16300	3.34	<5	124	-	-	-	0.46	647	-	-	-	64.6	-	-	24900
S32_0_10	696926	6567070	16900	1.43	<5	40.7	-	-	-	<0,4	2330	-	-	-	28	-	-	31400
Sj33_0_30	696907	6567117	15800	1.57	<5	36.2	-	-	-	<0,4	4980	-	-	-	48.2	-	-	27600
S34_0_10	696708	6567159	17400	1.35	<5	51.6	-	-	-	<0,4	2110	-	-	-	22.8	-	-	23200
S35_0_5	697078	6564131	14500	2.33	<5	93	-	-	-	0.46	4060	-	-	-	38.4	-	-	16900
S36_0_5	697471	6561892	21300	25	<5	58.1	-	-	-	<0,4	2040	-	-	-	28	-	-	36200
S37_0_10	697180	6561698	17500	314	<5	76.5	-	-	-	<0,4	2000	-	-	-	21.1	-	-	29100
S38_0_10	697119	6561732	19500	136	<5	73.6	-	-	-	<0,4	890	-	-	-	23.1	-	-	29000
S39_0_10	697229	6561734	20700	114	<5	33.3	-	-	-	<0,4	1470	-	-	-	20.4	-	-	31400
S40_0_10	697170	6561804	16600	719	<5	795	-	-	-	<0,4	2090	-	-	-	16.9	-	-	79500
S41_0_10	698394	6561975	20600	6.03	<5	26.8	-	-	-	<0,4	2660	-	-	-	22.8	-	-	35800
S42_0_10	698307	6561104	17000	5.23	<5	17.5	-	-	-	<0,4	3880	-	-	-	22	-	-	26300
S43_0_5	697426	6561983	18400	19	<5	101	-	-	-	<0,4	3050	-	-	-	28.6	-	-	29700
S103_0_5	697376	6561995	19300	19.2	<5	60	-	-	-	<0,4	2410	-	-	-	29	-	-	29700
S44_0_10	697075	6561811	22400	168	<5	185	-	-	-	<0,4	1460	-	-	-	35.6	-	-	36400
SB45_0_10	694191.78	6568715.47	9550	3.31	<5	43.2	-	-	-	<0,4	1070	-	-	-	13.9	-	-	15200
S46_0_10	695358.49	6568860.27	24000	4.17	<5	186	-	-	-	<0,4	2370	-	-	-	38.5	-	-	34400
S47_0_10	695410.59	6568870.12	22400	6.09	<5	167	-	-	-	<0,4	1930	-	-	-	50.9	-	-	33300
S51_0_5	698373.27	6571438.61	9530	2.95	<5	48.1	-	-	-	<0,4	1100	-	-	-	12.8	-	-	16000
S52_0_5	698470.13	6571627.28	14500	3.82	<5	74.6	-	-	-	<0,4	2220	-	-	-	23.6	-	-	25000
S57_0_2	696754.54	6563844.5	9470	2.42	<5	176	-	-	-	<0,4	743	-	-	-	41.3	-	-	14200
S58_0_5	696959.19	6563933.41	17400	6.01	<5	237	-	-	-	0.63	3390	-	-	-	90.7	-	-	29100
S59_0_5	696235.81	6561687.91	18600	6.56	<5	822	-	-	-	3.83	880	-	-	-	308	-	-	40400
S60_0_10	697149.23	6566664.13	15800	2.47	<5	216	-	-	-	1.51	2220	-	-	-	32.3	-	-	22400
S61_0_10	697304.12	6566562.25	13000	2.17	<5	115	-	-	-	0.41	1760	-	-	-	25.5	-	-	18500
S62_0_10	697187.31	6566439.79	16400	4.65	<5	176	-	-	-	0.51	4190	-	-	-	21.9	-	-	13400
SB48_0_10	697885.41	6570904.52	12500	4.33	<5	55.8	-	-	-	<0,4	1490	-	-	-	17.4	-	-	20700
SB49_0_10	697916.33	6571088.68	6770	2.15	<5	34.9	-	-	-	<0,4	882	-	-	-	11.1	-	-	11700
SB50_0_10	697957.21	6571112.51	13300	3.53	<5	64.2	-	-	-	0.43	2490	-	-	-	19.8	-	-	20800
SB53_0_10	699137.91	6571677.39	11800	2.58	<5	45.1	-	-	-	<0,4	1080	-	-	-	14.7	-	-	17300
SB54_0_10	699029.6	6569706.21	27800	3.13	<5	16.2	-	-	-	<0,4	2410	-	-	-	24.5	-	-	45000
SB55_0_10 RD	700555.39	6569295.7	8750	1.95	<5	55.7	-	-	-	<0,4	1310	-	-	-	11.1	-	-	16700
SB56_0_5	697244.13	6570378.58	11200	3.78	<5	54.5	-	-	-	<0,4	1110	-	-	-	16.8	-	-	17100

- : non dosé

ID	Li	Mg	Mn	Pb	K	La	Mo	Nb	Si	Na	V	W	Walc	WER_BRGM	Y	Zn	Hg	U
Sj1_0_30	229	7510	972	170	10100	-	-	-	251	179	-	88.7	-	-	-	181	0.21	-
S2_0_5	48.2	1610	185	39.5	2490	-	-	-	381	84.2	-	12.8	-	-	-	69.5	<0,10	-
Sj3_0_30	29.9	4280	1040	51.9	4020	-	-	-	318	139	-	<10	-	-	-	205	<0,10	-
Sj4_0_30	92	3340	711	58.2	5090	-	-	-	468	80.7	-	73.9	-	-	-	149	0.12	-
Sj5_0_30	62.5	3360	847	87.3	3760	-	-	-	231	79.8	-	26.7	-	-	-	107	<0,10	-
S6_0_5	77.7	4220	984	50.3	4950	-	-	-	278	80.4	-	20.3	-	-	-	134	<0,10	-
Sj7_0_30	22.8	3210	552	20.7	4370	-	-	-	247	75.6	-	<10	-	-	-	93.5	<0,10	-
Sj8_0_30	22.8	4100	613	23	4820	-	-	-	272	171	-	<10	-	-	-	102	<0,10	-
S9_0_5	27.2	3590	440	18.5	4730	-	-	-	173	82.5	-	<10	-	-	-	57.9	<0,10	-
S10_0_10	51	2080	690	23.5	2450	-	-	-	322	65.7	-	<10	-	-	-	57.4	0.12	-
Sj11_0_30	32.4	3870	888	27.7	6520	-	-	-	327	77.9	-	<10	-	-	-	80.6	<0,10	-
Sj12_0_30	36.2	4140	959	19.5	5880	-	-	-	368	67	-	<10	-	-	-	72.8	<0,10	-
Sj13_0_30	36.1	4280	716	21	6780	-	-	-	196	74.3	-	<10	-	-	-	71.3	<0,10	-
Sj14_0_30	46.2	3640	1140	36.6	5320	-	-	-	263	73.1	-	<10	-	-	-	131	<0,10	-
Sj15_0_30	57.9	2990	821	66.1	4320	-	-	-	242	57.9	-	11.1	-	-	-	105	<0,10	-
Sj16_0_30	28.4	1870	908	62.3	4090	-	-	-	417	58.5	-	15.2	-	-	-	114	<0,10	-
Sj17_0_30	28.5	3570	1110	31.5	3420	-	-	-	289	60.2	-	<10	-	-	-	106	<0,10	-
Sj18_0_30	39.2	3040	835	73.2	3380	-	-	-	137	95.9	-	<10	-	-	-	146	<0,10	-
S19_0_10	25.9	2440	664	20.5	2660	-	-	-	128	43.9	-	<10	-	-	-	63.6	<0,10	-
Sj20_0_30	21.7	3220	631	23.3	3970	-	-	-	819	112	-	<10	-	-	-	114	<0,10	-
S21_0_10	<20	1790	483	15.4	1720	-	-	-	244	57.1	-	<10	-	-	-	43.8	<0,10	-
Sj22_0_30	59.4	1230	1410	34.8	1890	-	-	-	231	58.4	-	<10	-	-	-	40.8	<0,10	-
S23_0_10	45.3	1460	1530	37.3	2670	-	-	-	365	67.3	-	<10	-	-	-	47.5	<0,10	-
S24_0_10	67.7	1040	455	76.9	1520	-	-	-	397	58.3	-	<10	-	-	-	59.3	0.29	-
Sj25_0_30	40.9	3170	1670	33.2	2250	-	-	-	961	69.1	-	<10	-	-	-	114	<0,10	-
S26_0_10	42.4	2510	1770	29.6	1350	-	-	-	309	61.9	-	<10	-	-	-	93	<0,10	-
SB27_0_10	43.2	4220	591	21.4	4210	-	-	-	247	67.6	-	47.5	-	-	-	60.1	<0,10	-
SB28_0_10	46.6	3740	560	20.6	4420	-	-	-	146	64.7	-	43.5	-	-	-	59.2	<0,10	-
SB29_0_10	38.2	3480	657	53.8	3170	-	-	-	178	64.7	-	36.1	-	-	-	82.9	<0,10	-
S30_0_10	47.2	5060	722	19	7220	-	-	-	192	101	-	22.7	-	-	-	80.7	<0,10	-
S31_0_10	356	4040	1170	44.9	9250	-	-	-	614	160	-	1020	-	-	-	85.8	<0,10	-
S32_0_10	32.8	4700	525	20.9	5880	-	-	-	167	72.6	-	13.9	-	-	-	76.8	<0,10	-
Sj33_0_30	34.6	3730	889	34.3	5610	-	-	-	922	68.5	-	21.8	-	-	-	146	<0,10	-
S34_0_10	46.3	4520	744	22.9	4530	-	-	-	202	60.1	-	20.2	-	-	-	75.2	<0,10	-
S35_0_5	142	3300	730	91.6	5260	-	-	-	222	103	-	222	-	-	-	70.9	0.13	-
S36_0_5	37.1	4040	1260	28.4	3360	-	-	-	269	59	-	20.1	-	-	-	82.7	<0,10	-
S37_0_10	31.3	3570	659	25.9	2560	-	-	-	285	56.4	-	<10	-	-	-	71.6	<0,10	-
S38_0_10	53.6	3630	2120	31.6	2170	-	-	-	365	72.6	-	<10	-	-	-	102	<0,10	-
S39_0_10	29.9	3460	609	24.8	3460	-	-	-	150	55.4	-	<10	-	-	-	68.7	<0,10	-
S40_0_10	43	3240	2040	45.8	2800	-	-	-	754	70.8	-	<10	-	-	-	63.5	<0,10	-
S41_0_10	24.1	4360	1200	25.6	2720	-	-	-	245	89.9	-	<10	-	-	-	76.1	<0,10	-
S42_0_10	0	3820	797	25.5	3760	-	-	-	308	73.9	-	<10	-	-	-	74.4	0.27	-
S43_0_5	33.1	3570	1180	30.9	3040	-	-	-	439	62.3	-	<10	-	-	-	82.8	<0,10	-
S103_0_5	39.1	4110	1270	33.6	4140	-	-	-	281	54.5	-	<10	-	-	-	91.7	<0,10	-
S44_0_10	43.1	4560	1130	33.9	3570	-	-	-	290	56.1	-	<10	-	-	-	95.2	<0,10	-
SB45_0_10	46.6	2880	435	25.8	2640	-	-	-	128	48.9	-	18.2	-	-	-	44	<0,10	-
S46_0_10	124	5630	1150	48	4980	-	-	-	403	90.4	-	466	-	-	-	106	<0,10	-
S47_0_10	193	5520	1130	40.9	6870	-	-	-	335	110	-	992	-	-	-	102	<0,10	-
S51_0_5	41	2870	395	20.1	2390	-	-	-	286	132	-	209	-	-	-	53.6	<0,10	-
S52_0_5	109	4040	703	26.1	4520	-	-	-	283	167	-	329	-	-	-	87.9	<0,10	-
S57_0_2	127	1640	462	97.1	3170	-	-	-	271	66	-	247	-	-	-	50.2	<0,10	-
S58_0_5	250	3100	806	139	7300	-	-	-	766	175	-	970	-	-	-	101	<0,10	-
S59_0_5	43.8	3190	630	36.2	3620	-	-	-	136	60.2	-	<10	-	-	-	190	<0,10	-
S60_0_10	85.1	3950	850	122	3950	-	-	-	330	65	-	284	-	-	-	192	<0,10	-
S61_0_10	44.8	2430	562	98.4	2960	-	-	-	152	44.4	-	10.3	-	-	-	105	<0,10	-
S62_0_10	93.3	1410	1200	754	3100	-	-	-	410	79.8	-	79.3	-	-	-	72.7	<0,10	-
SB48_0_10	55.6	3730	536	22.8	3750	-	-	-	376	98.5	-	129	-	-	-	68.3	<0,10	-
SB49_0_10	36.2	2020	327	12.4	1980	-	-	-	134	58.2	-	46	-	-	-	37.7	<0,10	-
SB50_0_10	46.5	3980	694	23.5	4990	-	-	-	123	85.4	-	56.5	-	-	-	69.7	<0,10	-
SB53_0_10	56.6	3230	478	16.9	3090	-	-	-	85.2	59.3	-	53.3	-	-	-	51.1	<0,10	-
SB54_0_10	42.8	6110	1470	28.9	6180	-	-	-	120	101	-	<10	-	-	-	88.9	<0,10	-
SB55_0_10 RD	41.6	2460	618	49.3	1750	-	-	-	379	33.2	-	<10	-	-	-	56.6	<0,10	-
SB56_0_5	58.2	3020	434	44.2	2750	-	-	-	340	90.7	-	192	-	-	-	49.2	<0,10	-

- : non dosé

Prélèvements de sédiments :

campagnes octobre 2016 et avril 2017

ID	X	Y	Al	Sb	Ag	As	B	Be	Bi	Cd	Ca	Ce	Co	Cr	Cu	Sn	Sn ALC	Fe
SED-G01	695352.09	6568796.69	10900	2,52	<5.00	323	-	-	-	0,41	1250	-	-	-	25,9	7,1	-	20900
SED-G02	695191.71	6568969.56	10200	3,37	<5.00	73,4	-	-	-	<0.40	2870	-	-	-	16,5	<5.00	-	21100
SED-G03	695768.17	6569233.14	6570	1,93	<5.00	35,4	-	-	-	<0.40	1070	-	-	-	6,62	11,1	-	13000
SED_G04	696826.43	6566605.56	8050	2,43	<5.00	52,3	-	-	-	0,89	3460	-	-	-	7,99	6,83	-	24900
SED-G05	696225.32	6566556.92	9900	2,38	<5.00	217	-	-	-	0,43	6850	-	-	-	35	<5.00	-	45100
SED-G06	695562.1	6567147.02	10900	2,75	<5.02	361	-	-	-	0,97	1820	-	-	-	37,8	8,68	-	35100
SED-G07	696551.18	6561379	11400	5,76	<5.00	279	-	-	-	1,9	779	-	-	-	67,6	11,4	-	19800
SED-G08	697855.93	6570922.08	8770	2,56	<5.03	54,9	-	-	-	<0.40	1990	-	-	-	13,8	<5.03	-	17200
SED-G09	693811.21	6568706.96	11500	2,61	<5.00	43,8	-	-	-	<0.40	2240	-	-	-	6,52	<5.00	-	23600
SED3b	695502.39	6568955.51	6270	2,09	<5.00	41,4	-	-	-	<0.40	1240	-	-	-	8,05	5,24	-	11800
SED-100	693147.5	6567285,36	9760	5,53	<5.00	61,9	-	-	-	0,7	1190	-	-	-	15,7	29,1	-	17400
MM SOL_021	695826.78	6567902.57	17100	4	<5.00	323	64	33	25	<0.40	673	102	19	56	44,6	14,1	115	28900

ID	Li	Mg	Mn	Pb	K	La	Mo	Nb	Si	Na	V	W	Walc	WER_BRGM	Y	Zn	Hg	U
SED-G01	118	3120	3890	22,6	4080	-	-	-	275	90,1	-	1250	-	-	-	65,4	<0.10	2,7
SED-G02	20,3	3310	1440	21,5	2210	-	-	-	238	159	-	250	-	-	-	102	<0.10	2,2
SED-G03	-	2260	366	14,6	1490	-	-	-	194	103	-	289	-	-	-	52	<0.10	2,6
SED_G04	64,3	873	1860	44,2	1230	-	-	-	455	62,3	-	314	-	-	-	75,6	<0.10	4,8
SED-G05	39,7	1950	2210	20	2060	-	-	-	324	165	-	254	-	-	-	132	<0.10	3,6
SED-G06	43,4	2860	2170	28,5	2570	-	-	-	442	77,8	-	275	-	-	-	108	<0.10	1,8
SED-G07	43,1	3140	406	14,4	2030	-	-	-	225	56,2	-	293	-	-	-	210	<0.10	1,2
SED-G08	31,8	2960	511	22,1	2160	-	-	-	304	118	-	316	-	-	-	73,8	<0.10	1,7
SED-G09	-	3940	3000	8,19	3790	-	-	-	225	138	-	260	-	-	-	58	<0.10	1,3
SED3b	24,2	2000	372	11,4	1560	-	-	-	194	72,4	-	194	-	-	-	40,1	<0.10	2,5
SED-100	21,2	3180	389	7,01	2920	-	-	-	262	59,2	-	58,7	-	-	-	55,5	<0.10	1,1
MM SOL_021	322	3820	1400	31,7	8350	54	-	47	742	176	67	1890	810	759	27	84,7	<0.10	4,1

- : non dosé

Bien que portant une étiquette « SOL », l'échantillon MMSOL_021 est ici considéré comme plutôt représentatif d'un sédiment.

Prélèvements d’eaux superficielles :

campagne octobre 2016
(eaux filtrées et eaux brutes)

Eaux filtrées

ID	X	Y	TA	TAC	Débit	pH	Cond	T	Eh	O2 mg/l	Cl	SO4	PO4	Al	Ca	Fe
Unités	-	-	°F	°F	m^3/h	-	µS/cm	°C	-	-	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
ESU-G01F	695350.12	6568794.71	<2.00	3,6	10 à 15	-	-	-	-	-	13,1	7,55	<0.10	<0.05	10,9	0,07
ESU-G02F	695199.6	6568962.33	<2.00	8,7	150 à 200	-	-	-	-	-	27,8	115	0,16	<0.05	44,9	0,05
ESU-G03F	695763.73	6569230.18	<2.00	8,3	150 à 200	-	-	-	-	-	26,2	102	0,14	<0.05	42,6	0,06
ESU-G04F	696825.77	6566606.55	<2.00	2,7	1 à 2	-	-	-	-	-	11,3	<5.00	<0.10	<0.05	9,83	0,08
ESU-G05F	696966.76	6566746.88	<2.00	<2.00	1 à 2	-	-	-	-	-	13,5	7,26	<0.10	<0.05	9,59	0,03
ESU-G07F	694295.15	6567367.54	<2.00	2,4	5 à 10	-	-	-	-	-	25,7	8,36	0,18	<0.05	11,2	0,05
ESU-G08F	695561.45	6567143.73	<2.00	2,5	1 à 2	-	-	-	-	-	12,6	<5.00	<0.10	<0.05	7,88	0,35
ESU-G10F	696550.36	6561379.16	<2.00	<2.00	2 à 3	-	-	-	-	-	11,7	8,24	<0.10	<0.05	5,14	0,01
ESU-G11F	697854.62	6570922.74	<2.00	8,3	200	-	-	-	-	-	28,5	101	0,15	<0.05	44,1	0,04
ESU-G12F	693810.88	6568707.95	<2.00	6,7	< 1	-	-	-	-	-	42,4	25,9	0,41	<0.05	32,1	0,01
ESU-G13F	694131.64	6568587.33	<2.00	9,3	200	-	-	-	-	-	26,5	106	0,17	<0.05	45,8	0,04
ESU-G14F	696324.15	6567248.91	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.05	-	1,06

ID	Li	Mg	K	Si	Na	Sb	Ag	As	Cd	Cu	Sn	Mn	Pb	W	U	Zn	Hg
Unités	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
ESU-G01F	<0.01	4,01	3,87	4,67	7,46	0,27	<0.50	28,6	<0.20	2,02	<1.00	13,9	<0.50	<5.00	<2.00	<5.00	<0.21
ESU-G02F	0,023	17,7	5,84	6,53	23,6	0,56	<0.50	7,29	<0.20	1,28	<1.00	20	<0.50	<5.00	<2.00	<5.00	<0.22
ESU-G03F	0,021	16,7	5,75	6,44	22,4	0,53	<0.50	8,48	<0.20	1,27	<1.00	20,9	<0.50	<5.00	<2.00	<5.00	<0.20
ESU-G04F	<0.01	2,04	2,38	5,6	5,86	<0.20	<0.50	0,79	<0.20	<0.50	<1.00	10,2	<0.50	<5.00	<2.00	<5.00	<0.20
ESU-G05F	<0.01	3,54	1,87	8,05	6,86	0,47	<0.50	7,68	0,28	2,59	<1.00	14,6	<0.50	<5.00	<2.00	17,3	<0.20
ESU-G07F	0,014	2,96	3,71	5,97	11,6	0,36	<0.50	15,4	<0.20	2,66	<1.00	22,5	0,63	<5.00	<2.00	<5.00	<0.20
ESU-G08F	0,006	3,29	3,33	9,56	7,5	<0.20	<0.50	9,88	<0.20	1,57	<1.00	82,9	<0.50	<5.00	<2.00	<5.00	<0.20
ESU-G10F	0,006	2,29	1,17	6,58	7,13	0,49	<0.50	29,8	0,78	3,68	1,1	4,52	<0.50	<5.00	<2.00	69,2	<0.20
ESU-G11F	0,028	15,7	5,13	6,7	22,3	0,57	<0.50	7,79	<0.20	1,32	<1.00	13,7	<0.50	<5.00	<2.00	<5.00	<0.20
ESU-G12F	0,019	7,03	5,5	6,71	24,1	1,18	<0.50	6,18	<0.20	1,25	<1.00	3,51	<0.50	<5.00	<2.00	<5.00	<0.20
ESU-G13F	0,03	16,5	5,22	7,08	22,3	0,58	<0.50	7,2	<0.20	1,22	<1.00	10,8	<0.50	<5.00	<2.00	<5.00	<0.20
ESU-G14F	0,018	-	-	-	-	<0.20	<0.5	108	<0.2	1,18	<1.00	2090	<0.5	8	-	<5.00	-

- : non dosé

Eaux brutes

ID	X	Y	TA	TAC	Débit	pH	Cond	T	Eh	O2 mg/l	Cl	SO4	PO4	Al	Ca	Fe
Unités	-	-	°F	°F	m^3/h	-	µS/cm	°C	-	-	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
ESU-G01	695350.12	6568794.71	<2.00	3,6	10 à 15	7,02	170	8,5	-	-	13,2	7,61	<0.10	0,09	11	0,25
ESU-G02	695199.6	6568962.33	<2.00	8,7	150 à 200	7,54	560	8,6	-	-	27,5	115	0,17	<0.05	45,5	0,14
ESU-G03	695763.73	6569230.18	<2.00	8,3	150 à 200	7,38	530	9	-	-	25,5	102	0,15	<0.05	41,7	0,18
ESU-G04	696825.77	6566606.55	<2.00	2,7	1 à 2	6,95	130	10,8	-	-	11,7	<5.00	<0.10	0,12	10	0,81
ESU-G05	696966.76	6566746.88	<2.00	<2.00	1 à 2	6,6	160	11,2	-	-	13,3	7,1	<0.10	0,13	9,82	0,13
ESU-G07	694295.15	6567367.54	<2.00	2,4	5 à 10	7,04	200	13	-	-	25,6	8,4	0,18	0,05	11	0,12
ESU-G08	695561.45	6567143.73	<2.00	2,2	1 à 2	7,12	150	10,3	-	-	12,6	<5.00	<0.10	<0.05	7,96	1,1
ESU-G10	696550.36	6561379.16	<2.00	<2.00	2 à 3	6,71	110	10,7	-	-	12,3	8,26	<0.10	0,13	4,11	0,05
ESU-G11	697854.62	6570922.74	<2.00	8,5	200	7,68	520	10	-	-	28,5	102	0,13	<0.05	43,6	0,1
ESU-G12	693810.88	6568707.95	<2.00	7	< 1	7,28	430	10,1	-	-	42,7	26,5	0,4	<0.05	31,8	0,04
ESU-G13	694131.64	6568587.33	<2.00	9,1	200	7,88	540	9,9	-	-	26,4	107	0,17	<0.05	45,8	0,14
ESU-G14	696324.15	6567248.91	-	-	1	7,66	180	11,3	-	-	-	-	-	<0.05	-	1,37

ID	Li	Mg	K	Si	Na	Sb	Ag	As	Cd	Cu	Sn	Mn	Pb	W	U	Zn	Hg
Unités	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
ESU-G01	<0.01	4,05	3,86	4,78	7,18	0,28	<0.50	37,7	<0.20	2,41	<1.00	52,7	<0.50	<5.00	<2.00	<5.00	<0.20
ESU-G02	0,023	18	5,97	6,65	24,6	0,54	<0.50	8,4	<0.20	1,41	<1.00	28,8	<0.50	<5.00	<2.00	<5.00	<0.21
ESU-G03	0,021	16,4	5,64	6,29	22,1	0,53	<0.50	10,1	<0.20	1,41	<1.00	26,8	<0.50	<5.00	<2.00	<5.00	<0.20
ESU-G04	<0.01	2,05	2,32	5,6	5,69	<0.20	<0.50	2,18	<0.20	0,65	<1.00	74,6	<0.50	<5.00	<2.00	<5.00	<0.24
ESU-G05	<0.01	3,58	1,92	8,11	7,14	0,45	<0.50	10,6	0,44	4,65	<1.00	33,7	2,06	<5.00	<2.00	20	<0.20
ESU-G07	0,013	2,93	3,64	5,86	11,7	0,36	<0.50	16,5	<0.20	2,76	<1.00	25,3	<0.50	<5.00	<2.00	<5.00	<0.27
ESU-G08	0,008	3,45	3,31	9,68	6,89	<0.20	<0.50	23,4	<0.20	2,41	<1.00	132	0,5	<5.00	<2.00	<5.00	<0.20
ESU-G10	0,008	2,5	1,02	5,26	5,53	0,54	<0.50	33,5	0,98	4,41	<1.00	6,93	<0.50	<5.00	<2.00	68,1	<0.20
ESU-G11	0,028	15,5	5,21	6,56	22,8	0,55	<0.50	8,59	<0.20	1,36	<1.00	17	<0.50	<5.00	<2.00	<5.00	<0.20
ESU-G12	0,019	6,94	6,07	6,58	27,5	1,21	<0.50	6,26	<0.20	1,31	<1.00	16,6	<0.50	<5.00	<2.00	<5.00	<0.20
ESU-G13	0,03	16,5	5,45	7,05	23,4	0,59	<0.50	8,39	<0.20	1,32	<1.00	15,2	<0.50	<5.00	<2.00	<5.00	<0.20
ESU-G14	0,019	-	-	-	-	<0.20	<0.5	123	<0.2	1,32	<1.00	2240	<0.5	9,4	-	<5.00	-

- : non dosé

Prélèvements d’eaux superficielles :

campagne avril 2017
(eaux filtrées et eaux brutes)

Eaux filtrées

ID	X	Y	TA	TAC	Débit	pH	Cond	T	Eh	O2 mg/l	Cl	SO4	PO4	Al	Ca	Fe
Unités	-	-	°F	°F	m^3/h	-	µS/cm	°C	-	-	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
ESU-G01F	695345.55	6568789.06	-	-	-	-	-	-	-	-	12,3	8,86	<0.10	<0.05	9,47	0,05
ESU-G02F	695199.87	6568957.53	-	-	-	-	-	-	-	-	23	58,3	<0.10	<0.05	30	0,07
ESU-G03bF	695503.65	6568965.43	-	-	-	-	-	-	-	-	20,7	51,2	<0.10	<0.05	26,7	0,07
ESU-G04F	696825.96	6566605.01	-	-	-	-	-	-	-	-	10,4	10,7	<0.10	0,11	9,61	0,11
ESU-G05F	696965.87	6566744.93	-	-	-	-	-	-	-	-	10,3	8,65	<0.10	<0.05	8,36	0,04
ESU-G08F	695561.74	6567144.06	-	-	-	-	-	-	-	-	9,7	<5.00	<0.10	<0.05	6,73	0,18
ESU-G10F	696550.36	6561378.54	-	-	-	-	-	-	-	-	9,51	7,1	<0.10	0,08	4,14	0,01
ESU-G11F	697852.1	6570917.38	-	-	-	-	-	-	-	-	15	30,3	<0.10	<0.05	18	0,11
ESU-100F	693148.79	6567283.71	-	-	-	-	-	-	-	-	10,4	10,8	<0.10	<0.05	11,4	0,05

ID	Li	Mg	K	Si	Na	Sb	Ag	As	Cd	Cu	Sn	Mn	Pb	W	U	Zn	Hg
Unités	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
ESU-G01F	0,008	3,33	3,31	4,46	7,01	0,38	<0.50	23,2	<0.20	1,93	<1.00	53,7	<0.50	<5.00	<2.00	<5.00	<0.20
ESU-G02F	0,017	10,7	4,57	2,53	16,7	0,43	<0.50	4,19	<0.20	1	<1.00	30,9	<0.50	<5.00	<2.00	<5.00	<0.20
ESU-G03bF	0,016	9,58	4,61	2,78	16,7	0,66	<0.50	6,96	<0.20	2,25	<1.00	33,9	2,36	<5.00	<2.00	55,5	<0.20
ESU-G04F	0,006	1,86	2,46	5,16	5,91	<0.20	<0.50	0,5	<0.20	<0.50	<1.00	7,08	<0.50	<5.00	<2.00	5,4	<0.20
ESU-G05F	0,008	3,03	2,02	6,25	6,42	0,48	<0.50	5,89	0,43	3,14	<1.00	7,09	<0.50	<5.00	<2.00	30	<0.20
ESU-G08F	0,012	3,78	2,77	7,17	5,73	0,22	<0.50	8,67	<0.20	1,72	<1.00	87,8	<0.50	<5.00	<2.00	<5.00	<0.20
ESU-G10F	<0.005	2,41	1,13	4,98	5,87	0,39	<0.50	20,3	0,47	3,29	1,1	1,68	<0.50	<5.00	<2.00	35,8	<0.20
ESU-G11F	<0.005	6,18	4,08	4,75	10,8	0,36	<0.50	5,11	<0.20	1,84	<1.00	28	<0.50	<5.00	<2.00	<5.00	<0.20
ESU-100F	<0.005	4,06	3,59	4,93	6,99	1,12	<0.50	4,25	<0.20	1,57	<1.00	2,28	<0.50	<5.00	<2.00	<5.00	<0.20

- : non dosé

Eaux brutes

ID	X	Y	TA	TAC	Débit	pH	Cond	T	Eh	O2 mg/l	Cl	SO4	PO4	Al	Ca	Fe
Unités	-	-	°F	°F	m^3/h	-	µS/cm	°C	-	-	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
ESU-G01	695345.55	6568789.06	<2.00	2,7	-	8,11	130	10,4	-	-	11,8	8,88	<0.10	0,1	9,8	0,58
ESU-G02	695199.87	6568957.53	<2.00	6,6	-	8,3	335	8,9	-	-	22,3	60,3	<0.10	0,1	29,9	0,26
ESU-G03b	695503.65	6568965.43	<2.00	5,7	-	8,26	305	10	-	-	21,1	51,3	<0.10	0,11	26,8	0,26
ESU-G04	696825.96	6566605.01	<2.00	<2.00	-	7,5	134	7,7	-	-	10,7	10,7	<0.10	0,23	9,66	0,86
ESU-G05	696965.87	6566744.93	<2.00	<2.00	-	7,2	121	7,5	-	-	10,9	8,51	<0.10	0,14	8,43	0,15
ESU-G08	695561.74	6567144.06	<2.00	2,1	-	7,3	112	11,3	-	-	10,6	<5.00	0,11	0,48	7,08	2,21
ESU-G10	696550.36	6561378.54	<2.00	<2.00	-	6,9	80	6,8	-	-	9,78	6,83	<0.10	0,12	4,1	0,03
ESU-G11	697852.1	6570917.38	<2.00	4,3	-	7,98	212	7,8	-	-	15,3	30,8	<0.10	0,28	18,6	0,76
ESU-100	693148.79	6567283.71	<2.00	3,1	-	7,35	135	5,6	-	-	10,2	10,7	<0.10	0,08	11,3	0,12

ID	Li	Mg	K	Si	Na	Sb	Ag	As	Cd	Cu	Sn	Mn	Pb	W	U	Zn	Hg
Unités	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
ESU-G01	0,008	3,39	3,39	4,47	7,02	0,38	<0.50	44,9	<0.20	3,47	<1.00	230	0,84	<5.00	<2.00	13,9	<0.20
ESU-G02	0,017	10,7	4,58	2,66	16,7	0,6	<0.50	5,6	<0.20	1,42	<1.00	41,1	<0.50	<5.00	<2.00	25,3	<0.20
ESU-G03b	0,016	9,65	4,53	2,94	14,9	0,57	<0.50	9,76	<0.20	1,41	<1.00	44,1	<0.50	<5.00	<2.00	7,5	<0.20
ESU-G04	0,006	1,87	2,48	5,22	5,93	<0.20	<0.50	1,63	<0.20	0,52	<1.00	44,1	<0.50	<5.00	<2.00	6	<0.20
ESU-G05	0,008	3,06	2,03	6,32	6,5	0,44	<0.50	7,89	0,45	4,56	<1.00	19,8	1,47	<5.00	<2.00	32,9	<0.20
ESU-G08	0,013	3,9	2,94	7,6	5,61	0,22	<0.50	35,4	<0.20	4,26	<1.00	193	2,33	<5.00	<2.00	8,3	<0.20
ESU-G10	<0.005	2,4	1,12	4,98	5,94	0,46	<0.50	21,8	0,51	3,85	<1.00	3,43	<0.50	<5.00	<2.00	36,5	<0.20
ESU-G11	<0.005	6,35	4,16	5,05	10,6	0,93	<0.50	10,9	<0.20	2,76	<1.00	82	1,06	<5.00	<2.00	8,9	<0.20
ESU-100	<0.005	3,99	3,5	4,88	6,82	1,12	<0.50	4,95	<0.20	1,83	<1.00	5,56	<0.50	<5.00	<2.00	<5.00	<0.20

- : non dosé

Prélèvements d’eaux souterraines :

campagne septembre 2016
(Eaux filtrées et eaux brutes)

Eaux filtrée

ID	X	Y	TA	TAC	Débit	pH	Cond	T	Eh	O2	NO3	Azote nitrique	Cl	SO4	PO4	Al	Ca	Fe
Unités	-	-	°F	°F	m^3/h	-	µS/cm	°C	mV	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
EF-ESO1	-	-	<2.00	7,9	-	-	-	-	-	-	6,69	1,51	46,7	17,5	0,66	<0.05	32,6	<0.01
EF-ESO2	-	-	<2.00	3,2	-	-	-	-	-	-	1,01	0,23	5,75	15,4	0,49	0,09	10,2	0,23
EF-ESO3	-	-	<2.00	2	-	-	-	-	-	-	22,9	5,17	8,89	<5.00	<0.10	<0.05	6,23	0,06
EF-ESO4	-	-	<2.00	4	-	-	-	-	-	-	7,8	1,76	17,1	18,1	0,17	<0.05	17,8	<0.01
EF-ESO5	-	-	<2.00	<2.00	-	-	-	-	-	-	46,5	10,5	18	<5.00	<0.10	<0.05	10,6	<0.01
EF-ESO6	-	-	<2.00	<2.00	-	-	-	-	-	-	42,6	9,61	13,1	14,9	<0.10	<0.05	16,4	<0.01
EF-ESO7	-	-	<2.00	3,1	-	-	-	-	-	-	19,8	4,48	22,8	6,79	<0.10	<0.05	11	0,1
EF-ESO8	-	-	<2.00	9,9	-	-	-	-	-	-	<1.00	<0.20	9,29	30,8	<0.10	<0.05	28,5	<0.01
EF-ESO9	-	-	<2.00	3,5	-	-	-	-	-	-	5	1,13	35	13,2	<0.10	0,05	14,2	0,13
EF-ESO10	-	-	<2.00	<2.00	-	-	-	-	-	-	15,7	3,53	3,89	<5.00	0,15	<0.05	3,15	0,02
EF-ESO11	-	-	<2.00	3,3	-	-	-	-	-	-	44,2	9,97	14,4	12	<0.10	<0.05	14,9	0,02
EF-ESO12	-	-	<2.00	4,1	-	-	-	-	-	-	6,64	1,5	10,9	21,7	<0.10	0,08	16,1	0,1

ID	Li	Mg	K	Si	Na	Sb	Ag	As	Cd	Cu	Sn	Mn	Pb	W	U	Zn	Hg
Unités	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
EF-ESO1	0,009	6,71	10,8	9,07	19,5	0,6	<0.50	0,88	<0.20	9,55	-	1,64	1,07	<5.00	-	27,8	<0.20
EF-ESO2	<0.005	2,22	4,18	6,51	6	0,78	<0.50	9,31	0,34	5,72	-	92,8	1,84	<5.00	-	35	<0.25
EF-ESO3	0,021	4,48	2,69	10,2	5,26	<0.20	<0.50	6,14	<0.20	0,71	-	12	<0.50	<5.00	-	<5.00	<0.20
EF-ESO4	<0.005	3,85	4,77	6,75	10,7	<0.20	<0.50	0,83	<0.20	3,69	-	<0.50	<0.50	<5.00	-	10,4	<0.20
EF-ESO5	0,018	7,77	3,39	7,24	5,69	<0.20	<0.50	6,7	<0.20	2,43	-	4,37	<0.50	<5.00	-	36,8	<0.20
EF-ESO6	<0.005	6,14	4,1	5,16	4,93	0,56	<0.50	0,29	<0.20	<0.50	-	5,89	<0.50	<5.00	-	6,3	<0.20
EF-ESO7	0,014	7,32	4,71	10,1	8,35	<0.20	<0.01	3,15	<0.20	<0.50	-	185	<0.50	<5.00	-	<5.00	<0.20
EF-ESO8	0,027	5,62	4,34	19,3	17,4	0,46	<0.01	1,52	<0.20	<0.50	-	16,2	<0.50	<5.00	-	9,8	<0.21
EF-ESO9	<0.005	1,62	1,86	1,75	19,7	0,28	<0.01	11,7	<0.20	5,87	-	2,26	<0.50	<5.00	-	<5.00	<0.20
EF-ESO10	0,011	2,41	1,85	8,99	4,29	<0.20	<0.01	1,55	<0.20	14	-	4,37	<0.50	<5.00	-	194	<0.21
EF-ESO11	<0.005	5,83	8,18	7,58	8,58	0,56	<0.50	1,73	<0.20	1	-	7,42	<0.50	<5.00	-	24	<0.22
EF-ESO12	<0.005	6,15	4,31	3,55	9,15	25,3	<0.50	3,21	<0.20	0,7	-	147	<0.50	<5.00	-	<5.00	<0.20

- : non dosé

Eaux brutes

ID	X	Y	TA	TAC	Débit	pH	Cond	T	Eh	O2	NO3	Azote nitrique	Cl	SO4	PO4	Al	Ca	Fe
Unités	-	-	°F	°F	m^3/h	-	µS/cm	°C	mV	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
EB-ESO1	-	-	<2.00	7,9	-	6,7	232	22	194	3,5	5,27	1,19	47,4	17,5	0,64	<0.05	32,1	<0.01
EB-ESO2	-	-	<2.00	3,1	-	7,2	80	18,5	93	6,6	<1.00	<0.20	5,99	17,7	0,49	0,16	10,2	0,31
EB-ESO3	-	-	<2.00	2	-	7,9	70	20	150	8,6	23,2	5,23	9,03	<5.00	<0.10	0,07	6,3	0,37
EB-ESO4	-	-	<2.00	3,9	-	6,8	105	19,2	187	8,1	7,54	1,7	16,8	18,2	0,17	<0.05	17,8	0,07
EB-ESO5	-	-	<2.00	<2.00	-	5,32	86	16,3	282	8,1	46,3	10,45	18,4	<5.00	<0.10	<0.05	10,6	0,01
EB-ESO6	-	-	<2.00	<2.00	-	5,44	119	14,2	275	6,5	42,7	9,65	12,7	14,9	<0.10	<0.05	16,4	<0.01
EB-ESO7	-	-	<2.00	2,9	-	6,48	108	13,7	207	9,4	19,6	4,43	23	6,75	<0.10	0,32	11,6	4,18
EB-ESO8	-	-	<2.00	9,9	-	9,3	164	15,1	156	10,9	1,78	0,4	9,21	32,1	<0.10	<0.05	28,7	<0.01
EB-ESO9	-	-	<2.00	3,5	-	6,8	120	15,4	218	9,03	3,71	0,84	35,5	13,3	<0.10	0,1	14,2	0,28
EB-ESO10	-	-	<2.00	<2.00	-	5,96	42	18	240	8,4	14,4	3,24	4,07	<5.00	0,18	0,06	3,24	0,63
EB-ESO11	-	-	<2.00	2,2	-	5,9	111	13,2	249	7,9	44,1	9,96	14,2	12,1	<0.10	0,05	14,9	0,29
EB-ESO12	-	-	<2.00	4,1	-	6,66	101	15,3	237	7	6,45	1,46	11	21,5	<0.10	0,44	17	0,35

ID	Li	Mg	K	Si	Na	Sb	Ag	As	Cd	Cu	Sn	Mn	Pb	W	U	Zn	Hg
Unités	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
EB-ESO1	0,009	6,65	10,6	8,99	15,8	0,63	<0.50	0,95	<0.20	132	Sn	1,73	10,5	<5.00	U	196	<0.22
EB-ESO2	<0,005	2,23	4,2	6,59	5,92	0,83	<0.50	9,26	0,44	7,18	-	91,8	2,55	<5.00	-	38,5	<0.21
EB-ESO3	0,021	4,56	2,73	10,3	5,33	<0.20	<0.50	9,37	<0.20	1,21	-	35,2	<0.50	<5.00	-	<5.00	<0.20
EB-ESO4	<0,005	3,86	4,76	6,72	10,7	<0.20	<0.50	0,96	<0.20	4,48	-	2,82	<0.50	<5.00	-	16,2	<0.21
EB-ESO5	0,018	7,76	3,38	7,22	5,72	<0.20	<0.50	6,96	<0.20	2,74	-	4,78	<0.50	<5.00	-	30,6	<0.23
EB-ESO6	<0,005	6,14	4,18	5,16	4,85	0,59	<0.50	0,38	<0.20	<0.50	-	8,95	<0.50	<5.00	-	5,9	<0.20
EB-ESO7	0,015	7,46	4,88	10,3	8,26	<0.20	<0.01	24,7	<0.20	1,84	-	547	2,27	<5.00	-	7,2	<0.21
EB-ESO8	0,027	5,7	3,88	19,3	17,3	<0.20	<0.01	1,78	<0.20	0,73	-	21,3	<0.50	<5.00	-	34	<0.22
EB-ESO9	<0,005	1,62	1,87	1,83	19,9	0,28	<0.01	13,6	<0.20	6,91	-	28,9	<0.50	<5.00	-	6,8	<0.21
EB-ESO10	0,011	2,47	1,87	8,98	4,34	<0.20	<0.01	3,42	0,23	109	-	11,5	17,5	<5.00	-	729	<0.22
EB-ESO11	<0,005	5,69	7,36	7,58	8,68	0,54	<0.50	1,97	<0.20	1,84	-	6,95	<0.50	<5.00	-	19,7	<0.20
EB-ESO12	<0,005	6,18	3,72	4,13	8,16	26,3	<0.50	3,94	<0.20	0,89	-	150	0,53	<5.00	-	<5.00	<0.20

- : non dosé

Prélèvements d’eaux souterraines :

campagne octobre 2016
(Eaux filtrées et eaux brutes)

Eaux filtrées

ID	X	Y	TA	TAC	Débit	pH	Cond	T	Eh	O2 mg/l	Cl	SO4	PO4	Al	Ca	Fe
Unités	-	-	°F	°F	m^3/h	-	µS/cm	°C	mV	-	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
ESO-G06F	696224.67	6566557.58	<2.00	<2.00	1	-	-	-	-	-	13,5	33,1	<0.10	0,08	15	0,39
ESO-G09F	697783.14	6561368.65	<2.00	4,6	-	-	-	-	-	-	24,7	7,97	0,72	<0.05	19	0,02

ID	Li	Mg	K	Si	Na	Sb	Ag	As	Cd	Cu	Sn	Mn	Pb	W	U	Zn	Hg
Unités	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
ESO-G06F	<0.01	2,5	2,63	8,21	7,19	0,78	<0.50	3,72	<0.20	2,53	<1.00	250	<0.50	<5.00	<2.00	<5.00	<0.20
ESO-G09F	0,029	5,81	1,24	21,4	21,1	<0.20	<0.50	9,05	<0.20	<0.50	<1.00	4,03	<0.50	<5.00	<2.00	<5.00	<0.20

- : non dosé

Eaux brutes

ID	X	Y	TA	TAC	Débit	pH	Cond	T	Eh	O2 mg/l	Cl	SO4	PO4	Al	Ca	Fe
Unités	-	-	°F	°F	m^3/h	-	µS/cm	°C	mV	-	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
ESO-G06	696224.67	6566557.58	<2.00	<2.00	1	6,16	190	14,4	-	-	13,3	33,1	<0.10	0,14	15,2	0,61
ESO-G09	697783.14	6561368.65	<2.00	4,3	-	6,28	260	12,6	-	-	24,2	8,11	0,71	<0.05	18,1	0,06

ID	Li	Mg	K	Si	Na	Sb	Ag	As	Cd	Cu	Sn	Mn	Pb	W	U	Zn	Hg
Unités	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
ESO-G06	<0.01	2,55	2,67	8,39	7,16	0,76	<0.50	5,48	<0.20	18,6	<1.00	251	<0.50	<5.00	<2.00	<5.00	<0.20
ESO-G09	0,051	6,06	1,18	20	13,9	<0.20	<0.50	9,28	<0.20	<0.50	<1.00	5,14	<0.50	<5.00	<2.00	<5.00	<0.20

- : non dosé

Prélèvements d’eaux souterraines :

campagne avril 2017

(Eaux filtrées et eaux brutes)

Eaux filtrées

ID	X	Y	TA	TAC	Débit	pH	Cond	T	Eh	O2 mg/l	Cl	SO4	PO4	Al	Ca	Fe
Unités	-	-	°F	°F	m^3/h	-	µS/cm	°C	mV	-	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
ESO-G04F	696843.67	6567118.17	-	-	-	-	-	-	-	-	16,3	17,2	0,13	<0.05	15,6	0,01
ESO-G06F	696223.83	6566556.29	-	-	-	-	-	-	-	-	5,91	9,26	<0.10	0,12	7,09	0,46
ESO-G09F	697783.14	6561367.86	-	-	-	-	-	-	-	-	24,1	7,87	0,67	<0.05	16,9	<0.01
ESO-G12F	696989.53	6561823.66	-	-	-	-	-	-	-	-	12	23,6	<0.10	<0.05	17,6	0,01

ID	Li	Mg	K	Si	Na	Sb	Ag	As	Cd	Cu	Sn	Mn	Pb	W	U	Zn	Hg
Unités	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
ESO-G04F	<0.005	3,56	4,61	6,33	11,7	<0.20	<0.50	0,46	<0.20	5,25	<1.00	15,6	<0.50	<5.00	<2.00	56,3	<0.20
ESO-G06F	0,006	1,25	1,83	5	4,69	0,41	<0.50	3,63	<0.20	3,53	<1.00	88,2	<0.50	<5.00	<2.00	<5.00	<0.20
ESO-G09F	0,037	6,54	1,17	18,8	14,1	<0.20	<0.50	7,64	<0.20	<0.50	<1.00	2,04	<0.50	<5.00	<2.00	<5.00	<0.20
ESO-G12F	<0.005	6,31	2,05	4,3	6,16	10,7	<0.50	0,76	<0.20	0,72	1,7	75,3	<0.50	<5.00	<2.00	<5.00	<0.20

- : non dosé

Eaux brutes

ID	X	Y	TA	TAC	Débit	pH	Cond	T	Eh	O2 mg/l	Cl	SO4	PO4	Al	Ca	Fe
Unités	-	-	°F	°F	m^3/h	-	µS/cm	°C	mV	-	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
ESO-G04	696843.67	6567118.17	<2.00	3,2	-	6,63	185	4,8	-	-	16,2	17	0,13	<0.05	15,5	0,26
ESO-G06	696223.83	6566556.29	<2.00	<2.00	-	6,55	91	11,8	-	-	6,94	8,99	<0.10	0,25	7,13	0,71
ESO-G09	697783.14	6561367.86	<2.00	4,4	-	6,9	229	10,2	-	-	24,1	7,83	0,66	<0.05	17	0,04
ESO-G12	696989.53	6561823.66	<2.00	2,5	-	6,95	185	6,4	-	-	12,2	23,2	<0.10	0,34	17,3	0,21

ID	Li	Mg	K	Si	Na	Sb	Ag	As	Cd	Cu	Sn	Mn	Pb	W	U	Zn	Hg
Unités	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
ESO-G04	<0.005	3,55	4,59	6,29	11,4	<0.20	<0.50	0,59	<0.20	6,05	<1.00	17,8	1,34	<5.00	<2.00	55,4	<0.20
ESO-G06	0,006	1,25	1,82	5,07	4,63	<0.20	<0.50	4,73	<0.20	3,89	<1.00	95,6	<0.50	<5.00	<2.00	12,4	<0.20
ESO-G09	0,037	6,6	1,25	19	14,3	<0.20	<0.50	7,67	<0.20	<0.50	<1.00	2,95	<0.50	<5.00	<2.00	<5.00	<0.20
ESO-G12	<0.005	6,24	2,05	4,52	5,86	11,6	<0.50	1,35	<0.20	0,84	<1.00	93,7	0,58	<5.00	<2.00	5,6	<0.20

- : non dosé

Végétaux

CA : carotte ; FCA : fanes de carotte ; POI : poireau entier ; HAR : haricot ; BETT : betterave ; COU : courgette ; SAL : salade ; TOM : tomate ; PDT : pomme de terre ; FRAM : framboise ; PRU : prune ; POM : pomme.

CAROTTES
épluchées
Unité: mg/kg MF

	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074844-004 SJ20_CA	16E074844-011 SJ22_ CA	ELT min	ELT max	16E074715-003 SJ11_CA
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2	<0.2		*0,2*	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5		<0.5	<0.5		*0,5*	<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05		<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,1	0,005	0,05	0,005	0,05	0,021
Cuivre (Cu)	20%	0,1		0,4	0,7	0,4	0,7	0,6
Plomb	20%	0,05	0,1	<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5		4	3,2	3,2	4	1,4

POMMES DE TERRE
épluchées
Unité: mg/kg MF

	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074844-012 SJ22_ PDT	16E074172-012 SJ7_PDT	16E074715-001 SJ12_PDT
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2	<0.2	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5		<0.5	<0.5	<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05	<0.05	<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05		<0.05	<0.05	<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,1	0,028	<0.005	0,038
Cuivre (Cu)	20%	0,1		1,1	0,5	1
Plomb	20%	0,05	0,1	<0.05	<0.05	<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5		2,4	2,5	2,9

COURGETTES
épluchées
Unité: mg/kg MF

	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074844-015 SJ22_ COU	16E074715-010 SJ15_COU	16E074715-015 SJ16_COU
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2	<0.2	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5		<0.5	<0.5	<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05	<0.05	<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05		<0.05	<0.05	<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,05	<0.005	<0.005	<0.005
Cuivre (Cu)	20%	0,1		0,8	0,6	0,5
Plomb	20%	0,05	0,05	<0.05	<0.05	<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5		3,5	3,7	3

BETTERAVES
lavées
Unité: mg/kg MF

	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074844-008 SJ22_ BETT	16E074715-002 SJ11_BETT
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5		2,9	<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05	<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05		0,05	<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,1	0,011	0,026
Cuivre (Cu)	20%	0,1		0,7	1,1
Plomb	20%	0,05	0,1	<0.05	<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5		2	3,2

HARICOTS
lavés
Unité: mg/kg MF

	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074844-002 SJ20_HAR	16E074844-010 SJ22_ HAR	ELT min	ELT max	16E074172-017 SJ5_HAR	16E074172-011 SJ7_HAR	16E074715-004 SJ11_HAR	16E074715-009 SJ15_HAR	16E074715-014 SJ16_HAR
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2	<0.2		*0,2*	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5		<0.5	<0.5		*0,5*	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05		<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,05	<0.005	<0.005		*0,005*	<0.005	<0.005	<0.005	0,011	<0.005
Cuivre (Cu)	20%	0,1		0,7	1	0,7	1	1,4	0,3	0,8	1,2	0,6
Plomb	20%	0,05	0,05	<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5		2,7	3,1	2,7	3,1	5,8	3	3,8	5,5	4,7

TOMATES
lavés
Unité: mg/kg MF

	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074844-001 SJ20_TOM	16E074844-009 SJ22_ TOM	ELT min	ELT max	16E074172-015 SJ5_TOM	16E074172-013 SJ7_TOM	16E074715-006 SJ12_TOM	16E074715-011 SJ15_TOM
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2	<0.2		*0,2*	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5		<0.5	<0.5		*0,5*	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05		<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,05	<0.005	0,011	*0,005*	0,011	0,006	<0.005	0,016	0,012
Cuivre (Cu)	20%	0,1		0,5	0,6	0,5	0,6	0,4	0,2	0,5	0,9
Plomb	20%	0,05	0,05	<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5		1	1,3	1	1,3	1,1	0,9	1,5	1,7

SALADES
lavées
Unité: mg/kg MF

	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074844-003 SJ20_SAL	16E074844-007 SJ22_ SAL	ELT min	ELT max	16E074172-016 SJ5_SAL
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2	0,7	*0,2*	0,7	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5		<0.5	<0.5		*0,5*	<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05		<0.05	<0.05		*0,05*	0,06
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,2	0,009	0,038	0,009	0,038	0,028
Cuivre (Cu)	20%	0,1		0,3	0,5	0,3	0,5	0,5
Plomb	20%	0,05	0,3	<0.05	<0.05		*0,05*	0,06
Zinc (Zn)	20%	0,5		1,2	2,2	1,2	2,2	3,4

PRUNES/QUESTCHES
non lavées
Unité: mg/kg MF

	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074844-005 SJ20_PRU	16E074715-007 SJ13_PRU	16E074715-013 SJ16_PRU
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2	<0.2	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5		<0.5	<0.5	<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05	<0.05	<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05		<0.05	<0.05	<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,05	<0.005	<0.005	<0.005
Cuivre (Cu)	20%	0,1		1,4	0,7	0,6
Plomb	20%	0,05	0,1	<0.05	<0.05	<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5		1,9	0,9	1

POIREAUX ENTIERS
lavés
Unité: mg/kg MF

	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié		16E074715-012 SJ16_POI
Chrome (Cr)	20%	0,2			<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5			<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05			<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05			<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,1		0,006
Cuivre (Cu)	20%	0,1			0,3
Plomb	20%	0,05	0,1*		0,08
Zinc (Zn)	20%	0,5			3

Absence ELT

*valeur conservatoire contre 0,3 mg/kg MF pour les légumes-feuilles

RAVES
Epluchées, lavées
Unité: mg/kg MF

	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié		16E074715-005 SJ11_RAV
Chrome (Cr)	20%	0,2			<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5			<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05			<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05			<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,1		0,014
Cuivre (Cu)	20%	0,1			0,1
Plomb	20%	0,05	0,1		<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5			1,7

Absence ELT

POMMES
Trognons enlevés
Unité: mg/kg MF

	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074844-006 SJ20_POM	16E074844-013 SJ22_ POM	ELT min	ELT max	16E074172-018 SJ5_POM	16E074715-008 SJ13_POM
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2	<0.2		*0,2*	<0.2	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5		<0.5	<0.5		*0,5*	<0.5	<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05	<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05		<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05	<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,05	<0.005	<0.005		*0,005*	<0.005	<0.005
Cuivre (Cu)	20%	0,1		0,5	0,4	0,4	0,5	0,6	0,8
Plomb	20%	0,05	0,1	<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05	<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5		<0.5	<0.5		*0,5*	<0.5	<0.5

FRAMBOISES
non lavées
Unité: mg/kg MF

	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074844-014 SJ22_ FRAM	16E074172-014 SJ8_FRAM
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5		<0.5	<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05	<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05		<0.05	<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,05	0,018	<0.005
Cuivre (Cu)	20%	0,1		0,9	0,2
Plomb	20%	0,05	0,1	<0.05	<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5		4,2	2,3

X	concentration supérieure à celle de l'ELT ou ELTmin déterminée sur le même fond géochimique/ prise en compte de l'incertitude analytique
XX	concentration comprise entre celle de l'ELTmin et l'ELTmax/ prise en compte de l'incertitude analytique
XX	concentration inférieure à l'ELTmin/prise en compte de l'incertitude analytique
	concentration supérieure à celle de l'ELT ou ELTmin **ET** à la valeur du règlement européen
ELT	échantillon retenu pour caractériser l'environnement local témoin
ELTg1	couche géologique retenue pour l'environnement local témoin
X	gamme (valeur minimale - maximale) retenue pour l'environnement local témoin

Règlements européens:

Exposition humaine:

RÈGLEMENT (UE) 2015/1005 DE LA COMMISSION du 25 juin 2015 modifiant le règlement (CE) no 1881/2006 en ce qui concerne les teneurs maximales en plomb dans certaines denrées alimentaires

RÈGLEMENT (UE) 488/2014 DE LA COMMISSION du 12 mai 2014 modifiant le règlement (CE) n o 1881/2006 en ce qui concerne les teneurs maximales en cadmium dans les denrées alimentaires

CAROTTES
épluchées

Unité: mg/kg MF	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074172-006 SJ3_CA	16E074715-022 SJ18_CA	ELT min	ELT max	16E074715-017 SJ17_CA
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2	<0.2		*0,2*	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5		<0.5	<0.5		*0,5*	<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05		<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,1	0,008	0,012	0,008	0,012	0,011
Cuivre (Cu)	20%	0,1		0,2	0,8	0,2	0,8	0,6
Plomb	20%	0,05	0,1	<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5		1	2,8	1	2,8	2,7

BETTERAVES
lavées

Unité: mg/kg MF	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074172-008 SJ3_BETT	16E074715-016 SJ17_BETT
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5		<0.5	<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05	<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05		<0.05	<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,1	0,011	0,015
Cuivre (Cu)	20%	0,1		1	0,9
Plomb	20%	0,05	0,1	<0.05	<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5		4,2	2,8

Autres résultats
Poireaux entiers lavés

Unité: mg/kg MF	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074172-010 SJ3_POI
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5		<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05		<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,1	<0.005
Cuivre (Cu)	20%	0,1		0,4
Plomb	20%	0,05	0,1*	<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5		1,8

*valeur conservatrice (contre 0,2 pour légume feuille)

POMMES DE TERRE
épluchées

Unité: mg/kg MF	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074715-021 SJ18_PDT	16E074715-023 SJ3_PDT	ELT min	ELT max	16E074715-019 SJ17_PDT
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2	<0.2		*0,2*	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5		<0.5	<0.5		*0,5*	<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05		<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,1	0,008	<0.005	<0.005	0,008	0,005
Cuivre (Cu)	20%	0,1		0,8	0,7	0,7	0,8	1,7
Plomb	20%	0,05	0,1	<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5		2,5	1,8	1,8	2,5	3,4

HARICOTS
lavés

Unité: mg/kg MF	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074172-009 SJ3_HAR	16E074715-020 SJ17_HAR
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5		<0.5	<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05	<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05		<0.05	<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,05	<0.005	<0.005
Cuivre (Cu)	20%	0,1		0,8	1,1
Plomb	20%	0,05	0,05	<0.05	<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5		4,5	3,2

Autres résultats
Fanes de carottes lavées**

Unité: mg/kg MF	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074172-007 SJ3_FCA	16E074715-018 SJ17_FCA
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2	0,3
Lithium (Li)	20%	0,5		<0.5	<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05	**0,24**
Arsenic (As)	20%	0,05		0,07	**0,31**
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,2	0,014	**0,022**
Cuivre (Cu)	20%	0,1		0,8	**49**
Plomb	20%	0,05	0,3	<0.05	**0,24**
Zinc (Zn)	20%	0,5		2,3	5,4

** fanes non consommés

X	concentration supérieure à celle de l'ELT déterminée sur le même fond géochimique/ prise en compte de l'incertitude analytique
	concentration supérieure à celle de l'ELT **ET** à la valeur du règlement européen
ELT	échantillon retenu pour caractériser l'environnement lcoal témoin
ELTa2	couche géologique retenue pour l'environnement local témoin
X	gamme (valeur minimale - maximale) retenue pour l'environnement local témoin

Règlements européens:

Exposition humaine:

RÈGLEMENT (UE) 2015/1005 DE LA COMMISSION du 25 juin 2015 modifiant le règlement (CE) no 1881/2006 en ce qui concerne les teneurs maximales en plomb dans certaines denrées alimentaires

RÈGLEMENT (UE) 488/2014 DE LA COMMISSION du 12 mai 2014 modifiant le règlement (CE) n o 1881/2006 en ce qui concerne les teneurs maximales en cadmium dans les denrées alimentaires

CAROTTES
épluchées

Unité: mg/kg MF	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074844-004 SJ20_CA	16E074844-011 SJ22_ CA	ELT min	ELT max	16E074172-001 SJ1_CA
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2	<0.2		*0,2*	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5		<0.5	<0.5		*0,5*	<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05		<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,1	0,005	0,05	0,005	0,05	<0.005
Cuivre (Cu)	20%	0,1		0,4	0,7	0,4	0,7	0,2
Plomb	20%	0,05	0,1	<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5		4	3,2	3,2	4	1,2

COURGETTES
épluchées

Unité: mg/kg MF	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074844-015 SJ22_ COU	16E074172-004 SJ1_COU
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5		<0.5	<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05	<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05		<0.05	<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,05	<0.005	<0.005
Cuivre (Cu)	20%	0,1		0,8	0,4
Plomb	20%	0,05	0,05	<0.05	<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5		3,5	1,4

HARICOTS
lavés

Unité: mg/kg MF	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074844-002 SJ20_HAR	16E074844-010 SJ22_ HAR	ELT min	ELT max	16E074172-003 SJ1_HAR
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2	<0.2		*0,2*	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5		<0.5	<0.5		*0,5*	<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05		<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,05	<0.005	<0.005		*0,005*	<0.005
Cuivre (Cu)	20%	0,1		0,7	1	0,7	1	1
Plomb	20%	0,05	0,05	<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5		2,7	3,1	2,7	3,1	4,2

POIREAUX ENTIERS
lavés

Unité: mg/kg MF	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	Absence ELT	16E074172-005 SJ1_POI
Chrome (Cr)	20%	0,2			<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5			<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05			<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05			<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,1		<0.005
Cuivre (Cu)	20%	0,1			0,4
Plomb	20%	0,05	0,1*		<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5			1,7

*valeur conservatoire contre 0,3 mg/kg MF pour les légumes-feuilles

X	concentration supérieure à celle de l'ELT ou ELTmin déterminée sur le même fond géochimique/ prise en compte de l'incertitude analytiqu
XX	concentration comprise entre celle de l'ELTmin et l'ELTmax/ prise en compte de l'incertitude analytiqu
XX	concentration inférieure à l'ELTmin/prise en compte de l'incertitude analytiqu
	concentration supérieure à celle de l'ELT ou ELTmin **ET** à la valeur du règlement européen
ELT	échantillon retenu pour caractériser l'environnement lcoal témoir
ELTa1	couche géologique retenue pour l'environnement local témoir
X	gamme (valeur minimale - maximale) retenue pour l'environnement local témoin

Règlements européens:

Exposition humaine:

RÈGLEMENT (UE) 2015/1005 DE LA COMMISSION du 25 juin 2015 modifiant le règlement (CE) no 1881/2006 en ce qui concerne les teneurs maximales en plomb dans certaines denrées alimentaire

RÈGLEMENT (UE) 488/2014 DE LA COMMISSION du 12 mai 2014 modifiant le règlement (CE) n o 1881/2006 en ce qui concerne les teneurs maximales en cadmium dans les denrées alimentaire

FANES DE CAROTTES
lavées

Unité: mg/kg MF	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	Absence ELT	16E074172-002 SJ1_FCA
Chrome (Cr)	20%	0,2			<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5			<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05			<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05			0,08
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,2		0,006
Cuivre (Cu)	20%	0,1			0,8
Plomb	20%	0,05	0,3		0,1
Zinc (Zn)	20%	0,5			2,8

				Référence EUROFINS :	16E076925-001	Réglement européen 574/2011	16E076925-002	16E076925-003
				Référence :	SB45_HER	teneur à 12% humidité	SB46_HER	SB47_HER
Paramètres	Unités	Incertitude	LQ					
Chrome (Cr)	mg/kg MF	20%	0,2	<0.2			<0.2	<0.2
Lithium (Li)	mg/kg MF	20%	0,5	2,9			<0.5	<0.5
Antimoine (Sb)	mg/kg MF	20%	0,05	<0.05			<0.05	<0.05
Arsenic (As)	mg/kg MF	20%	0,05	0,53		2	0,13	0,11
Cadmium (Cd)	mg/kg MF	20%	0,005	0,019		1	0,018	0,027
Cuivre (Cu)	mg/kg MF	20%	0,1	1,1			1,1	1,2
Plomb	mg/kg MF	20%	0,05	0,28		30	0,07	0,05
Zinc (Zn)	mg/kg MF	20%	0,5	7,2			7,3	10
Humidité	%						nd	nd

nd: non déterminé

SB	Echantillon retenu pour l'environnement local témoin
X	concentration supérieure à celle de l'ELT / prise en compte de l'incertitude analytique

Règlements européens:

Exposition animale:

RÈGLEMENT (UE) N° 574/2011 DE LA COMMISSION du 16 juin 2011 modifiant l'annexe I de la directive 2002/32/CE du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les teneurs maximales applicables au nitrite, à la mélamine, à Ambrosia spp. et au transfert de certains coccidiostatiques et histomonostatiques, et établissant une version consolidée de ses annexes I et II

ANNEXE 6 :

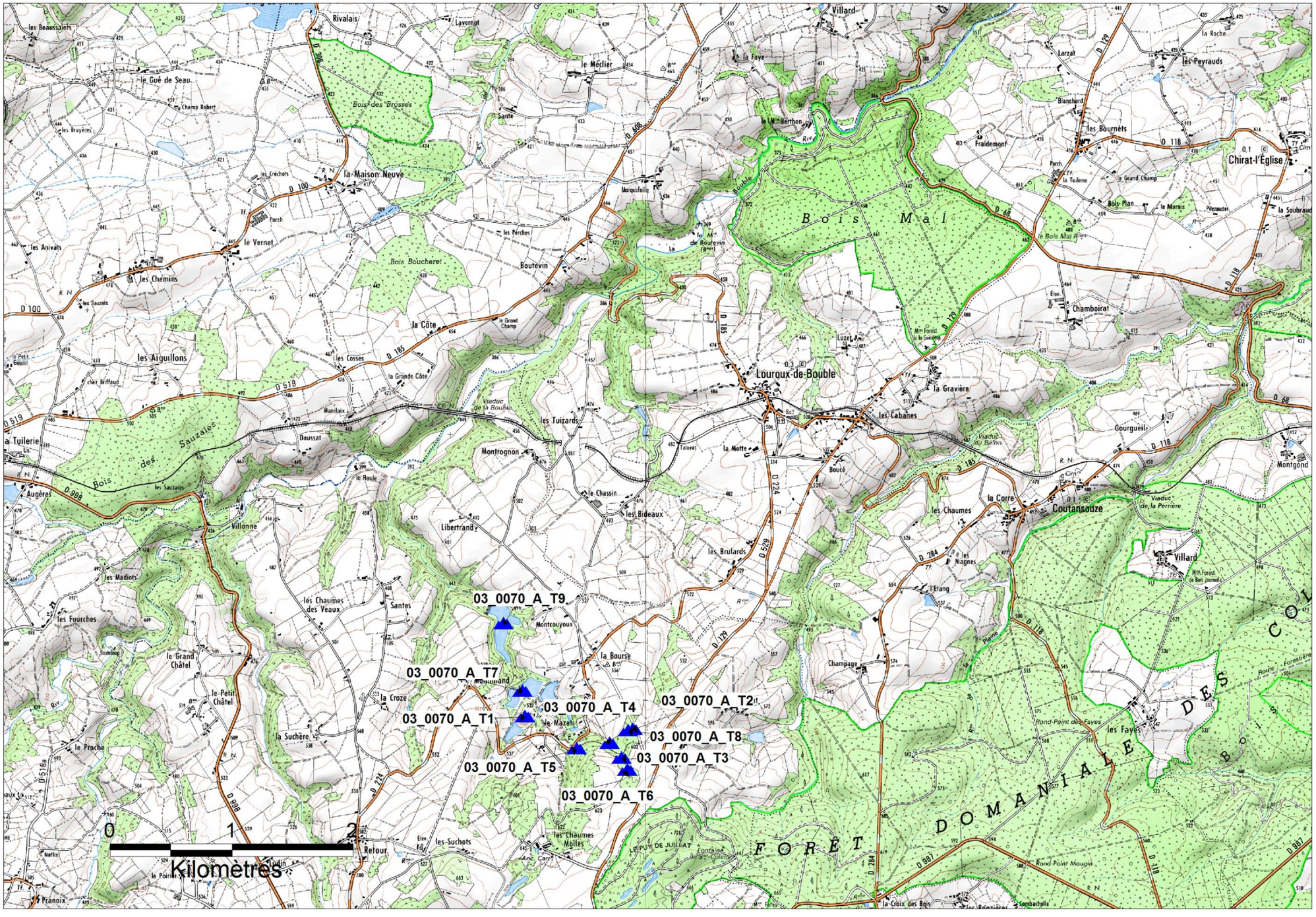
LOCALISATIONS GEOGRAPHIQUES DES POINTS DE PRELEVEMENT ET POSITIONNEMENT DES DEPÔTS IDENTIFIES DANS LE CADRE DE L'INVENTAIRE DDIE

Pour une meilleure clarté des cartes, les noms des points de prélèvements ont été simplifiés par rapport à ceux qui figurent dans les tableaux d'analyse.

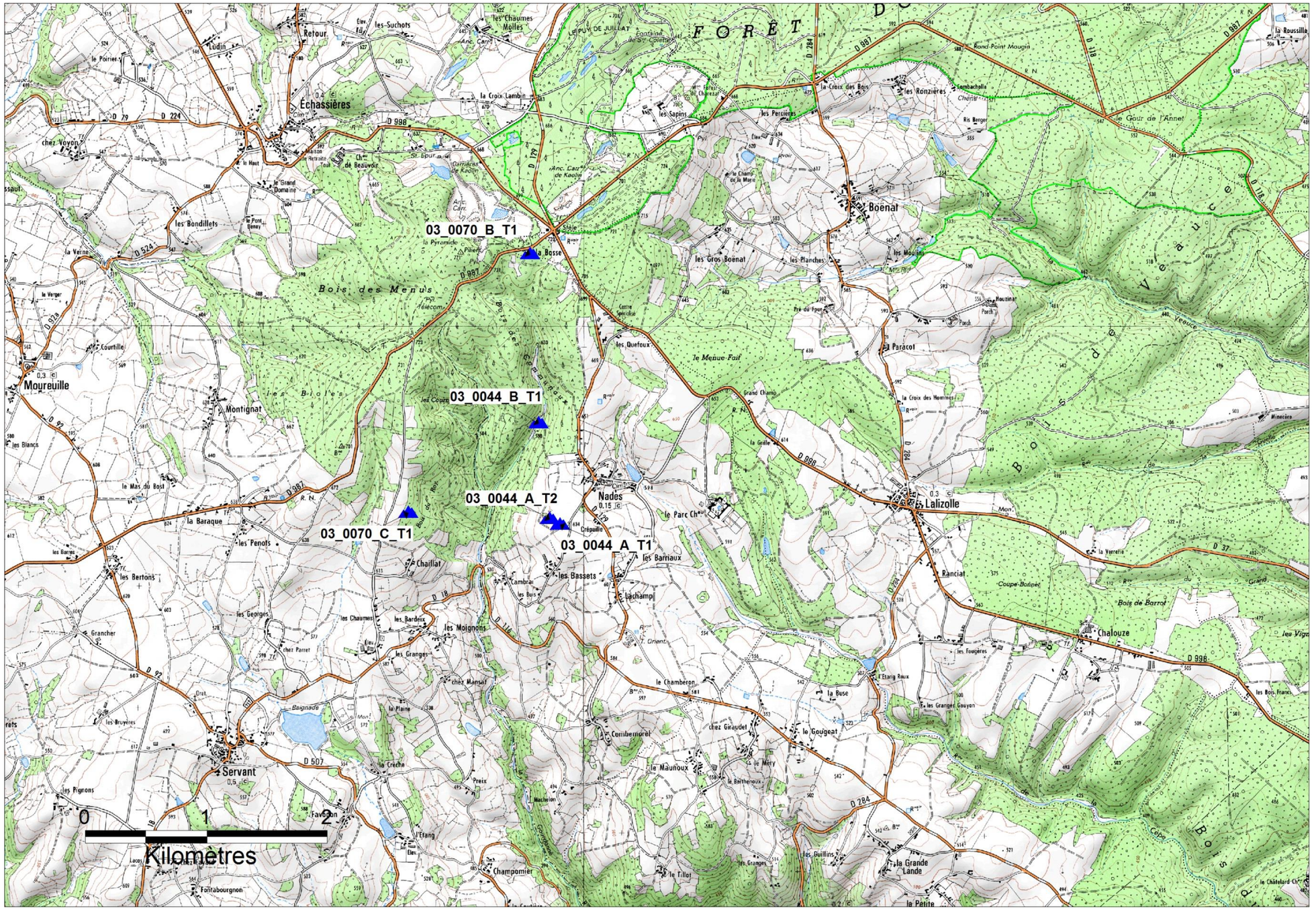
s ; sols ; SOL : sols
sj : sols de jardins potagers
sb : sols de berge
RES : matériaux résiduels liés à l'ancienne activité minière
SED : sédiments

ESU : eaux superficielles
ESO : eso : eaux souterraines

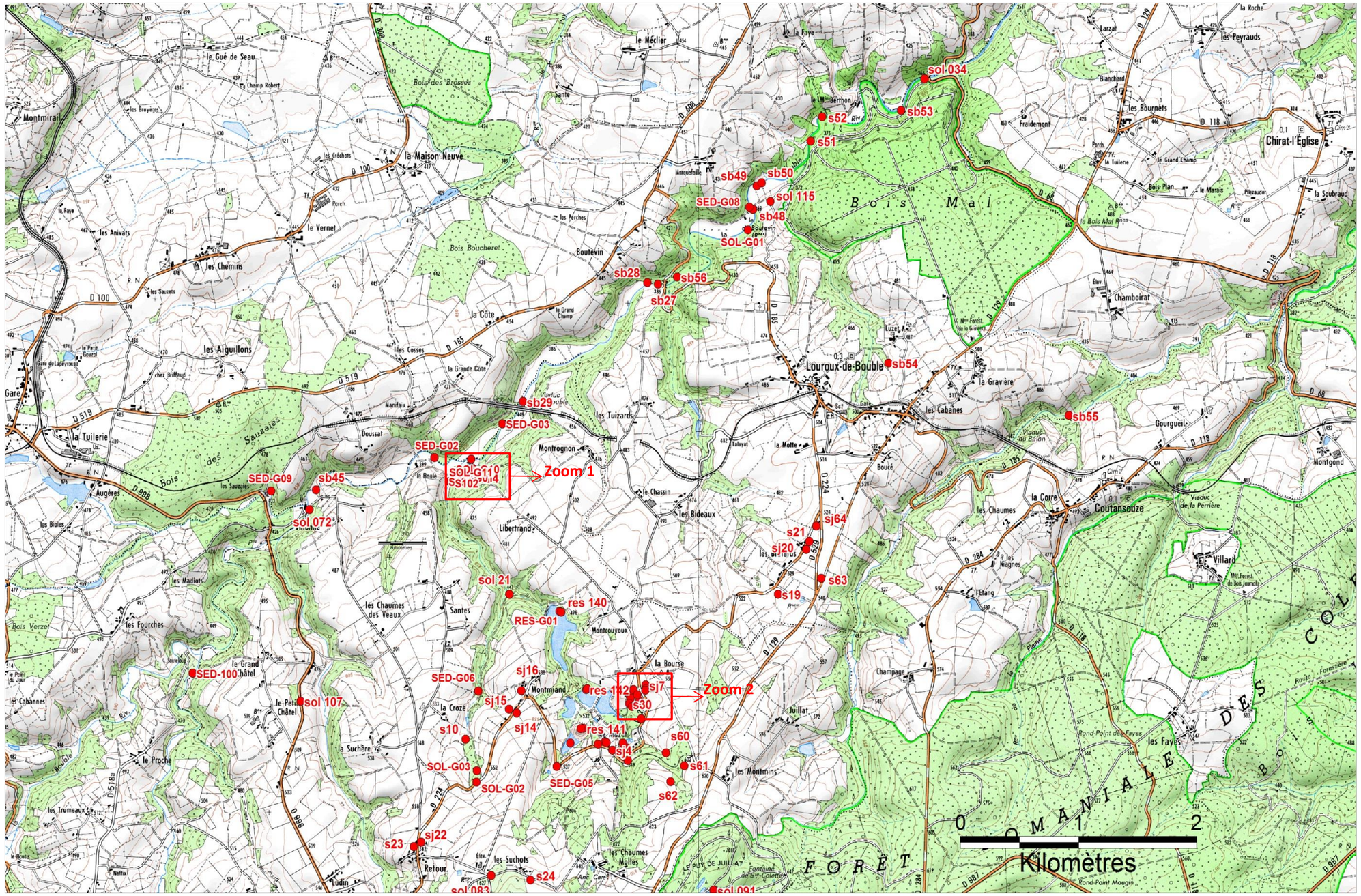
Positionnement des dépôts identifiés dans le cadre de l'inventaire DDIE.
Zone nord



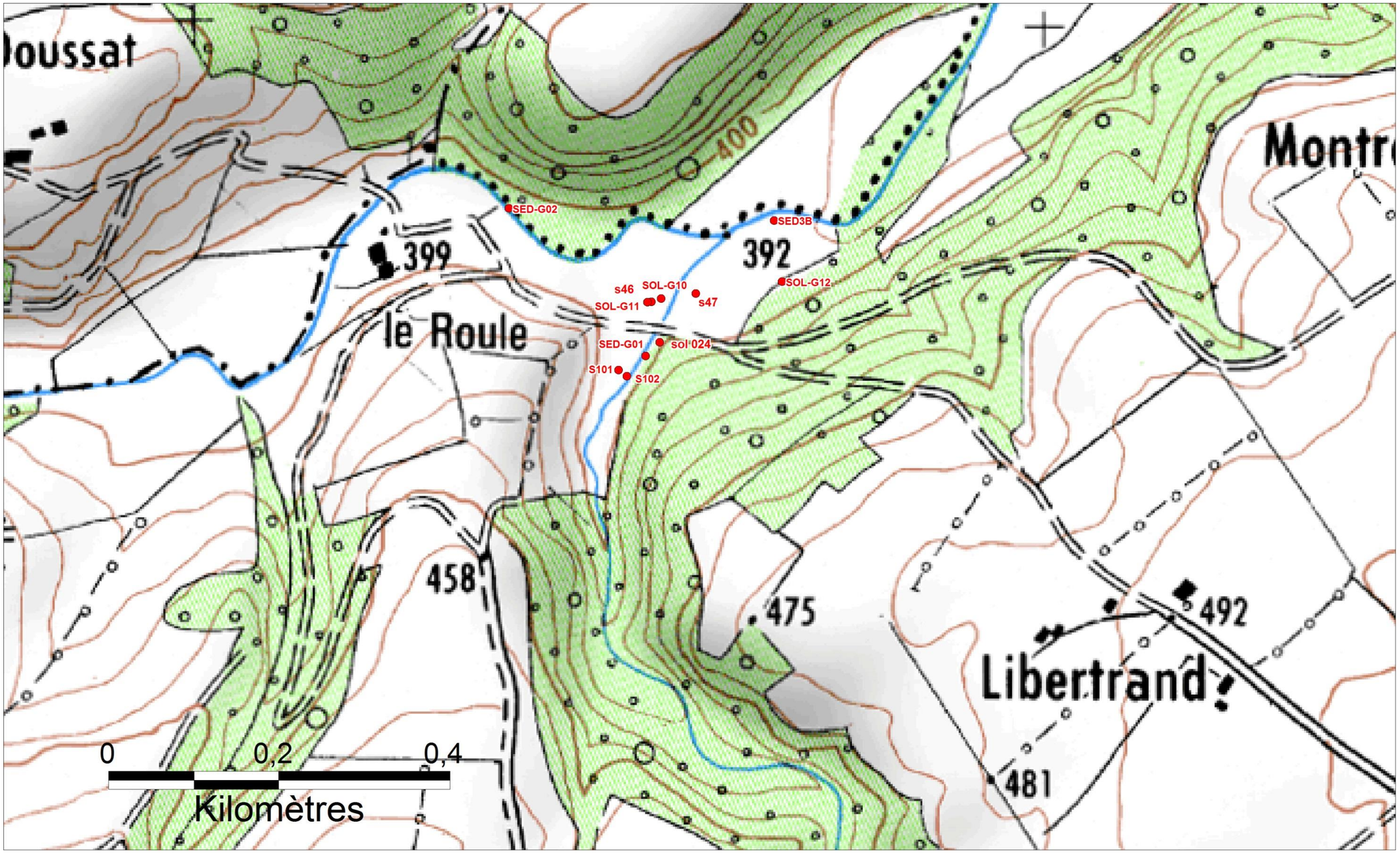
Positionnement des dépôts identifiés dans le cadre de l'inventaire DDIE.
Zone sud



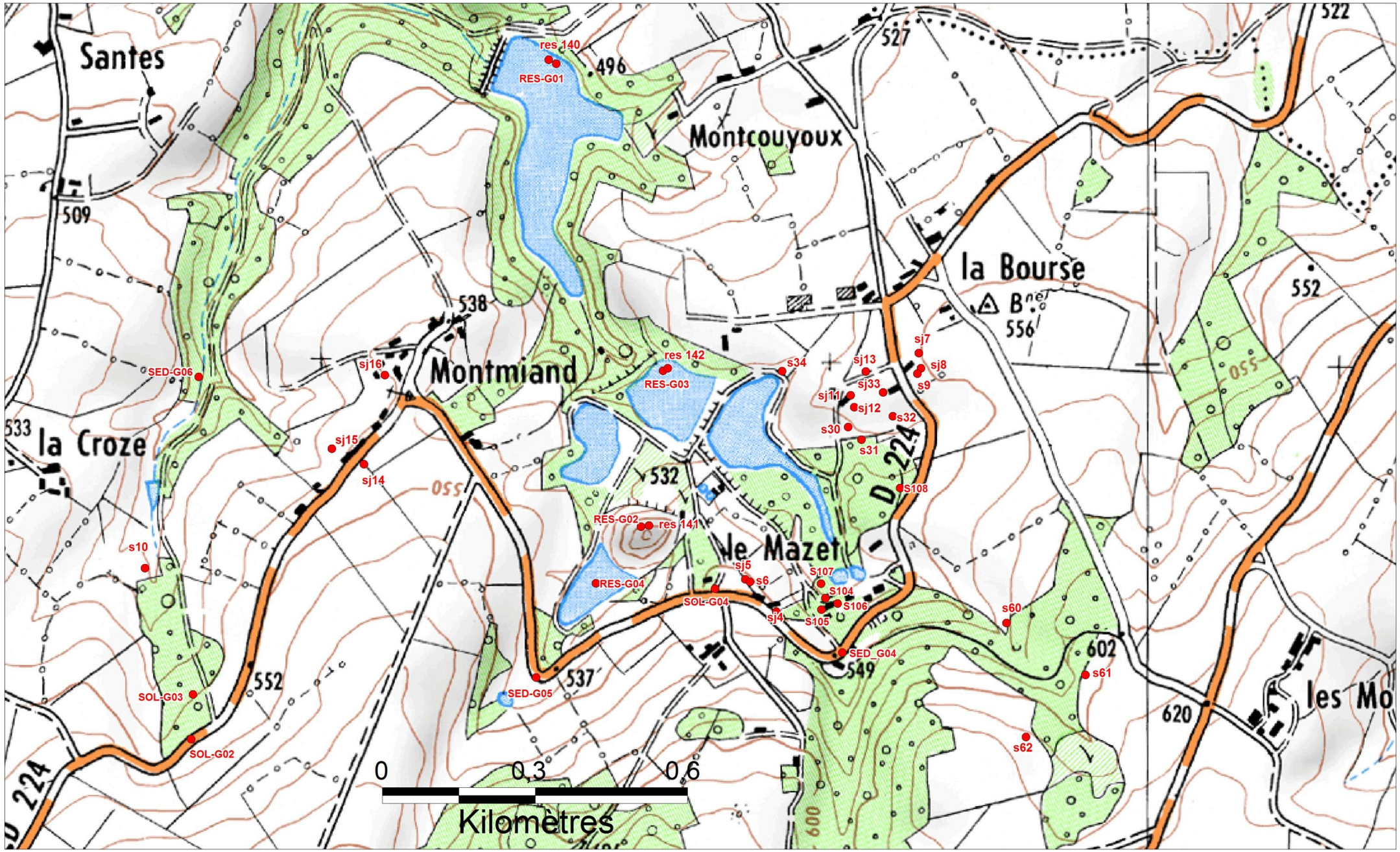
Prélèvements de matériaux résiduaires liés à l'ancienne activité minière, de sols et de sédiments.
Zone nord



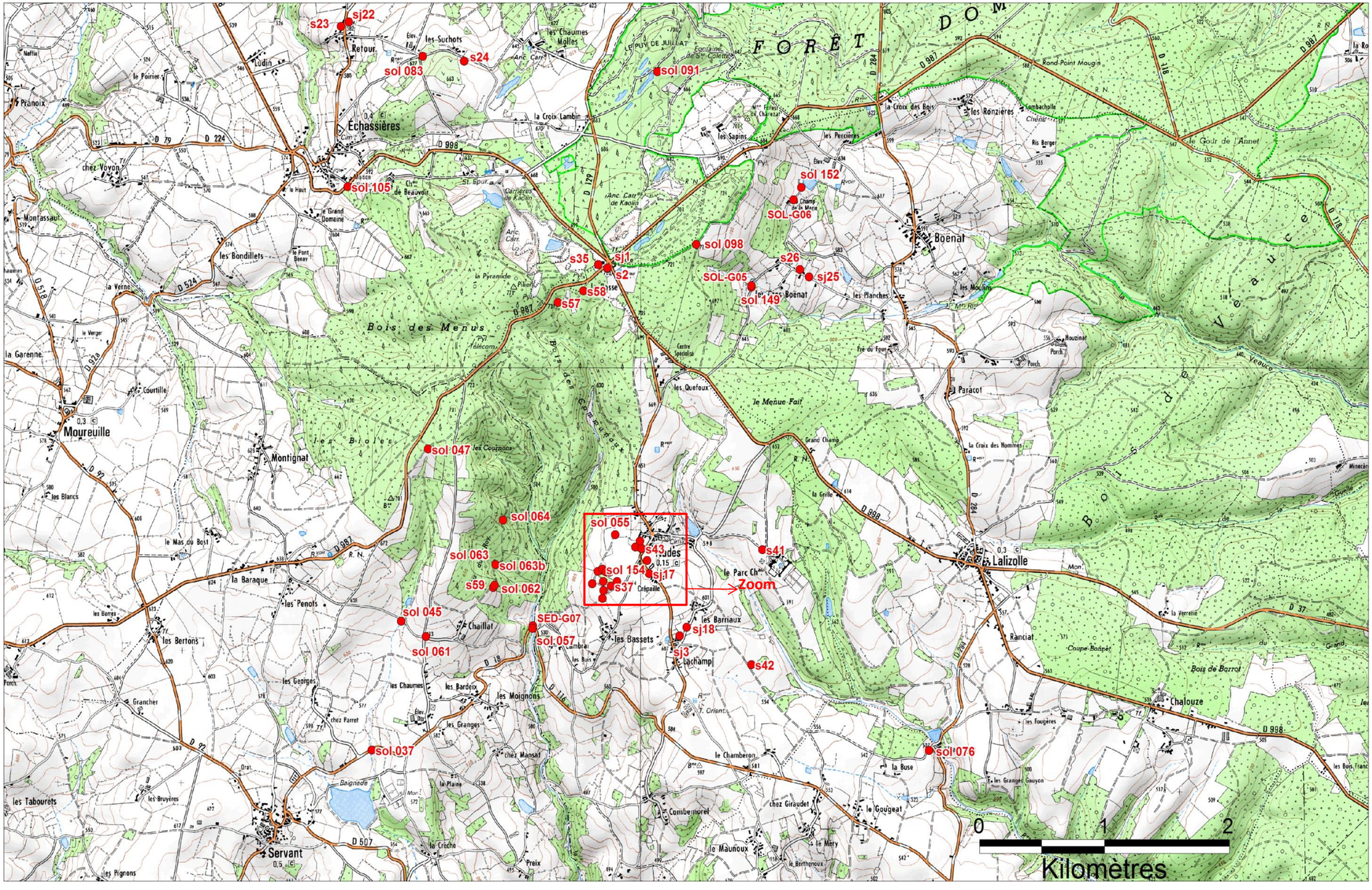
Prélèvements de matériaux résiduaires liés à l'ancienne activité minière, de sols et de sédiments.
Zone nord (zoom 1)



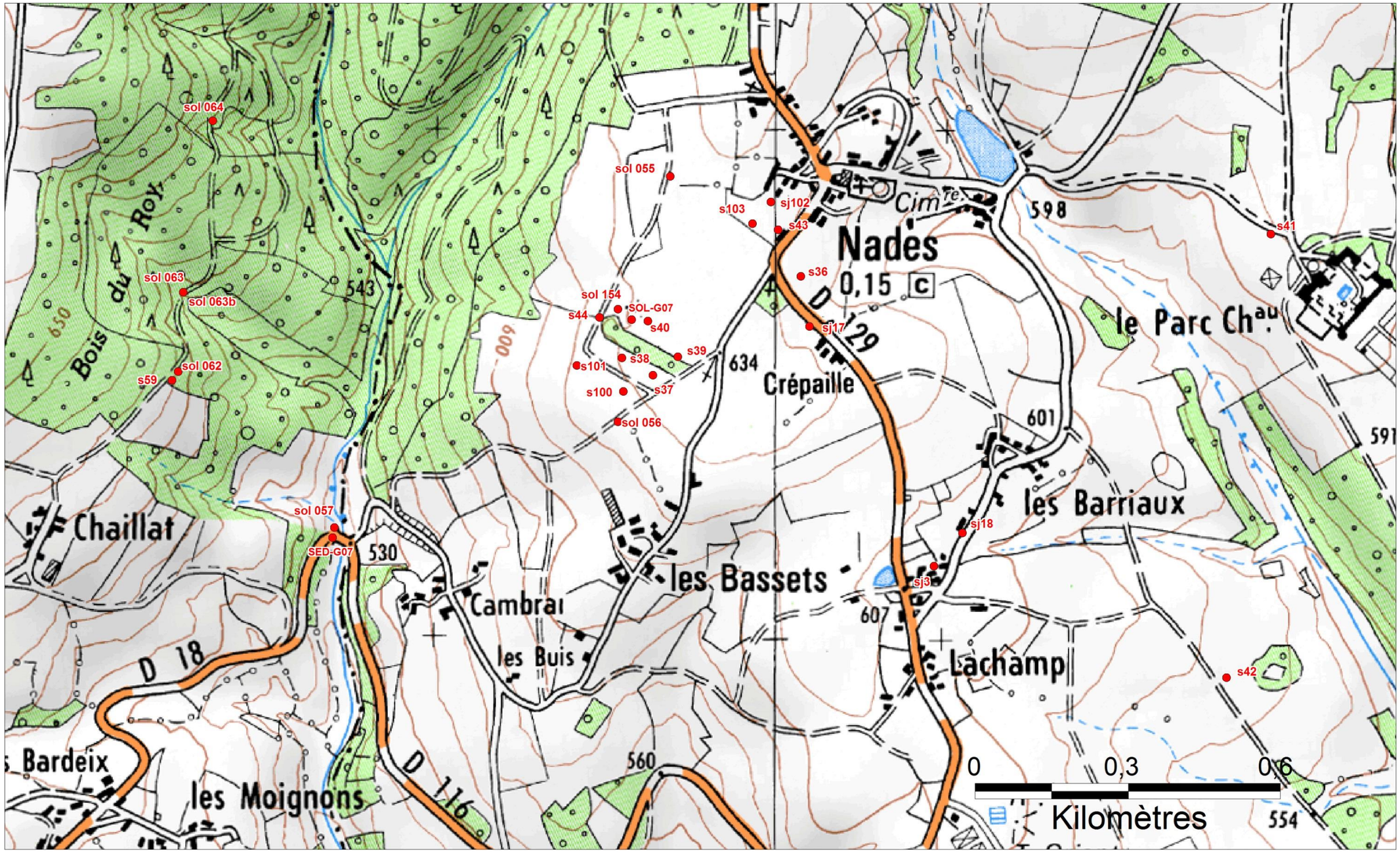
Prélèvements de matériaux résiduaires liés à l'ancienne activité minière, de sols et de sédiments.
Zone nord (zoom 2)



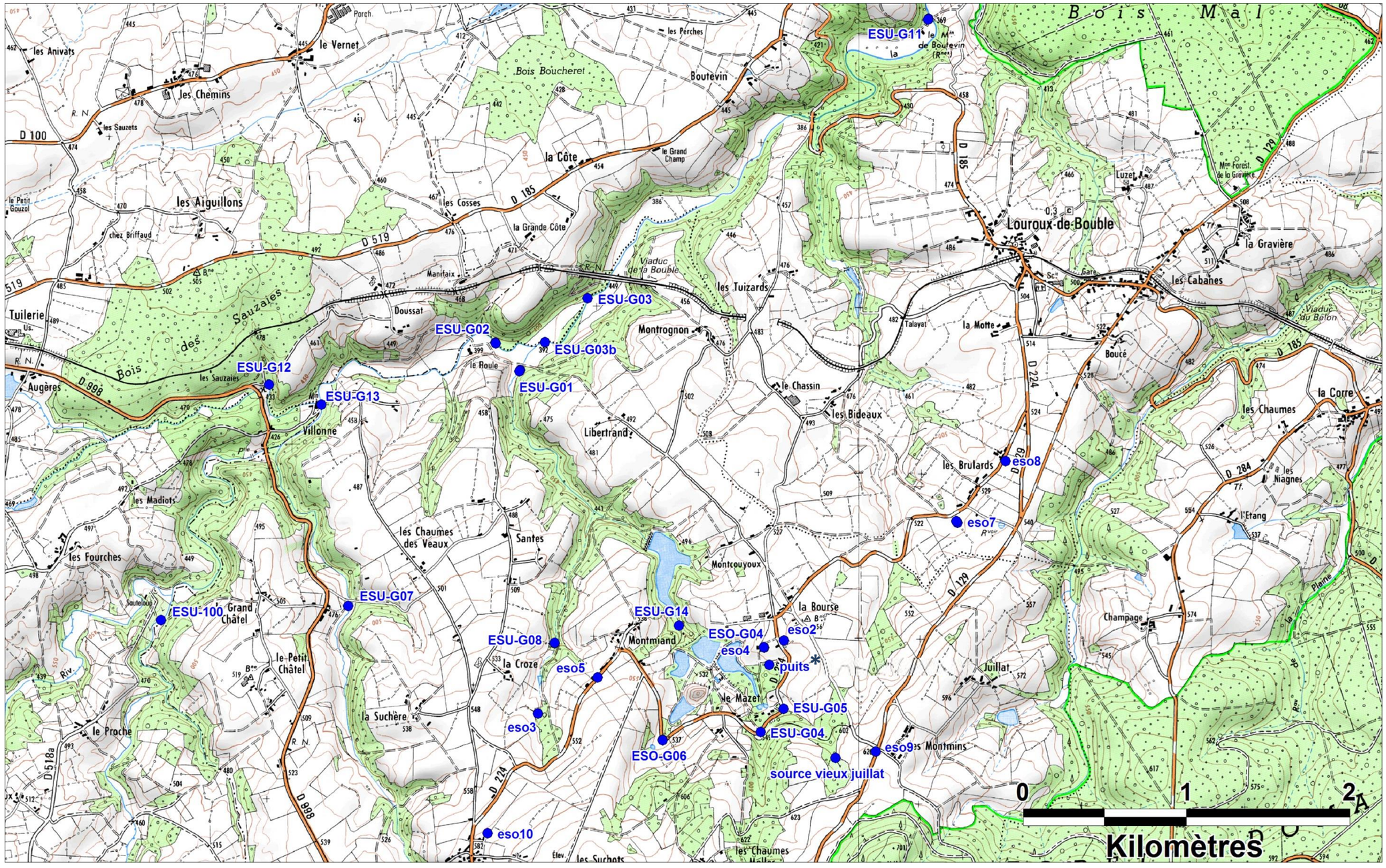
Prélèvements de matériaux résiduaires liés à l'ancienne activité minière, de sols et de sédiments.
Zone sud



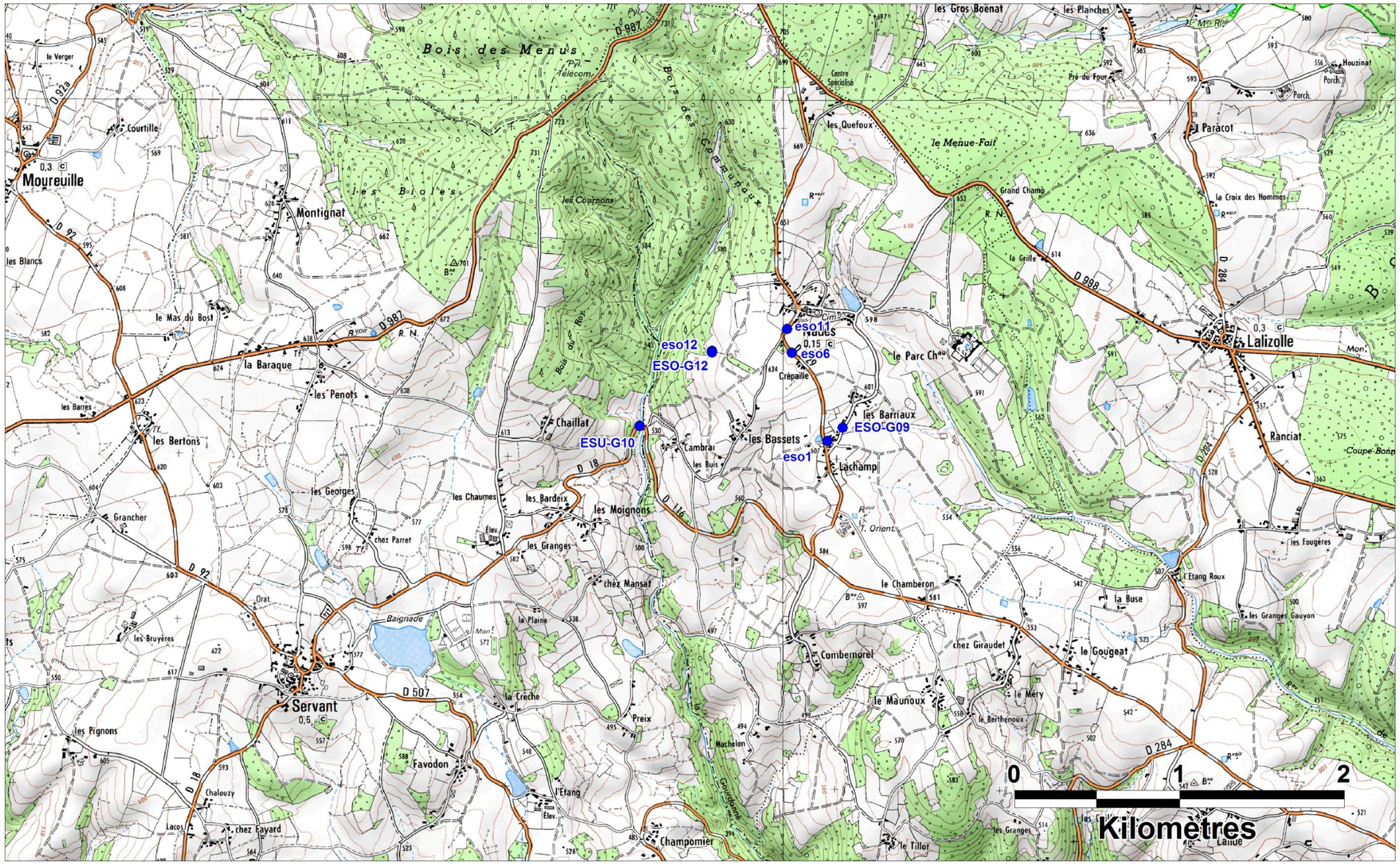
Prélèvements de matériaux résiduaires liés à l'ancienne activité minière, de sols et de sédiments.
Zone sud (zoom)



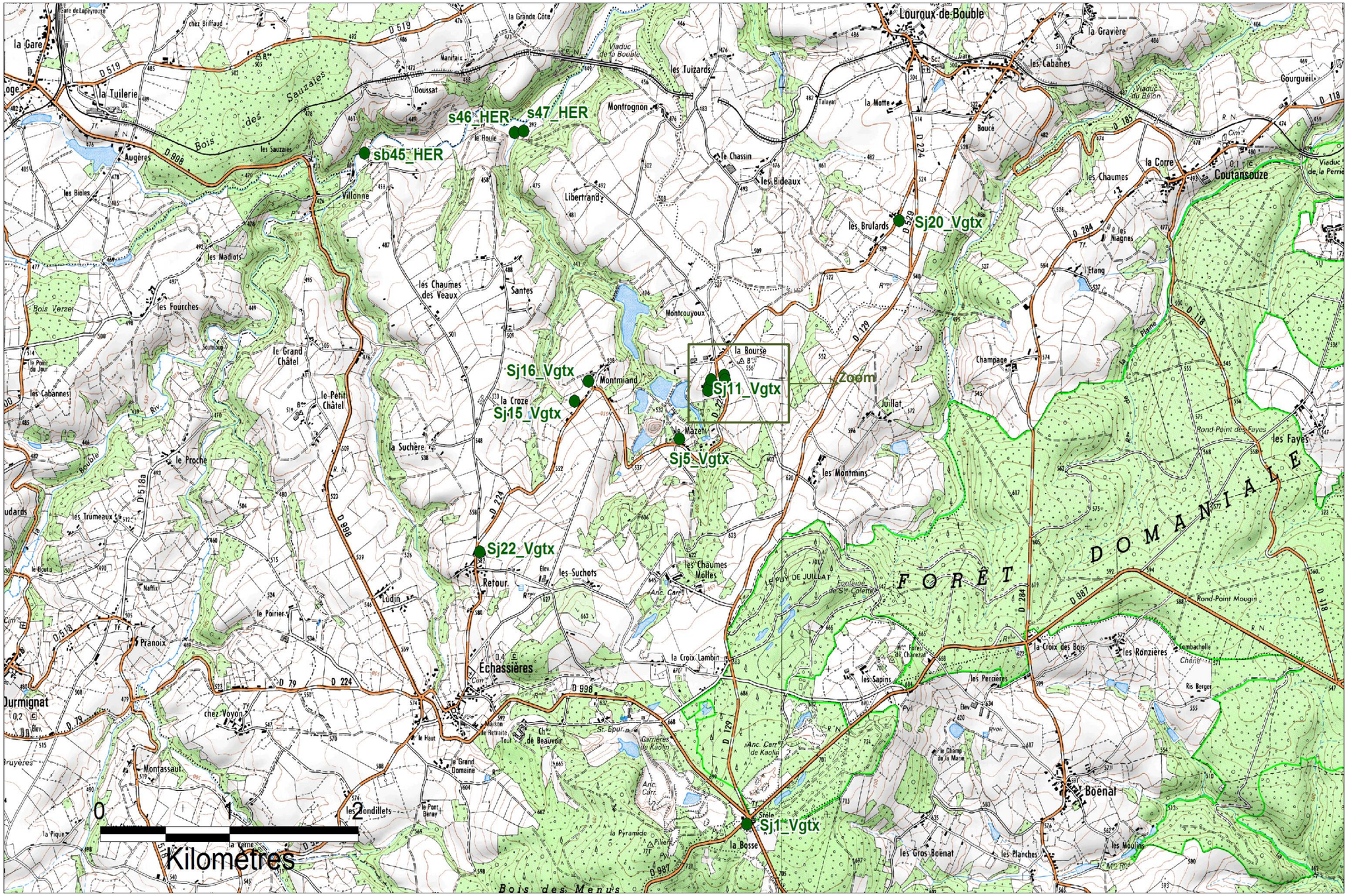
Prélèvements d'eaux.
Zone nord



Prélèvements d'eaux.
Zone sud

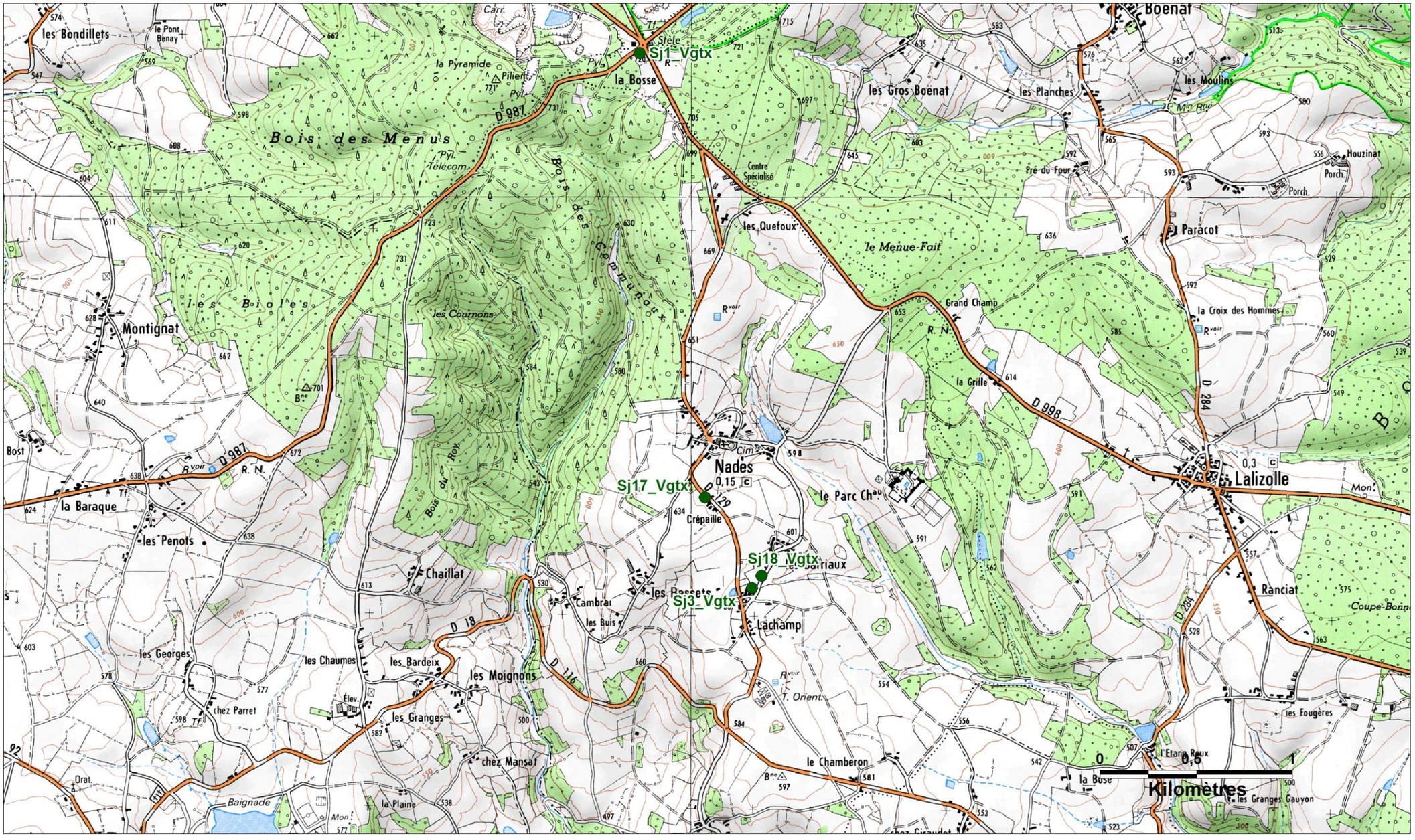


Prélèvements de végétaux.
Zone nord



Prélèvements de végétaux.
Zone nord (zoom)

Prélèvements de végétaux.
Zone Sud

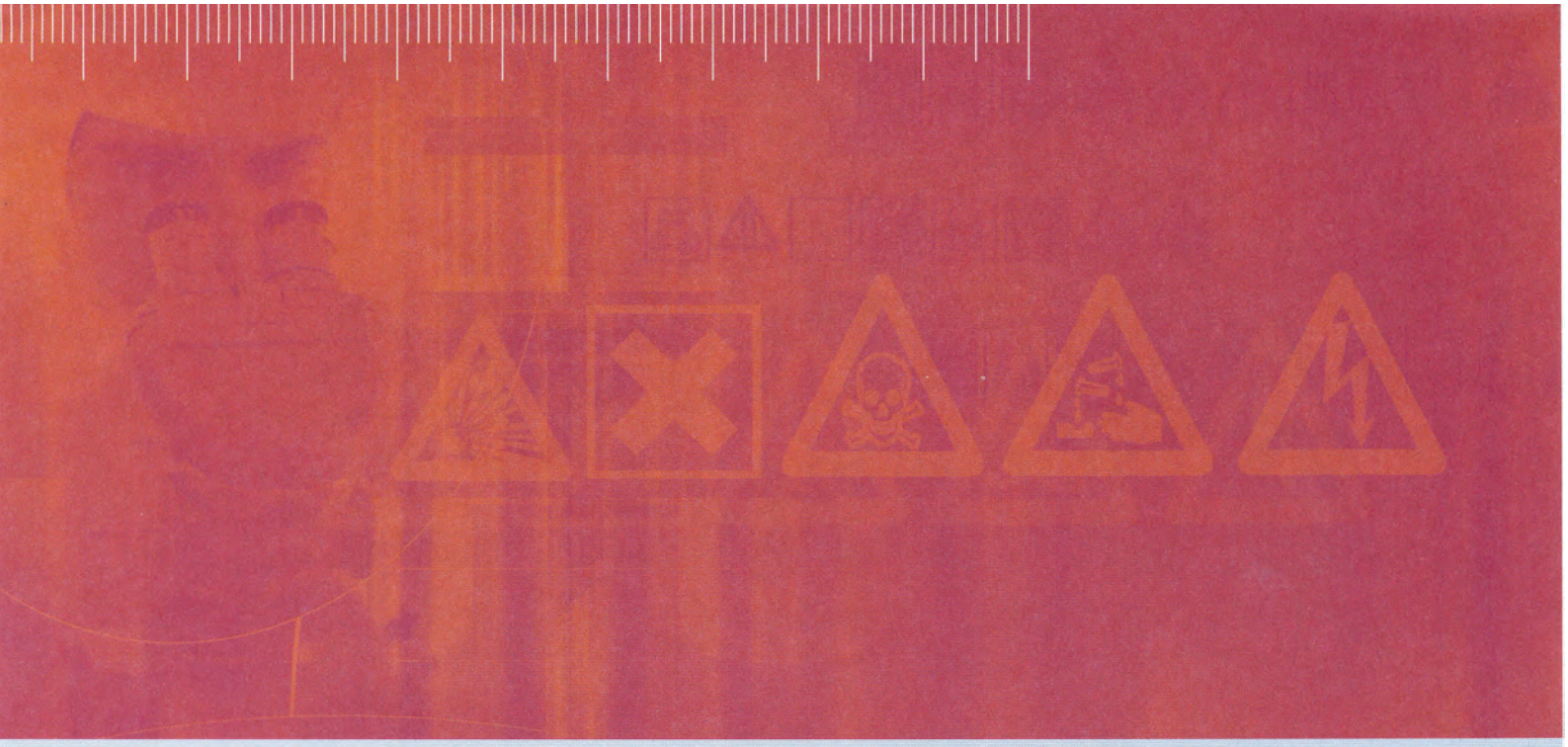


ANNEXE 7 :

RAPPORT D'ÉTUDE 22/01/2018
INERIS-DRC-16-160525-11662C

Etude sanitaire et environnementale : secteur minier des Montmins (Auvergne) - Etude basée sur l'interprétation de l'état des milieux

Volet sanitaire



RAPPORT D'ÉTUDE 22/01/2018
INERIS-DRC-16-160525-11662C

Etude sanitaire et environnementale : secteur minier des Montmins (Auvergne) - Etude basée sur l'interprétation de l'état des milieux

Volet sanitaire

INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

Etude sanitaire et environnementale : Secteur minier des Montmins (Auvergne)
Etude basée sur l'interprétation de l'état des milieux

Volet sanitaire

Rapport réalisé pour GEODERIS SUD

Liste des personnes ayant participé à l'étude : Aline LOIR - Unité Milieux (MILI) à la Direction des Risques Chroniques

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	Karen PERRONNET	Nathalie VELLY	Martine RAMEL
Qualité	Ingénieur de l'unité Impact sanitaire et expositions	Responsable de l'unité Impact sanitaire et expositions	Responsable du pôle Risque et technologies durables
Visa			

TABLE DES MATIÈRES

1 INTRODUCTION ET CONTEXTE 19
1.1 Contexte 19
1.2 Objectif de la mission 19
1.3 Déroule administratif et technique de la mission 19
1.4 Documents consultés 20

2 CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL 22
2.1 Localisation des dépôts 22
2.2 Zonage du périmètre investigué 26
2.3 Géologie régionale 28

3 USAGES ET ENJEUX 30
3.1 Usages constates sur la zone I 30
3.1.1 Habitats 30
3.1.2 Etablissement recevant du public 30
3.1.3 Tourisme, randonnées et autres activités de loisirs 30
3.1.4 Vestiges miniers 31
3.1.5 Agriculture 32
3.1.6 Autres usages 32
3.1 Usages constates sur la zone II 35
3.1.1 Habitats 35
3.1.2 Etablissement recevant du public 35
3.1.3 Tourisme, randonnées et autres activités de loisirs 35
3.2 Usages constates sur la zone III 36
3.2.1 Habitats 36
3.2.2 Etablissement recevant du public 36
3.2.3 Tourisme, randonnées et autres activités de loisirs 37
3.2.4 Vestiges miniers 37
3.2.5 Agriculture/ activités agricoles 37

4 SCHEMA CONCEPTUEL PRELIMINAIRE 39

5 INVESTIGATIONS DE TERRAIN 42
5.1 Objectifs de la campagne d'investigations 42
5.2 Stratégie d'investigations 42
5.2.1 Caractérisation des voies d'exposition et de transfert 50
5.2.2 Caractérisation de l'environnement local témoin (ELT) 53
5.3 Protocole de prélèvement 56
5.3.1 Sols 56
5.3.2 Eaux de surface et souterraine 56

5.3.3 Espèces végétales (végétaux potagers et herbes de prairie) 57
5.4 Programme analytique 58
5.4.1 Substances retenues 58
5.4.2 Mesures semi-quantitatives réalisées in situ 58
5.4.3 Analyses physico-chimiques 58
5.4.4 Sols 59
5.4.5 Eaux de surface et eaux souterraines 59
5.4.6 Végétaux potagers 59
5.4.7 Conservation et acheminement au laboratoire 59
6 INTERPRETATION DE L'ETAT DES MILIEUX 60
6.1 Rappel méthodologique 60
6.2 Schéma conceptuel actualisé 65
6.2.1 Sources de pollution 65
6.2.2 Vecteurs de transfert, milieux d'exposition et enjeux 68
6.2.3 Bilan du schéma conceptuel 69
6.3 Interprétation des résultats pour les sols 73
6.4 Interprétation des résultats pour les eaux de surface 73
6.5 Interprétation des résultats pour les eaux souterraines 79
6.6 Interprétation des résultats pour les végétaux potagers 80
6.7 Calcul des risques sanitaires 84
6.7.1 Evaluation de la toxicité et valeurs toxicologiques de référence 84
6.7.2 Evaluation des expositions 85
6.7.3 Paramètres environnementaux retenus 92
6.7.4 Caractérisation des risques sanitaires - Résultats par scénario 92
6.7.4.1 Zone I - Scénario 1 – Activités de jardinage et autoconsommation des vegetaux à Echassieres (ZD79-80) 94
6.7.4.2 Zone I - Scénario 2 – Activités de jardinage dans le verger à Echassières (ZD16) 99
6.7.4.3 Zone I - Scénario 3 – Résidence secondaire – activités sur l'aire de jeux pour les enfants et activites de jardinage à Echassieres (ZD24) 103
6.7.4.4 Zone I - Scénario 4 – Activités de jardinage et autoconsommation des vegetaux à Echassieres (ZD76) 107
6.7.4.5 Zone I - Scénario 5 – Jardin ornemental associé au gîte à Echassieres (ZD76) 111
6.7.4.6 Zone I - Scénario 5 maz – Activités extérieures à Echassieres (ZD64-65) 113
6.7.4.7 Zone I - Scenarii 7 a 9 – promenade sur les bords de la Bouble, commune de Louroux de Bouble et Vernusse 117
6.7.4.8 Zone II - Scenarii 10 et 11 – Activités de jardinage et autoconsommation des végétaux et aire de jeux extérieure à Lalizolle (AB6) 121

6.7.4.9 Zone II - Scénario 12 – Aire de Pique-Nique du musee Wolframine à Echassieres (AN15) 126
6.7.4.10 Zone II - Scénario 13 – Chemin de randonnée PR5 sur les communes de Nades et Lalizolle (ZA21 / AB211) 129
6.7.4.11 Zone III - Scénario 14 – Activités de jardinage et autoconsommation des végétaux à Nades (ZK13-21) 132
6.7.4.12 Zone III - Scénario 15 – Résidence permanente – activités sur l'aire de jeux à Nades (ZC84) 135
6.7.4.13 Zone III - Scénario 16 – Camping chez l'habitant à Nades (ZC92) 138
6.7.4.14 Zone III - Scénario 17 – Résidence permanente – Activités sur l'aire de jeux des petits-enfants à Nades (ZC92) 141
6.7.4.15 Zone III - Scénario 18 – Salle polyvalente communale – Activités de plein-air à Nades (ZC92) 142
6.7.4.16 Zone II - Scénario 19 – Chemin de randonnée PR5 à Servant (route communale) 145
6.7.5 Incertitudes 148
6.7.5.1 Incertitudes sur le terme source 148
6.7.5.2 Incertitudes sur l'évaluation de la toxicité 150
6.7.5.3 Incertitude sur les scenarii d'exposition 150
6.7.5.4 Incertitudes sur l'évaluation de l'exposition 153
6.7.5.5 Incertitudes sur la caractérisation du risque 161
6.8 Synthèse 162
7 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS EN TERMES SANITAIRES ... 167
7.1 Conclusions sur l'Interprétation de l'Etat des Milieux (volet sanitaire) 167
7.2 Recommandations 169

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : synthèse des prélèvements de sols sur les 3 zones investiguées..... 51
Tableau 2 : synthèse des végétaux prélevés dans les jardins potagers/vergers.. 52
Tableau 3 : synthèse des prélèvements pour l'ELT..... 55
Tableau 4 : Concentration en plomb dans différents milieux - valeurs d'alerte (DGS, 2016)..... 63
Tableau 5 : voies de transfert et d'exposition retenues pour l'évaluation des risques sanitaires..... 70
Tableau 6 : scenarii d'exposition retenus..... 71
Tableau 7 : dépassements relevés sur les cours d'eau/mares..... 75
Tableau 8 : Altération de l'usage abreuvement avec seuils de classement des altérations..... 76
Tableau 9 : Paramètres et valeurs à risque – synthèse des critères de qualité de l'eau d'abreuvement (ANSES, 2010)..... 78
Tableau 10 : Concentrations des eaux d'abreuvement et comparaison aux valeurs guides SEQ-Eau abreuvement et aux CM_{eau} (ANSES, 2010)..... 79
Tableau 11 : anomalies relevées dans les eaux souterraines..... 80
Tableau 12 : teneurs maximales fixées par le Règlement Européen 1881/2006 du 19 décembre 2006 modifié..... 82
Tableau 13 : synthèse des VTR sélectionnées pour la voie « ingestion » - exposition chronique..... 85
Tableau 14 : valeurs des paramètres d'exposition temporelle d'un enfant et d'un adulte – voie ingestion sols/poussières..... 87
Tableau 15 : valeurs des paramètres globaux d'exposition d'un enfant et d'un adulte..... 88
Tableau 16 : valeurs des paramètres d'exposition d'un enfant et d'un adulte – voie ingestion fruits et légumes auto-produits..... 89
Tableau 17 : quantités ingérées détaillées issues de CIBLEX (ADEME, IRSN, 2004)..... 89
Tableau 18 : taux de consommation d'une espèce par rapport à sa famille-type de légumes (source : INSEE Première n°338 - Dubeaux, 1994)..... 90
Tableau 19 : quantité quotidienne de végétaux et autarcie retenues pour les jardins potagers à faible taux d'autarcie (source : CIBLEX, 200 ; INSEE Première n°338 – Dubeaux, 1994 ; INSEE, 1991)..... 91
Tableau 20 : quantité quotidienne de végétaux consommée pour les jardins potagers considérés comme auto-suffisants à 100%..... 91
Tableau 21 : Concentrations dans les sols et les végétaux et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 1 - Activités de jardinage et autoconsommation des végétaux à Echassières (ZD79-80)..... 97
Tableau 22 : Concentrations dans les sols et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 2 - Activités de jardinage dans le verger à Echassières (ZD16)..... 102

Tableau 23 : Concentrations dans les sols et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 3 – Résidence secondaire – aire de jeux extérieure dédiée aux enfants et activités de jardinage à Echassières (ZD24) 106
Tableau 24 : Concentrations dans les sols et les végétaux et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 4 - Activités de jardinage et autoconsommation des végétaux à Echassières (ZD76) 110
Tableau 25 : Concentrations dans les sols et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 5 – Jardin ornemental associé à un gîte à Echassières (ZD76) 112
Tableau 26 : Concentrations dans les sols et les végétaux et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 5 MAZ – Activités extérieures de loisirs à Echassières (ZD64-65) 116
Tableau 27 : Concentrations dans les sols et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour les scenarii 7 à 8 – Promenade sur les berges de la Bouble à Louroux de Bouble 120
Tableau 28 : Concentrations dans les sols et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 9 – Promenade sur les berges de la Bouble à Vernusse 120
Tableau 29 : Concentrations dans les sols et les végétaux et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour les scenarii 10 et 11 – Résidence permanente à Lalizolle (AB6) 123
Tableau 30 : Concentrations dans les sols et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 12 – Aire de pique-nique du musée Wolframine (AN15) 128
Tableau 31 : Concentrations dans les sols et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 13 – Chemin de randonnée PR5 (ZA21 / AB211) 131
Tableau 32 : Concentrations dans les sols et les végétaux et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 14 - Activités de jardinage et autoconsommation des végétaux à Nades (ZK13-21) 134
Tableau 33 : Concentrations dans les sols et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 15 – Résidence permanente – aire de jeux extérieure dédiée aux enfants à Nades (ZC84) 137
Tableau 34 : Concentrations dans les sols et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 16 – Camping chez l'habitant à Nades (ZC92) 140
Tableau 35 : Concentrations dans les sols et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 17 – Résidence permanente – aire de jeux extérieure dédiée aux petits-enfants à Nades (ZC92) 141
Tableau 36 : Concentrations dans les sols et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 18 – Salle polyvalente communale – activités de plein-air à Nades (ZK108-110) 144
Tableau 37 : Concentrations dans les sols et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 19 – Chemin de randonnée PR5 (chemin communal) 147

Tableau 38 : Risques sanitaires liés au béryllium en cas d'ingestion non intentionnelle des sols - scénario générique 149
Tableau 39 : Synthèse des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) aigües pour la voie orale 150
Tableau 40 : Synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 11 – enfant de moins de 6 ans - Résidence permanente à Lalizolle (AB6) 151
Tableau 41 : Concentrations dans les sols et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 6 – usage générique 152
Tableau 42 : Synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour les scenarii 13 et 19 – enfant de moins de 6 ans – chemins de randonnée..... 155
Tableau 43 : Concentrations dans les sols et les végétaux et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 20 - Activités de jardinage et autoconsommation des végétaux à Echassières (ZP25/83) 158
Tableau 44 : Concentrations dans les sols et les végétaux et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 21 - Activités de jardinage et autoconsommation des végétaux à Echassières (ZP30) 159
Tableau 45 : synthèse des scenarii au regard des intervalles de gestion de l'IEM 163
Tableau 46 : synthèse des recommandations selon les scenarii retenus..... 172

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : localisation des dépôts de stériles miniers (zone I) 23
Figure 2 : localisation des dépôts de stériles miniers (Zone II)..... 24
Figure 3 : localisation des dépôts de stériles miniers (zone III) 25
Figure 4 : zonage du périmètre d'étude..... 27
Figure 5 : extrait de la carte géologique du périmètre d'étude (source BRGM, feuille Gannat, n°645) 29
Figure 6 : photographies des usages sur la zone I (septembre 2016)..... 33
Figure 7 : bâtiments en place lors de l'exploitation minière 34
Figure 8 : principaux usages identifiés autour des anciens dépôts miniers identifiés dans le cadre de l'inventaire DDIE – zone II (septembre 2016) 36
Figure 9 : principaux usages identifiés autour des anciens dépôts miniers identifiés dans le cadre de l'inventaire DDIE – zone III (juillet et septembre 2016)..... 38
Figure 10 : schéma conceptuel préliminaire..... 41
Figure 11 : localisation des points de prélèvement pour la zone I-A avec emplacement des zones ELT..... 44
Figure 12 : localisation des points de prélèvement pour la zone I-B (zoom Mazet – La Bourse)..... 45
Figure 13 : localisation des points de prélèvement sur la zone I-C avec emplacement des autres zones ELT..... 46
Figure 14 : localisation des points de prélèvement sur la zone I-D (berges de la Bouble) avec emplacement des zones ELT..... 47
Figure 15 : localisation des points de prélèvement sur la zone II avec emplacement des zones ELT..... 48
Figure 16 : localisation des points de prélèvement sur la zone III avec emplacement des zones ELT..... 49
Figure 17 : critères de gestion du risque de l'IEM (source : MEDD, 2007)..... 61
Figure 18 : intervalles de gestion donnés par la grille de calculs de l'IEM (source : MEDD, 2007)..... 64
Figure 19 : Fiche du scénario 1 – Activités de jardinage et autoconsommation des végétaux potagers à Echassieres (ZD79-80) 95
Figure 20 : Fiche du scénario 2 – Activités de jardinage dans le verger à Echassières (ZD16) 100
Figure 21 : Fiche du scénario 3 - Résidence secondaire – aire de jeux extérieure des enfants..... 103
Figure 22 : fiche de scénario 4 - Activités de jardinage et autoconsommation des végétaux potagers et scénario 5 - Jardin ornemental lié au gîte 107
Figure 23 : Fiche du scénario 5 MAZ – Activités extérieures à Echassières (ZD64-65)..... 114
Figure 24 : Scenarii 7 à 9 - Promenade sur les berges de la Bouble 117

Figure 25 : Scénario 10 - Activités de jardinage et autoconsommation des végétaux potagers et scénario n°11 : Aire de jeux extérieure des enfants 122
Figure 26 : Scénario 12 – Aire de Pique-Nique (Musée Wolframine) 126
Figure 27 : Scénario 13 – Chemin de randonnée PR5 129
Figure 28 : Scénario 14 – Activités de jardinage et autoconsommation des végétaux potagers 132
Figure 29 : Scénario 15 – Résidence permanente – aire de jeux extérieure des enfants 135
Figure 30 : Scénario 16 – Camping chez l'habitant et Scénario 17 - Résidence permanente – aire de jeux extérieure des petits-enfants 138
Figure 31 : Scénario 18 - Salle polyvalente communale – aire de jeux extérieure des enfants 142
Figure 32 : Scénario 19 - Chemin de randonnée PR5 145

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : randonnées : parcours Wolframine, sentier des minerais, rando-train

Annexe 2 : descriptif des jardins potagers

Annexe 3 : synthèse des prélèvements de sol

Annexe 4 : prélèvement des eaux souterraines et de surface

Annexe 5 : concentrations dans les sols

Annexe 6 : concentrations dans les eaux souterraines et superficielles – paramètres de terrain

Annexe 7 : concentrations dans les végétaux

Annexe 8 : évaluation de la toxicité et valeurs toxicologiques de référence

Annexe 9 : bordereaux analytiques

RESUME

Dans le cadre de l'inventaire des déchets miniers issus de l'industrie extractive (en application de l'article 20 de la directive européenne 2006/21/CE), GEODERIS a recensé les dépôts miniers liés à l'exploitation du tungstène sur le secteur des Montmins (commune d'Echassières- 03330) et à l'exploitation de l'antimoine sur le secteur de Nades (commune de Nades- 03450). Le dépôt de Servant (63560) a aussi été intégré à l'étude.

En 2013, GEODERIS a mandaté l'INERIS pour réaliser une étude environnementale au niveau des dépôts de résidus et des anciens bassins de décantation (lieu-dit Le Mazet, commune d'Echassières), ainsi qu'en aval hydraulique du barrage du Cotillon. Il est mis en évidence un marquage métallique (tungstène, arsenic, lithium, …) des sols et des sédiments au niveau du cours d'eau de la Bouble, dans lequel se rejetait le trop plein du barrage du Cotillon (rapport INERIS-DRC-13-139688- 0924A).

En 2016, à la demande de la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Auvergne-Rhône-Alpes (DREAL), une étude environnementale et sanitaire a été programmée par GEODERIS sur les secteurs des Montmins et de Nades.

Pour ce faire, l'INERIS a été mandaté par GEODERIS pour évaluer l'impact des activités minières sur les milieux (sols, eaux, et végétaux) et déterminer si les usages constatés sont compatibles avec l'état de ces milieux. 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 (politique nationale sur la gestion des sites et sols pollués).

La campagne d'investigations de l'INERIS s'est déroulée en septembre 2016 et a porté sur la caractérisation des milieux sols (jardins potagers, ornementaux, aire de pique-nique, chemins de randonnée, …), eaux d'arrosage, et végétaux potagers auto-produits. La priorité est donnée aux usages constatés et à l'exposition des jeunes enfants. Des investigations complémentaires ont ponctuellement porté sur des pâtures et des eaux d'abreuvement. Les communes concernées sont : Echassières /Nades /Louroux de Bouble /Lalizolle /Vernusse (département de l'Allier - 03) et de Servant (département du Puy de Dôme - 63). Le périmètre d'études a été découpé en 3 zones (I, II, et III) en lien avec l'emplacement des dépôts miniers, afin de faciliter le rendu des résultats.

Il est mis en évidence un marquage métallique des sols sur les trois zones :

- Zone I (communes d'Echassières, de Louroux de Bouble et de Vernusse) : au droit de jardins ornementaux (arsenic notamment et plusieurs métaux autour du Mazet), au droit des jardins potagers et des vergers (tungstène notamment), au droit des berges le long de la Bouble (tungstène et lithium notamment) ;
- Zone II (Carrefour de la Bosse) au droit du jardin ornemental ou du jardin potager (notamment en antimoine, tungstène et lithium) et au droit des chemins de randonnée (notamment en arsenic, cuivre, lithium, tungstène et plomb) ;

- Zone III (communes de Nades et de Servant) au droit du jardin ornemental ou du jardin potager (notamment en antimoine et en arsenic), et au droit du chemin de randonnée, à proximité de l'exploitation avicole (arsenic).

Les scenarii d'exposition retenus, en particulier par le biais des enquêtes menées auprès des usagers/riverains, et des élus locaux, portent sur :

- l'ingestion de sol en extérieur, lors des activités de jeux pour les enfants ;
- l'ingestion de sol lors des activités de jardinage pour les adultes ;
- l'ingestion de végétaux autoproduits (adultes et enfants) ;
- l'ingestion d'eau (même si aucun usage d'eau de consommation n'est reporté mais uniquement une utilisation pour l'irrigation des jardins potagers/ ou l'abreuvement des animaux d'élevage – bovins, équins).

Au total, 20 scenarii d'exposition sur l'ensemble des 3 zones ont été étudiés.

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 mettant en évidence une dégradation de la qualité de ces milieux ont été comparés aux valeurs de gestion. En l'absence de valeurs de gestion, des calculs de risques sanitaires pour les substances et voies d'exposition considérées ont été réalisés spécifiquement et les résultats interprétés au regard des intervalles de gestion du risque de l'IEM[1].

L'analyse des concentrations au regard des valeurs de gestion disponibles indique pour :

- *les eaux d'abreuvement destinées aux bovins et équins* (deux mares situées au lieu-dit Juillat sur la commune d'Echassières - ESO9 et sur la commune de Nades - ESO12 ; une source située au lieu-dit La Croze sur la commune d'Echassières -ESO3), des dépassements des Normes de Qualité Environnementale en As et Cu, et des anomalies en Sb et en Mn. A titre informatif, aucun dépassement des valeurs SEQ-eau abreuvement[2] n'est observé mais un dépassement de valeur limite pour l'eau potable de 5 µg/L est observé sur ESO12 pour l'antimoine (facteur 5 environ) ;
- *les eaux souterraines* dédiées à l'arrosage des jardins potagers, des concentrations ponctuellement supérieures aux limites d'eau potable pour le fer et le manganèse. Une valeur en arsenic proche de la valeur limite règlementaire pour l'eau potable de 10 µg/L est observée sur un échantillon (ESO2) prélevé au lieu-dit La Bourse (Zone I, Echassières) ;
- *les végétaux potagers,* aucun dépassement des valeurs règlementaires (Cd, Pb). Des anomalies sont notées pour quelques végétaux en arsenic, cadmium, cuivre et zinc.

---

[1] Usage compatible si QD<0,2 et/ou ERI<10^{-6}. Zone d'interprétation si 0,2 < QD < 5 et/ou 10^{-6} < ERI < 10^{-4}. Usage non compatible si QD > 5 et/ou ERI > 10^{-4}.

[2] SEQ-eau : Système d'Evaluation de la Qualité de l'eau

Le déroulement de la **démarche d'Interprétation de l'Etat des Milieux (IEM) avec la mise en œuvre de la grille IEM et la considération des intervalles de gestion propres à l'IEM** ainsi que l'approfondissement de la démarche si nécessaire met en évidence :

- une compatibilité des usages avec la qualité des milieux (sol potager et végétaux auto-produits, sol de jardin ornemental, chemin de randonnée), pour la majorité des scenarii d'exposition (enfants et/ou adultes jardiniers) ;
- une **incompatibilité** des activités des enfants (jeux en plein-air) avec la qualité des sols superficiels du jardin ornemental familial situé sur la commune de Nades – ZC84 (résidence permanente, avec enfants de plus de 6 ans), en raison de sa teneur en arsenic (scénario 15).
- une **incompatibilité** entre les activités extérieures et la qualité des sols superficiels du jardin ornemental, situé sur la commune d'Echassières - ZD64-65 (résidence permanente, adulte), en raison de la teneur en arsenic dans les sols (scénario 5 MAZ).

Des mesures de gestion sont à mettre en œuvre dans le cadre de la maîtrise des sources au droit de ces deux résidences.

Au niveau du périmètre d'étude, compte-tenu des dégradations des milieux mis en évidence au droit des sols de jardins ornementaux et potagers notamment, les mesures proposées visent à éviter l'apparition d'usages incompatibles avec la qualité des milieux. Ces mesures, *sous réserve de leur validation par les autorités sanitaires compétentes,* concernent l'information, ainsi que des restrictions d'usage et des mesures de gestion pérenne destinées à maîtriser les milieux sources et les impacts :

- à l'attention des populations locales :
  - information des propriétaires et locataires des résidences permanentes et secondaires (zones I, II et III) disposant d'un jardin potager/ornemental ou d'une aire de jeux en rappelant les règles d'hygiène visant à limiter l'ingestion de terre :
    - lavage soigné des mains pour les enfants et les adultes jardiniers ;
    - lavage soigné des végétaux cultivés avant consommation ;
    - consommation variée des fruits et légumes, et pas uniquement ceux issus du jardin potager, en cas d'exploitation intensive ;
    - maintien en bon état des zones enherbées sur les propriétés privées, afin d'éviter la fréquentation par les enfants de zones de sol à nu ;
    - maintien/mise en place de bacs à sable, dont la qualité est contrôlée, afin d'éviter les jeux de très jeunes enfants au droit de certaines zones enherbées, ou partiellement de sol à nu ;
  - non utilisation des eaux souterraines et les eaux de surface sur les zones I et III, en tant qu'eau destinée à la consommation humaine (EDCH) ;

- à l'attention des élus locaux, l'information :
  - de ne pas aménager de zones de repos et de pique-nique (bancs, tables, aires de jeux) sur les chemins de randonnée PR5, évoluant à proximité d'anciens dépôts miniers, et de ne pas aménager d'aires de jeux sur les parcelles investiguées ;
  - de maintenir en bon état des zones enherbées sur les zones publiques (aires de pique-nique) afin d'éviter la fréquentation par les enfants de zones de sol à nu ;
  - de mettre en place de panneaux d'interdiction d'accès et de prise de matériaux sur les dépôts miniers ;

- l'information des services de la DDCSPP quant à la contamination potentielle des denrées alimentaires produites en zone III au niveau des exploitations avicoles situées au lieu-dit Chaillat sur la commune de Servant (63), en raison des teneurs élevées en arsenic dans les sols au droit du chemin de randonnée situé à proximité ;

- l'information des services de santé quant aux anomalies en arsenic mises en évidence sur la zone I, notamment dans les sols et les eaux souterraines (puits privé investigué en 2013) au lieu-dit Montmiand sur la commune d'Echassières (03).

GLOSSAIRE (acronymes et abréviations)

AAPPMA	Association Agréée de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique
ADES	Accès aux Données des Eaux Souterraines (banque de données)
Ag	Argent
AEP	Alimentation en Eau Potable
ANSES	Agence Nationale de Sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
ARS	Agence Régionale de Santé
As	Arsenic
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
BSS	Banque du Sous-sol
CSP	Code de la Santé Publique
Cd	Cadmium
Cu	Cuivre
DDIE	Directive des Déchets de l'Industrie Extractive
DDCSPP	Direction Départementale de la Cohésion Sociale et de la Protection des Populations
DGS	Direction Générale de la Santé
DCE	Directive Cadre sur l'Eau
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
EB / EF	Eau Brute / Eau Filtrée
ELT	Environnement Local Témoin
ETM	Eléments Traces Métalliques
EQRS	Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires
ERI	Excès de Risque Individuel
EFSA	European Food Safety Authority
FoBiG	Forschungs und Beratungsinstitut Gefahrstoffe (Institut de Recherche allemand sur les dangers des substances chimiques)
Hg	Mercure
IEM	Interprétation de l'état des milieux
IGN	Institut National de l'information géographique et forestière
INERIS	Institut National de l'Environnement Industriel et des RISques
Li	Lithium
LQ	Limite de Quantification
MEDD	Ministère de l'écologie et du développement durable
MF	Matière Fraîche
NGF	Nivellement Général de la France
NQE	Norme de Qualité Environnementale
OEHHA	Office of Environmental Health Hazard Assessment
ONEMA	Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques
Pb	Plomb
ppm	partie par million
QD	Quotient de Danger
RIVM	RijksInstituut voor Volksgezondheid & Milieu (National Institute of Public Health and the Environment, Pays-Bas)
Sb	Antimoine
SDAGE	Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SEQ-eau	Système d'évaluation de la Qualité de l'eau

SNAP	Société Nationale des Pétroles d'Aquitaine
SNEAP	Société Nationale Elf Aquitaine (Production)
UE	Union Européenne
US EPA	Environmental Protection Agency of United States
VGE	Valeurs Guides Environnementales
VTR	Valeur Toxicologique de Référence
W	Tungstène
Zn	Zinc

1 INTRODUCTION ET CONTEXTE

1.1 CONTEXTE

L'INERIS a été sollicité par GEODERIS pour conduire l'étude répondant au cahier des charges de GEODERIS intitulé « Programme technique 2016 – Etude Sanitaire et Environnementale : secteur des Montmins - Demande de prestations à l'INERIS » en date du 25 février 2016. Le cahier des charges fait référence à 2 secteurs identifiés dans le cadre de l'inventaire DDIE et couvrant plusieurs dépôts de résidus miniers :

- Secteur des Montmins situé sur la commune d'Echassières (03330) exploité pour le tungstène et abritant plusieurs bassins de décantation dont les défauts de stabilité ont engendré la rupture d'un des ouvrages en février 2015. Une étude environnementale menée par l'INERIS en 2013 avait mis en évidence un marquage environnemental en aval hydraulique des bassins de décantation (INERIS-DRC-13-139688- 0924A) ;
- Secteur de Nades situé sur la commune éponyme (03450) exploitée pour l'antimoine jusqu'en 1914.

1.2 OBJECTIF DE LA MISSION

Pour répondre à la demande de la DREAL Auvergne-Rhône Alpes, GEODERIS a sollicité le BRGM et l'INERIS. Ainsi, l'INERIS a été mandaté pour évaluer l'impact sanitaire des activités minières sur les milieux (sols, eaux, et denrées alimentaires) et en déduire si les usages constatés sont compatibles avec l'état de ces milieux.

La démarche d'Interprétation de l'Etat des Milieux (IEM) a été déroulée pour les usages identifiés sur la base de :

- la description des habitations et des usages autour des anciens dépôts miniers, à l'issue d'entretiens avec les usagers présents ;
- la caractérisation de l'état des milieux au travers des échantillons de sol, de végétaux potagers et d'eaux (souterraines et de surface) ;
- l'évaluation de l'environnement local témoin pour toutes les matrices investiguées.

1.3 DEROULE ADMINISTRATIF ET TECHNIQUE DE LA MISSION

Une réunion de lancement a été organisée par GEODERIS le 28 avril 2016 dans les locaux de la DREAL Auvergne-Rhône Alpes à Clermont-Ferrand, en présence des services de l'ARS, l'ONEMA, du BRGM et de l'INERIS.

La phase d'investigations de terrain a été précédée par une enquête des usages réalisée entre le 5 et 7 juillet 2016. Les Maires des communes d'Echassières, de Louroux de Bouble et de Nades ont été interviewés par l'INERIS. La commune de Louroux de Bouble n'abrite aucun dépôt minier mais elle est traversée par la rivière la Bouble dont une portion est située en aval hydraulique des bassins de décantation du secteur des Montmins.

La note DRC-16-160525-07826A rédigée par l'INERIS et datée du 26 août 2016 présente les usages identifiés lors de l'interview et observés sur place, sans prise de rendez-vous avec les usagers. Elle identifie aussi les communes limitrophes des anciens dépôts concernées par des usages sensibles et la recherche de zones environnement local témoin. Il est considéré que le présent rapport remplace et annule cette note.

Les mairies ont été contactées par la DREAL Rhône-Alpes (en attente de date) 2016 pour les mairies de Echassières/Nades/Louroux de Bouble et le 6 septembre 2016 pour la commune de Lalizolle. Le mode d'information et de communication est propre à chaque commune :

- les habitants d'Echassières concernés par l'étude ont été conviés par la Mairie à une réunion publique le 12 septembre 2016 au cours de laquelle ils ont signifié à l'INERIS leur éventuel refus d'accès à leur propriété (possibilité de répondre par courrier) ;
- les usagers de Nades ont reçu un courrier de la part de la Mairie en date du 8 septembre 2016 ;
- les usagers de Louroux de Bouble ont été contactés physiquement par le Maire qui a obtenu l'accord oral des propriétaires/locataires.

Les investigations de terrain menées par l'INERIS se sont déroulées du 12 au 23 septembre 2016 sur les communes de Echassières /Nades /Louroux de Bouble /Lalizolle /Vernusse (département de l'Allier - 03) et de Servant (département du Puy de Dôme - 63).

Les résultats des investigations complémentaires menées sur la qualité du sol par GEODERIS en avril 2017 au droit du Mazet (commune d'Echassières) sont intégrées au présent volet sanitaire.

1.4 DOCUMENTS CONSULTES

Les documents remis par GEODERIS sont :

- Secteur de Nades : fiches de dépôts issues de l'inventaire DDIE « 03_0044_A_T1 / 03_0044_B_T1 / 03_0044_A_T2 », GEODERIS ;
- Secteur des Montmins : fiches de dépôts issues de l'inventaire DDIE « 03_0070_A_T1 / 03_0070_A_T2 / 03_0070_A_T3 / 03_0070_A_T5 / 03_0070_A_T6 / 03_0070_A_T7 / 03_0070_A_T9 / 03_0070_B_T1 / 03_0070_C_T1 », GEODERIS ;

complétés par l'étude environnementale de 2013 :

- « Barrage du Cotillon, ancien site minier de Montmins (Echassières – 03330), Premiers résultats des investigations de terrain de juillet 2013 », INERIS-DRC-13-139688- 0924A.

En termes de référentiels, l'INERIS a mené cette étude conformément aux règles de l'art, aux recommandations des documents et méthodologies applicables, en s'appuyant 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) ;

- les guides méthodologiques du Ministère de l'Environnement, datés du 08 février 2007, relatifs aux « diagnostics du site », au « schéma conceptuel et modèle de fonctionnement », à l' « Interprétation de l'Etat des Milieux (IEM) » (MEDD, 2007) ;
- 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 propositions méthodologiques sur les conditions de mise en œuvre de la démarche d'interprétation de l'état des milieux en contexte d'après-mine, GEODERIS, rapport N2015/014DE-15NAT24080, 9 avril 2015 ;
- les autres réglementations et normes en vigueur à la date des études et actuellement ;
- les connaissances scientifiques et techniques disponibles au moment de sa réalisation.

2 CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL

Le contexte environnemental est présenté dans le rapport de GEODERIS (référence en attente). Seuls sont présentés ci-après la localisation des anciens dépôts miniers, le périmètre de l'étude investigué par l'INERIS et le contexte géologique nécessaire à la recherche ultérieure des zones témoin.

2.1 LOCALISATION DES DEPOTS

La majorité des anciens dépôts de résidus miniers se situe dans le département de l'Allier (région Auvergne-Rhône-Alpes) sur les communes d'Echassières (03330) et de Nades (03450) à 50 km au nord de Clermont-Ferrand.

Un dépôt est situé sur la commune de Servant (63560), département du Puy de Dôme (région Auvergne-Rhône-Alpes).

Les dépôts sont pour la majorité des cas recouverts par une végétation dense et/ou boisée, excepté 03_0070_C_T1 (commune de Servant), 03_0070_A_T1, 03_0070_A_T3, 03_0070_A_T7, et 03_0070_A_T9 (commune d'Echassières).

Sur la commune d'Echassières, les anciennes installations minières et les dépôts du Mazet sont situés à un point topographique bas (535 m NGF) par rapport aux lieux-dits Montmins/ Bourse/ Montmiand (545-550 m NGF).

Les abords immédiats sont constitués de parcelles agricoles (pâturages, grandes cultures), de bois ou d'habitations individuelles.

La rivière Bouble circule en contrebas du barrage du Cotillon (à 1,5 km de distance environ) et des dépôts miniers, dans le sens d'ouest en est.

Au centre de la commune de Nades, aucun réseau hydrographique permanent n'est identifié au plus près des dépôts 03_0044_A_T1 et 03_0044_A_T2.

La localisation des dépôts est présentée en Figure 1 (zone I), Figure 2 (zone II), et Figure 3 (zone III). Le zonage du périmètre d'étude est illustré en Figure 4.

Figure 1 : localisation des dépôts de stériles miniers (zone I)

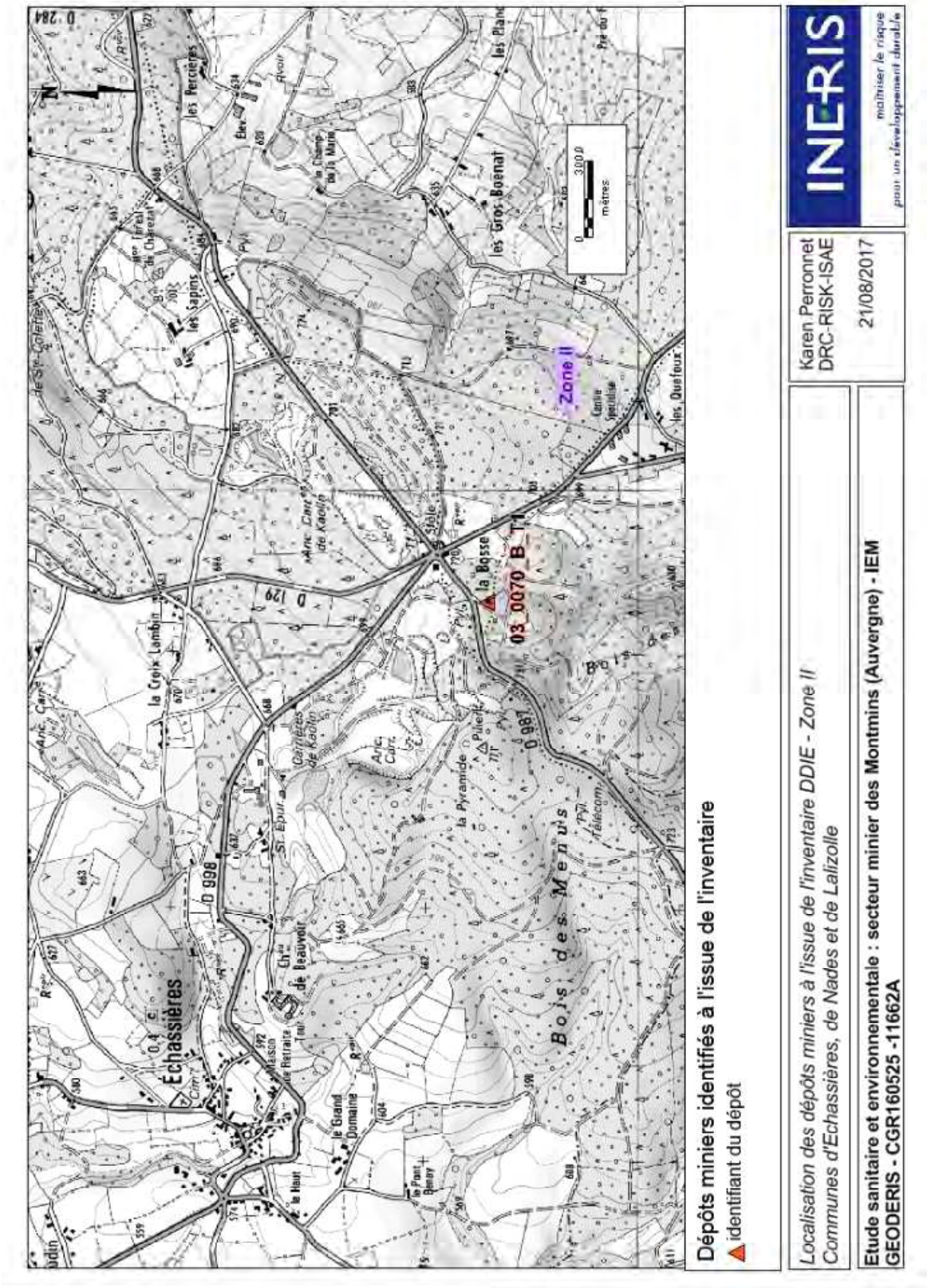


Figure 2 : localisation des dépôts de stériles miniers (Zone II)

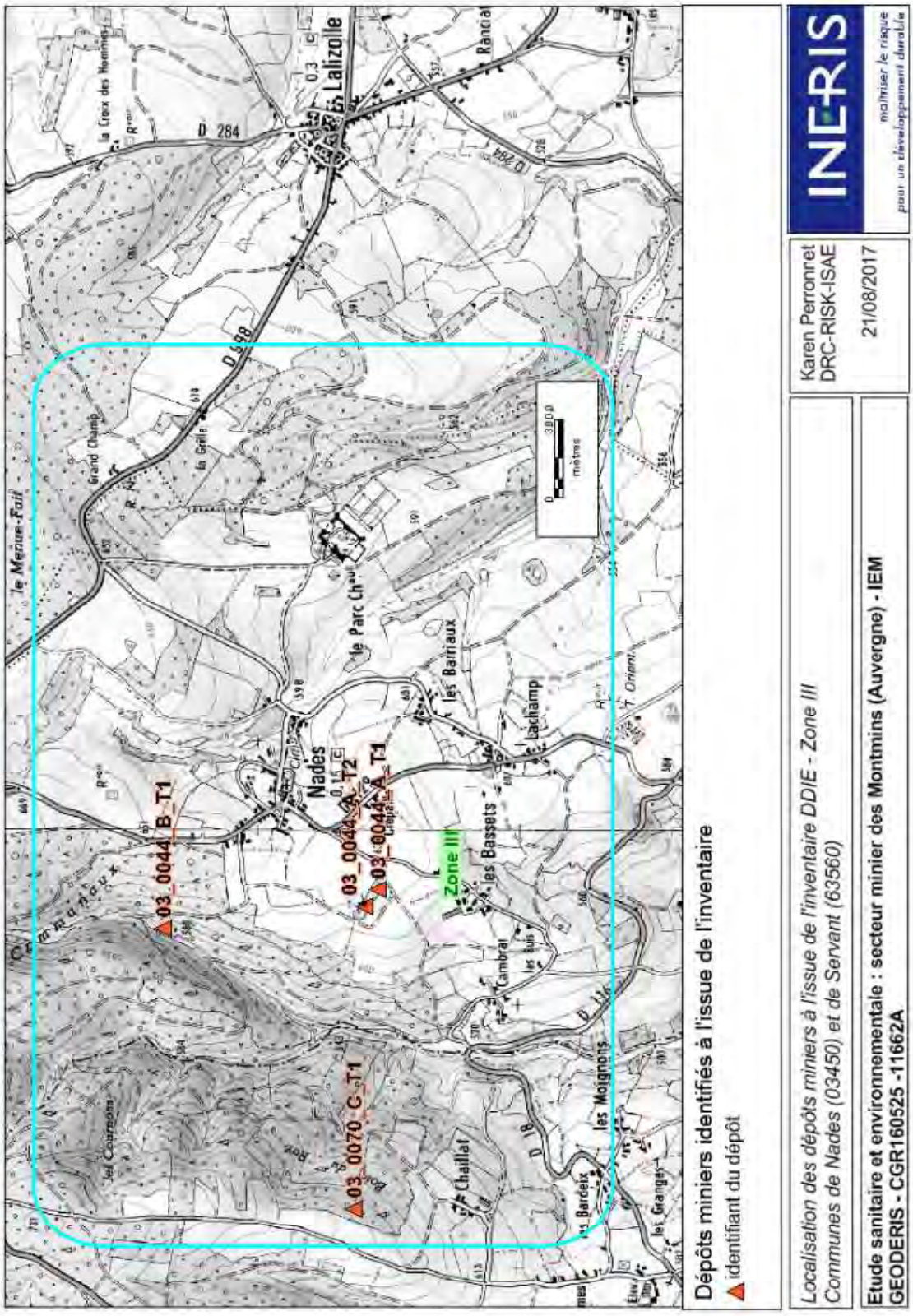


Figure 3 : localisation des dépôts de stériles miniers (zone III)

2.2 ZONAGE DU PERIMETRE INVESTIGUE

La zone d'étude a été divisée en 3 zones pour faciliter la présentation des résultats :

- la Zone I comprend 1/ les dépôts miniers de l'ancienne exploitation de tungstène implantés sur la commune d'Echassières aux lieux-dits Mazet/Juillats, 2/ les habitations les plus proches ainsi que 3/ les berges de la Bouble jusqu'à son intersection avec la RD68 soit un linéaire d'environ 5 km en ligne droite entre la confluence Cotillon/Bouble et la RD68. La Bouble est incluse dans le périmètre d'étude en raison de sa section située en aval hydraulique des anciens bassins de décantation et du marquage environnemental par le tunsgtène mis en évidence lors des investigations de 2013.

  Deux lieux-dits situés à l'ouest des anciens bassins de décantation du Mazet ont été intégrés au périmètre d'étude en raison de suspicions d'anomalies en arsenic, suite à des teneurs élevées mesurées lors des investigations de 2013 :

  - Montmiand (puits privé affichant une teneur en arsenic de 110 µg/L - ESOUT SITE 2) situé à 280 m environ à l'ouest du site du Mazet ;
  - La Croze (traversé par un ruisseau se jetant en aval hydraulique du barrage du Cotillon et affichant de fortes teneurs en arsenic dans l'eau avec 500 µg/L et dans les sédiments avec 3 870 mg/kg, situé à moins de 800 m à l'ouest du site minier.

  Cette zone I s'étend sur les communes d'Echassières, de Louroux de Bouble et de Vernusse ;

- la Zone II comprend les dépôts miniers identifiés au nord de la commune de Nades, au niveau du Carrefour de la Bosse (zone chevauchant les communes de Nades, de Lalizolle et d'Echassières). Les dépôts ne sont pas dénombrés et leur contour non délimité car leur dissémination apparaît étendue au niveau d'une zone actuellement boisée ;

- la zone III comprend les 3 dépôts miniers en lien avec l'exploitation d'antimoine, identifiés sur Nades (lieu-dit Crépaille) et Servant (lieu-dit Chaillats).

Figure 4 : zonage du périmètre d'étude

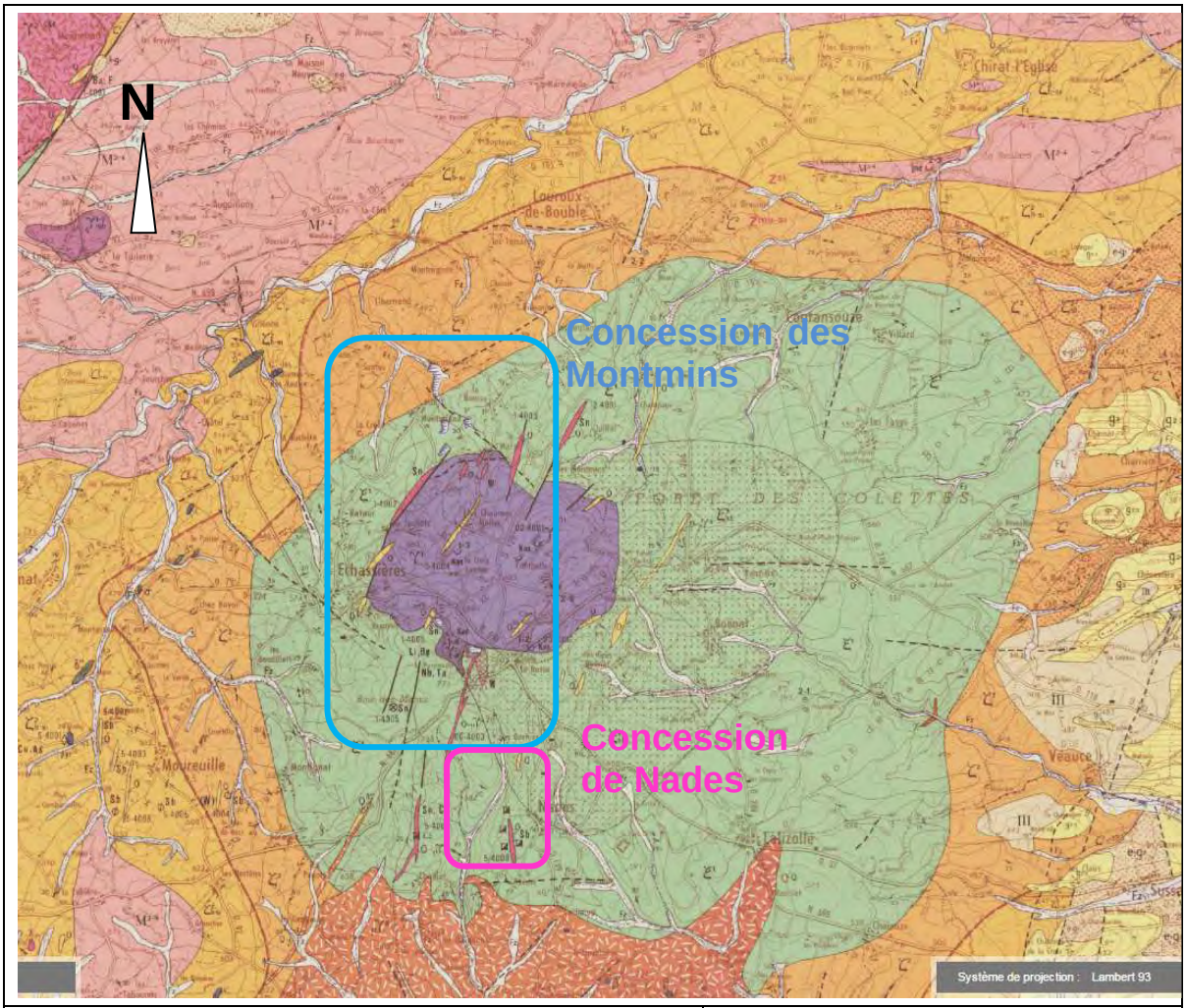
2.3 GEOLOGIE REGIONALE

D'après la carte géologique au 1/50 000ème de Gannat (BRGM, n°645), la zone d'étude recoupe sept unités géologiques (voir extrait en Figure 5) :

- les micaschistes à deux micas (ε^1) qui font partie de la série des schistes cristallins de la vallée de la Sioule, au milieu desquels les granites des Colettes et de Beauvoir affleurent ;
- les micaschistes à staurotide ($\varepsilon^1{}_{st}$) visibles au Carrefour de la Bosse ;
- les gneiss à deux micas (ζ^2) ;
- les gneiss à biotite et silimanite ($\zeta^2{}_{b\text{-}si}$) ;
- le granite porphyroïde à deux micas (γ^1) ;
- le granite à albite lépidotite de Beauvoir ($\gamma^1{}_{al}$) ;
- les migmatites sans cordiérite le long de la Bouble, au-delà du Bois de Mai ($M^{3\text{-}4}$).

Il apparait que le micaschiste autour des intrusions granitiques est affecté par des filons, majoritairement de quartz, riches en wolfram (W), ou en stibine (antimoine – Sb) et or, selon les endroits.

La richesse minéralogique de ce massif a conduit à son exploitation depuis le milieu du XIXème siècle, avec notamment l'exploitation actuelle du kaolin en carrières (Carrefour de la Bosse) et l'ancienne exploitation minière de wolfram (Echassières) et d'antimoine (Nades).



Fz Alluvions récentes

Micaschistes à deux micas, micaschistes leucocrates, chloritoschistes

Micaschistes à staurotide

Gneiss à deux micas

Gneiss à deux micas et silimanite

Gneiss à biotite et silimanite
Gneiss amphiboliques

Microgranite subalcalin porphyrique de Pouzol-Servant et filons microgranitiques

Granite porphyroïde à deux micas

Granite à albite -lépidotite

Quartz

Filon minéralisés:
1- orienté d'extension réduite 2- en grandeur réelle

Stockwerks
1- de petite dimension, ou non délimité 2- en grandeur réelle

Minéralisation disséminée
Zone à "volantes" (ex: wolfram)

Sn étain
Sb Antimoine
W Wolfram
Nb, Ta Niobium - Tantale
Be Beryllium
Cu Cuivre

Migmatites (M^{3-4})

Limite approximative des concessions.

Les secteurs des Montmins et de Nades se superposent.

Echelle originale 1/50 000ème / échelle approximative : 14 km = largeur de l'extrait

Figure 5 : extrait de la carte géologique du périmètre d'étude (source BRGM, feuille Gannat, n°645)

3 USAGES ET ENJEUX

Les communes dans le périmètre d'étude sont considérées comme rurales (population < 400 habitants).

Les mairies d'Echassières, Louroux de Bouble et Nades ne disposent pas de la liste des puits privés sur leur commune.

3.1 USAGES CONSTATES SUR LA ZONE I

Les illustrations sont présentées en *Figure 6*.

3.1.1 HABITATS

Autour du dépôt principal 03_0070_A_T1 et des bassins de décantation, l'habitat est constitué principalement de maisons individuelles avec des pelouses, des espaces verts, des jardins potagers, pour certains de taille importante. Des puits privés destinés à l'arrosage des jardins potagers sont recensés.

Un résident permanent développe une activité de gîte sur la parcelle adjacente à son habitation (voir paragraphe tourisme).

Un résident permanent organise la vente directe des fruits de son verger et envisage de développer une activité de chambre d'hôte. Des volailles et des lapins sont élevés mais seuls les œufs sont auto-consommés.

Un résident permanent rénove d'anciens bâtiments miniers et y habite. Aucun jardin potager n'est cultivé.

3.1.2 ETABLISSEMENT RECEVANT DU PUBLIC

Aucun établissement recevant du public (ERP) n'est recensé à proximité des anciens dépôts miniers.

Aucune zone de jeux pour enfants n'est aménagée à proximité des anciens dépôts miniers.

3.1.3 TOURISME, RANDONNEES ET AUTRES ACTIVITES DE LOISIRS

La commune d'Echassières est connue pour son passé minier et attire notamment des personnes passionnées par les roches et la géologie. Des parcours thématiques ont été aménagés en ce sens (*Annexe 1*) :

- parcours « Wolframine » organisé par le musée Wolframine avec un guide dont le départ commence au musée précité. La randonnée, longue de 7,5 km, passe à côté des dépôts du Mazet 03_0070_B_T5 et 03_0070_A_T3, situés notamment au sud-est. Le parcours traverse les lieux-dits les « Montmins » et les « Chaumes Molles ». Ce parcours est entretenu par des entreprises extérieures (coupe de la végétation) sur une portion à la

demande de la SMAT[3], et par un propriétaire au niveau du Mazet. Aucune zone de repos n'est aménagée sur le parcours proche du Mazet ;

- parcours « Rando-Train » entre Lapeyrouse et Louroux de Bouble (durée 3h30- 14 km). La traversée de la Bouble s'effectue par une passerelle au niveau du lieu-dit 'Le Roule'. Au total, sur la portion 'Le Roule – Moulin Berthon', il y a quatre passerelles traversant la Bouble aménagées pour les promeneurs.

La commune de Louroux de Bouble héberge un club communal de randonneurs et indique une forte fréquentation des chemins passant par la Grande Côte ou Marquefaille (lieux-dits situés sur la rive gauche de la Bouble). Aucun aménagement spécifique (banc, table) n'est mis en place sur les chemins communaux.

Au plus près des berges, sur la commune de Louroux de Bouble, aucune zone de détente n'est spécifiquement aménagée mais il est possible de stationner des véhicules au plus près et d'accéder à la rivière sur différents spots (lisière du Bois Mai, RD185). De même, aucune zone de baignage n'est aménagée mais, lors de fortes chaleurs, il est possible de se baigner à hauteur du Moulin de Berthon au niveau d'une retenue d'eau, en amont de la cascade. Deux planches à voile étaient posées sur les berges lors de la phase d'investigations.

Le Moulin de Berthon situé à plus de 4 km à l'est de la confluence du Cotillon avec la Bouble (position aval hydraulique) offre la possibilité de réserver des gîtes ou chambres d'hôte. Il est situé sur la commune de Vernusse. Un bief est détourné de la Bouble pour alimenter l'ancien moulin. Un jardin potager est aménagé sur les flancs. Le site dispose d'un plan d'eau privé avec activité de pêche, d'une table de pique-nique à l'extrémité ouest de la propriété. La présence de poteaux de discatcher[4] laisse supposer une activité de lancer de disque proposée aux clients. Comme convenu avec GEODERIS, le Moulin de Berthon n'a pas été inclus dans le périmètre de la présente étude.

3.1.4 VESTIGES MINIERS

A proximité du dépôt 03_0070_B_T5, quelques bâtiments datant de l'exploitation de la mine sont encore présents et ont été transformés en habitat (ancien transformateur électrique transformé en résidence secondaire).

Deux anciens ouvrages (probablement des décanteurs), fortement attaqués par la rouille, sont envahis par la végétation.

En revanche les anciens laboratoires et d'autres bâtiments sont abandonnés et sont dans un état de dégradation avancé suscitant l'inquiétude des riverains (risque d'effondrement, de chute). La *Figure 7* présente une photographie, non datée, à l'époque de l'exploitation minière. Sont identifiables les laboratoires, le

[3] SMAT : syndicat mixte pour l'aménagement touristique localisé à Ebreuil

[4] Corbeille avec chaines métalliques réceptionnant les disques lancés manuellement par les joueurs

transport du minerai par voie aérienne (en arrière-plan), les bassins de décantation au premier plan avant leur mise en eau.

Résurgences minières :

Elles sont au nombre de 3 sur la zone I :

- Au milieu du bois de Juillat, sur la commune d'Echassières - parcelles cadastrales ZE14 et ZE15. La résurgence était à sec lors des investigations de septembre 2016 laissant place à une immense zone marécageuse ;
- Au niveau du bois de Juillat, au pied du dépôt 03_0070_A_T3, elle a fait l'objet de prélèvements environnementaux en 2013, à hauteur de la route départementale (échantillons ESUP et SED Mazet), montrant un marquage environnemental en tungstène de l'eau et des sédiments. L'eau est accessible pour l'abreuvage aux animaux d'élevage présents sur les parcelles ZD34 et ZD31 longées par la résurgence ;
- Au lieu-dit La Bourse, à l'extrémité sud de la parcelle ZD79-80 abritant des habitations et des cultures de céréales, une mare située à proximité d'un ancien puits minier et de résidus miniers (zone boisée) se remplit occasionnellement d'eau dont l'origine pourrait être minière. Aucun usage sensible de l'eau n'est identifié (à sec lors des investigations de septembre 2016).

3.1.5 AGRICULTURE

Autour des dépôts 03_0070_A_T2 /T3 /T6, l'usage des sols est agricole (pâturage, grandes cultures).

La majorité des cheptels pâturant sur les parcelles longeant la Bouble a accès à la rivière pour s'abreuver (accès partiel ou total à la rivière). Il s'agit principalement de bovins de race à viande (Salers, Charolais) et de quelques moutons. Les cheptels bovins s'élèvent à 200 têtes.

Aucun pompage d'eau dans la rivière n'est rapporté.

3.1.6 AUTRES USAGES

La Bouble est une rivière de 1ère catégorie pour la pêche (truite…). De nombreuses associations de pêche sont recensées :

- AAPPMA[5] de Louroux de Bouble (20 adhérents environ) :
- AAPPMA 'la Gaule d'Echassières' (15-20 adhérents) pour la zone de pêche de 10 km s'étendant du Moulin Saute-Loup (commune de Dumignat – Puy de Dôme 64) à La Villonne (commune d'Echassières). Les prises ne sont pas commercialisées (auto-consommation/ relâche).

Des sociétés de chasse sont aussi recensées, dont celles relevant des communes de :

- Echassières (20 adhérents environ) opérant sur toute la commune sauf la forêt domaniale. Les animaux chassés sont : sanglier, lièvre, chevreuil, perdrix/faisan (issus de lâchers) ;

[5] AAPPMA : Association Agréée de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique

- Louroux de Bouble (30 adhérents environ).

Le SMAT projette des travaux d'aménagement des berges de la Bouble (travaux prévus en 2016 et reportés à 2017) pour éviter que le bétail ne piétine dans la rivière sur la section située entre l'intersection avec la RD185 et le Moulin de Boutevin et pour éliminer les embâcles (barrages naturels).

Bouble : gué et passerelle à proximité du Moulin de Boutevin (LOU)	Zone d'abreuvage (accès direct à la Bouble) à proximité du Moulin de Boutevin (LOU)	Cheptel bovin en pâture avec accès à la Bouble en arrière plan (LOU)
Vestige minier sur le parcours Wolframine (ECH)	Berge de la Bouble accessible au niveau du Bois Mai – sentier non balisé (LOU)	Passerelle pour piéton enjambant la Bouble, à proximité du Moulin Berthon - sentier balisé (LOU/VER)
Fléchage des randonnées au carrefour de la Bosse, à proximité du musée (ECH/NAD/LAL)	Gîte (ECH)	

Commune : ECH : Echassières/ LOU : Louroux de Bouble/ NAD : Nades/ LAL : Lalizolle/ VER : Vernusse

Figure 6 : photographies des usages sur la zone I (septembre 2016)

Figure 7 : bâtiments en place lors de l'exploitation minière
(source : propriétaire des parcelles ZD79-80)

3.1 USAGES CONSTATES SUR LA ZONE II

L'illustration des usages est présentée en *Figure 8*.

3.1.1 HABITATS

L'habitat est peu développé au Carrefour de la Bosse. Quelques maisons individuelles avec ou sans jardin potager sont recensées à plus de 200 m au nord-est du dépôt 03_0070_B_T1.

3.1.2 ETABLISSEMENT RECEVANT DU PUBLIC

Un établissement recevant du public (ERP) est recensé au lieu-dit du carrefour de la Bosse, à plus de 200 m au nord-est du dépôt 03_0070_B_T1. Il s'agit du Musée Wolframine actuellement fermé et dont la reprise par la Mairie est à l'étude. Environ 7 000 visiteurs/an sur la période d'avril à septembre sont accueillis annuellement, ainsi que les groupes scolaires pour la partie exposition. Le musée organise des randonnées thématiques sur les chemins balisés.

Aucune zone de jeux pour enfants n'est aménagée à proximité des anciens dépôts miniers. Toutefois, une aire de pique-nique (tables) est adossée au musée, la zone est majoritairement enherbée, à l'ombre de grands arbres.

3.1.3 TOURISME, RANDONNEES ET AUTRES ACTIVITES DE LOISIRS

De même que pour la zone I, la zone II est connue pour son passé minier et attire notamment des personnes passionnées par les roches et la géologie. Des parcours thématiques ont été aménagés en ce sens (*Annexe 1*). Le parcours « Wolframine » démarre au musée.

<table>
<tr>
<td>

ECH – façade du musée Wolframine, au carrefour de la Bosse

NAD – fléchage du sentier de randonnée PR5</td>
<td>
LAL – départ du sentier de randonnée PR5 ‘sentier des minerai’ à partir du Carrefour de la Bosse</td>
</tr>
</table>

Commune : ECH : Echassières/ NAD : Nades/ LAL : Lalizolle

Figure 8 : principaux usages identifiés autour des anciens dépôts miniers identifiés dans le cadre de l'inventaire DDIE – zone II (septembre 2016)

3.2 USAGES CONSTATES SUR LA ZONE III

3.2.1 HABITATS

En termes d’habitations, sur la commune de Nades, il s’agit principalement de maisons individuelles avec des pelouses, des espaces verts, des jardins potagers, pour certains de taille importante. Les premières habitations sont à environ 200-300 m au nord et à l’est du dépôt 03_0044_A_T2.

Sur la commune de Servant, les premières habitations sont situées à plus de 300 m au sud-est du dépôt 03_0070_C_T1, au lieu-dit Chaillat.

De nombreux points d’eau sont accessibles sur la commune de Nades (mare, fontaine le long des routes où l’eau affleure) ; plusieurs puits privés ont été identifiés.

3.2.2 ETABLISSEMENT RECEVANT DU PUBLIC

La salle polyvalente communale de Nades, assimilée à un établissement recevant du public (ERP) est située à 250 m au nord-est du dépôt 03_0044_A_T2.

3.2.3 TOURISME, RANDONNEES ET AUTRES ACTIVITES DE LOISIRS

Aucun usage sensible n'a été recensé autour du dépôt 03_0044_B_T1, hormis un chemin de randonnée (bois des communaux).

Ainsi, les randonnées identifiées concernent (voir *Annexe 1*) :

- la balade équestre balisée « Equi'Sioule » au nord du lieu-dit « les Chaillats » qui emprunte le sentier forestier ;
- le sentier des minerais (PR5) passant à proximité du dépôt minier de Servant ainsi que de ceux de la commune de Nades (Annexe 6).

Aucun aménagement (table, banc) n'est présent sur les sentiers au plus près des dépôts. La mairie de Nades envisage pour l'année 2016-2017 de poser des bancs sur le sentier ; le projet est en suspens.

3.2.4 VESTIGES MINIERS

Sur la commune de Nades, en raison de la végétation dense au droit du dépôt 03_0044_A_T2, aucun vestige minier n'est visible sans pénétration sur la parcelle ZK5.

Aux alentours du dépôt 03_0070_C_T1 sur la commune de Servant, aucun vestige minier n'a été identifié. Ce dépôt se présente sous forme de terrain nu, sans végétation sur certaines zones.

Résurgences minières :

Deux résurgences minières ont été identifiées pendant les investigations :

- celle correspondant à la mare de la parcelle ZK102 sur la commune de Nades et dédiée à l'abreuvage de chevaux ;
- celle de la parcelle cadastrale ZK6 où seule une rigole à sec était visible en septembre 2016. Aucun usage n'a été identifié.

3.2.5 AGRICULTURE/ ACTIVITES AGRICOLES

Le dépôt 03_0070_C_T1 est bordé à l'est par le Bois du Roy serpenté par le sentier des minerais (PR5), et à l'ouest par des parcelles agricoles ou boisés.

Au lieu-dit Chaillat, est implantée une exploitation avicole avec trois bâtiments imposants où la volaille a accès à l'extérieur. Elle est localisée à 300 m à l'est du dépôt 03_0070_C_T1.

Le dépôt 03_0044_A_T2 est entouré de parcelles agricoles (prairie fauchée, grande culture) et de zone de pâturage (chevaux).

<table>
<tr>
<td>
Nades- pâture pour chevaux avec abri en contre bas du dépôt 03_0044_A_T2</td>
<td>
Nades – zone de culture au nord du dépôt 03_0044_A_T2</td>
</tr>
<tr>
<td>
Servant – Chaillat
Parcours Equi’Sioule</td>
<td>
Servant – Bois du Roy situé à l’ouest du dépôt minier (parcelle forestière adjacente). Sous-bois très vallonné,</td>
</tr>
<tr>
<td>
Nades – salle polyvalente</td>
<td>
Servant – Chaillat : exploitation avicole à la lisière du Bois du Roy</td>
</tr>
</table>

Figure 9 : principaux usages identifiés autour des anciens dépôts miniers identifiés dans le cadre de l'inventaire DDIE – zone III (juillet et septembre 2016)

4 SCHEMA CONCEPTUEL PRELIMINAIRE

L'élaboration d'un schéma conceptuel préliminaire, basé sur les informations acquises par l'étude historique, documentaire et l'enquête des usages, 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 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 (jardins potagers).

Au regard des usages constatés (habitats résidentiels, jardins potagers, élevage d'animaux, activités de loisirs comme la randonnée) et des caractéristiques physico-chimiques des substances, les voies d'exposition potentielles, directes ou indirectes, pour les populations humaines, comprennent :

– l'ingestion de terre et de particules issues du sol (principalement pour les enfants de moins de 6 ans) ;
– l'ingestion de légumes potagers cultivés dans des jardins potentiellement contaminés par le sol, le ré-envol ou l'arrosage avec de l'eau potentiellement contaminée ;
– l'ingestion d'eau potentiellement contaminée plus particulièrement lors d'activités de loisirs comme la baignade ;
– l'ingestion de produits de la pêche ayant accumulé des contaminants potentiellement présents dans l'eau ou les sédiments ;
– 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, viande) susceptibles d'avoir accumulés des contaminants lors d'ingestion de sols, d'herbages, d'eau potentiellement contaminée ;
– l'ingestion de viande de gibiers susceptibles d'avoir accumulé des contaminants lors d'ingestion d'herbages, d'eau potentiellement contaminée (cf. la chasse étant une activité de loisirs) (voie d'exposition indirecte) ;
– l'ingestion de poussières déposées sur les planchers des bâtiments[6].

Au regard des caractéristiques des dépôts de résidus, du contexte boisé du périmètre d'étude et de l'éloignement des habitations par rapport à ces derniers, l'exposition par ingestion de poussières à l'intérieur des habitations particulièrement par les enfants n'apparait pas comme une voie d'exposition pertinente et n'a donc pas été retenue dans le schéma conceptuel préliminaire. De plus aucun enfant de moins de 6 ans habite de manière permanente sur les résidences investiguées. Ainsi, aucune caractérisation de cette voie d'exposition n'a été conduite dans le cadre de la campagne de terrain. Cette démarche apparaît proportionnée.

[6] En ce qui concerne les poussières déposées sur les planchers des habitations, les origines du phénomène peuvent être : 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.

– l'inhalation de poussières issues des sols. Pour les mêmes raisons l'exposition par inhalation de poussières n'a pas été retenue comme une voie d'exposition pertinente dans le schéma conceptuel préliminaire. Ainsi, aucune caractérisation de cette voie d'exposition n'a été conduite dans le cadre de la campagne de terrain. Cette démarche apparaît proportionnée (cf. section ultérieure).

La Figure 10 présente le schéma conceptuel préliminaire avec les expositions potentielles.

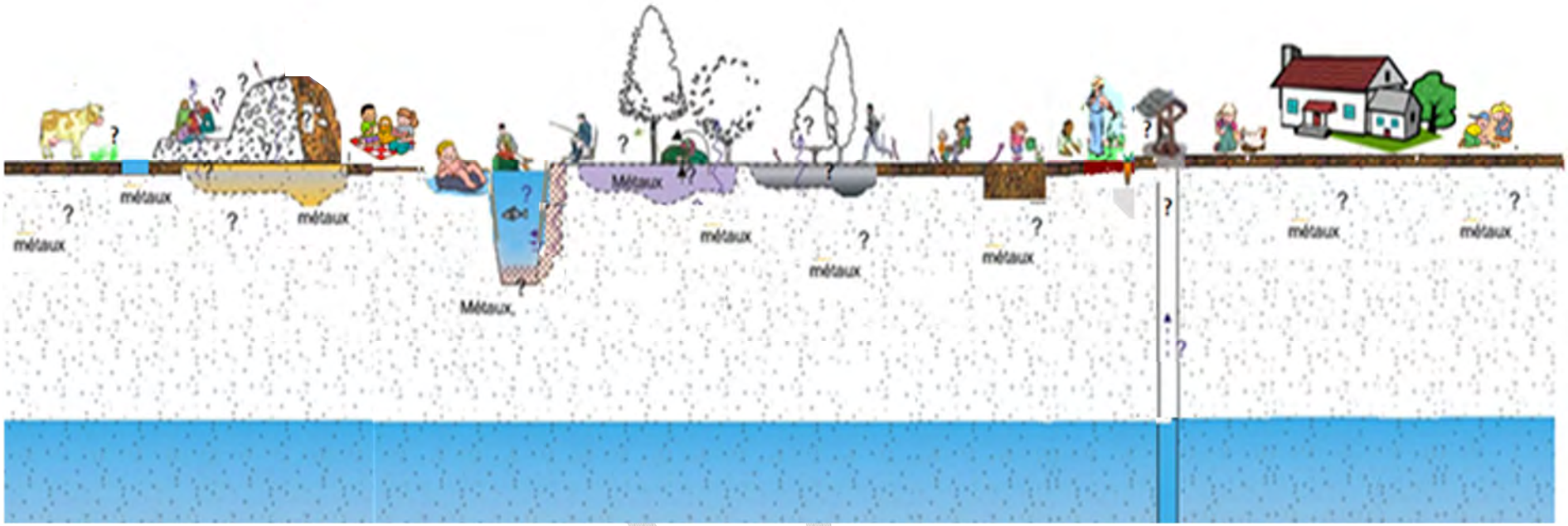


Figure 10 : schéma conceptuel préliminaire

Voies principales d'exposition	Enjeux
Ingestion non intentionnelle de terre *(Ingestion de poussières déposées sur les planchers des bâtiments)** Ingestion de végétaux potagers Ingestion de poissons Ingestion de viande (élevages domestiques, bovins, ovins, gibier, etc.) ou de produits dérivés (lait, etc.) Ingestion d'eau *(Inhalation de particules)**	Enfants et adultes

** voie non retenue en première approche*

PROJET

5 INVESTIGATIONS DE TERRAIN

5.1 OBJECTIFS DE LA CAMPAGNE D'INVESTIGATIONS

Les objectifs de la campagne d'investigations sont de :

- caractériser les milieux d'exposition que sont notamment les sols de surface où des usages sensibles ont été identifiés, les eaux souterraines et de surface captées ainsi que les végétaux cultivés et consommés par les usagers ;
- acquérir les informations sur les paramètres d'exposition des usagers (présence d'enfants, leur âge, la consommation de végétaux autoproduits, etc.) ;
- caractériser l'environnement local témoin pour les sols, les eaux superficielles et souterraines potentiellement captées, les fruits et légumes, dans des zones hors influence de l'activité minière ;
- compléter la caractérisation des sources de pollution, identifiées par ailleurs dans le cadre du volet environnemental (BRGM, GEODERIS) et la phase documentaire (GEODERIS).

5.2 STRATEGIE D'INVESTIGATIONS

Les investigations de terrain ont été conduites par l'INERIS du 12 au 23 septembre 2016.

La campagne de mesures a été proportionnée et orientée en fonction des enjeux sanitaires identifiés au travers du schéma conceptuel préliminaire. La stratégie d'investigations a été élaborée en fonction des objectifs présentés en 5.1. et a fait l'objet d'une validation par GEODERIS (élaboration collective du plan d'échantillonnage). L'INERIS a procédé à l'implantation des points de prélèvement et de mesure en fonction des contraintes de terrain, sur la base du plan prévisionnel d'investigations.

Les investigations ont été principalement réalisées dans des lieux d'exposition potentielle des populations (dont les jeunes enfants), à savoir les habitations avec pelouse et/ou jardins potagers, les zones de loisirs (randonnées) et les établissements publics.

En concertation avec GEODERIS, la zone d'étude a été étendue à des zones présentant potentiellement des anomalies mises en évidence lors des investigations de 2013 (INERIS-DRC-13-139688- 0924A), à savoir sur la commune d'Echassières :

- les terres agricoles/forestières du lieu-dit La Croze, abritant la source se rejetant en aval du barrage du Cotillon (anomalie en arsenic des sédiments et de l'eau de surface) ;

- les habitations au lieu-dit Montmiand (jardins potagers, puits) suite à l'identification d'une forte teneur en arsenic dans l'eau d'un puits privé non utilisé.

  Les résultats acquis au lieu-dit Montmiand seront traités à part (dans le chapitre des incertitudes), car l'anomalie en arsenic n'est pas considérée comme étant liée à l'exploitation de la mine de tungstène mais plutôt comme étant d'origine naturelle.

La zone d'étude a aussi été étendue aux pâtures longeant la rivière Bouble sur lesquelles le cheptel a accès à la rivière pour s'abreuver, en vue d'identifier un éventuel marquage des sols par les sédiments miniers riches en tungstène, par exemple.

Le plan d'échantillonnage a également tenu compte de l'accord et de la disponibilité des propriétaires durant les périodes d'investigations. Ainsi les parcelles suivantes n'ont pu être investiguées en raison du refus des propriétaires :

- commune d'Echassières :
  - ZD71 (lieu-dit Montmiand) habitation abritant le puits investigué en juillet 2013 et présentant une eau fortement chargée en arsenic ;
  - ZD77 et ZD38-39 (lieu-dit Mazet) : habitations ;
  - AL25 (lieu-dit Carrefour de la Bosse) : habitation ;
- commune de Nades : ZK120-124 (lieu-dit Crépaille), habitation.

Les pâtures ZD24-ZD31 n'ont pu être investiguées sur la commune d'Echassières.

Il a par ailleurs été convenu avec GEODERIS de ne pas mener d'investigations sur les parcelles cadastrales ZD7 (a à n), ZD48, ZH29, ZH30, ZD64 et ZD65 dans le cadre de cette présente campagne pour des raisons d'autorisation et de sécurité. GEODERIS a procédé à 4 prélèvements de sol superficiel sur les parcelles ZD64 et ZD65 en avril 2017 (échantillons SOL-104 à 107, positionnés sur la Figure 12).

La localisation des investigations menées est illustrée sur les Figure 11 à Figure 16 : zones I-A (lieux-dits Mazet, Le Retour), I-B (zoom sur le Mazet, La Bourse), I-C (autres zones ELT sur la zone I), I-D (berges de la Bouble), la zone II et la zone III.

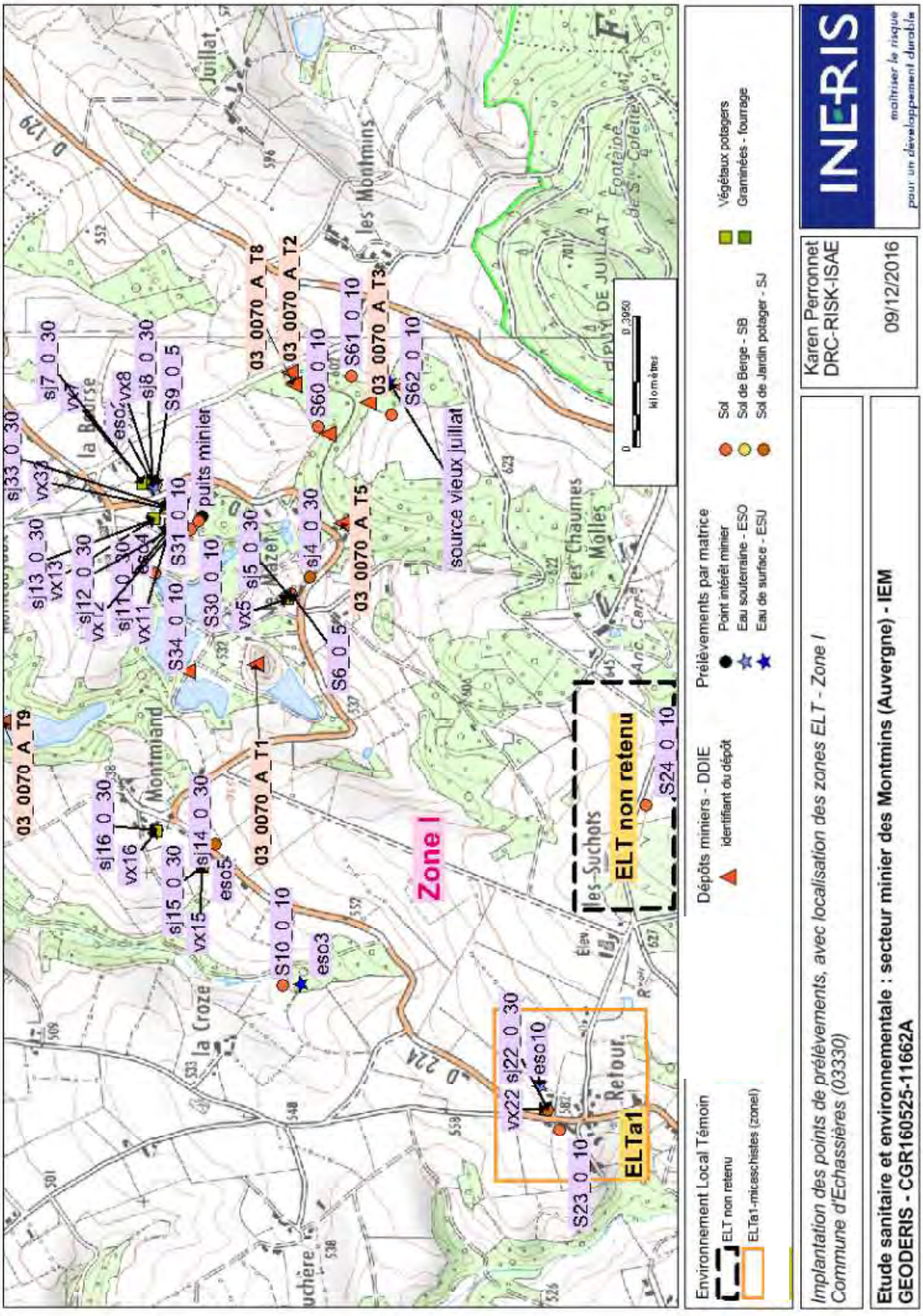


Figure 11 : localisation des points de prélèvement pour la zone I-A avec emplacement des zones ELT

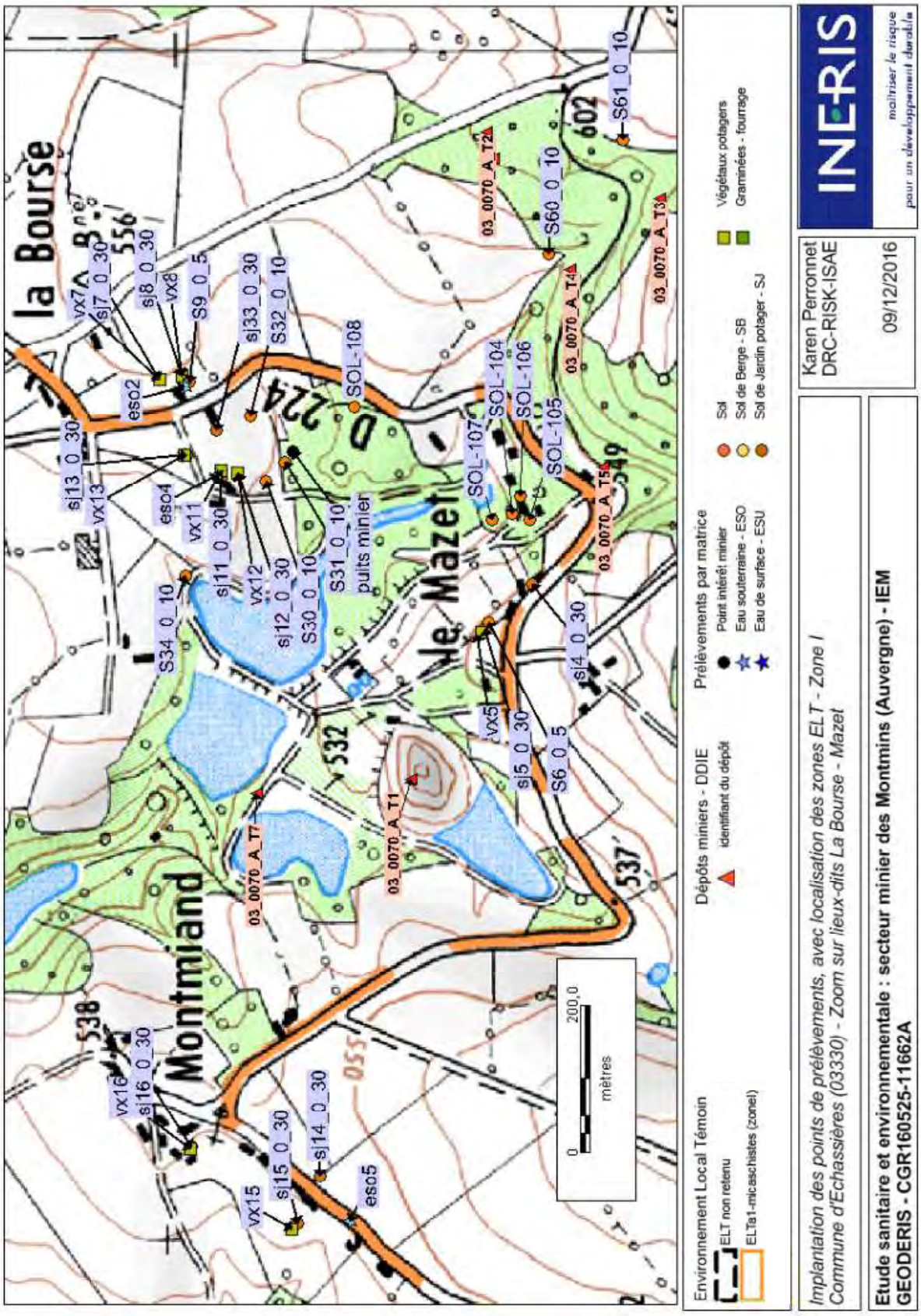


Figure 12 : localisation des points de prélèvement pour la zone I-B (zoom Mazet – La Bourse)

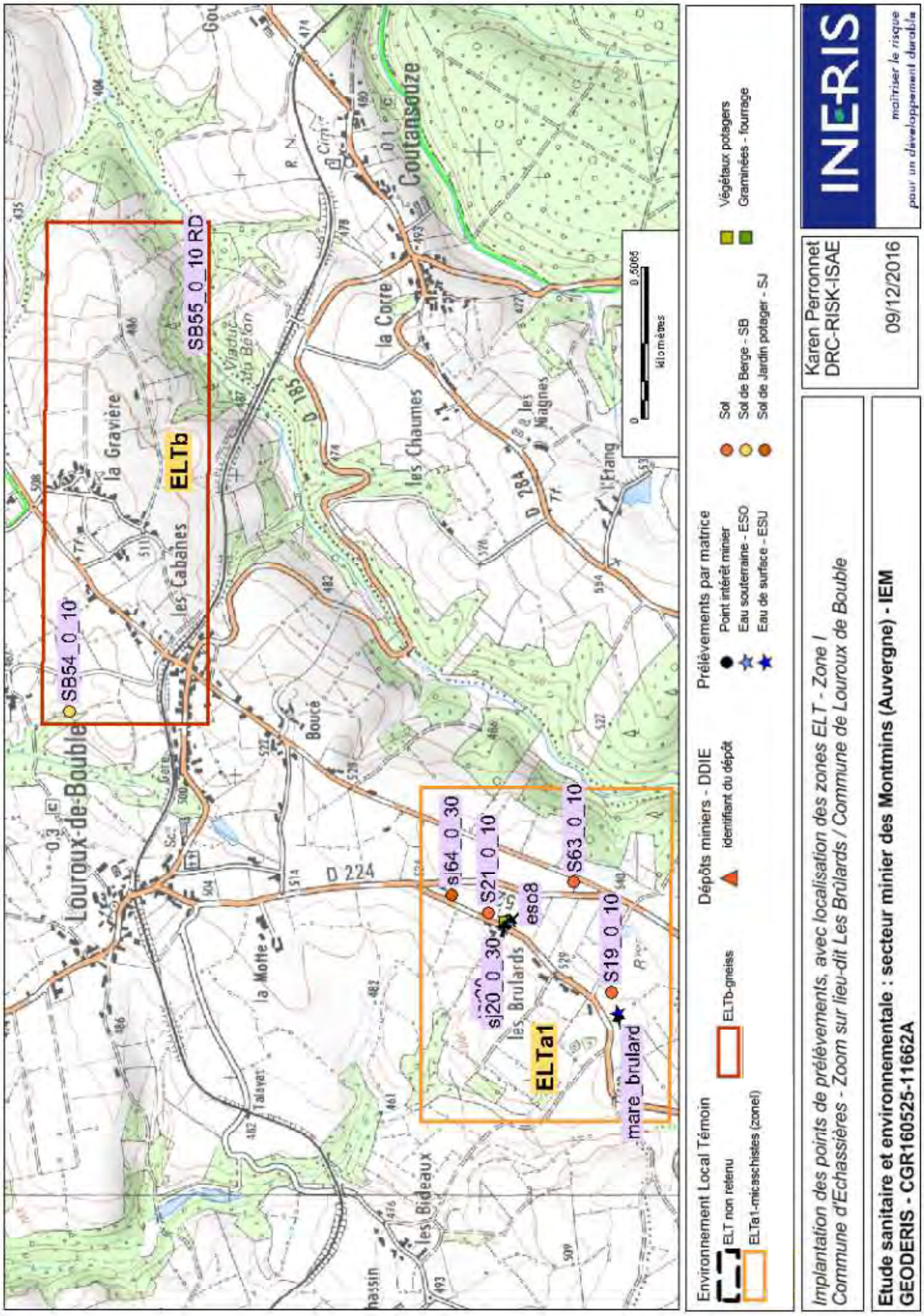


Figure 13 : localisation des points de prélèvement sur la zone I-C avec emplacement des autres zones ELT

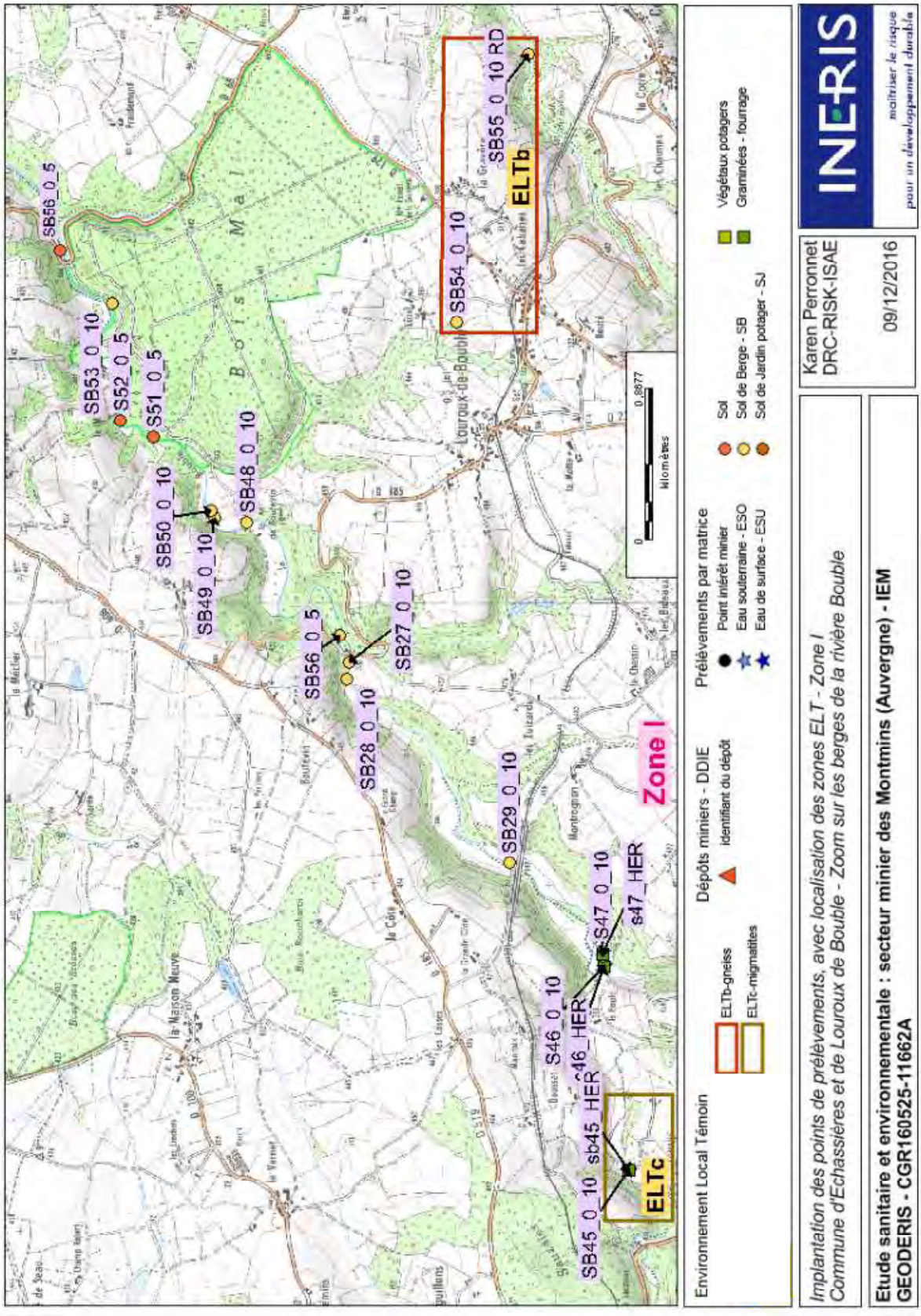


Figure 14 : localisation des points de prélèvement sur la zone I-D (berges de la Bouble) avec emplacement des zones ELT

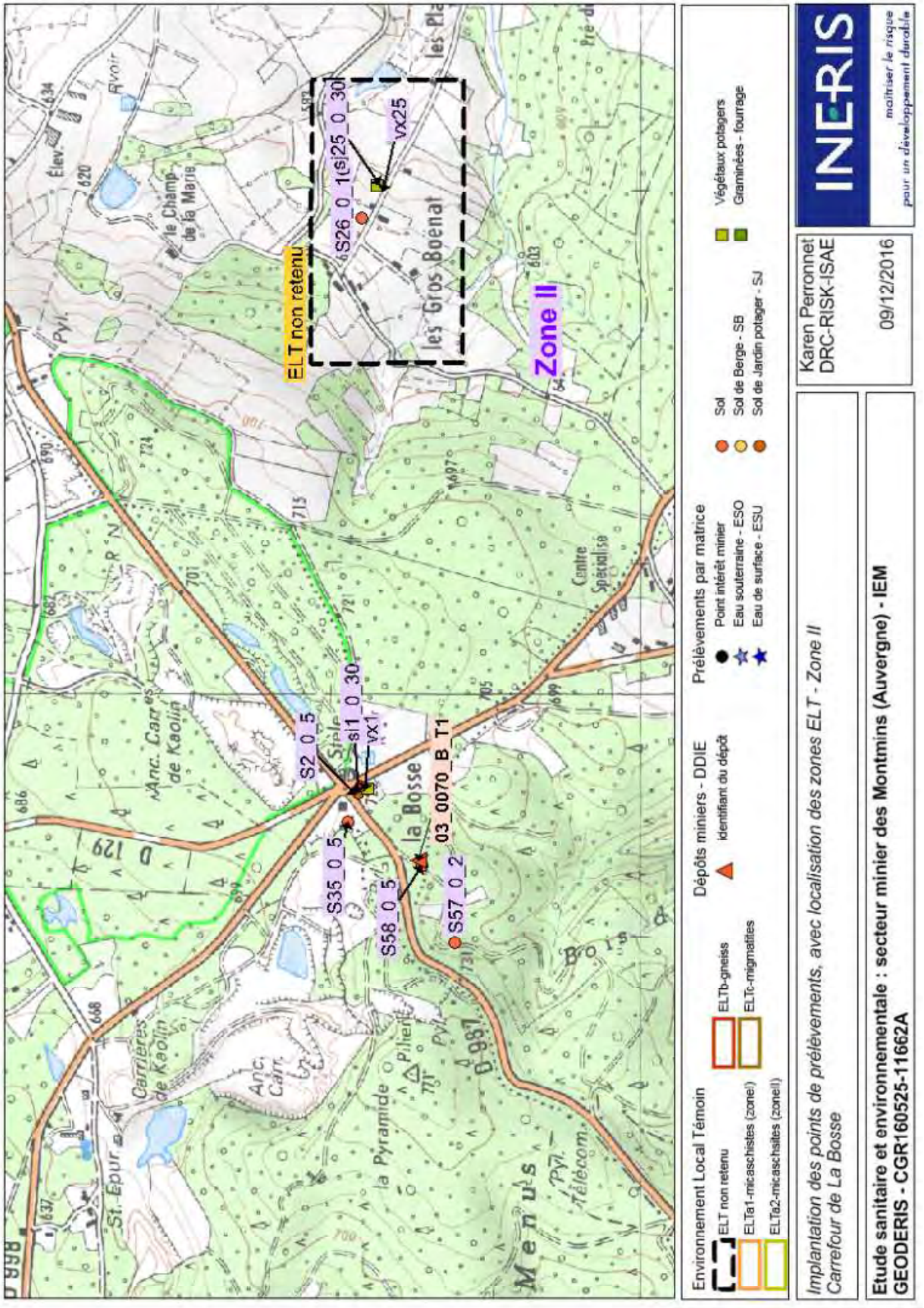


Figure 15 : localisation des points de prélèvement sur la zone II avec emplacement des zones ELT

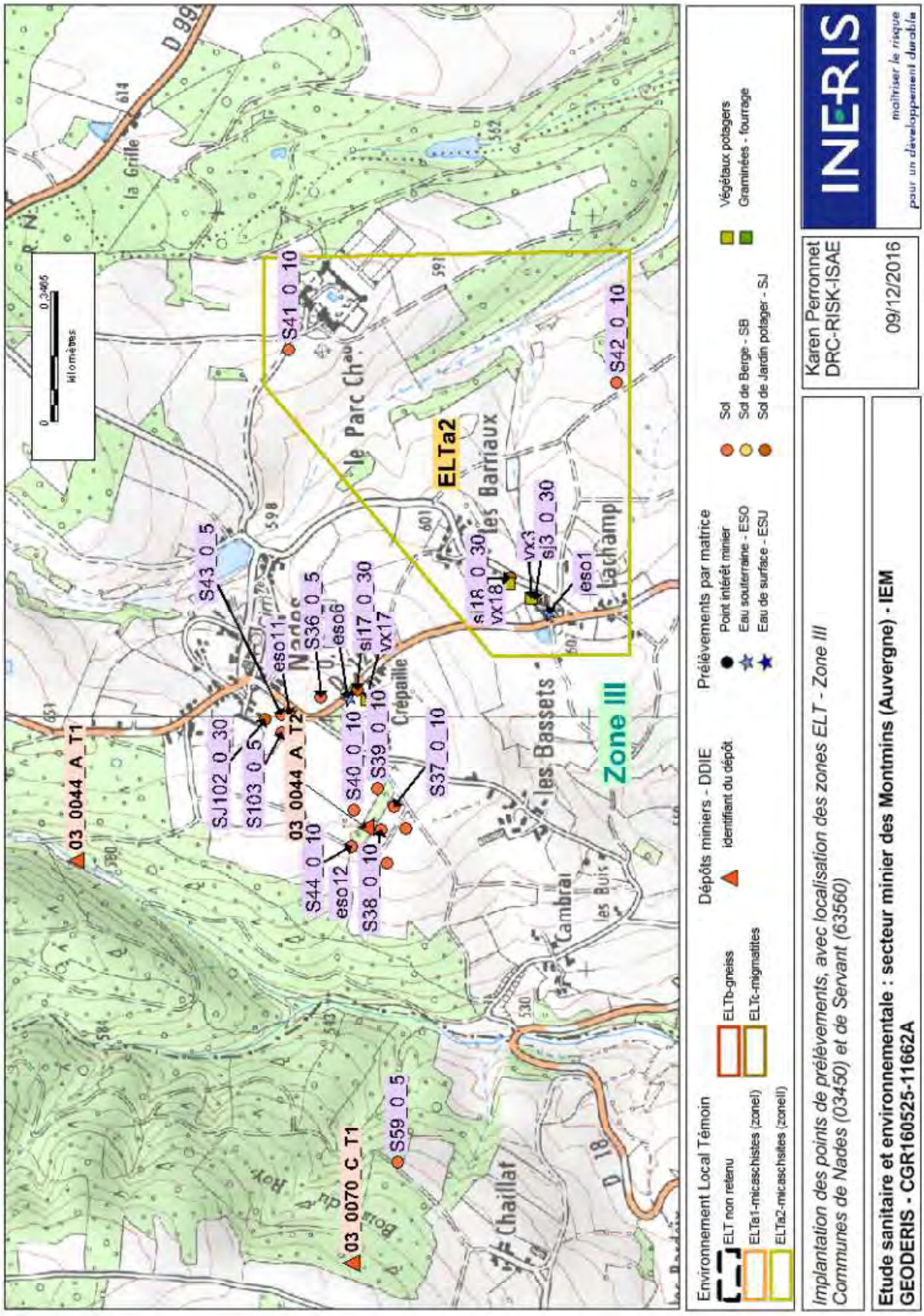


Figure 16 : localisation des points de prélèvement sur la zone III avec emplacement des zones ELT

5.2.1 CARACTERISATION DES VOIES D'EXPOSITION ET DE TRANSFERT

Sols

Les échantillons de sol sont prélevés pour caractériser les milieux de transfert et d'exposition dans l'horizon de surface, qu'il soit :

- non remanié, pour déterminer l'état du sol en lien avec la voie d'exposition pour les enfants notamment (ingestion non intentionnelle) ;
- remanié (jardin potager), pour déterminer d'une part l'état du sol en lien avec la voie d'exposition pour les adultes jardiniers (ingestion non intentionnelle) et, d'autre part, celui lié à la voie de transfert racinaire pour les végétaux cultivés.

Chaque échantillon a été réalisé soit à partir de prélèvements unitaires, soit à partir de prélèvements composites réalisés à partir de 1 à 7 prises unitaires sur une zone donnée en cercle, en carré, en triangle ou autres (afin de minimiser l'incertitude sur la représentativité de l'échantillonnage des sols de surface)[7] de volumes semblables homogénéisés.

Concernant les zones fréquentées par les enfants, les zones de sols à nu au droit des espaces verts, de jeux ont été privilégiées, plus accessibles pour l'enfant, mais aussi les sols de surface enherbés afin d'être représentatif des expositions.

Chaque prélèvement d'échantillon, tant pour les sols de surface que les sols de l'horizon cultivé, a fait l'objet d'une fiche de prélèvement (Annexe 3).

Le Tableau 1 présente les échantillons de sol superficiels prélevés, envoyés et analysés en laboratoire. Pour les 48 échantillons de sol, il est précisé l'objectif du prélèvement : caractérisation des milieux d'exposition EXP et/ou de transfert TFT. La localisation de ces échantillons est précisée sur les Figure 11 à Figure 16.

[7] Le nombre de prises de chaque composite réalisé est mentionné en annexe du présent rapport

Tableau 1 : synthèse des prélèvements de sols sur les 3 zones investiguées

Zones I, II, III	Nombre échantillons de sol	Objectifs
Sol de jardin potager et de verger (habitation)	13*	EXP adulte jardinier TFT sol - plante
Sol de jardin ornemental/pelouse/chemin de randonnée (habitation, ERP, musée)	9	EXP enfant, adulte
Sol de berge	10	EXP adulte, enfant – sentier le long de la Bouble Berge des pâtures : marquage environnemental, TFT potentiel du sol au fourrage puis au cheptel
Sol de pâture/prairie/grande culture	16	Marquage environnemental à proximité des dépôts

EXP : échantillon de sol prélevé pour caractériser le milieu d'exposition (enfant, adolescent et/ou adulte)
TFT : échantillon de sol prélevé pour caractériser le milieu de transfert
ERP : établissement recevant du public
* 13 échantillons par l'INERIS auxquels il convient d'ajouter les 4 échantillons de sol prélevés par GEODERIS en avril 2017

Végétaux de potagers et herbes

Plusieurs végétaux étaient disponibles dans les jardins potagers. Les légumes communs aux différents potagers ont été prélevés dans la mesure du possible, soit au total 12 espèces et 64 échantillons : carotte (CA), fanes de carotte (FCA), poireau entier (POI), haricot (HAR), betterave (BETT), courgette (COU), salade (SAL), tomate (TOM), rave (RAV), pomme de terre (PDT), framboise (FRAM), prune (PRU), pomme (POM).

Des herbes de pâturage ont été cueillies ponctuellement à la confluence Bouble/Cotillon : deux échantillons HER.

Le Tableau 2 présente pour chacun des jardins potagers les végétaux prélevés ainsi que les prélèvements de sol et d'eau associés.

Tableau 2 : synthèse des végétaux prélevés dans les jardins potagers/vergers (zones I, II et III)

Zone	Echantillon de sol	Echantillon végétal	Echantillon eau Arrosage jardin
I	SJ4_0_30	-	-
	SJ5_0_30	*SJ5_POM_HAR_SAL_TOM*	-
	SJ7_0_30	*SJ7_HAR_PDT_TOM*	-
	SJ8_0_30	*SJ8_FRAM*	ESO2
	SJ11_0_30	*SJ11_BETT_CA_HAR_RAV*	ESO4
	SJ12_0_30	*SJ12_PDT_TOM*	ESO4
	SJ13_0_30	*SJ13_PRU_POM*	-
	SJ14_0_30	-	-
	SJ15_0_30	*SJ15_HAR_TOM_COV*	ESO5
	SJ16_0_30	*SJ16_HAR_COU_PRU_POI*	-
	SJ33_0_30	-	-
	SB46 et SB47_0_10	SB46_HER, SB47_HER	
II	SJ1_0_30	*SJ1_CA_FCA_COU_HAR_POI*	-
III	SJ17_0_30	*SJ17_HAR_CA_FCA_PDT_BETT*	-

carotte (CA), fanes de carotte (FCA), poireau entier (POI), haricot (HAR), betterave (BETT), courgette (COU), salade (SAL), tomate (TOM), pomme de terre (PDT), rave (RAV), framboise (FRAM), prune (PRU), pomme (POM)

Eaux souterraines et de surface

Pour le volet sanitaire, les eaux de puits destinées à l'arrosage des jardins potagers ont été prélevées sur la zone I (ESO2, ESO4, ESO5).

Aucune eau souterraine n'est utilisée pour l'arrosage des jardins potagers en zone II.

En zone III, sur la commune de Nades, la parcelle ZC92 utilise l'eau du puits pour son jardin potager de taille très réduite. L'eau du puits voisin (ZC84 – ESO11) a été prélevée et analysée. Il est considéré que les deux puits captent la même nappe (profondeurs similaires et proximité géographique).

Des prélèvements complémentaires ont concerné :

- les eaux d'abreuvage en zones I et III au droit de pâtures bovines (La Croze – ESO3, Juillats – ESO9 sur la commune d'Echassières) et équine (ESO12 - commune de Nades) ;
- une ancienne fontaine communale à Nades, rapportée pour avoir servi d'eau d'arrosage pour les jardins potagers proches (ESO6 - lieu-dit Crépaille).

Au total, 8 échantillons d'eau ont été prélevés : 5 échantillons d'eau souterraine dans un puits ou fontaine (ESO2, ESO4, ESO5, ESO6, ESO11) et 3 échantillons d'eau d'abreuvage (ESO3, ESO9, ESO12).

Les prélèvements pour le volet environnemental ont été assurés par le BRGM et GEODERIS.

5.2.2 CARACTERISATION DE L'ENVIRONNEMENT LOCAL TEMOIN (ELT)

Dans le cadre d'une approche de type Interprétation de l'Etat des Milieux, des zones témoins sont recherchées pour permettre de mettre en évidence d'éventuelles zones impactées au droit desquelles la qualité des milieux est jugée dégradée de par l'ancienne activité minière. Trois critères sont retenus pour la recherche des environnements témoins pour les différents milieux étudiés :

- un contexte naturel similaire aux « territoires » étudiés : environnement dans lequel les contextes géologiques et pédologiques sont proches de ceux rencontrés sur la zone supposée impactée par l'ancienne activité minière ;
- une activité anthropique inexistante ou minimale : le site témoin doit être exempt d'activités d'extraction et de traitement, telles que celles qui se sont succédées sur la zone d'étude ;
- un scénario d'exposition similaire : les voies d'exposition aux milieux considérés (sols de surface, végétaux potagers, eau de surface) doivent s'approcher des voies envisagées dans le schéma conceptuel préliminaire défini pour l'étude.

La qualité des milieux sous influence minière tels que des sols reposant sur un dépôt minier, ou des végétaux potagers arrosés avec une émergence minière est comparée, autant que possible, à celle des milieux présentant les mêmes usages et situées hors zone minière (ELT). Les sols superficiels sous influence minière présentent généralement des concentrations en métaux très élevées, suggérant la présence sous-jacente de stériles miniers ou une contamination secondaire des sols de surface (notamment par ruissellement). Dans le cas de résidus miniers (source de pollution primaire), et conformément aux propositions méthodologiques de GEODERIS[8], la comparaison à un ELT apparaîtra peu judicieuse.

Sur le périmètre d'étude, tous les échantillons de sol ont été comparés aux échantillons ELT, aucun échantillon de sol n'a été écarté.

En raison du chevauchement de la zone d'étude sur plusieurs couches géologiques distinctes, trois zones d'environnement local témoin (ELT) ont été retenues :

- ELTa pour les micaschistes à deux micas (ε^1) – ELTa1 sur la zone I et ELTa2 sur la zone II ;
- ELTb pour les gneiss (ζ^2 et $\zeta^2_{\text{b-si}}$), sans distinction de biotite et silimanite ;
- ELTc pour les migmatites (M^{3-4}).

Deux autres zones ELT ont été recherchées et investiguées pour :

- les micaschistes à staurotide ($\varepsilon^1_{\text{st}}$) au droit du lieu-dit Gros Boënat (commune de Lalizolle). Les 2 échantillons prélevés (SJ25_0_30 au niveau d'un jardin potager et S26_0_10 au niveau d'une pâture) présentent *a posteriori* des concentrations en arsenic très élevées (> 200 mg/kg) liées à une zone d'anomalie géochimique localisée. Ces deux échantillons n'ont

[8] Rapport N2015/014DE – 15NAT24080, GEODERIS, 2015

pas été *in fine* retenus et les échantillons prélevés sur la couche ε^1_{st} (jardin potager et pelouse au Carrefour de la Bosse) seront comparés à l'ELTa ;

- le granite des Colettes (γ^1) au lieu-dit les Suchots (commune d'Echassières). Aucun jardin potager n'a été identifié entre les Suchots et la Croix Lambin, seul un échantillon de sol de pâture a été prélevé (S24_0_10). Il n'a pas été retenu comme ELT.

Les zones ELT identifiées comme environnement local témoin et *in fine* retenues sont (voir Figure 11 à Figure 16 pour la localisation) – les distances sont indiquées par rapport aux dépôts principaux :

- ELTa1 (zone I - Echassières) constitué d'échantillons provenant des lieux-dits les Brûlards et le Retour, respectivement à 2 000 m au nord-est et à 1 600 m au sud-ouest du dépôt 03_0070_A_T1 (dépôt du Mazet).
- ELTa2 (zone III - Nades) constitué d'échantillons provenant des lieux-dits Lachamp pour le jardin potager et les Barriaux pour les pâtures, respectivement à 600 m au sud-est et à plus de 1 000 m à l'est du dépôt 03_0044_A_T2.

- ELTb (zone I - Louroux de Bouble) constitué d'échantillons de sol de berge provenant des lieux-dits Luzet (ruisseau sans nom, affluent de la Bouble dans laquelle il se jette entre les Moulins de Boutevin et Berthon), et la Gravière/viaduc du Bellon (rivière Bellon, affluent de la Bouble au niveau de Banassat le Château) à plus 3 500 m au nord-est du dépôt 03_0070_A_T1 (dépôt du Mazet).

- ELTc (zone I - Lapeyrouse - 63700) constitué d'échantillons de sol de pâture, prélevés sur la rive gauche de la Bouble, à proximité du lieu-dit La Villonne (commune d'Echassières), en amont hydraulique des dépôts du Mazet, à 1 300 m au sud-ouest de la confluence Cotillon/Bouble (et à moins de 3 000 m au nord-ouest du dépôt 03_0070_A_T1).

  Des prélèvements d'eau d'irrigation, de sols (jardin potager, pâture) et de végétaux potagers ont été effectués. Ils sont détaillés ci-après et synthétisés dans le Tableau 3.

Sols superficiels

Les sols dédiés à la détermination de l'environnement local témoin (ELT) sont répartis sur les couches pétrographiques précitées soit au total :

- 8 échantillons de sol dans des pâtures sur l'horizon compris entre 0 et 10 cm (annoté S_0_10) ;
- 4 échantillons de sol dans des jardins potagers sur l'horizon compris entre 0 et 30 cm (annoté SJ_0_30).

Ces échantillons de sol ont été envoyés pour analyse chimique au laboratoire (Tableau 3) et ont fait l'objet en parallèle de mesures NITON® *in situ* sur les échantillons composites.

Eaux souterraines

En zone ELT, les eaux souterraines au niveau de 3 puits destinées à l'arrosage des jardins potagers et une eau de source ont été prélevées.

Végétaux de potager

Les végétaux potagers ont été prélevés dans les jardins potagers retenus pour déterminer l'ELT. Les catégories de végétaux retenues sont similaires à celles cultivées dans les jardins des zones I, II et III.

Tableau 3 : synthèse des prélèvements pour l'ELT

ELT	*Sols (pâture/jardin)*	Végétaux potagers	Eaux souterraines
Zones I et II			
ELTa1-Retour /Brûlards	S19_0_10* (a)	-	ESO7
	SJ20_0_30 SJ22_0_30 (b)	SJ20_PRU_TOM_CA_HAR_SAL_POM SJ22_SAL_BETT_TOM_HAR_CA_FRAM _PDT_POM_COU	ESO8 ESO10
	S21_0_10 S23_0_10	-	-
ELTb	SB55_0_10RD SB54_0_10 (c)	-	-
ELTc	SB45_0_10	-	-
Zone III			
ELTa2-Lachamp	SJ3_0_30 SJ18_0_30	SJ3_CA_FCA_BETT_HAR_POI SJ18_CA_PDT	ESO1 -
ELTa2-Les Barriaux	S41_0_10 S42_0_10	-	-

S : sol de pâture ou jardin ornemental* / SJ : sol de jardin potager / SB : sol de berge

carotte (CA), fanes de carotte (FCA), poireau entier (POI), haricot (HAR), betterave (BETT), courgette (COU), salade (SAL), tomate (TOM), pomme de terre (PDT), framboise (FRAM), prune (PRU), pomme (POM)

(a) SJ63_0_10 prélevé mais non analysé
(b) SJ64_0_30 prélevé mais non analysé
(c) SB55_0_10RG (rive gauche) prélevé mais non analysé

Les prélèvements (descriptif et photographies) sont synthétisés en :

- Annexe 2 pour les végétaux potagers ;
- Annexe 3 pour les sols ; et
- Annexe 4 pour les eaux superficielles et souterraines.

5.3 PROTOCOLE DE PRELEVEMENT

Les investigations ont été réalisées par l'INERIS conformément aux protocoles décrits ci-dessous.

5.3.1 SOLS

En fonction des usages, les profondeurs échantillonnées sont les suivantes :

- 0-2 cm (sol compact) ou 0-5 cm (sol meuble) au niveau des sols non remaniés concernés par les voies d'exposition directes comme l'ingestion non intentionnelle de sol. Cette profondeur de prélèvement concerne principalement les jardins d'agrément et les chemins de randonnées. Le prélèvement est réalisé au moyen d'une bêche ;
- 0-30 cm au niveau des sols remaniés, concernés par les voies d'exposition telles que l'ingestion de sol lors des activités de jardinage et de transfert relatif à l'ingestion de végétaux. Cette profondeur concerne les jardins potagers. Le prélèvement est réalisé au moyen d'une bêche. Le cas échéant, des végétaux sont prélevés en parallèle des échantillons de sols.

La profondeur échantillonnée entre 0-10 cm de profondeur concerne les zones de pâturage.

Pour les sols de berge prélevés sur les pâtures longeant la Bouble, la sélection des parcelles s'est faite uniquement sur les pâtures offrant un accès direct à la rivière. Les échantillons de sol ont été prélevés en zone enherbée (et broutée) au plus près de la rivière, dans un rayon de 2-5 m, exceptionnellement 7 m par rapport au cours d'eau, et généralement sur le replat selon la configuration des lieux, à savoir 0,5 à 1 m au-dessus du niveau d'eau, exceptionnellement 2 m. Les zones fortement piétinées par les animaux d'élevage n'ont pas fait l'objet de prélèvement.

Chaque prélèvement d'échantillon de sol a fait l'objet d'un relevé des observations de terrain (description lithologique des sols prélevés, les indices visuels et organoleptiques, le type de prélèvement, composite ou pas et le nombre de points). Ces données sont reprises en Annexe 3 et incluent les coordonnées GPS des points de prélèvement.

Les échantillons ont majoritairement été réalisés à partir de prélèvements composites effectués à partir de 1 à 7 prises unitaires en vue de refléter l'exposition à une zone. Les composites sont effectués sur des zones de terrain homogènes.

La nomenclature suivante a été appliquée pour distinguer les échantillons :

- SJ : sol superficiel de jardin potager (zones I, II et III) ;
- SB : sol superficiel prélevé sur les berges (zone I).

Les 4 échantillons de sol prélevés par GEODERIS en avril 2017 au lieu-dit Mazet (zone I) sont nommés S104 à S107.

5.3.2 EAUX DE SURFACE ET SOUTERRAINE

Pour les eaux souterraines, aucune purge n'a été effectuée au niveau des puits, avant mise en œuvre des prélèvements.

Pour les eaux de surface et souterraines, les analyses de laboratoire sont complétées par des mesures effectuées sur le terrain à l'aide d'appareils portatifs, immédiatement après le prélèvement sur les échantillons d'eau brute et filtrée (si volume suffisant) : température, pH, conductivité, potentiel redox, taux d'oxygène.

Le flaconnage fourni par le laboratoire est directement rempli dès lors que les conditions d'accès le permettent (lavoir, robinet). A défaut, les eaux sont prélevées à l'aide d'un seau propre puis transvasées dans le flaconnage.

Pour tous les prélèvements d'eau, une filtration à 0,45 µm est pratiquée directement sur le terrain (à la suite du prélèvement ou en fin de journée lorsque la turbidité nécessitait de réaliser une filtration mécanisée). Deux types d'échantillons sont générés : eau filtrée (EF) ou eau brute (EB).

Le flaconnage en plastique dédié à l'analyse des métaux contient au préalable 0,3 mL d'acide nitrique à 65% (pour un volume total du flacon de 60 mL), préparé en amont par le laboratoire d'analyse.

Pour rappel, les valeurs de concentrations sont à prendre en compte sur des échantillons d'eau filtrée lors de comparaison aux normes de qualité environnementale (NQE). Dans le cadre d'une étude sanitaire ou de l'usage de l'eau pour l'arrosage des jardins potagers, les résultats sur des eaux non filtrées sont nécessaires.

Chaque échantillon a fait l'objet d'une fiche de prélèvement. Les indices visuels et organoleptiques, les conditions hydrologiques et les paramètres physico-chimiques mesurés sur le terrain sont synthétisés en Annexe 4.

5.3.3 ESPECES VEGETALES (VEGETAUX POTAGERS ET HERBES DE PRAIRIE)

Concernant les végétaux potagers, des prélèvements ont été réalisés dans les jardins privés dont les propriétaires ont autorisé l'accès. Les légumes ont été échantillonnés conformément au guide en vigueur pour ce milieu d'exposition (ADEME, 2014[9]). Ainsi, différents types de légumes ont été échantillonnés selon leur disponibilité afin de disposer des quantités nécessaires aux analyses, à la représentativité de l'échantillon et au regard du critère de diversité des légumes : légumes racines, tubercules, légumes feuilles, légumes fruits, fruits.

Sur le terrain, les échantillons prélevés n'ont pas été nettoyés, à l'exception des particules de terre les plus grossières adhérentes aux racines ou aux parties aériennes. Les consignes suivantes de préparation ont été transmises au laboratoire d'analyse :

- pour tous les végétaux sauf framboises : lavage à l'eau déminéralisée ;
- pour les betteraves, carottes : épluchage ;
- pour les courgettes : extrémités non consommées découpées sur le terrain – pas d'épluchage ;
- pour les pommes : suppression du trognon et des pépins ;
- pour les prunes : suppression du noyau ;
- pour les haricots de SJ1 : analyse des gousses entières (enveloppe + graine).

[9] Guide sur l'échantillonnage des plantes potagères dans le cadre des diagnostics environnementaux, ADEME, 2007 (1ère édition) et 2014 (2ème édition)

Les prélèvements de légumes ont été couplés à des prélèvements de sol du potager et d'eau d'arrosage/d'irrigation.

Les caractéristiques des jardins potagers sont renseignées en *Annexe 2* (pratiques culturales, ancienneté du jardin, amendements, arrosage).

Les herbes de prairie ont été prélevées en prenant soin de ne pas collecter de terre ou d'herbes souillées par le piétinement des animaux d'élevage par exemple. Elles n'ont pas fait l'objet de lavage avant leur analyse par le laboratoire.

5.4 PROGRAMME ANALYTIQUE

5.4.1 SUBSTANCES RETENUES

En concertation avec GEODERIS, la liste des substances retenues et analysées au laboratoire est la même sur les 3 zones d'étude (modulées selon les matrices, voir ci-après), à savoir :

Sb, Ag, As, Cd, Cr, Cu, Li, Mn, Hg, Pb, W, Zn.

Les limites de quantification demandées aux laboratoires d'analyse ont été choisies 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.

5.4.2 MESURES SEMI-QUANTITATIVES REALISEES IN SITU

Un spectromètre de fluorescence X portable (NITON® XL2800) a été utilisé pour les mesures semi-quantitatives sur les échantillons de sol. Des mesures directes sur le sol sont effectuées après avoir enlevé l'humus le cas échéant ; les mesures sont identifiées par la lettre « n ». Des mesures sont aussi effectuées sur les échantillons composites de sol, les mesures sont identifiées par l'identifiant de l'échantillon de sol (S, SB, SJ).

D'après le constructeur, en mode sol, il est possible d'analyser plusieurs éléments. En raison d'une avarie technique, l'appareil n'a pas pu être utilisé sur la période du 12 au 16 septembre 2016 (échantillons SJ1 à SB29). Deux appareils ont successivement été utilisés par la suite :

- 19 au 20 septembre 2016 (points n1 à n54 et échantillons de sol S30 à S44). Les éléments mesurés sont : Sb, Sn, Cd, Ag, Sr, Rb, Pb, Se, As, Hg, Zn, Co, Ni, Cu, Cr, Mn, Fe ;
- 21 au 23 septembre 2016 (points n55 à n121 et échantillons de sol SB45 à S64). Les éléments mesurés sont : Ba, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Sn, Pb, Hg, Sr, Cd, Ag, Sb, Rb, Ca, K, V, Ti, Sc, Pd, Zr, W, Au et S.

5.4.3 ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

Les analyses ont été confiées au laboratoire EUROFINS (Saverne, 67). Les incertitudes analytiques sont intégrées dans les résultats présentés. Ces dernières sont comprises pour les métaux/métalloïdes entre :

- ± 20 et 30% pour la matrice eau ;
- ± 20% pour la matrice végétale ;

- ± 15 et 45% pour la matrice sol.

Quant aux substances pour lesquelles le laboratoire n'a renseigné aucune incertitude analytique (analyse non certifiée COFRAC), il a été décidé dans une approche conservatoire en lien avec l'évaluation du risque sanitaire (choix des substances dont les valeurs dépassent l'ELT) de retenir le pourcentage le plus faible renseigné pour les autres métaux/métalloïdes dans la matrice concernée.

Les bordereaux analytiques du laboratoire sont rassemblés en Annexe 9.

5.4.4 SOLS

Les analyses suivantes ont concerné 63 échantillons de sol (sur 69 échantillons prélevés – voir Annexe 3) : la teneur en matière sèche, les métaux (Al, Sb, Ag, As, Cd, Cu, Fe, Li, Mn, Hg, Pb, W, Zn), et les cations majeurs (Ca, Mg, K, Si, Na).

Le pH à l'eau a été réalisé sur 18 échantillons de sol (principalement prélevés dans les jardins potagers).

5.4.5 EAUX DE SURFACE ET EAUX SOUTERRAINES

Au total, 12 échantillons d'eaux brutes et 12 échantillons d'eaux filtrées (0,45 µm) ont été analysés. Les analyses concernent :

- métaux et métalloïdes : Al, Sb, Ag, As, Cd, Cu, Fe, Li, Mn, Hg, Pb, W, Zn ;
- cations-anions : Ca, Mg, K, Na, Si ;
- nitrates, azote nitrique, chlorures, sulfates, orthophosphates, titre alcalimétrique (TA) et titre alcalimétrique complet (TAC).

Les échantillons filtrés et bruts destinés à l'analyse des métaux sont conditionnés dans les flacons fournis par le laboratoire, contenant un conservateur acide.

5.4.6 VEGETAUX POTAGERS

Les analyses ont concerné les métaux suivants : Sb, Cr_{total}, As, Cd, Cu, Li, Pb, Zn, sur la matière fraîche pour tous les échantillons.

Le laboratoire n'a pas été en mesure d'assurer l'analyse du tungstène dans les végétaux, en raison d'un changement de sous-traitant non mentionné ne réalisant pas cette analyse sur la matrice végétale.

5.4.7 CONSERVATION ET ACHEMINEMENT AU LABORATOIRE

Les échantillons de sols, d'eaux et de végétaux ont été conditionnés dans les flacons ou sachets plastiques (notamment pour les végétaux) fournis par le laboratoire. Ils ont été placés dans des glacières au frais et à l'abri de la lumière avant leur envoi.

L'ensemble des échantillons a été envoyé en glacière réfrigérée sous 48h au maximum après leur prélèvement, ou bien placé dans les réfrigérateurs de l'INERIS avant l'envoi (sols).

6 INTERPRETATION DE L'ETAT DES MILIEUX

6.1 RAPPEL METHODOLOGIQUE

Sur la base des résultats présentés dans les sections précédentes, une interprétation de l'état des milieux (IEM) centrée sur les zones retenues a été menée afin de statuer sur la compatibilité des milieux avec leurs usages. 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 sanitaire ;
- 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 17, 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.

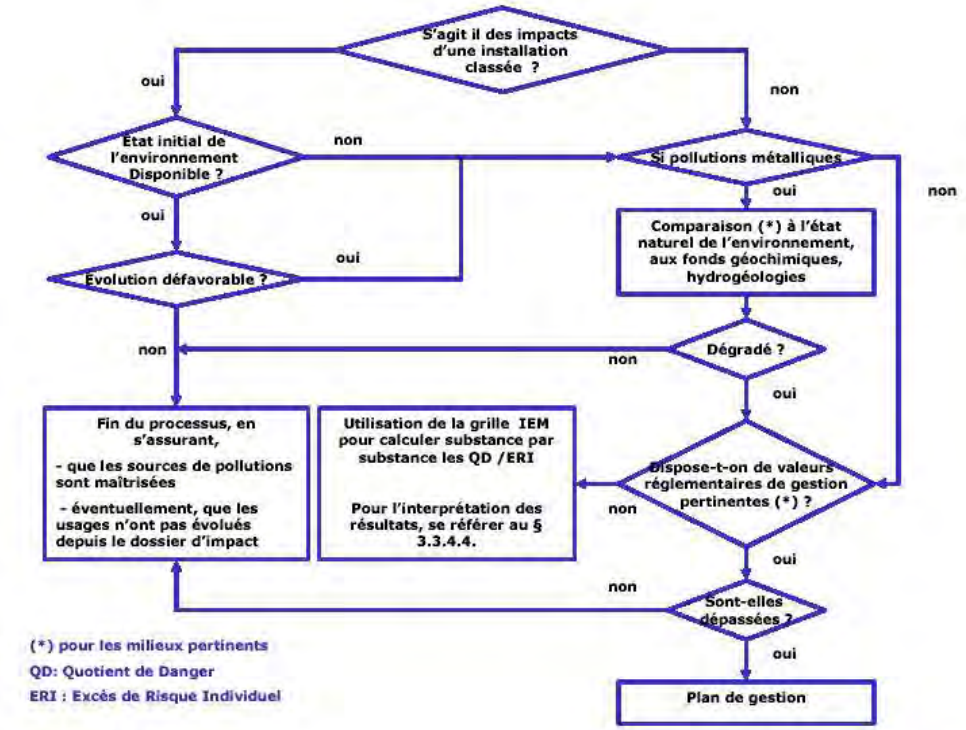


Figure 17 : critères de gestion du risque de l'IEM (source : MEDD, 2007)

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 ;
- 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 scenarii 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. Au regard de la présente étude les valeurs de gestion sont notamment les suivantes :

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

- pour les eaux de surface : les Normes de Qualité Environnementales (NQE[10]) émanant de la Directive Cadre sur l'Eau (directive 2008/105/CE[11]) au regard du bon état des milieux aquatiques ou aux Valeurs Guides Environnementales (VGE) émises par l'INERIS mais qui n'ont pas de statut réglementaire ;
- pour les denrées alimentaires : le règlement CE ou règlement européen (CE n° 1881/2006 de la Commission du 19 décembre 2006, modifié successivement par les règlements CE n°835/2011 du 19 août 2011, CE n°1259/2011 du 2 décembre 2011, CE n°488/2014 du 12 mai 2014, et CE n°2015/1005 du 25 juin 2015 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires).

En outre, concernant le plomb, dans son avis du 23 mai 2014, publié le 10 juillet 2014, le Haut Conseil de Santé Publique (HCSP) [12] a défini des valeurs d'alerte pour les teneurs en plomb dans les sols de 100 mg/kg et 300 mg/kg, dans l'eau de boisson de 20 µg/L et dans les poussières déposées dans les logements de 70 µg/m^2.

Les modalités de gestion recommandées par le HCSP vis-à-vis des concentrations en plomb dans les sols reprises dans l'instruction n°DGS/EA1/EA2/EA3/EA4/2016/283 du 21 septembre 2016 relative au dispositif de lutte contre le saturnisme infantile et de réduction des expositions au plomb, sont présentées ci-après.

Trois cas sont définis au regard des concentrations moyennes[13] dans les sols pour lesquels le HCSP formule les recommandations suivantes :

- sol avec des concentrations < 100 mg/kg :
  - pas de préconisations particulières,
- sol avec des concentrations > 100 mg/kg :
  - pour des espaces collectifs, réalisation d'une évaluation des risques tenant compte des conditions locales d'exposition avec la VTR de l'EFSA suivie d'une analyse technico-économique pour déterminer les mesures de gestion adéquates,

    mise en place d'un « suivi et de conseils » pour informer les populations exposées de la contamination de ces milieux, de les informer sur les risques liés au plomb, de leur fournir les conseils

[10] Les NQE se rapportent à la concentration de matières dissoutes pour quatre métaux : Cd, Pb, Hg et Ni (sinon elles se rapportent à la concentration totale)

[11] Directive européenne 2013/39/UE du 12 août 2013 modifiant les directives 2000/60/CE et 2008/105/CE en ce qui concerne les substances prioritaires pour la politique dans le domaine de l'eau

[12] publication « avis du HCSP en juillet 2014 », intitulée « Expositions au plomb : détermination de nouveaux objectifs de gestion »

Lien pour le téléchargement http://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=444

[13] Le HCSP précise qu'à défaut de pouvoir calculer une concentration moyenne de tous les lieux fréquentés en la pondérant par la durée d'exposition, une moyenne arithmétique est utilisée, revenant à attribuer une durée d'exposition équivalente pour chacun des lieux fréquentés

adéquats permettant de réduire leur exposition et de leur proposer le cas échéant, un accompagnement social,

- sol avec des concentrations > 300 mg/kg :
  - dépistage du saturnisme chez les enfants de moins de 7 ans, les femmes enceintes ou envisageant une grossesse dans les 6 mois, préconisé dans la zone à considérer.

Le Tableau 4 donne les valeurs d'alerte en plomb dans les différents milieux.

Tableau 4 : Concentration en plomb dans différents milieux - valeurs d'alerte (DGS, 2016)

Milieu	Sols	Poussières déposées dans les logements[14]	Eau de boisson
Dépassement du seuil de vigilance (25 µg/L*) attendu pour 5% des enfants	100 mg (Pb)/kg	25 µg/m²	pas de valeur proposée
Dépassement du seuil d'intervention rapide (50 µg/L*) attendu pour 5% des enfants **	300 mg(Pb)/kg	70 µg/m²	20 µg/L

* plombémie

** Recommandation pour la réalisation d'un dépistage du saturnisme (plombémie attendue > 50 µg/L chez environ 5 % des enfants)

Lorsque la comparaison à l'état des milieux naturels du site montre une dégradation des milieux et que des valeurs de gestion ne sont pas disponibles, une Evaluation des Risques Sanitaires (EQRS) est réalisée en dernier recours. Elle est basée sur les scenarii 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 sont associées des intervalles de gestion des risques, est adossée à la méthodologie d'IEM et permet la réalisation d'une évaluation quantitative des risques sanitaires 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, ou pour certaines substances dans les végétaux, il

[14] 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).

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 18 ci-après ont été définis par le Ministère en charge de l'Environnement pour interpréter les résultats de l'évaluation quantitative des risques sanitaires menés dans la cadre de la démarche d'IEM. Les intervalles sont précisés pour le quotient de danger (QD – lié aux substances avec des effets à seuil) et l'excès de risque individuel (ERI – lié aux substances avec des effets sans seuil) :

- 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.

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

Figure 18 : 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 18, 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 en première approche avec une 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 induits 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.

6.2 SCHEMA CONCEPTUEL ACTUALISE

Le schéma conceptuel est, selon les textes du MEDD (2007), une véritable représentation de l'état des lieux du site considéré. Le schéma conceptuel, présenté au paragraphe 4 au stade préliminaire, est mis à jour à l'issue des résultats des investigations.

6.2.1 SOURCES DE POLLUTION

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

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

La comparaison des concentrations observées dans différentes zones étudiées à celles caractérisant l'ELT indiquent des dépassements pour plusieurs prélèvements. Tous les échantillons de sol ont fait l'objet d'une comparaison avec les échantillons ELT, en absence de résidus miniers « purs ». La granulométrie de la majorité des résidus miniers rencontrés au droit des dépôts est jugée grossière (présence de fines sur quelques dépôts).

Les tableaux de résultats analytiques sont insérés en Annexe 5 pour les sols. Les dépassements des valeurs ELT tiennent compte des incertitudes analytiques du laboratoire.

Sols de jardin potagers – zones I, II et III

Sur la zone I (commune d'Echassières, en excluant les prélèvements au lieu-dit Montmiand), il est noté quelques dépassements des valeurs ELT pour Sb, Li, Pb, W dans les 8 échantillons de sol des jardins potagers. Les concentrations dans les sols sont majoritairement comprises dans la gamme ELT_{min}-ELT_{max} pour les autres métaux sachant que :

- Ag n'est quantifié sur aucun échantillon ;
- Cd et Hg ne sont quantifiés que sur un seul échantillon (SJ4, ancien jardin potager) avec des concentrations de 0,79 mg/kg en Cd et 0,12 mg/kg en Hg.

Concernant les prélèvements au lieu-dit Montmiand, l'anomalie en As est confirmée dans les sols avec des valeurs atteignant 177-187 mg/kg. Cette anomalie s'accompagne de dépassements des valeurs ELT pour Sb, Cd, Pb et W.

Sur la zone II (carrefour de La Bosse), au droit de SJ1, il est noté des dépassements des valeurs ELT pour Sb, Li, Hg, Pb, W et Zn.

Sur la zone III (commune de Nades), au droit de SJ17, il est noté un dépassement de la valeur ELT pour Sb avec une concentration de 40,7 mg/kg. Les concentrations dans le sol sont majoritairement comprises dans la gamme ELT_{min}-ELT_{max} pour les autres métaux (As, Cu, Li).

Sols situés le long de la Bouble

Les échantillons de sol de berges et de promenade localisés au plus près de la Bouble présentent des dépassements des valeurs ELT :

- ponctuellement pour Sb, Cu, Li et/ou Zn (SB56, SB48, S50 et S52) et ce jusqu'à 5 km après la confluence Cotillon/Bouble ;
- systématiquement pour W où les échantillons ELT indiquent des teneurs inférieures à la limite de quantification (<10 mg/kg). Les sols situés le long de la Bouble affichent des valeurs comprises entre 36 et 329 mg/kg. Le linéaire concerné s'étend sur 5 km après la confluence Cotillon/Bouble.

Sols des chemins de randonnées

Sur la zone II (sentier PR5 – S57 et S58), des dépassements des valeurs ELT sont observés pour Sb, As, Cu, Li, Pb, W et Zn. Les concentrations maximales atteintes sont de 237 mg/kg pour As, 250 mg/kg pour Li et 970 mg/kg pour W.

Sur la zone III (sentier PR5 longeant l'exploitation avicole au lieu-dit Chaillat), des dépassements des valeurs ELT sont observés pour As, Cd, Cu, Li, Pb et Zn. Les concentrations maximales atteintes (S59) sont de 822 mg/kg pour As, 44 mg/kg pour Li et 36 mg/kg pour Pb.

Sols de jardins ornementaux– zones I, II et III

Sur la zone I (commune d'Echassières), il est noté plusieurs dépassements des valeurs ELT pour As, Cu, Li, Pb, W dans 2 échantillons de sol (jardin ornemental du gîte – S6 et aire du pique-nique du musée Wolframine – S35. Deux autres dépassements (Sb et Zn) sont aussi notés pour S6.

Sur cette même zone, les sols investigués par GEODERIS se situent à proximité d'anciens bâtiments miniers et montrent des concentrations élevées pour plusieurs métaux. Les gammes de concentrations analysées sont : 100-190 mg/kg en As, 0,6-2,2 mg/kg en Cd, 86 à 242 mg/kg en Li, 106 à 607 mg/kg en Pb, 1810 à 3410 mg/kg en Zn et <0,1 à 0,51 mg/kg en Hg. Ces valeurs confirment la présence de résidus miniers au droit du jardin ornemental investigué.

Au lieu-dit La Bourse, un seul dépassement en Cu est observé dans un jardin ornemental (S9).

Sur la zone II (carrefour de La Bosse), au droit du jardin ornemental jouxtant SJ1, il est noté 3 dépassements des valeurs ELT pour Sb, Li et Pb.

Sur la zone III (commune de Nades), au droit des 3 jardins (salle polyvalente communale S36, résidence permanente S43 et camping chez l'habitant S103), il est noté des dépassements systématiques de la valeur ELT pour Sb avec des concentrations comprises entre 19 et 25 mg/kg, et pour Li avec des concentrations comprises entre 33 et 39 mg/kg.

Des dépassements ponctuels sont observés pour le W (avec 20,1 mg/kg sur S36) et l'As (avec 101 mg/kg sur S43). Les autres concentrations dans le sol sont majoritairement comprises dans la gamme ELT_{min}-ELT_{max} pour les métaux tels que As, Cu, Pb, Zn.

Sols à vocation agricole – zones I et III

Sur la zone I (commune d'Echassières), au lieu-dit Juillat, deux pâtures S60 et S62 situées à proximité des dépôts miniers présentent 5 dépassements des valeurs ELT (Li, Pb, W et Zn + Sb pour S62 et Cd pour S60). Les autres concentrations dans le sol sont majoritairement comprises dans la gamme ELT_{min}-ELT_{max} pour les métaux tels que Sb, As, Cd, Cu.

Sur la zone I (commune d'Echassières), au lieu-dit La Bourse, trois parcelles (culture de blé-S30, pâture équine-S32 et pâture bovine-S34) présentent 2 dépassements des valeurs ELT, à savoir W et Zn. Les autres concentrations dans le sol sont majoritairement comprises dans la gamme ELT_{min}-ELT_{max} pour les métaux tels que Sb, As, Cu, Li, Pb.

Notons au lieu-dit La Bourse que la friche boisée S31 qui s'est développée sur d'anciens stériles miniers sableux (à proximité de S30) présente des dépassements des valeurs de l'ELT en Sb (3,3 mg/kg), Li (356 mg/kg), W (1 020 mg/kg) et Zn (86 mg/kg).

Sur la zone III (commune de Nades), les deux parcelles situées au plus près du dépôt 03_0044_A_T2 (S37 à S40) présentent des dépassements en Sb (concentrations comprises entre 114 et 719 mg/kg) et en As (concentrations comprises entre 74 et 795 mg/kg). Les concentrations en Sb et As les plus élevées sont observées sur la parcelle de maïs S40 sur laquelle coule une résurgence minière et une croissance hétérogène des pieds de maïs est notée. Trois autres dépassements ponctuels sont observés : en Pb sur S40 avec 45,8 mg/kg, et en Li sur S38 et S40 avec 43-54 mg/kg.

La pâture équine (S44) située en contrebas de ce même dépôt affiche aussi des dépassements des valeurs ELT pour 4 métaux : Sb (168 mg/kg), As (185 mg/kg), Cu (36 mg/kg) et Li (43 mg/kg).

Sur la zone III (commune de Servant), le point S59 prélevé à proximité des exploitations avicoles, sur le chemin de randonnée PR5, présente 6 dépassements des valeurs ELT (As, Cd, Cu, Li, Pb et Zn) avec une concentration élevée en As de 822 mg/kg.

6.2.2 VECTEURS DE TRANSFERT, MILIEUX D'EXPOSITION ET ENJEUX

En termes sanitaires, au regard des éléments présentés, d'une « source primaire » principale, les dépôts de résidus miniers, de vecteurs et milieux de transferts (notamment les sols, les eaux), de milieux d'exposition (principalement les sols, et les végétaux potagers), les enjeux sont les populations (enfants et adultes) qui résident en permanence ou non dans les zones étudiées, ainsi que des vacanciers fréquentant les campings ou les gîtes ainsi que les chemins de randonnée.

Pour plusieurs parcelles, les principaux usagers sont des adultes (actifs ou retraités). La visite de petits-enfants durant les week-ends et les vacances scolaires est constatée sur quelques résidences.

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

- l'ingestion non intentionnelle de sol de surface pour les enfants les plus exposés au regard de leur comportement « porter main-bouche » et des zones concernées comme les jardins privés ou les campings, zones avec terre à nu ou enherbées (aires de pique-nique, chemins de randonnée), etc. Les adultes sont également considérés, notamment lors des activités de jardinage ;
- l'ingestion de plantes potagères potentiellement contaminées par les sols ou l'eau servant à l'arrosage du potager. Bien que la méthodologie de l'IEM indique que si un sol ne présente pas de risque par ingestion directe, il apparaît peu pertinent de caractériser l'état des végétaux qui y sont cultivés pour évaluer les risques liés à leur ingestion, cette voie d'exposition est toutefois retenue en première approche pour évaluer les risques liés ingestion de légumes conjointement avec ceux liés à l'ingestion de sol ;
- l'ingestion d'eau : aucune eau de source/puits n'est utilisée par les usagers en tant qu'eau de consommation. Elle sert généralement à l'arrosage des jardins potagers. Aucun usage sensible des eaux de La

Bouble n'est reporté sur la zone d'étude, hormis l'abreuvage des animaux d'élevage au droit de certaines pâtures ;

En raison de l'usage des eaux pour les usages domestiques notamment pour l'arrosage des végétaux potagers, l'ingestion non intentionnelle d'eau est retenue tout en précisant qu'aucune consommation directe n'a été rapportée.

En termes de voies d'exposition non retenues sont à souligner particulièrement :

- l'inhalation de poussières, ainsi aucune caractérisation de la qualité de l'air (particulaire) n'a été conduite. Ce choix initial apparait approprié au vu des zones enherbées/boisées, de la configuration des dépôts et de leur distance par rapport aux habitations ;
- l'ingestion de denrées alimentaires issues de l'élevage domestique ou commercial (poules) ou de produits dérivés avicoles (œufs), observés notamment au droit de certains sites, et de viande de bétail (bovins, ovins) dans la zone d'étude. Aucun produit avicole n'a été prélevé en première approche. Rappelons que pour l'élevage bovin, les sols de pâturage le long de la Bouble et certains herbages ont été caractérisés. Ce choix apparait approprié en première approche.
- 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 (excepté dans le riz) et les autres substances étudiées.
- En rappel, l'IEM est uniquement basée sur des mesures dans les milieux d'exposition des populations. Aucune modélisation de transfert et d'exposition n'a été réalisée.

6.2.3 BILAN DU SCHEMA CONCEPTUEL

Le Tableau 5 présente les sources, les voies de transfert et d'exposition, et les enjeux à protéger retenus pour la présente étude, sur la base des observations de terrain, des résultats analytiques et de l'interview des usagers.

Tableau 5 : voies de transfert et d'exposition retenues pour l'évaluation des risques sanitaires

Source	Voies de transfert	Voies d'exposition	Enjeux à protéger
Sol	Contact direct	Ingestion non intentionnelle de sol	Zone I : adultes – jardin potager enfants – activités de plein-air dans les jardins ornementaux des résidences et du gîte
			Zone II : adultes – jardin potager enfants – activités de plein-air dans le jardin ornemental, aire de pique-nique (musée), chemins de randonnée
			Zone III : adultes – jardin potager, camping enfants – salle polyvalente, camping, chemins de randonnée
	Transfert dans les végétaux (jardin potager)	Consommation de légumes auto-produits	Zones I, II et III : adultes et enfants de plus de 6 ans
Eau	Puits privés : arrosage du jardin potager		
	Puits privés	Ingestion non intentionnelle d'eau	Zones I et III : Adultes et enfants

Le Tableau 6 détaille les 20 scenarii retenus dans le cadre de l'étude. Seuls sont présentés les scenarii pour lesquels des dépassements des valeurs ELT_{max} sont observés pour les sols et/ou les végétaux potagers. Dans le cas du scénario 1, le scénario relatif à l'ingestion non intentionnelle de sol est uniquement renseigné et **surligné en gris** car aucune évaluation des risques n'a été menée en raison de concentrations dans le sol potager comprises dans la gamme ELT_{min}-ELT_{max} ou inférieures à ELT_{min}

Pour les végétaux potagers, en l'absence de valeurs ELT, l'évaluation des risques selon la grille IEM est systématiquement déroulée.

Dans le cas de dépassement des valeurs ELT dans les sols uniquement pour Li et/ou W, le scénario est renseigné et *souligné en italique,* indiquant que l'évaluation des risques n'a pu être déroulée jusqu'au calcul de risques faute de valeurs toxicologiques de référence.

Pour les usages génériques, considérant l'exposition « ultérieure et éventuelle » d'enfants de moins de 6 ans pour l'ingestion de sol dans une approche conservatoire (usage non constaté à ce jour), ils ne sont pas traités dans le chapitre des incertitudes dès lors que les concentrations mesurées dans les sols sont comprises dans la gamme ELT_{min}-ELT_{max}.

La commune et les numéros de parcelles cadastrales sont précisés.

Tableau 6 : scenarii d'exposition retenus

ZONE - COMMUNE		SCENARII RETENUS	MILIEUX ET VOIES D'EXPOSITION CONCERNES	ENJEUX CONCERNES
ZONE I	**Résidence permanente ECH-ZD79-80**	**Scénario 1 : activités de jardinage (jardin potager/verger) et consommation des végétaux autoproduits (adulte)**	**ingestion non intentionnelle de sol remanié (jardin potager / verger)** ingestion de végétaux potagers	adulte résident permanent (actif)
	Résidence permanente ECH-ZD16	**Scénario 2 : activités de jardinage dans le verger (adulte)**	*ingestion non intentionnelle de sol non remanié*	adulte résident permanent (actif)
	Résidence secondaire ECH-ZD24	**Scénario 3 : aire de jeux dédiée à l'extérieur – jardin ornemental (petits-enfants)**	ingestion non intentionnelle de sol de surface	enfant de moins de 6 ans, résidence secondaire
	Résidence permanente ECH-ZD76	**Scénario 4 : activités de jardinage (jardin potager) et consommation des végétaux autoproduits (adulte)**	ingestion non intentionnelle de sol remanié (jardin potager) ingestion de végétaux potagers	adulte résident permanent (actif)
		Scénario 5 : aire de jeux - jardin ornemental associé au gîte (enfant)	ingestion non intentionnelle de sol de surface	enfant de moins de 6 ans, vacancier au gîte
		Scénario 6 (usage générique) : résidence permanente avec jeux en extérieur (enfant)	ingestion non intentionnelle de sol de surface	enfant de moins de 6 ans, résidence permanente
	Résidence permanente ECH-ZD64-65	**Scénario 5-MAZ : activités extérieures dans le jardin ornemental (adulte)**	ingestion non intentionnelle de sol de surface	adulte résident permanent
	Berge LOU-AB11	**Scénario 7 : promenade sur les berges de la Bouble (enfant)**	*ingestion non intentionnelle de sol de surface*	enfant de moins de 6 ans, promeneur
	Berge LOU-AB11	**Scénario 8 : promenade sur les berges de la Bouble - feu de camp (enfant)**	ingestion non intentionnelle de sol de surface	enfant de moins de 6 ans, promeneur
	VER-ZW7	**Scénario 9 : promenade sur les berges de la Bouble (enfant)**	*ingestion non intentionnelle de sol de surface*	enfant de moins de 6 ans, promeneur

Scénario surligné en gris : scénario affiché mais non déroulé car les concentrations du milieu d'exposition sont inférieures ou dans la gamme ELT_{min}-ELT_{max}

Scénario souligné en italique : indique que l'évaluation des risques n'a pu être déroulée jusqu'au calcul de risques faute de valeurs toxicologiques de référence (cas pour Li et W). Aucun dépassement des concentrations ELT pour les autres substances analysées.

Scénario : scénario lié à un usage générique

Tableau (suite) : scenarii d'exposition retenus

ZONE		SCENARII RETENUS	MILIEUX ET VOIES D'EXPOSITION CONCERNES	ENJEUX CONCERNES
ZONE II	**Résidence permanente LAL-AB6 LAL-AB5**	**Scénario 10 : activités de jardinage (jardin potager/verger) et consommation des végétaux autoproduits (adulte et enfant)**	ingestion non intentionnelle de sol de surface	adulte résident permanent (actif) enfant de plus de 6 ans, résident permanent
		Scénario 11 : aire de jeux dédiée à l'extérieur – jardin ornemental (enfant)	ingestion non intentionnelle de sol de surface	enfant de plus de 6 ans, résidence permanente
	MUSEE WOLFRAMINE ECH-AN15	**Scénario 12 : aire de pique-nique – musée (enfant)**	ingestion non intentionnelle de sol de surface	enfant de moins de 6 ans, promeneur
	CHEMIN DE RANDONNEE PR5 LAL-AB211 NAD-ZA21	**Scénario 13 : chemin de randonnée sans aménagement (enfant)**	ingestion non intentionnelle de sol de surface	enfant de moins de 6 ans, promeneur
ZONE III	**Résidence permanente NAD-ZK13-21**	**Scénario 14 : activités de jardinage et consommation des végétaux autoproduits (adulte)**	ingestion non intentionnelle de sol remanié (jardin potager) ingestion de végétaux potagers	adulte résident permanent (retraité)
	Résidence permanente NAD-ZC84	**Scénario 15 : aire de jeux dédiée à l'extérieur – jardin ornemental (enfant)**	ingestion non intentionnelle de sol de surface	enfant de plus de 6 ans, résidence permanente
	Résidence permanente & Camping NAD-ZC92	**Scénario 16 : camping chez l'habitant (enfant)**	ingestion non intentionnelle de sol de surface	enfant de moins de 6 ans, vacancier au camping
		Scénario 17 : : aire de jeux dédiée à l'extérieur – jardin ornemental (petits-enfants)	ingestion non intentionnelle de sol de surface	enfant de moins de 6 ans, vacancier résidence secondaire
	ERP- SALLE POLYVALENTE COMMUNALE ZK108-110	**Scénario 18 : activités de plein-air (enfant)**	ingestion non intentionnelle de sol de surface	enfant de moins de 6 ans
	CHEMIN DE RANDONNEE PR5 SER- ROUTE COMMUNALE- ZL19	**Scénario 19 : chemin de randonnée sans aménagement (enfant)**	ingestion non intentionnelle de sol de surface	enfant de moins de 6 ans

Scénario surligné en gris : scénario affiché mais non déroulé car les concentrations du milieu d'exposition sont inférieures ou dans la gamme ELT_{min}-ELT_{max}
Scénario souligné en italique : indique que l'évaluation des risques n'a pu être déroulée jusqu'au calcul de risques faute de valeurs toxicologiques de référence (cas pour Li et W). Aucun dépassement des concentrations ELT pour les autres substances analysées.
Scénario : scénario lié à un usage générique
ECH: Echassières (03330), LAL: Lalizolle (03450), LOU: Louroux de Bouble (03330), NAD: Nades (03450), VER: Vernusse (03390), SER: Servant (63560), accompagné du numéro de la parcelle cadastrale

6.3 INTERPRETATION DES RESULTATS POUR LES SOLS

La comparaison des concentrations mesurées dans les trois zones à la gamme de concentrations de l'environnement local témoin associé, a mis en évidence une dégradation de la qualité des sols sur les zones I, II et III (jardins potagers, jardins ornementaux, gîte, camping, chemins de randonnée). L'Annexe 5 illustre les dépassements par un code couleur.

Aussi, en l'absence de valeurs règlementaires pour les sols, la démarche IEM se poursuit par la réalisation de calculs de risques sanitaires réalisés dans un premier temps pour chacune des substances et voies d'exposition tenant compte des scenarii d'exposition retenus. Cette étape de calculs est traitée ultérieurement en section 6.7.4.

Rappel : pour les usages génériques, considérant l'exposition d'enfants de moins de 6 ans pour l'ingestion de sol dans une approche conservatoire (usage non constaté à ce jour), ils ne sont pas traités dans le chapitre des incertitudes dès lors que les concentrations mesurées dans les sols sont comprises dans la gamme ELT_{min}-ELT_{max}.

Pour les parcelles cadastrales affichant des anomalies en As en zone I au lieu-dit Montmiand (ZP25 et ZP30 – échantillons SJ14, SJ15 et SJ16 – voir Annexe 5), les scenarii sont traités en incertitude car les dépassements observés ne sont pas en lien avec l'exploitation minière.

6.4 INTERPRETATION DES RESULTATS POUR LES EAUX DE SURFACE

Dans un premier temps, les concentrations des échantillons ESO3 (ECH-La Croze), ESO9 (ECH-Juillat), et ESO12 (NAD) ont été comparées aux concentrations des échantillons des environnements locaux témoins associés (Annexe 6 – illustration des dépassements par un code couleur). Il est noté une dégradation de la qualité des eaux d'abreuvement uniquement pour ESO12 pour Sb (facteur > 40), As (facteur >3) et Mn (facteur > 80).

Ainsi, au regard des usages constatés (abreuvage), les concentrations sont comparées :

d'une part,

- aux valeurs réglementaires de gestion, aux Normes de Qualité Environnementales (NQE) émanant de la Directive Cadre sur l'Eau (directive 2008/105/CE[15]) et de l'arrêté du 25 janvier 2010[16] modifié par l'arrêté du 27 juillet 2015 ; ou

[15] Directive européenne 2013/39/UE du 12 août 2013 modifiant les directives 2000/60/CE et 2008/105/CE en ce qui concerne les substances prioritaires pour la politique dans le domaine de l'eau

[16] Arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement

- aux Valeurs Guides Environnementales (VGE) émises par l'INERIS mais qui n'ont pas de statut réglementaire ;

et d'autre part :

- aux valeurs réglementaires de l'arrêté du 11 janvier 2007 relatives aux eaux destinées à la consommation humaine (cette dernière comparaison est conservatrice considérant qu'à ce jour les eaux de surface ne sont pas captées pour l'alimentation en eau potable sur le périmètre d'étude).

Les valeurs NQE et VGE sont extraites du tableau synthétique mis à disposition par l'INERIS sur le portail des substances chimiques[17].

Pour les métaux, les NQE définies sur le plan européen (Cd, Pb, Hg, Ni pour l'état chimique) et français (Zn, Cu, Cr, As pour l'état écologique) s'appliquent aux substances dissoutes. Ce n'est pas le cas pour les composés organiques.

Le Sb ne dispose pas de NQE mais de deux VGE définies par l'INERIS de 0,6 µg/L considérant la protection de l'ensemble des organismes d'eau douce et de la santé humaine, et de 31 µg/L considérant uniquement la protection de l'ensemble des organismes d'eau douce et de leurs prédateurs supérieurs (valeurs validées en novembre 2013 et toujours en vigueur). De même, l'annexe I de l'arrêté précité ne réglemente pas le Zn. Des limites de qualité pour Zn sont disponibles dans l'annexe II, relative à la qualité des eaux brutes utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine, à l'exclusion des eaux de source conditionnées. C'est donc cette valeur qui est retenue pour Zn dans le Tableau 7.

Le Tableau 7 présente pour les cours d'eau les NQE, VGE et limites de qualité des eaux destinées à la consommation humaine. Aucune donnée n'est disponible pour Li et W.

[17] Portail des substances chimiques- mise à jour de novembre 2015

Tableau 7 : dépassements relevés sur les cours d'eau/mares

	Unité	NQE – moyenne annuelle***	VGE - moyenne annuelle	Limites eau potable (Annexe I - 11 janvier 2007)	Concentration dans les cours d'eau et mares (forme dissoute)
Sb	µg/L	-	0,6/31	5	**25,3 (ESO12)**
Ag	µg/L	-	0,05	-	**-**
As**	µg/L	0,83	-	10	**3,2 (ESO12)**
Cu**	µg/L	1,6	-	2 000	**5,9 (ESO9)**
Cd*	µg/L	0,08 à 0,25	-	5	**-**
Hg*	µg/L	0,07 (c)	-	1	**-**
Mn	µg/L	-	-	50	**147 (ESO12)**
Pb*	µg/L	1,2	-	10	**-**
Zn**	µg/L	3,1 – 7,8 (b)	-	- /5 000 (a)	**-**

- : absence valeur
* NQE fixée pour l'atteinte du bon état chimique
** NQE fixée pour l'atteinte du bon état écologique
*** modification des valeurs en As et Cu par l'arrêté du 27 juillet 2015
En **gras** : dépassement de la NQE (directive 2008/105/CE) et/ou VGE
(a) : à défaut de valeur dans l'annexe I, valeur extraite de l'annexe II relative à la qualité des eaux brutes – 11 janvier 2007
(b) 3,1 µg/L pour une dureté ≤ 24 µg $CaCO_3$/L – 7,8 µg/L pour une dureté > 24 µg $CaCO_3$/L
(c) Concentration Maximale Admissible règlementaire à défaut de NQE

Seul ESO3 correspond à un prélèvement d'eau de surface proprement dit (cours d'eau), les deux autres échantillons ESO9 et ESO12 ayant été prélevés dans une mare. Pour les 3 échantillons, le bon état chimique n'est pas remis en cause pour les substances telles que Cd, Hg et Pb (voir Annexe 6 pour le détail des concentrations).

En revanche, le bon état écologique n'est pas atteint pour l'arsenic au niveau de ESO12 (mare pour abreuvement des chevaux sur la commune de Nades), ni pour le cuivre au niveau de ESO9 (mare pour abreuvement des bovins, au lieu-dit Juillat sur la commune d'Echassières). D'autres anomalies sont mises en évidence sur ESO12, en particulier pour Sb et Mn.

Par ailleurs, à titre informatif, les éléments suivants sont mentionnés au regard de données disponibles concernant les réglementations et les recommandations existantes en France sur l'eau d'abreuvement (extrait de « État des lieux des pratiques et recommandations relatives à la qualité sanitaire de l'eau d'abreuvement des animaux d'élevage », ANSES, Saisine 2008-SA-0162, décembre 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 […] ainsi que sur l'avis d'experts. En effet, parmi les usages des ressources en eau envisagés par le « SEQ-Eau » figure l'usage "Abreuvage", correspondant à l'aptitude de l'eau à permettre l'abreuvement des animaux d'élevage.

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

1. *les animaux consommés "adolescents", volailles de chair, veaux de lait, porcs charcutiers. Ils ont une croissance accélérée et sont très sensibles à tous les polluants ;*
2. *les animaux consommés à maturité (ils ont une croissance lente et sont moins vulnérables) ;*
3. *les animaux de reproduction (exigences strictes pour la gestation et l'allaitement).*

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

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

Le « SEQ-Eau abreuvement » prend en compte quatre altérations (grands types de dégradations de la qualité de l'eau) sur les 17 existantes, pour déterminer le niveau de qualité de l'eau d'abreuvement. »

Les critères de qualité proposés sont résumés dans le *Tableau 8* pour les substances concernées par la présente étude.

Tableau 8 : Altération de l'usage abreuvement avec 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
	Mercure	µg/L	1	3	> 3
	Plomb	µg/L	50	100	> 100
	Zinc	µg/L	5 000	50 000	> 50 000

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).

Parmi les paramètres chimiques, le *Tableau 9* reprend les concentrations maximales (CM_{eau}) calculées pour certains éléments chimiques susceptibles d'avoir pour origine l'eau d'abreuvement pour les substances concernées dans la présente étude.

Ces valeurs sont également celles reprises dans le tableau de l'annexe 14 du rapport de l'ANSES (2010) synthétisant les critères de qualité de l'eau d'abreuvement retenus par son groupe de travail.

Tableau 9 : Paramètres et valeurs à risque – synthèse des critères de qualité de l'eau d'abreuvement (ANSES, 2010)

Paramètres	Concentration maximale (CM_{eau}) calculée dans l'eau d'abreuvement (mg/L)
Arsenic	0,06
Cadmium – Bovins, ovins, caprins – Jeunes ruminants et monogastriques	 0,03 0,01
Mercure – Toutes espèces	 0,003
Plomb – Toutes espèces	 0,1
Cuivre – Ovins – Bovins – Volailles, porcs, chevaux	 0,375 1 6,25
Fer – Porcs – Autres espèces	 75 12,5
Manganèse – Chevaux, – Porcs – Autres espèces	 10 25 50
Zinc – Ovins – Bovins, volailles, chevaux – Porcs	 7,5 12,5 25

Le Tableau 10 reprend ces informations pour les substances étudiées dans la présente étude ainsi que les valeurs mesurées sur les eaux d'abreuvage.

Tableau 10 : Concentrations des eaux d'abreuvement et comparaison aux valeurs guides SEQ-Eau abreuvement et aux CM_{eau} (ANSES, 2010)

Eau abreuvement Unité(µg/L)	ESO3 (bovins) ECH-ZP76	ESO9 (bovins) ECH-ZE14	ESO12 (chevaux) NAD-ZK102
*Sb**	<0,20	0,28	26,3
*Ag**	<0,50	<0,01	<0,50
As	9,37	13,6	3,94
Cd	<0,20	<0,20	<0,20
Cu	1,21	6,91	0,89
*Li**	0,021	<0,005	<0,005
Mn	35,2	28,9	150
Pb	<0,,50	<0,50	0,53
*W**	<5,00	<5,00	<5,00
Zn	<5,00	6,8	<5,00
Hg**	<0,20	<0,21	<0,20
Fe	370	280	350

Légende :

Commune : ECH : Echassières, NAD : Nades
** Substance ne disposant pas de valeur*
*** Limite de quantification du laboratoire supérieure à la CM_{Eau}*
Gras *: Dépassement d'au moins une des CM_{Eau} définies pour les substances considérées*
Code couleur = comparaison aux valeurs guides SEQ-Eau abreuvement :

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

Il est constaté l'absence de dépassement des valeurs guides SEQ-Eau abreuvement ou CM_{eau} pour les substances retenues dans l'étude pour les 3 échantillons d'eau d'abreuvage (ESO3, ESO9 et ESO12). Par ailleurs, le pH des 3 échantillons compris entre 6,7 et 7,9 est conforme aux critères de qualité (6≤ pH ≤ 9). En revanche, la conductivité des 3 échantillons est inférieure à 200 µS/cm, valeur basse du critère de qualité, compris entre 200 et 1100 µS/cm.

6.5 INTERPRETATION DES RESULTATS POUR LES EAUX SOUTERRAINES

Dans un premier temps, les concentrations ont été comparées aux concentrations de l'échantillon considéré comme représentatif de l'environnement local témoin dans un contexte hydrogéologique jugé complexe, ce qui met en évidence une dégradation de la qualité des eaux souterraines sur les zones I et III (ESO2,

ESO6, ESO11) pour quatre métaux (Sb, As, Cd ou Mn) (Annexe 6 – illustration des dépassements par un code couleur).

Ainsi, au regard des usages constatés, les concentrations sont comparées aux valeurs réglementaires de gestion, à savoir les limites de l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine telles que présentées dans le Tableau 11 (comparaison conservatrice considérant qu'à ce jour l'eau n'est pas utilisée pour l'alimentation en eau potable mais pour l'irrigation). Rappelons que Ag, W et Hg ont été analysés mais n'ont été quantifiés dans aucun échantillon d'eau souterraine.

Tableau 11 : anomalies relevées dans les eaux souterraines

	Unité	Limites eau potable (Annexe I - 11 janvier 2007)	Concentration dans eaux souterraines brutes
pH*	-	6,5 ≤...≤ 9	**5,4** (ESO6) à **5,9** (ESO11)*
Fe	µg/L	200	**290** (ESO11) à **310** (ESO2)
Sb	µg/L	5	-
As	µg/L	10	**-**
Cu	µg/L	2 000	-
Cd	µg/L	5	-
Mn	µg/L	50	**91**** (ESO2)
Pb	µg/L	10	**-**
Zn	µg/L	- /5 000 (a)	-

* valeur pH relevée sur le terrain

** valeur en Mn de ESO2 dans la gamme ELT (11,5-546 µg/L mesuré respectivement sur ESO10 et ESO7)

En **gras** : dépassement des limites fixées dans l'annexe I – 11 janvier 2007

(a) : à défaut de valeur dans l'annexe I, valeur extraite de l'annexe II relative à la qualité des eaux brutes – 11 janvier 2007

Deux eaux souterraines ESO6 et ESO11 présentent un pH inférieur à 6,5 les rendant **non conformes** vis-à-vis de l'arrêté du 11 janvier 2007. Deux échantillons ESO2 et ESO11 présentent des teneurs en Fe dépassant légèrement la valeur réglementaire de 200 µg/L.

Un seul **dépassement** de la valeur réglementaire **en Mn** est observé pour ESO2 (zone I-ECH), avec un facteur inférieur à 2. Par ailleurs, ESO2 affiche une concentration en As de 9,26 µg/L, proche de la valeur réglementaire de 10 µg/L.

Sur la base des paramètres pH et teneur en fer, les eaux souterraines des 3 puits **ne sont pas conformes** vis-à-vis de l'arrêté du 11 janvier 2007.

6.6 INTERPRETATION DES RESULTATS POUR LES VEGETAUX POTAGERS

Les concentrations dans les végétaux potagers sont comparées à la gamme de concentrations de l'environnement local témoin associé, mettant en évidence une dégradation de la qualité de quelques végétaux sur les zones I et III pour 3

métaux (Cd, Cu, Zn). Aucun dépassement n'est observé sur la zone II (carrefour de la Bosse). L'Annexe 7 illustre, zone par zone et légume par légume, les dépassements par un code couleur.

Les concentrations en métaux mesurées dans les végétaux autoproduits sont aussi comparées aux teneurs fixées par le Règlement Européen 1881/2006/CE du 19 décembre 2006, portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires (teneurs maximales en mg/kg de poids à l'état frais). Ce règlement a été modifié par les règlements CE n°835/2011 du 19 août 2011, CE n°1259/2011 du 2 décembre 2011, CE n°488/2014 du 12 mai 2014, CE n°2015/1005 du 25 juin 2015.

Les seuls métaux réglementés sont le Cd, Pb, Hg et Sn. L'étain inorganique est réglementé pour les aliments en conserve et les boissons en boîte. Le mercure est réglementé uniquement dans les produits de la pêche.

Le Tableau 12 présente les teneurs maximales fixées par le Règlement Européen 1881/2006 modifié, ainsi que les concentrations supérieures aux valeurs ELT retenues.

Tableau 12 : teneurs maximales fixées par le Règlement Européen 1881/2006 du 19 décembre 2006 modifié

Susbtance	Matrices	Teneurs maximales	Concentration végétal > ELT
Pb (mg/kg MF)	3.1.13. Légumes à l'exclusion des choux feuilles, des salsifis, des légumes feuilles et fines herbes, des champignons, des algues marines et des légumes fruits	0,1	
	3.1.14. Choux feuilles, salsifis, légumes feuilles à l'exclusion des fines herbes et des champignons suivants: *Agaricus bisporus* (champignon commun), *Pleurotus ostreatus* (pleurote) et *Lentinula edodes* (lentin du chêne)	0,3	0,1 (SJ1_FCA)*
	3.1.15. Légumes fruits - maïs doux	0,10	
	3.1.15. Légumes fruits – autre que maïs doux	0,05	
	3.1.16. Fruits, à l'exclusion des airelles, des groseilles, des baies de sureau et des arbouses	0,10	
	3.1.17. Airelles, groseilles, baies de sureau et arbouses	0,20	
Cd (mg/kg MF)	3.2.1. Légumes et fruits, à l'exclusion des catégories ci-dessus	0,05	0,011 (SJ15_HAR)
	3.2.2. Légumes-racines et légumes-tubercules (à l'exclusion du céleri-rave, des panais, des salsifis et du raifort), légumes-tiges (à l'exclusion du céleri)	0,1	0,026 (SJ11_BETT)
	3.2.3. Légumes-feuilles, fines herbes, choux feuilles, céleri, céleri-rave, panais, salsifis, raifort et champignons suivants : *Agaricus bisporus* (champignon de Paris), *Pleurotus ostreatus* (pleurote en forme d'huître), *Lentinula edodes* (shiitake)	0,2	
	3.2.4. Champignons à l'exclusion du point 3.2.3	1,0	

LQ : limite de quantification du laboratoire
* absence de végétal ELT pour les fanes de carotte
En gras : concentration dépassant la valeur règlementaire
En gris : non concerné par la présente étude

Aucun dépassement des teneurs réglementaires en Pb et en Cd n'est observé pour les végétaux potagers investigués dans les jardins potagers des zones I, II et III.

Un calcul de risques sanitaires est réalisé par la suite à l'aide de la grille IEM pour :

- Cu et Zn en l'absence de valeurs de gestion réglementaire et en raison d'une qualité dégradée pour cette substance pour les pommes de terre, les betteraves, les haricots, la salade et les pommes) ;
- les végétaux ne disposant pas d'échantillons ELT (toutes les substances présentant une concentration supérieure à la limite de quantification sont retenues). C'est le cas des fanes de carottes et des poireaux entiers sur SJ1 (suite à la non sélection de la zone Gros Boënat comme zone ELT en accord avec GEODERIS), des raves sur SJ11 et des poireaux sur SJ16.

6.7 CALCUL DES RISQUES SANITAIRES

6.7.1 EVALUATION DE LA TOXICITE ET VALEURS TOXICOLOGIQUES DE REFERENCE

L'évaluation de la toxicité regroupe les deux étapes suivantes :

- l'identification du potentiel dangereux des substances, c'est-à-dire les effets indésirables qu'une substance est intrinsèquement capable de provoquer chez l'homme ;
- la définition des relations dose-effets et dose-réponses, 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). Les VTR « à seuil de dose » sont construites dans le cas de substances provoquant au-delà d'une certaine dose, des dommages dont la gravité augmente avec la dose absorbée. Les VTR « sans seuil de dose » sont construites dans le cas de substances pour lesquelles l'effet apparaît quelle que soit la dose reçue et où la probabilité de survenue augmente avec la dose.

La démarche est détaillée en Annexe 8.

Les valeurs toxicologiques de référence (VTR) ont été choisies conformément aux modalités des ministères en charge de la santé et de l'environnement précisées par la note d'information DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués[18]).

En outre, la position de l'INERIS est de proposer la meilleure approche au vu des connaissances disponibles ; le niveau d'approfondissement vers la meilleure connaissance disponible est proportionné aux enjeux. Ainsi, ont été pris en compte les avis d'experts toxicologues lorsqu'il en existait pour les substances étudiées, notamment ceux de l'INERIS.

En l'absence de valeurs toxicologiques de référence, à ce jour, pour le lithium et le tungstène sur les bases de données toxicologiques consultées par l'INERIS et recommandées dans la note d'information précitée, les calculs de risque n'ont pas pu être conduits pour ces substances.

Par ailleurs, à défaut d'une spéciation connue pour le mercure dans les sols, il a été retenu, selon une approche conservatoire, la forme méthylmercure affichant la VTR la plus faible, donc la plus pénalisante.

Pour une exposition chronique et pour la voie ingestion, l'INERIS a retenu les VTR présentées dans le Tableau 13.

18 La démarche de choix des VTR indiquée permet une démarche de choix approfondis conduite par les toxicologues de l'INERIS.

Tableau 13 : synthèse des VTR sélectionnées pour la voie « ingestion » - exposition chronique

Substance	VTR à seuil mg/kg.j	Organisme élaborateur	VTR sans seuil $(mg/kg.j)^{-1}$	Organisme élaborateur
Arsenic	0,00045	Fobig (2009)	1,5	US EPA (1998), OEHHA (2009)
Antimoine	0,0004	US EPA (1987)	nc	-
Argent	0,005	US EPA (2011)	nc	
Cadmium	0,00036	EFSA (2011)	nc	-
Cuivre	0,14	RIVM (2001)	nc	-
Lithium	pdv			
Mercure	0,0001	US EPA (2001)	nc	-
Plomb	0,00063	ANSES (2013)	0,0085	OEHHA (2009)
Tungstène	pdv			
Zinc	0,3	US EPA (2005)	nc	-

nc : non concerné

pdv : pas de valeur relevée dans les bases de données listées dans la circulaire DGS/EA1/DGPR/2014/307

6.7.2 EVALUATION DES EXPOSITIONS

L'évaluation de l'exposition consiste, d'un côté, à identifier les personnes exposées (âge, sexe, caractéristiques physiologiques, budgets espace-temps[19], etc.) et les voies d'exposition / de pénétration des substances. De l'autre, elle doit tenir compte de la fréquence, de la durée et de l'intensité de l'exposition à ces substances - exprimée par une dose moyenne journalière ou, pour l'inhalation, par une concentration moyenne dans l'air - pour chaque voie pertinente.

La méthodologie pour la prise en compte des paramètres d'exposition est rappelée en Annexe 8.

Les choix des valeurs des paramètres d'exposition ont été réalisés de façon raisonnablement conservatoire en première approche au regard de certaines incertitudes, notamment en termes de fréquentation des lieux.

Pour les sols et les végétaux potagers, une approche conservatoire a été retenue puisque la biodisponibilité des métaux retenue est de 100%. Ce 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).

De plus, lorsque plusieurs prélèvements de sol sont retenus sur une zone liée à un usage, les concentrations maximales sont retenues en vue de considérer les zones les plus impactées accessibles aux enfants en bas âge. C'est notamment le cas pour le scénario « usage générique – enfant de moins de 6 ans en résidence

[19] Budget espace-temps tel que le temps alloué au jardinage (nombre de jours par semaine, nombre de semaines par an)

permanente » considéré lorsque des enfants de cet âge ne sont actuellement pas présents au niveau des résidences mais pourraient l'être dans l'avenir.

Ingestion de sols

Le Tableau 14 reprend les valeurs des paramètres temporels retenues pour la voie ingestion de sols/poussières pour les enfants (de moins de 6 ans et de plus de 6 ans) et les adultes.

Les valeurs par défaut proposées dans le rapport GEODERIS N2015/014DE-15NAT24080 (9/04/2015) sont retenues pour le scénario usage générique développé pour les enfants de moins de 6 ans à raison de 234 jours/an (365 jours auxquels sont retranchés 15 jours de vacances, pondérés au 1/3 pour des raisons de mauvais temps).

Tableau 14 : valeurs des paramètres d'exposition temporelle d'un enfant et d'un adulte – voie ingestion sols/poussières

Paramètres d'exposition	Valeurs pour l'enfant de moins de 6 ans	Valeurs pour l'adolescent de 6 à 18 ans	Valeurs pour l'adulte
T : durée d'exposition [années]	5,5 ans	12 ans	53 ans, tenant compte que l'activité de jardinage débute à l'âge de l'adolescence (17 ans)
F : fréquence d'exposition : nombre annuel de jours d'exposition ramené au nombre total annuel de jours [sans unité]	**Zones I, II et III** : voir nombre de jours spécifiés pour chacun des scenarii (témoignage de l'usager pris en compte) **Usage générique** : 234 jours par an* (365 j de l'année moins 15 j de vacances pondérés par 1/3 de mauvais temps) Soit F = (234/365) = 0,64	Pas de valeurs renseignées par les usagers, application de la fréquence de 234 jours par an* (365 j de l'année moins 15 j de vacances pondérés par 1/3 de mauvais temps) Soit F = (234/365) = 0,64	**Zones I, II et III (activité jardinage, activité extérieure)** : voir nombre de jours spécifiés pour chacun des scenarii (témoignage de l'usager pris en compte). En cas d'une présence quotidienne rapportée, le nombre de jours est pondéré par 1/3 de mauvais temps.
Tm : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée [années]	5,5 ans (effet à seuil : égale à la durée d'exposition) et 70 ans (effet sans seuil)[20]	12 ans (effet à seuil : égale à la durée d'exposition) et 70 ans (effet sans seuil)	53 ans (effet à seuil : égale à la durée d'exposition) et 70 ans (effet sans seuil)

* valeur par défaut proposée dans le rapport GEODERIS N2015/014DE-15NAT24080 (9/04/2015)

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

Le Tableau 15 présente les valeurs retenues pour les autres paramètres d'exposition vis-à-vis de la voie ingestion pour un enfant et un adulte.

Tableau 15 : valeurs des paramètres globaux d'exposition d'un enfant et d'un adulte

Paramètres d'exposition	Poids corporel (kg)	Source	Quantité de sol ingérée (mg/j)	Source
Enfant de moins de 6 ans	13 *	CIBLEX, 2004[21] US EPA, 2008	91 mg/j (95ème percentile)	InVS / INERIS (2012) pour l'enfant de moins de 6 ans [22]
Adolescent (6 à 18 ans)	46,8	InVS, 2012		
Adulte	62,5	CIBLEX, 2004 (moyenne homme et femme)	50 mg/j **	US EPA (2011)

* 13 kg pour la tranche d'âges de 6 mois à 6 ans

** la valeur de Hawley (1985) [23] de 480 mg/j pour les scenarii avec activités de jardinage n'apparaît pas pertinente pour l'activité de jardinage retenue pour les scenarii moyen et long terme.

Des enfants de plus de 6 ans sont considérés dans la présente étude (scenarii 10 et 15) avec des âges compris entre 6 et 10 ans. Pour ces scenarii, la considération d'une quantité des sols ingérée identique à celle des enfants de moins de 6 ans reste une approche conservatoire en soi et a été retenue pour les calculs de risque sanitaire.

Ingestion de végétaux issus du jardin potager

Concernant la voie d'exposition « ingestion de fruits et légumes auto-produits », les valeurs retenues sont présentées dans le Tableau 16 (pour l'exposition temporelle) et dans le Tableau 19 (pour la consommation).

Les valeurs retenues pour la consommation journalière sont issues de la base de données CIBLEX (ADEME, IRSN, 2004) pour la ZEAT 8 (Centre-est incluant Auvergne-Rhône-Alpes), associées à une commune rurale.

[21] ADEME, IRSN (2004) - CIBLEX : Base de données de paramètres descriptifs de la population française au voisinage d'un site pollué. CD-Rom coédité ADEME / IRSN, référence 4773

[22] La valeur du paramètre d'exposition quantité de sol ingérée retenue pour la période enfant considérée dans la présente étude est de 91 mg/j, et non la valeur classiquement retenue de 150 mg/j jusqu'à la date de publication du rapport InVS et INERIS (2012) « Quantités de terre et poussières ingérées par un enfant de moins de 6 ans et bioaccessibilité des polluants. Etat des connaissances et propositions ». Pour information, la valeur retenue est conservatoire, notamment au regard de l'étude de l'OVAM (2007) qui indique une valeur moyenne comprise entre 40 et 80 mg/j. L'étude de l'US EPA (2008) indique une valeur moyenne de 100 mg/j. Le cas d'un enfant présentant un comportement particulier de type Pica n'est pas étudié, avec dans ce cas une quantité ingérée de sol plus importante (1000 mg/j).

[23] Hawley JK. (1985) - Assessment of health risk from exposure to contaminated soil. Risk Analysis. 5(4) 289-302.

Tableau 16 : valeurs des paramètres d'exposition d'un enfant et d'un adulte – voie ingestion fruits et légumes auto-produits

Paramètres d'exposition	T : durée d'exposition [années]	F : fréquence d'exposition : nombre annuel de jours d'exposition ramené au nombre total annuel de jours [sans unité]	Tm : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée [années]
Enfant	5,5 ans tenant compte d'une alimentation au lait infantile exclusif de 0 à 6 mois et d'une diversification alimentaire à partir de 1 an	F=1 selon 365/365 jours	5,5 ans (effet à seuil : égale à la durée d'exposition) et 70 ans (effet sans seuil)[24]
Adolescent	12 ans tenant compte de la période 6 à 18 ans		12 ans (effet à seuil : égale à la durée d'exposition) et 70 ans (effet sans seuil)
Adulte	64 ans*		64 ans (effet à seuil : égale à la durée d'exposition) et 70 ans (effet sans seuil)

* T= 64 ans pour les foyers composés uniquement d'adultes. La valeur de T=52 ans est retenue pour les foyers composés d'adultes et d'enfants de plus de 6 ans (6-18 ans) – cas du scénario 10.

Quatre catégories de population sont considérées quant à la quantité de légumes consommés quotidiennement : enfants de 2 à 7 ans ; enfants de 7 à 17 ans subdivisés en 7-12 et 12-17 ans ; employés/retraités (voir le détail des quantités de légumes consommés dans le Tableau 17). Les jardins potagers sont principalement entretenus par des adultes avec des quantités consommées identiques que les adultes soient retraités, agriculteurs ou actifs.

Tableau 17 : quantités ingérées détaillées issues de CIBLEX (ADEME, IRSN, 2004)

ZEAT8 - commune rurale	Enfant				Adulte/employés	
	2 à 7 ans		7 à 17 ans		17 à 60 ans	
TYPE DE LEGUMES	quantité ingérée (g/j)	autarcie %	quantité ingérée* (g/j)	autarcie %	quantité ingérée (g/j)	autarcie %
LEGUME FEUILLE	25,47	-	33,1	-	46,9	28,9
LEGUME RACINE	14,0	-	24,5	-	33,6	29,6
LEGUME FRUIT	95,1	-	138,0	-	205,5	14,6
POMME DE TERRE	30,41	-	56,4	-	35,3	35,3

* moyenne des quantités consommées des catégories 7-12 ans et 12-17 ans

Les cinq catégories de légumes récoltés sont considérées : légume-feuille, légume-fruit, légume-racine, tubercule et fruit. En l'absence d'information sur la

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

quantité de fanes de carottes consommées en France, leur consommation a été assimilée à 50% de celle des salades, cultivées aussi sur SJ1, et pour lesquelles des données sont disponibles (Dubeaux-INSEE, 1994). Pour les betteraves, leur consommation pouvait être assimilée à celle des radis ou des navets ; pour une approche conservatoire, celle des radis est retenue car supérieure à celles des navets (0,5 à 1,2 g/j pour les radis au lieu de 0,3 à 0,7 g/j pour les navets pour les 3 catégories d'usagers - Tableau 19). Le Tableau 18 présente les calculs intermédiaires pour obtenir le pourcentage de consommation de l'espèce auto-produite dans la catégorie de légumes considérée.

Tableau 18 : taux de consommation d'une espèce par rapport à sa famille-type de légumes (source : INSEE Première n°338 - Dubeaux, 1994)

FAMILLE/ESPECE VEGETALE	CONSOM-MATION ANNUELLE (kg/an//pers)	CONSOM-MATION. MOYENNE (g/j/pers)	DONT PART AUTO-PRODUITE (%)	CONSOM-MATION MOYENNE AUTOPRODUITE (g/j/pers)	% DE CONSOMMATION DE L'ESPECE AUTOPRODUITE DANS LA FAMILLE DE LEGUMES CONSIDEREE
LEGUMES TUBERCULES					
pommes de terre	39	106,8	40,0	42,7	100%
LEGUMES FRUITS					
courgettes	2,6	7,1	45,2	3,2	13%
tomates	10,4	28,5	37,5	10,7	42%
haricots verts	4,7	12,9	83,5	10,8	42%
petits pois	0,6	1,6	65,9	1,1	4%
LEGUMES RACINES					
carottes	10,5	28,8	40,1	11,5	81%
navets	1,1	3,0	35,0	1,1	7%
radis *	1,1	3,0	56,1	1,7	12%
LEGUMES TIGE					
poireaux	5,1	14,0	66,1	9,2	100%
LEGUMES FEUILLE					
salades	14,5	39,7	45,5	18,1	55%
choux	6	16,4	35,7	5,9	18%
poireaux	5,1	14,0	66,1	9,2	28%
FRUITS					
pommes	17	46,6	9,7	4,5	31%
poires	3,6	9,9	19,0	1,9	13%
abricot, pêche, brugnon	6,1	16,7	6,7	1,1	8%
fraise, framboise	3	8,2	52,5	4,3	30%
cerises	1,2	3,3	40,4	1,3	9%
prunes	1	2,7	45,1	1,2	9%

* *consommation étendue aux betteraves dans cette étude*

En gris : non concerné dans la présente étude

Le taux d'autarcie est extrait de la base de données CIBLEX pour la catégorie adulte de 17 à 60 ans car il est généralement majorant par rapport au taux annoncé par les usagers (généralement 10-20% d'autarcie) ; il est appliqué tel que présenté dans le Tableau 19, à la fois aux enfants et aux adolescents à défaut de valeurs proposées par CIBLEX et par principe d'homogénéité à l'intérieur même de la cellule familiale.

Pour le cas particulier des grands jardins et des taux d'autarcie annoncés par les usagers supérieurs à 80%, un taux d'autarcie de 100 % est retenu (et non celui issu de CIBLEX). C'est le cas pour SJ11/12, SJ16 et SJ17.

Les quantités de légumes consommés quotidiennement par les usagers sont déterminées à partir du taux d'autarcie et du pourcentage de l'espèce autoproduite.

Les quantités auto-consommées retenues pour tous les jardins (excepté SJ11/12, SJ16 et SJ17) sont présentées dans le Tableau 19, légume par légume, pour l'enfant et l'adulte. Pour les jardins SJ11/12, SJ16 et SJ17 dont l'autarcie a été retenue à 100%, les quantités auto-consommées sont présentées dans le Tableau 20.

Tableau 19 : quantité quotidienne de végétaux et autarcie retenues pour les jardins potagers à faible taux d'autarcie (source : CIBLEX, 200 ; INSEE Première n°338 – Dubeaux, 1994 ; INSEE, 1991)

famille/espèce végétale	% de consom-mation de l'espèce autoproduite	Enfant				Adulte	
		2 à 7 ans		7 à 17 ans		17 à 60 ans	
		quantité ingérée (g/j)	autarcie %	quantité ingérée (g/j)	autarcie %	quantité ingérée (g/j)	autarcie %
LEGU. FRUITS		**95,1**	**14,6**	**138,0**	**14,6**	**205,5**	**14,6**
courgettes	13%	1,7	-	2,5	-	3,7	-
tomates	42%	5,8	-	8,4	-	12,5	-
haricots verts	42%	5,8	-	8,4	-	12,5	-
petits pois	4%	0,6	-	0,8	-	1,3	-
LEG. RACINES		**14**	**29,6**	**24,5**	**29,6**	**33,6**	**29,6**
carottes	81%	3,3	-	5,9	-	8,0	-
navets	7%	0,3	-	0,5	-	0,7	-
radis (betteraves)	12%	0,5	-	0,9	-	1,2	-
LEG. FEUILLE		**25,47**	**28,9**	**33,1**	**28,9**	**46,9**	**28,9**
salades	55%	4,0	-	5,2	-	7,4	-
choux	18%	1,3	-	1,7	-	2,4	-
poireaux	28%	2,0	-	2,6	-	3,7	-

En gris : non concerné dans la présente étude

Tableau 20 : quantité quotidienne de végétaux consommée pour les jardins potagers considérés comme auto-suffisants à 100%

famille/espèce végétale	% de consom-mation de l'espèce autoproduite	Enfant				Adulte	
		2 à 7 ans		7 à 17 ans		17 à 60 ans	
		quantité ingérée (g/j)	autarcie %	quantité ingérée (g/j)	autarcie %	quantité ingérée (g/j)	autarcie %
LEGU. FRUITS		**95,1**	**100**	**138,0**	**100**	**205,5**	**100**
courgettes	13%	12,4	-	17,9	-	26,7	-
tomates	42%	39,9	-	58,0	-	86,3	-
haricots verts	42%	39,9	-	58,0	-	86,3	-
LEG. RACINES		**14**	**100**	**24,5**	**100**	**33,6**	**100**
carottes	81%	11,3	-	19,8	-	27,2	-
navets	7%	1,0	-	1,7	-	2,3	-
radis (betteraves)	12%	1,7	-	2,9	-	4,0	-

famille/espèce végétale	% de consom-mation de l'espèce autoproduite	Enfant				Adulte	
		2 à 7 ans		7 à 17 ans		17 à 60 ans	
		quantité ingérée (g/j)	autarcie %	quantité ingérée (g/j)	autarcie %	quantité ingérée (g/j)	autarcie %
LEG. FEUILLE		**25,47**	**100**	**33,1**	**100**	**46,9**	**100**
salades	55%	14,1	-	18,2	-	-	-
poireaux	28%	7,1	-	9,3	-	13,1	-

6.7.3 PARAMETRES ENVIRONNEMENTAUX RETENUS

Concentrations dans le sol

Les concentrations dans les sols retenues sont reprises dans les tableaux de la section suivante. Elles correspondent aux concentrations maximales si plus d'un prélèvement a été effectué au droit de la zone étudiée. Ce choix de la concentration maximale est retenu en première approche dans le cadre d'une démarche conservatoire.

Ces tableaux indiquent également les valeurs des concentrations dans les sols de l'environnement local témoin (ELT).

Les calculs de risque sont réalisés pour les concentrations dépassant l'ELT_{max} tenant compte de l'incertitude analytique. En concertation avec GEODERIS, aucun scénario ni calcul n'est déroulé pour les concentrations comprises dans la gamme ELT_{min}-ELT_{max}.

Concentrations dans les végétaux potagers

Les concentrations dans les végétaux retenues pour les différents jardins sont reprises dans les tableaux de la section suivante. Il s'agit des concentrations dépassant les valeurs de l'ELT_{max} et/ou des concentrations supérieures aux limites de quantification du laboratoire en absence de prélèvement de végétaux témoins (végétaux ELT).

6.7.4 CARACTERISATION DES RISQUES SANITAIRES - RESULTATS PAR SCENARIO

La démarche à l'aide de la grille de calcul IEM dans sa version 0 a été suivie pour :

- les sols lorsque les concentrations mesurées sont supérieures aux concentrations mesurées pour l'environnement local témoin, et en l'absence de valeur réglementaire de gestion pour cette matrice ;
- les végétaux potagers lorsque les concentrations mesurées sont supérieures aux concentrations mesurées pour l'environnement local témoin ou lorsque qu'elles sont supérieures aux limites de quantification en absence de végétaux ELT.

  Pour rappel, aucun dépassement des valeurs réglementaires (Cd et Pb) relatives aux denrées alimentaires n'est observé dans le présent dossier.

Pour chaque scénario retenu (voir Tableau 6 au paragraphe 6.2.3) sont présentés :

- une fiche de synthèse (situation générale, description des usages, scénario d'exposition retenu et principaux paramètres d'exposition, échantillons prélevés – le symbole ⦸ signifie qu'aucun prélèvement n'a été effectué pour la matrice concernée) ; et
- un tableau avec les concentrations mesurées et celles retenues (valeurs en gras) dans les milieux d'exposition et dans l'environnement local témoin lorsque ce dernier est pertinent, ainsi que les valeurs retenues pour les calculs des expositions et des risques avec les modalités précédemment indiquées.

Les résultats des calculs de risque sont illustrés avec des codes de couleurs au regard des intervalles de gestion de la grille de calcul de l'IEM (cf. Figure 18), et le cas échéant, au regard des critères d'acceptabilité à l'issue d'une EQRS avec la prise en compte de toutes les substances (excepté les substances dont la concentration ne dépasse pas celle de l'ELT) et voies d'exposition.

Un scénario appelé « scénario générique » concernant l'enfant et l'ingestion de sol lors des activités de jeux en extérieur, a également été étudié en considérant une fréquentation de 234 jours par an. Ce scénario permet d'anticiper un éventuel changement d'usage lié à la présence d'enfants de moins de 6 ans dans des résidences permanentes qui ne sont pas fréquentées au moment de l'étude. Le « scénario générique » est traité dans la section « Evaluation des incertitudes ».

6.7.4.1 ZONE I - SCENARIO 1 – ACTIVITES DE JARDINAGE ET AUTOCONSOMMATION DES VEGETAUX A ECHASSIERES (ZD79-80)

Le scénario est présenté en détail en Figure 19. Le *Tableau 21* présente les résultats des calculs de risques sanitaires pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI).

Il en résulte :

- pour les sols des jardins cultivés (SJ11, SJ12 et SJ13), un usage compatible en l'absence de dépassement des valeurs ELT (la grille IEM n'est pas appliquée) ;
- pour les végétaux potagers (application de la grille IEM en l'absence d' ELT pour les raves), un usage compatible entre la qualité des végétaux autoproduits et leur consommation, sur la base de l'ingestion de raves considérant la voie « ingestion de végétaux autoproduits » par un adulte.

Figure 19 : Fiche du scénario 1 – Activités de jardinage et autoconsommation des végétaux potagers à Echassieres (ZD79-80)

ZONE INVESTIGUEE : ZONE I			
SCENARIO N°1 : ACTIVITES DE JARDINAGE ET AUTOCONSOMMATION DES VEGETAUX POTAGERS			
SITUATION GENERALE			
Commune	**Echassières**	Dépôt minier le plus proche	03_0070_A_T1/ T7/ T9
Parcelle(s) cadastrale(s)	**ZD79_80**	Propriété privée	oui

Description

▪ Au lieu-dit La Bourse, propriété privée abritant plusieurs habitations, hangars ainsi que des jardins potagers avec élevage de volailles pour la consommation d'œufs et de lapins (non consommés).

L'autoconsommation des végétaux autoproduits est élevée et considérée à 100% (conserve, congélation). Un premier jardin potager de 150 m^2 est situé à proximité du puits (SJ11), la serre et la bande dédiée aux pommes de terre (90 m^2) sont situées plus au sud (SJ12). Les betteraves et les fanes de carottes ne sont pas consommés par le jardinier mais destinés aux lapins.

Zone d'intérêt : jardins potagers dont une serre en pleine terre et un verger.

▪ Résidence permanente - un adulte (actif), entourée de parcelles agricoles cultivées (blé). Le blé est vendu à la coopérative agricole (prélèvement d'un échantillon de sol sur une aire localisée où le blé se développe différemment – S30_0_10).

▪ Souhait de développer une activité de chambre d'hôte à thème.

▪ Présence d'un puits de 7 m de profondeur servant à l'irrigation des végétaux potagers (pleine terre + serre). Stockage intermédiaire dans une cuve aérienne en polypropylène de 1 m^3, installée à côté de la serre.

▪ Le verger est constitué de plus de 600 arbres fruitiers. Le verger s'étendait sur 1 ha ; les pieds vieillissant sont arrachés au fur et à mesure. Surface actuelle de 2 000 m^2. Arrosage au goutte à goutte à partir du réseau de ville. Vente directe des fruits à la ferme (production annuelle comprise entre 1 000 et 6 000 t). Fabrication de jus de pomme et de cidre (auto-consommés).

▪ Présence d'une mare au nord-ouest de la parcelle (toujours en eau, avec poissons non pêchés) et d'un bassin de rétention au sud-ouest (à sec lors des investigations).

▪ A l'extrémité sud de la propriété, zone boisée avec couvert végétal sur anciens résidus miniers (sableux). Aucun usage sur cette zone. Une partie des parcelles cultivées en blé se situe entre la zone boisée et les jardins potagers.

Photographies *(la zone d'intérêt en haut avec jardin potager + verger, en bas : parcelle de blé et zone boisée)*

SCENARIO N°1 : ACTIVITES DE JARDINAGE ET AUTOCONSOMMATION DES VEGETAUX POTAGERS

SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Principale(s) source(s) d'information(s)	◦ Propriétaire ◦ Réunion en Mairie le 12/09/2016	
Scénario d'exposition retenu (x2) et nombre de jours d'exposition retenus	▪ Adulte jardinier - Ingestion non intentionnelle de sols	52 jours / an[25]
	▪ Adulte jardinier - Ingestion de végétaux autoproduits	100% autarcie

CARTE DE SITUATION (COORDONNEES GEOGRAPHIQUES)

Voir Figure 12	SJ11	696843	6567111
	SJ12	696850	6567088
	SJ13	696873	6567158

PRELEVEMENTS

Caractérisation de(s) l'environnement(s) local(aux) témoin(s)		**Caractérisation des milieux d'exposition**	
Lithologie	ELTa1 - micaschistes à deux micas	Lithologie	micaschistes à deux micas
Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol de jardin potager	Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol de jardin potager
	SJ20_0_30 *(ECH-ZL61)* **SJ22_0_30** *(ECH-ZO141-115)*		**SJ11_0_30,** **SJ12_0_30 (serre, pomme de terre), SJ13_0_30 (verger)**
	λ Eaux souterraines		λ Eaux souterraines
	ESO7, ESO8, ESO10		**ESO4**
	Végétaux potagers		Végétaux potagers
	SJ20_*PRU_TOM_CA_HAR_SAL_POM (ECH-ZL61)* **SJ22**_*SAL_BETT_TOM_HAR_CA_FRAM_PDT_POM_COU (ECH-ZO141-115)*		**SJ11_BETT_CA_HAR_RAV** **SJ12_PDT_TOM** **SJ13_PRU_POM**

[25] A raison de 2 fois par semaine pendant 6 mois (mai à octobre)

Tableau 21 : Concentrations dans les sols et les végétaux et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 1 - Activités de jardinage et autoconsommation des végétaux à Echassières (ZD79-80)

Scénario 1 - Activités de jardinage et autoconsommation des végétaux à Echassières (ZD79-80)										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa1)										
SJ20_0_30	2,47	<5.01	18,7	<0.40	52,2	21,7	<0.10	23,3	<10.0	114
SJ22_0_30	1,62	<5.00	57,9	<0.40	30,5	59,4	<0.10	34,8	<10.0	40,8
Zones d'exposition **(micachistes à deux micas)**										
SJ11_0_30	1,28	<5.00	24,1	<0.40	31,1	32,4	<0.10	27,7	<10.0	80,6
SJ12_0_30	1,65	<5.00	27,1	<0.40	26,6	36,2	<0.10	19,5	<10.0	72,8
SJ13_0_30	1,96	<5.00	32,5	<0.40	28,9	36,1	<0.10	21	<10.0	71,3
Ingestion de sol – adulte jardinier (52 jours d'exposition annuelle)										
QD adulte	n.c. **– aucun dépassement des concentrations ELT**									
ERI adulte	n.c. **– aucun dépassement des concentrations ELT**									

Substances **Référence de l'échantillon**	*Cr*	*Li*	*Sb*	*As*	*Cd*	*Cu*	*Pb*	*Zn*
	Concentrations dans les végétaux (mg/kg MF)							
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa1)								
Carotte SJ20_CA	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,005	0,4	<0.05	4
Carotte SJ22_ CA	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,05	0,7	<0.05	3,2
Pomme de terre SJ22_ PDT	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,028	1,1	<0.05	2,4
Betterave SJ22_ BETT	<0.2	2,9	<0.05 *	0,05	0,011	0,7	<0.05	2
Haricot vert SJ20_HAR	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,7	<0.05	2,7
Haricot vert SJ22_ HAR	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	1	<0.05	3,1
Tomate SJ20_TOM	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,5	<0.05	1
Tomate SJ22_ TOM	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,011	0,6	<0.05	1,3
Prune SJ20_PRU	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	1,4	<0.05	1,9
Pomme SJ20_POM	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,5	<0.05	<0.5
Pomme SJ22_ POM	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,4	<0.05	<0.5
Raves RAV	Absence échantillon ELT							
Végétaux d'exposition (micachistes à deux micas)								
Carottes SJ11_CA	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,021	0,6	<0.05	1,4
Pomme de terre SJ12_PDT	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,038	1	<0.05	2,9
Betterave SJ11_BETT[26]	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	**0,026**	**1,1**	<0.05	**3,2**
Haricot vert SJ11_HAR	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,8	<0.05	3,8
Tomate SJ12_TOM	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,016	0,5	<0.05	1,5
Prune SJ13_PRU	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,7	<0.05	0,9
Rave SJ11_RAV	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	**0,014**	**0,1**	<0.05	**1,7**
Pomme SJ13_POM[27]	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	**0,8**	<0.05	<0.5
Ingestion de végétaux autoproduits – adulte (100% autarcie, 365 jours d'exposition annuelle)								
QD adulte - RAV	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	1,5E-03	2,8E-05	n.c.	2,3E-04
ERI adulte - RAV	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.

[26] Les betteraves sont uniquement destinées aux lapins élevés. Aucun calcul de risque sanitaire n'est réalisé.

[27] Pour les pommes, aucun calcul de risque sanitaire car le verger, comme les légumes du potager est traité à la bouillie bordelaise (sulfate de cuivre). Il n'est pas possible de différencier le cuivre utilisé en tant que produit phytosanitaire, du cuivre en lien avec la paragénèse du minerai exploité.

		Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)	
		Non déroulée	
Légende :			
< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*		
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques), 2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes analytiques), ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*		
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols et les végétaux*		
Concentration retenue dans les végétaux :			
	concentration supérieure à la valeur règlementaire (Cd, Pb)		
Intervalles de gestion de l'IEM			
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages	
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion	
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages	
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS			
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}		

6.7.4.2 ZONE I - SCENARIO 2 – ACTIVITES DE JARDINAGE DANS LE VERGER A ECHASSIERES (ZD16)

Le scénario est présenté en détail en Figure 20. Le *Tableau 21* présente les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI).

Concernant le sol du verger, une seule substance présente une concentration supérieure à celle de l'ELT, à savoir le tungstène (W). La valeur mesurée est de 21,8 mg/kg soit deux fois plus que la limite de quantification du laboratoire (10 mg/kg). Cette valeur reste toutefois peu significative par rapport aux autres concentrations mesurées pendant cette campagne ; des valeurs de 200-300 mg/kg de W ont été observées sur certaines zones (berges de la Bouble).

La démarche IEM n'a pu être totalement déroulée faute de VTR pour le tungstène (*Tableau 22*).

Figure 20 : Fiche du scénario 2 – Activités de jardinage dans le verger à Echassières (ZD16)

ZONE INVESTIGUEE : ZONE I			
SCENARIO N°2 : ACTIVITES DE JARDINAGE DANS LE VERGER			
SITUATION GENERALE			
Commune	**Echassières**	Dépôt minier le plus proche	03_0070_A_T1/ T7/ T9
Parcelle(s) cadastrale(s)	**ZD16**	Propriété privée	oui

Description

▪ Au lieu-dit La Bourse, propriété privée avec bâtiment datant de l'exploitation minière (ancien living-room). Seul un puits de profondeur inconnue est recensé (aucun usage rapporté). Un verger est identifié (prunes, noix, framboises, groseilliers) au nord-ouest de la propriété. Absence de baies lors des investigations.

Zone d'intérêt : verger.

▪ Résidence permanente - deux adultes (actifs).

▪ Propriétaire mettant à disposition une pâture pour des chevaux, sur la partie ouest et sud de la propriété (prélèvement d'un échantillon de sol sur la pâture – S32_0_10). Seule une partie de la pâture était broutée, à savoir la pente située au plus près des bâtiments. La partie située plus au sud (au-delà de la rigole matérialisée par quelques arbustes) était recouverte d'une végétation plus dense et haute.

Photographies *(la zone d'intérêt est le verger en bas à gauche)*

SCENARIO N°2 : ACTIVITES DE JARDINAGE DANS LE VERGER			
SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)			
Principale(s) source(s) d'information(s)	◦ Propriétaire		
Scénario d'exposition retenu (x1) et nombre de jours d'exposition retenus	▪ Adulte jardinier - Ingestion non intentionnelle de sols		12 jours / an[28]
CARTE DE SITUATION			
Voir Figure 12	SJ33	696907	6567117

PRELEVEMENTS

Caractérisation de(s) l'environnement(s) local(aux) témoin(s)		**Caractérisation des milieux d'exposition**	
Lithologie	ELTa1 - micaschistes à deux micas	Lithologie	micaschistes à deux micas
Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol de jardin potager	Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol de jardin potager
	SJ20_0_30 *(ECH-ZL61)* **SJ22_0_30** *(ECH-ZO141-115)*		**SJ33_0_30** *(ECH-ZD16)*
	λ Eaux souterraines		λ Eaux souterraines
	⦸		⦸ - puits non investigué
	Végétaux potagers		Végétaux potagers
	⦸		⦸

[28] pour les travaux de jardinage 2 fois par mois pendant 6 mois, au vu du bon entretien de la parcelle

Tableau 22 : Concentrations dans les sols et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 2 - Activités de jardinage dans le verger à Echassières (ZD16)

Scénario 2 - Activités de jardinage dans le verger à Echassières (ZD16)										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa1)										
SJ20_0_30	2,47	<5.01	18,7	<0.40	52,2	21,7	<0.10	23,3	<10.0	114
SJ22_0_30	1,62	<5.00	57,9	<0.40	30,5	59,4	<0.10	34,8	<10.0	40,8
Zones d'exposition **(micachistes à deux micas)**										
SJ33_0_30	1,57	<5.00	36,2	<0.40	48,2	34,6	<0.10	34,3	**21,8**	146
Ingestion de sol – adulte jardinier (12 jours d'exposition annuelle)										
QD adulte	n.c.*****								n.c.	n.c.*
ERI adulte	n.c.*****								n.c.	n.c.*

* pas de dépassement des concentrations ELT

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)
	Non déroulée

Légende :		
< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*	
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques), 2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes analytiques), ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*	
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols*	
Concentration retenue dans les végétaux :		
	concentration supérieure à la valeur règlementaire (Cd, Pb)	
Intervalles de gestion de l'IEM		
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS		
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}	

6.7.4.3 ZONE I - SCENARIO 3 – RESIDENCE SECONDAIRE – ACTIVITES SUR L'AIRE DE JEUX POUR LES ENFANTS ET ACTIVITES DE JARDINAGE A ECHASSIERES (ZD24)

Le scénario 3 est présenté en détail en Figure 21. Le *Tableau 23* présente les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI).

Il en résulte pour l'aire de jeux dédiée aux petits et arrière-petits enfants, un usage compatible entre la qualité des sols de surface et l'activité des jeunes enfants quant à la voie d'exposition « ingestion non intentionnelle de sol » (*Tableau 23*). Le risque sanitaire est porté par le cuivre (dépassement de la valeur ELT).

Concernant les sols des jardins potagers (S7 et SJ8), les concentrations obtenues sont comprises dans la gamme ELT_{min}-ELT_{max} (tableau de résultats dans les sols présenté en Annexe 3). Il en est de même pour les végétaux autoproduits (haricot, tomate, pomme de terre, framboise - tableau de résultats non présenté mais inséré en Annexe 7). La grille IEM n'est donc pas déroulée pour les voies « ingestion non intentionnelle de sol » et « ingestion de végétaux autoproduits ».

Figure 21 : Fiche du scénario 3 - Résidence secondaire – aire de jeux extérieure des enfants

ZONE INVESTIGUEE : ZONE I			
SCENARIO N°3 : RESIDENCE SECONDAIRE – AIRE DE JEUX EXTERIEURE DES ENFANTS			
SITUATION GENERALE			
Commune	**Echassières**	Dépôt minier le plus proche	03_0070_A_T1/ T7/ T9
Parcelle(s) cadastrale(s)	**ZD24**	Propriété privée	oui
Description			
▪ Au lieu-dit La Bourse, propriété privée abritant un ancien corps de ferme présent lors de l'exploitation minière du Mazet et datant probablement du début du XX siècle. ▪ Résidence secondaire occupée d'avril à novembre - adultes (retraités), petits enfants (à partir de 6 ans) et arrières-petits enfants (1 à 6 ans). Une aire de jeux dédiée aux enfants est aménagée au centre du jardin ornemental. La zone de 50 m^2 environ abrite notamment une balançoire, un bac à sable. Les jeunes enfants fréquentent la maison familiale pendant les week-ends et les vacances scolaires (au maximum 30 jours/ an). Zone d'intérêt : aire de jeux dédiée aux enfants. ▪ Deux zones de culture sont aménagées : 1/ un jardin dédié aux légumes et aux fraises, irrigué par le réseau de ville et 2/ des bandes de culture dédiées aux framboises et aux groseilliers, irriguées par l'eau du puits. ▪ Le puits à une profondeur de 11 m. Il est toujours en eau. Un prélèvement d'eau a été réalisé (ESO2).			

Photographies *(la zone d'intérêt est l'aire de jeux en haut à droite ; puits en haut à gauche et jardins/bandes cultivés en bas)*

SCENARIO N°3 : RESIDENCE SECONDAIRE – AIRE DE JEUX EXTERIEURE DES ENFANTS

SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Principale(s) source(s) d'information(s)	◦ Propriétaire	
Scénario d'exposition retenu (x1) et nombre de jours d'exposition retenus	▪ Enfant en visite familiale (résidence secondaire) - Ingestion non intentionnelle de sols	30 jours / an

CARTE DE SITUATION

Voir Figure 12	SJ7	696977	6567194
	SJ8	696981	6567164
	S9	696974	6567154
	ESO2	696967	6567160

PRELEVEMENTS

Caractérisation de(s) l'environnement(s) local(aux) témoin(s)		**Caractérisation des milieux d'exposition**	
Lithologie	ELTa1 - micaschistes à deux micas	Lithologie	micaschistes à deux micas
Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol de jardin potager	Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol de jardin potager
	SJ21_0_30 *(ECH-ZL61)* **SJ22_0_30** *(ECH-ZO141-115)*		**SJ7_0_30** *(ECH-ZD24)* **SJ8_0_30** *(ECH-ZD24)*
	Sol de jardin ornemental		Aire de jeux dédiée dans jardin ornemental
	S19_0_10 *(ECH-ZL55)*		**S9_0_5**
	λ Eaux souterraines		λ Eaux souterraines
	ESO7, ESO8, ESO10		**ESO2** sur bande SJ8 uniquement
	Végétaux potagers		Végétaux potagers
	SJ20_*PRU_TOM_CA_HAR_SAL_POM* *(ECH-ZL61)* **SJ22**_*SAL_BETT_TOM_HAR_CA_FRAM_PDT_POM_COU* *(ECH-ZO141-115)*		**SJ7_HAR_TOM_PDT** **SJ8_FRAM**

Tableau 23 : Concentrations dans les sols et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 3 – Résidence secondaire – aire de jeux extérieure dédiée aux enfants et activités de jardinage à Echassières (ZD24)

Scénario 3 – résidence secondaire : aire de jeux extérieure dédiée aux enfants (ZD24)										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa1)										
S19_0_10	2,17	<5.00	31,8	<0.40	14,3	25,9	<0.10	20,5	<10.0	63,6
Zones d'exposition **(micachistes à deux micas)**										
S9_0_5	1,64	<5.00	36,6	<0.40	**23,2**	27,2	<0.10	18,5	<10.0	57,9
Ingestion de sol – enfant de moins de 6 ans (30 jours d'exposition annuelle)										
QD enfant	n.c.*				9,53E-05	n.c.*				
ERI enfant	n.c.*				n.c.	n.c.*				

* pas de dépassement des concentrations ELT

Scénario 3 – résidence secondaire : activités de jardinage (ZD24)										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa1)										
SJ20_0_30	2,47	<5.01	18,7	<0.40	52,2	21,7	<0.10	23,3	<10.0	114
SJ22_0_30	1,62	<5.00	57,9	<0.40	30,5	59,4	<0.10	34,8	<10.0	40,8
Zones d'exposition **(micachistes à deux micas)**										
SJ7_0_30	1,62	<5.00	31,3	<0.40	33,8	22,8	<0.10	20,7	<10.0	93,5
SJ8_0_30	1,94	<5.00	38,3	<0.40	39,6	22,8	<0.10	23	<10.0	102
Ingestion de sol – adulte jardinier (12 jours d'exposition annuelle)										
QD adulte	n.c. **– pas de dépassement des concentrations ELT**									
ERI adulte	n.c. **– pas de dépassement des concentrations ELT**									

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)
	Non déroulée

Légende :

< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques),* *2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes analytiques),* *ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols*
Concentration retenue dans les végétaux :	
	concentration supérieure à la valeur règlementaire (Cd, Pb)
Intervalles de gestion de l'IEM	
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6} — l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4} — zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4} — l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS	
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}

6.7.4.4 ZONE I - SCENARIO 4 – ACTIVITES DE JARDINAGE ET AUTOCONSOMMATION DES VEGETAUX A ECHASSIERES (ZD76)

Le scénario 4 est présenté en détail en *Figure 22*, ainsi que le scénario 5 car les parcelles concernées appartiennent au même propriétaire. Le *Tableau 24* présente, pour le scénario 4, les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI).

Il en résulte :

- pour les sols du jardin cultivé (SJ5), un usage compatible entre la qualité du sol et l'activité jardinage, concernée par la voie d'exposition « ingestion non intentionnelle de sol » par un adulte jardinier ;
- pour les végétaux potagers, un usage compatible entre la qualité des végétaux autoproduits et leur consommation, sur la base de l'ingestion de salades et de haricots, considérant la voie « ingestion de végétaux autoproduits » par un adulte.

Figure 22 : fiche de scénario 4 - Activités de jardinage et autoconsommation des végétaux potagers et scénario 5 - Jardin ornemental lié au gîte

ZONE INVESTIGUEE : ZONE I			
SCENARIO N°4 : ACTIVITES DE JARDINAGE ET AUTOCONSOMMATION DES VEGETAUX POTAGERS **SCENARIO N°5 : JARDIN ORNEMENTAL LIE AU GITE**			
SITUATION GENERALE			
Commune	**Echassières**	Dépôt minier le plus proche	03_0070_A_T1/ T7/ T9
Parcelle(s) cadastrale(s)	**ZD76, ZD42-43**	Propriété privée	oui
Description			
▪ Au lieu-dit La Bourse, propriété privée sur la parcelle cadastrale ZD76 abritant un chalet et un jardin potager de petite taille (SJ5). L'arrosage du jardin est assuré par les eaux pluviales collectées sur le chalet et le gîte. Zone d'intérêt du scénario 4 : jardin potager. ▪ Résidence permanente - un adulte (jeune retraité), propriétaire aussi des parcelles adjacentes (ZD42-43) dont 1/ un gîte et 2/ une habitation louée qui dispose d'un puits prélevé en 2013 (ESOUT SITE avec 7,6 µg/L en arsenic) dont aucun usage de l'eau n'est actuellement recensé (historiquement eau domestique), et d'un jardin potager abandonné (SJ4). ▪ L'installation permanente et la rénovation du gîte datent de 2000. Le gîte accueille les vacanciers, les passionnés de géologie/mine pour de courts séjours entre mai et octobre, avec une capacité de 8 personnes. Volonté de développer cette activité touristique. Aucune aire de jeux dédiée aux enfants n'est aménagée sur le terrain. Les enfants peuvent évoluer sur toute la propriété. Des matériaux extérieurs ont été apportés pour l'installation de la fosse septique, à l'est du gîte. Zone d'intérêt du scénario 5 : jardin ornemental sur lequel jouent les enfants vacanciers. ▪ Un verger est identifié sur les parcelles ZD42-43 (noix, prune, mirabelle, poire, cerise, coing), des pommes ont été prélevées pendant la campagne d'investigations.			

Photographies *(zones d'intérêt : jardin potager en haut à gauche et jardin ornemental en haut à droite ; verger et ancien jardin SJ4 en bas)*

SCENARIO N°4 : ACTIVITES DE JARDINAGE ET AUTOCONSOMMATION DES VEGETAUX POTAGERS

SCENARIO N°5 : JARDIN ORNEMENTAL LIE AU GITE

SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Principale(s) source(s) d'information(s)	◦ Propriétaire	
Scénario d'exposition retenu (x3) et nombre de jours d'exposition retenus	▪ Adulte jardinier - Ingestion non intentionnelle de sol	52 jours / an
	▪ Adulte jardinier - Ingestion de végétaux autoproduits	Autarcie CIBLEX
	▪ Enfant vacancier du gîte - Ingestion non intentionnelle de sol	15 jours / an

CARTE DE SITUATION

Voir Figure 12	SJ4	696697	6566686
	SJ5	696636	6566750
	S6	696645	6566745

PRELEVEMENTS

Caractérisation de(s) l'environnement(s) local(aux) témoin(s)		**Caractérisation des milieux d'exposition**	
Lithologie	ELTa1 - micaschistes à deux micas	Lithologie	micaschistes à deux micas
Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol de jardin potager	Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol de jardin potager
	SJ20_0_30 *(ECH-ZL61)* **SJ22_0_30** *(ECH-ZO141-115)*		**SJ4_0_30** (abandonné) **SJ5_0_30**
	Sol de jardin ornemental		Sol de jardin ornemental
	S19_0_10 *(ECH-ZL55)*		**S6_0_10**
	λ Eaux souterraines		λ Eaux souterraines
	⦸		⦸
	Végétaux potagers		Végétaux potagers
	SJ20_*PRU_TOM_CA_HAR_SAL_POM (ECH-ZL61)* **SJ22**_*SAL_BETT_TOM_HAR_CA_FRAM_PDT_POM_COU (ECH-ZO141-115)*		**SJ5_POM_SAL_HAR_TOM**

Tableau 24 : Concentrations dans les sols et les végétaux et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 4 - Activités de jardinage et autoconsommation des végétaux à Echassières (ZD76)

Scénario 4 - Activités de jardinage et autoconsommation des végétaux à Echassières (ZD76)										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa1)										
SJ20_0_30	2,47	<5.01	18,7	<0.40	52,2	21,7	<0.10	23,3	<10.0	114
SJ22_0_30	1,62	<5.00	57,9	<0.40	30,5	59,4	<0.10	34,8	<10.0	40,8
***Zones d'exposition* (micachistes à deux micas)**										
SJ4_0_30 (a)	3,34	<5.00	133	0,79	36,9	**92**	0,12	**58,2**	**73,9**	149
SJ5_0_30	**4,19**	<5.00	102	<0.40	28,3	62,5	<0.10	**87,3**	**26,7**	107
Ingestion de sol – adulte jardinier au droit de SJ5 (52 jours d'exposition annuelle)										
QD adulte	1,2E-03	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	1,6E-02	n.c.	n.c.
ERI adulte	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	6,4E-08	n.c.	n.c.

(a) jardin potager abandonné – concentrations présentées à titre indicatif

Substances **Référence de l'échantillon**	*Cr*	*Li*	*Sb*	*As*	*Cd*	*Cu*	*Pb*	*Zn*
	Concentrations dans les végétaux (mg/kg MF)							
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa1)								
Salade SJ20_SAL	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,009	0,3	<0.05	1,2
Salade SJ22_SAL	0,7	<0.5 *	<0.05 *	<0.05 *	0,038	0,5	<0.05	2,2
Haricot vert SJ20_HAR	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,7	<0.05	2,7
Haricot vert SJ20_ HAR	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	1	<0.05	3,1
Tomate SJ20_TOM	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,5	<0.05	1
Tomate SJ22_ TOM	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,011	0,6	<0.05	1,3
Pomme SJ20_POM	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,5	<0.05	<0.5
Pomme SJ22_ POM	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,4	<0.05	<0.5
Végétaux d'exposition (micachistes à deux micas)								
Haricot vert SJ5_HAR	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	1,4	<0.05	**5,8**
Tomate SJ5_TOM	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,006	0,4	<0.05	1,1
Salade SJ5_SAL	<0.2	<0.5	<0.05	0,06	0,028	0,5	0,06	**3,4**
Pomme SJ5_POM	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,6	<0.05	<0.5
Ingestion de végétaux autoproduits – adulte (autarcie CIBLEX, 365 jours d'exposition annuelle)								
QD adulte/ HAR	n.c.							3,86E-03
ERI adulte / HAR	n.c.							
QD adulte / SAL	n.c.							1,34E-03
ERI adulte / SAL	n.c.							

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)
	Non déroulée

Légende :

< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques), 2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes analytiques), ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols et les végétaux*

Concentration retenue dans les végétaux :

	concentration supérieure à la valeur règlementaire (Cd, Pb)

Intervalles de gestion de l'IEM

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

Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS

	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}

6.7.4.5 ZONE I - SCENARIO 5 – JARDIN ORNEMENTAL ASSOCIE AU GITE A ECHASSIERES (ZD76)

Le scénario 5 est présenté en détail en *Figure 22*, avec le précédent scénario car les parcelles concernées appartiennent au même propriétaire. Le *Tableau 25* présente les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI).

Il en résulte, au niveau du gîte, pour les sols du jardin ornemental (S6), des risques sanitaires compris dans la **zone d'interprétation** en raison de la concentration de l'arsenic dans les sols (98,7 mg/kg). La démarche d'approfondissement conclut à un usage compatible entre la qualité du sol et l'activité de loisirs de jeunes enfants (de moins de 6 ans), concernés par la voie d'exposition « ingestion non intentionnelle de sol » pour des séjours de 15 jours. Le propriétaire rapporte que les séjours sont actuellement plus courts (3 jours).

Tableau 25 : Concentrations dans les sols et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 5 – Jardin ornemental associé à un gîte à Echassières (ZD76)

Scénario 5 – gîte : jardin ornemental (ZD76)										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa1)										
S19_0_10	2,17	<5.00	31,8	<0.40	14,3	25,9	<0.10	20,5	<10.0	63,6
Zones d'exposition **(micachistes à deux micas)**										
S6_0_5	**3,15**	<5.00	**98,7**	<0.40	**32,6**	**77,7**	<0.10	**50,3**	**20,3**	**134**
Ingestion de sol – enfant vacancier de moins de 6 ans (15 jours d'exposition annuelle)										
QD enfant	2,3E-03	n.c.	6,3E-02	n.c.	6,7E-05	n.c.	n.c.	2,3E-02	n.c.	1,3E-04
ERI enfant	n.c.	n.c.	3,3E-06	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	9,7E-09	n.c.	n.c.

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)
Enfant de moins de 6 ans	QD_{total} = 0,09 et ERI_{total} = $3,4.10^{-6}$

Légende :

< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques), 2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes analytiques), ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols*
Concentration retenue dans les végétaux :	
	concentration supérieure à la valeur règlementaire (Cd, Pb)
Intervalles de gestion de l'IEM	
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6} — l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4} — zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4} — l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS	
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}

6.7.4.6 ZONE I - SCENARIO 5 MAZ – ACTIVITES EXTERIEURES A ECHASSIERES (ZD64-65)

Le scénario est présenté en détail en Figure 19. Le *Tableau 21* présente les résultats des calculs de risques sanitaires pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI).

Il en résulte pour les sols du jardin ornemental, des risques sanitaires compris dans la **zone d'interprétation** en raison des concentrations en arsenic et en plomb dans les sols (respectivement 190 mg/kg et 607 mg/kg). La démarche d'approfondissement conclut à un **usage non compatible** entre la qualité du sol et une activité extérieure de loisirs de type bricolage pour un adulte, concerné par la voie d'exposition « ingestion non intentionnelle de sol ».

La démarche IEM n'a pu être totalement déroulée faute de VTR pour le lithium et le tungstène (*Tableau 21*). Les concentrations en tungstène dans les sols sur cette propriété correspondent aux concentrations maximales obtenues sur des sols présentant un usage.

Notons que deux prélèvements sur les quatre présentent des concentrations en Pb dans les sols supérieures aux valeurs d'alerte proposées par le HCSP, dont la valeur de 300 mg/kg (section 6.1).

Figure 23 : Fiche du scénario 5 MAZ – Activités extérieures à Echassières (ZD64-65)

ZONE INVESTIGUEE : ZONE I			
SCENARIO N°5 MAZ : ACTIVITES EXTERIEURES DE LOISIRS			
SITUATION GENERALE			
Commune	**Echassières**	Dépôt minier le plus proche	03_0070_A_T1/ T7/ T9
Parcelle(s) cadastrale(s)	**ZD64-65**	Propriété privée	oui
Description			

▪ Au lieu-dit Le Mazet, propriété privée abritant plusieurs bâtiments miniers en cours de rénovation et habitée (résidence permanente). Les terrains sont situés à proximité des anciens bassins de décantation.

Aucun jardin potager n'est aménagé. Les travaux de rénovation amènent le propriétaire à exercer des travaux en contact avec le sol environnant.

Zone d'intérêt : jardin ornemental.

▪ Résidence permanente - un adulte,

▪ Considération d'une activité extérieure de loisirs, en absence de jardin potager.

Photographies (à gauche prélèvement sol S104 ; à droite zone de prélèvement de S107)

SCENARIO N°5 MAZ : ACTIVITES EXTERIEURES DE LOISIRS

SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Principale(s) source(s) d'information(s)	◦ Propriétaire	
Scénario d'exposition retenu (x1) et nombre de jours d'exposition retenus	▪ Adulte - Ingestion non intentionnelle de sols	136 jours / an[29]

CARTE DE SITUATION

Voir Figure 12	SOL 104	696793.58	6566713.17
	SOL 105	696785.87	6566689.91
	SOL 106	696817.64	6566702.17
	SOL 107	696785.19	6566741.20

PRELEVEMENTS

Caractérisation de(s) l'environnement(s) local(aux) témoin(s)		**Caractérisation des milieux d'exposition**	
Lithologie	ELTa1 - micaschistes à deux micas	Lithologie	micaschistes à deux micas, en limite avec le granite porphyroïde à deux micas
Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol de jardin ornemental	Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol de jardin ornemental
	S19_0_10 *(ECH-ZL55)*		**S104_0_5 , S105_0_5 , S106_0_5 , S107_0_5** (prélèvements GEODERIS en avril 2017)
	λ Eaux souterraines		λ Eaux souterraines
	⦸		⦸
	Végétaux potagers		Végétaux potagers
	⦸		⦸

[29] en absence d'information, fréquentation retenue identique à celle d'un jardin potager (cf note méthodologique GEODERIS, rapport N2015/014DE-15NAT24080). Durée d'exposition retenue : 53 ans.

Tableau 26 : Concentrations dans les sols et les végétaux et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 5 MAZ – Activités extérieures de loisirs à Echassières (ZD64-65)

Scénario 5 MAZ - Activités extérieures de loisirs à Echassières (ZD64-65)										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa1)										
	Pas de comparaison avec les valeurs ELT – présence de matériaux miniers									
Zones d'exposition **(micachistes à deux micas)**										
S104_0_5	8,43	<5.00	190	1,33	89,2	86,5	0,26	327	3410	245
S105_0_5	21,5	<5.00	155	2,2	772	127	0,51	607	2100	996
S106_0_5	5,17	<5.00	165	0,79	97,8	184	0,19	106	1810	117
S107_0_5	3,42	<5.00	100	0,63	76,5	242	<0.10	163	2170	98,1
Ingestion de sol – adulte (136 jours d'exposition annuelle) – concentration maximale										
QD adulte	1,6E-02	n.c.	1,3E-01	1,8E-03	1,6E-03	n.c.	1,5E-03	2,9E-01	n.c.	9,9E-04
ERI adulte	n.c.	n.c.	6,4E-05	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	1,2E-06	n.c.	n.c.

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)
Adulte	*Pas mise en œuvre car ERI (As) = 6,4.10^{-5} et donc déjà > 10^{-5}*

Légende :

< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques),* *2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes analytiques),* *ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols et les végétaux*
Concentration retenue dans les végétaux :	
	concentration supérieure à la valeur règlementaire (Cd, Pb)
Intervalles de gestion de l'IEM	
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6} — l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4} — zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4} — l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS	
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}

6.7.4.7 ZONE I - SCENARII 7 A 9 – PROMENADE SUR LES BORDS DE LA BOUBLE, COMMUNE DE LOUROUX DE BOUBLE ET VERNUSSE

Les scenarii 7 à 9 sont présentés en détail en *Figure 24*. Le *Tableau 27* présente pour les deux scenarii 7 et 8 les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI). Le *Tableau 28* présente les résultats des calculs de risques pour le scénario 9.

Il en résulte, pour les enfants de moins de 6 ans se promenant sur les berges de la Bouble, un usage compatible entre la qualité du sol et l'activité de loisirs, sur la base de la voie d'exposition « ingestion non intentionnelle de sol » à raison de 52 jours par an (soit une fois par semaine) au droit des 3 zones investiguées (S51, S52 et SB56).

La démarche IEM n'a pu être totalement déroulée faute de VTR pour le lithium et le tungstène (*Tableau 27* et *Tableau 28*). Les concentrations mesurées en tungstène sur les sols superficiels des berges sont parmi les concentrations les plus élevées (sans tenir compte des résidus miniers prélevés en zone boisée – S31 avec 1 020 mg/kg).

Figure 24 : Scenarii 7 à 9 - Promenade sur les berges de la Bouble

ZONE INVESTIGUEE : ZONE I			
SCENARII N°7 A 9 : PROMENADE SUR LES BERGES DE LA BOUBLE			
SITUATION GENERALE			
Commune	**Louroux de Bouble / Vernusse**	Dépôt minier le plus proche	Non concerné
Parcelle(s) cadastrale(s)	**AB11 / ZW7**	Propriété privée	non
Description			
▪ Sur les communes de Louroux de Bouble et de Vernusse, le long de la Bouble, des sentiers de promenade sont identifiés mais non balisés. Ces sentiers observés autour du Bois de Mai sont en aval hydraulique de l'ancienne exploitation minière du Mazet (commune d'Echassières) dont les résidus miniers se sont historiquement déversés dans la Bouble. ▪ Trois aires ont été investiguées, elles sont facilement accessibles en voiture et des activités de loisirs sont visibles : construction de tipi (S51), feu de camp et étendue d'eau à proximité du Moulin Berthon (S52), et aire de stationnement à l'intersection de la Bouble et de la RD68 (S56). Toutefois aucun aménagement d'aire de jeux dédiée aux enfants n'est présent. Seule une table de pique-nique est présente sur l'aire de stationnement, mais elle est éloignée des berges. ▪ La Bouble est facile d'accès, la baignade est possible par fortes chaleurs notamment au niveau de la retenue d'eau précédant la cascade (S52). Zone d'intérêt : sols de berge (un scénario par aire investiguée).			

Photographies *(zones d'intérêt : berge S51 en haut ; berge S52 en bas à droite ; S56 en bas à gauche)*

Tipi - prélèvement S51 à proximité

Feu de camp - prélèvement S52 à proximité

SCENARII N°7 A 9 : PROMENADE SUR LES BERGES DE LA BOUBLE

SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Principale(s) source(s) d'information(s)	◦ Mairie de Louroux de Bouble (entretien du 6/07/2016) + visite de terrain	
Scénario d'exposition retenu (x1) et nombre de jours d'exposition retenus	▪ Enfant permanent - Ingestion non intentionnelle de sol	52 jours / an[30]

CARTE DE SITUATION

Voir Figure 14	S51	698373.26	6571438.61
	S52	698470.12	6571627.28
	S56	697244.13	6570378.58

PRELEVEMENTS

Caractérisation de(s) l'environnement(s) local(aux) témoin(s)		**Caractérisation des milieux d'exposition**	
Lithologie	ELTc – migmatites sans cordiérites	Lithologie	migmatites sans cordiérites
Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	B Sol de berge **SB45_0_10** *(LOU)*	Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	B Sol de berge **S51_0_5** **S52_0_5**
Lithologie	ELTb – gneiss	Lithologie	ELTb – gneiss
Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	*B* Sol de berge **SB55_0_10 RD** **SB54_0_10**	Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	*B* Sol de berge **S56_0_5**

[30] Promenade/ activité de loisirs pour les enfants permanents : 1 fois par semaine, toute l'année (approche conservatoire)

Tableau 27 : Concentrations dans les sols et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour les scenarii 7 à 8 – Promenade sur les berges de la Bouble à Louroux de Bouble

Scenarii 7 et 8 – berge de la Bouble : promenade (LOU- AB11)										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (migmatites sans cordiérites – ELTc)										
SB45_0_10	3,31	<5.00	43,2	<0.40	13,9	46,6	<0.10	25,8	18,2	44
Zones d'exposition **(migmatites sans cordiérites – ELTc)**										
S51_0_5	2,95	<5.03	48,1	<0.40	12,8	41	<0.10	20,1	**209**	53,6
S52_0_5	3,82	<5.00	74,6	<0.40	**23,6**	**109**	<0.10	26,1	**329**	**87,9**
Ingestion de sol – enfant de moins de 6 ans (52 jours d'exposition annuelle)										
QD enfant / S51	n.c.*								n.c.	n.c.*
ERI enfant / S51	n.c.*								n.c.	n.c.*
QD enfant / S52	n.c.*				1,68E-04	n.c.	n.c.*		n.c.	2,92E-04
ERI enfant / S52	n.c.*				n.c.	n.c.	n.c.*		n.c.	n.c.

* pas de dépassement des concentrations ELT

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)
	Non déroulée

Tableau 28 : Concentrations dans les sols et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 9 – Promenade sur les berges de la Bouble à Vernusse

Scénario 9 – berge de la Bouble : promenade (VER – ZW7)										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (gneiss – ELTc)										
SB55_0_10 RD	1,95	<5.27	55,7	<0.42	11,1	41,6	<0.11	49,3	<10.5	56,6
SB54_0_10	3,13	<5.00	16,2	<0.40	24,5	42,8	<0.10	28,9	<10.0	88,9
Zones d'exposition **(gneiss)**										
S56_0_5	3,78	<5.00	54,5	<0.40	16,8	**58,2**	<0.10	44,2	**192**	49,2
Ingestion de sol – enfant de moins de 6 ans (52 jours d'exposition annuelle)										
QD enfant	n.c.*					n.c.	n.c.*		n.c.	n.c.*
ERI enfant	n.c.*					n.c.	n.c.*		n.c.	n.c.*

* pas de dépassement des concentrations ELT

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)
	Non déroulée

Légende :

< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques), 2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols*

Intervalles de gestion de l'IEM

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

6.7.4.8 ZONE II - SCENARII 10 ET 11 – ACTIVITES DE JARDINAGE ET AUTOCONSOMMATION DES VEGETAUX ET AIRE DE JEUX EXTERIEURE A LALIZOLLE (AB6)

Les scenarii 10 et 11 sont présentés en détail en *Figure 25*. Le *Tableau 29* présente les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI).

Pour les adultes, il en résulte :

- au niveau des sols des jardins cultivés (SJ1), un usage compatible entre la qualité du sol et l'activité jardinage, sur la base de de la voie d'exposition « ingestion non intentionnelle de sol » par un adulte jardinier ;
- au niveau des végétaux potagers (application de la grille IEM en l'absence d'ELT pour les fanes de carottes et les poireaux), des risques sanitaires se situant dans **la zone d'interprétation** en raison des concentrations en As de 0,08 mg/kg dans les fanes de carottes.

  L'approfondissement de la démarche EQRS conclut à un usage compatible entre la qualité des végétaux autoproduits et leur consommation, sur la base de l'ingestion de fanes de carottes et de poireaux considérant la voie « ingestion de végétaux autoproduits » par un adulte.

Pour les enfants de plus de 6 ans, il en résulte :

- au niveau des sols du jardin ornemental (S2), un usage compatible entre la qualité du sol et l'activité de loisirs sur l'aire de jeux, sur la base de de la voie d'exposition « ingestion non intentionnelle de sol » par un enfant;
- au niveau des végétaux potagers (application de la grille IEM en l'absence de fanes de carottes et de poireaux ELT), des risques sanitaires se situant dans **la zone d'interprétation** en raison des concentrations en As de 0,08 mg/kg dans les fanes de carottes ;

  L'approfondissement de la démarche EQRS conclut à un usage compatible entre la qualité des végétaux autoproduits et leur consommation, sur la base de l'ingestion de fanes de carottes et de poireaux considérant la voie « ingestion de végétaux autoproduits » par un enfant.

Rappel : la consommation des fanes de carottes a été estimée comme équivalente à 50% de celle des salades (hypothèse conservatoire), sachant que ces dernières sont aussi cultivées et consommées par le ménage.

Figure 25 : Scénario 10 - Activités de jardinage et autoconsommation des végétaux potagers et scénario n°11 : Aire de jeux extérieure des enfants

ZONE INVESTIGUEE : ZONE II			
SCENARIO N°10 : ACTIVITES DE JARDINAGE ET AUTOCONSOMMATION DES VEGETAUX POTAGERS **SCENARIO N°11 : AIRE DE JEUX EXTERIEURE DES ENFANTS**			
SITUATION GENERALE			
Commune	**Lalizolle**	Dépôt minier le plus proche	03_0070_B_T1
Parcelle(s) cadastrale(s)	**AB6 / AB5**	Propriété privée	oui
Description			

▪ Au lieu-dit Carrefour de la Bosse, propriété privée abritant une habitation, un jardin ornemental et un jardin potager.

▪ Résidence permanente - adultes (actifs) et enfants âgés de 6 et 8 ans.

▪ Le jardin potager est de taille modérée et le taux d'autarcie n'est pas élevé (aucune congélation, aucune conserve des fruits et légumes cultivés). Des fanes de carottes sont prélevées car consommées en tant que salades ou incorporées dans des taboulés.

Zone d'intérêt : jardin potager.

▪ Aucun puits n'est recensé sur la propriété, présence d'un élevage de poules.

▪ Au droit du jardin environnemental, il y a une table et des jeux d'enfants.

Zone d'intérêt : aire de jeux extérieure au niveau du jardin ornemental.

Photographies *(les zones d'intérêt en haut avec jardin potager à gauche et jardin ornemental à droite))*

<table>
<tr><th colspan="5">SCENARIO N°10 : ACTIVITES DE JARDINAGE ET AUTOCONSOMMATION DES VEGETAUX POTAGERS
SCENARIO N°11 : AIRE DE JEUX EXTERIEURE DES ENFANTS</th></tr>
<tr><th colspan="5">SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)</th></tr>
<tr><td colspan="2">Principale(s) source(s) d'information(s)</td><td colspan="3">◦ Propriétaire</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="4">Scénario d'exposition retenu (x4) et nombre de jours d'exposition retenus</td><td>▪ Adulte jardinier - Ingestion non intentionnelle de sol</td><td colspan="2">122 jours / an[31]</td></tr>
<tr><td>▪ Adulte jardinier - Ingestion de végétaux autoproduits</td><td colspan="2">Autarcie CIBLEX</td></tr>
<tr><td>▪ Enfant de plus de 6 ans - Ingestion de végétaux autoproduits</td><td colspan="2">Autarcie CIBLEX</td></tr>
<tr><td>▪ Enfant de plus de 6 ans - Ingestion non intentionnelle de sol</td><td colspan="2">234 jours / an[32]</td></tr>
<tr><th colspan="5">CARTE DE SITUATION</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Voir Figure 15</td><td>SJ1</td><td>697153</td><td colspan="2">6564102</td></tr>
<tr><td>S2</td><td>697151</td><td colspan="2">6564103</td></tr>
<tr><th colspan="5">PRELEVEMENTS</th></tr>
<tr><td colspan="5">
<table>
<tr><th colspan="2">Caractérisation de(s) l'environnement(s) local(aux) témoin(s)</th><th colspan="2">Caractérisation des milieux d'exposition</th></tr>
<tr><td>Lithologie</td><td>ELTa1 - micaschistes à deux micas</td><td>Lithologie</td><td>micaschistes à staurotide</td></tr>
<tr><td rowspan="8">Référence(s) et parcelle(s) associée(s)</td><td> Sol de jardin potager</td><td rowspan="8">Référence(s) et parcelle(s) associée(s)</td><td> Sol de jardin potager</td></tr>
<tr><td>SJ20_0_30 (ECH-ZL61)
SJ22_0_30 (ECH-ZO141-115)</td><td>SJ1_0_30</td></tr>
<tr><td> Sol de jardin ornemental</td><td> Aire de jeux dans jardin ornemental</td></tr>
<tr><td>S19_0_10 (ECH-ZL55)</td><td>S2_0_5</td></tr>
<tr><td>λ Eaux souterraines</td><td>λ Eaux souterraines</td></tr>
<tr><td>⦸</td><td>⦸</td></tr>
<tr><td> Végétaux potagers</td><td> Végétaux potagers</td></tr>
<tr><td>SJ20_PRU_TOM_CA_HAR_SAL_POM (ECH-ZL61)
SJ22_SAL_BETT_TOM_HAR_CA_FRAM_PDT_POM_COU (ECH-ZO141-115)</td><td>SJ1_FCA_CA_HAR_COU_POI</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

Tableau 29 : Concentrations dans les sols et les végétaux et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour les scenarii 10 et 11 – Résidence permanente à Lalizolle (AB6)

[31] Jardinage : tous les jours pendant 6 mois pondérés par 2/3 de beaux temps et 1/3 de mauvais temps.

[32] Cf. note méthodologique GEODERIS, rapport N2015/014DE-15NAT24080

Scénario 10 – résidence permanente : activités de jardinage et autoconsommation des végétaux à Lalizolle (AB6)										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa1)										
SJ20_0_30	2,47	<5.01	18,7	<0.40	52,2	21,7	<0.10	23,3	<10.0	114
SJ22_0_30	1,62	<5.00	57,9	<0.40	30,5	59,4	<0.10	34,8	<10.0	40,8
Zones d'exposition (micaschistes à staurotide)										
SJ1_0_30	**12,2**	<5.00	82,1	<0.40	53,9	**229**	**0,21**	**170**	**88,7**	**181**
Ingestion de sol – adulte jardinier (122 jours d'exposition annuelle)										
QD adulte	8,1E-03	n.c.*				n.c.	5,6E-04	7,2E-02	n.c.	1,6E-04
ERI adulte	n.c.	n.c.*				n.c.	n.c.	2,9E-07	n.c.	n.c.*

* pas de dépassement des concentrations ELT

Scénario 11 – résidence permanente : aire de jeux extérieure dans le jardin environnemental à Lalizolle (AB6)										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa1)										
S19_0_10	2,17	<5.00	31,8	<0.40	14,3	25,9	<0.10	20,5	<10.0	63,6
Zones d'exposition (micaschistes à staurotide)										
S2_0_5	**3,29**	<5.00	22,6	<0.40	17,4	**48,2**	<0.10	**39,5**	12,8	69,5
Ingestion de sol – enfant de plus de 6 ans (234 jours d'exposition annuelle)										
QD enfant > 6 ans	1,0E-02	n.c.*				n.c.	n.c.*	7,8E-02	n.c.*	
ERI enfant > 6 ans	n.c.	n.c.*				n.c.	n.c.*	7,2E-08	n.c.*	

Substances **Référence de l'échantillon**	*Cr*	*Li*	*Sb*	*As*	*Cd*	*Cu*	*Pb*	*Zn*
	Concentrations dans les végétaux (mg/kg MF)							
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa1) – présentation des végétaux identiques à la zone exposée								
Carotte SJ20_CA	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,005	0,4	<0.05	4
Carotte SJ22_ CA	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,05	0,7	<0.05	3,2
Haricot vert SJ20_HAR	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,7	<0.05	2,7
Haricot vert SJ22_ HAR	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	1	<0.05	3,1
Courgette SJ22_COU	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,8	<0.05	3,5
Fanes de carotte FCA, Poireau POI	Absence échantillon ELT							
Végétaux d'exposition (micachistes à staurotide)								
Carottes SJ1_CA	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,2	<0.05	1,2
Fanes de carottes SJ1_FCA	<0.2	<0.5	<0.05	**0,08**	**0,006**	**0,8**	**0,1**	**2,8**
Courgette SJ1_COU	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,4	<0.05	1,4
Haricot SJ1_HAR	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	1	<0.05	4,2
Poireau SJ1_POI	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	**0,4**	<0.05	**1,7**
Ingestion de végétaux autoproduits – adulte (autarcie CIBLEX, 365 jours d'exposition annuelle)								
QD adulte / FCA	n.c.	n.c.	n.c.	1,1E-02	9,9E-04	3,4E-04	9,4E-03	5,5E-04
ERI adulte / FCA	n.c.	n.c.	n.c.	5,3E-06	n.c.	n.c.	3,7E-08	n.c.
QD adulte / POI	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	1,7E-04		3,4E-04
ERI adulte / POI	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.			
Ingestion de végétaux autoproduits – enfant de plus de 6 ans (autarcie CIBLEX, 365 jours d'exposition annuelle)								
QD enfant / FCA	n.c.	n.c.	n.c.	9,9E-03	9,3E-04	3,2E-04	8,9E-03	5,2E-04
ERI enfant / FCA	n.c.	n.c.	n.c.	1,1E-06	n.c.	n.c.	8,1E-09	n.c.
QD enfant / POI	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	1,6E-04	n.c.	3,2E-04
ERI enfant / POI	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.

			Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)
Adultes (sol SJ1 et végétaux)			QD_{total} = 0,1 et ERI_{total} = 5,6E-06
Enfants de plus de 6 ans (sol S2 et végétaux)			QD_{total} = 0,1 et ERI_{total} = 1,2E-06
Légende :			
< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*		
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques), 2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*		
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols et les végétaux*		
Concentration retenue dans les végétaux :			
	concentration supérieure à la valeur règlementaire (Cd, Pb)		
Intervalles de gestion de l'IEM			
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages	
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion	
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages	
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS			
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}		

6.7.4.9 ZONE II - SCENARIO 12 – AIRE DE PIQUE-NIQUE DU MUSEE WOLFRAMINE A ECHASSIERES (AN15)

Le scénario est présenté en détail en *Figure 26*. Le *Tableau 30* présente les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI).

Il en résulte, pour les enfants de moins de 6 ans utilisant l'aire de pique-nique, un usage compatible entre la qualité du sol et l'activité de loisirs, sur la base de la voie d'exposition « ingestion non intentionnelle de sol » à raison de 1 jour par an.

La démarche IEM n'a pu être totalement déroulée faute de VTR pour le lithium et le tungstène (*Tableau 27* et *Tableau 28*). La concentration mesurée en tungstène sur les sols superficiels de l'aire est parmi les concentrations les plus élevées (sans tenir compte des résidus miniers prélevés en zone boisée – S31 avec 1020 mg/kg). Il en est de même pour le lithium, avec une concentration mesurée sur l'aire de pique-nique de l'ordre de la centaine de mg/kg.

Figure 26 : Scénario 12 - Aire de Pique-Nique (Musée Wolframine)

ZONE INVESTIGUEE : ZONE II			
SCENARIO N°12 : AIRE DE PIQUE-NIQUE (MUSEE WOLFRAMINE)			
SITUATION GENERALE			
Commune	**Echassières**	Dépôt minier le plus proche	03_0070_B_T1
Parcelle(s) cadastrale(s)	**AN15**	Propriété privée	non
Description			
▪ Au lieu-dit Le Carrefour de la Bosse, aire de pique-nique située à côté du Musée Wolframine. ▪ Le musée est actuellement fermé et sa reprise par la Mairie est à l'étude. Environ 7 000 visiteurs/an sur la période avril à septembre sont accueillis annuellement, y compris les groupes scolaires pour la partie exposition. Le musée organise des randonnées thématiques sur les chemins balisés tels que le parcours Wolframine organisé par le musée Wolframine avec un guide dont le départ commence au musée. La randonnée, longue de 7,5 km de long, passe à côté des dépôts du Mazet 03_0070_B_T5 et 03_0070_A_T3. Le parcours traverse les lieux-dits les « Montmins » et les « Chaumes Molles ». ▪ L'aire de pique-nique compte 5 tables ; elle est enherbée et partiellement ombragée. ▪ De nombreux chemins de randonnées sont balisés et fléchés à partir de cette aire. Zone d'intérêt : aire de pique-nique.			

Photographies *(la zone d'intérêt est l'aire de pique-nique située derrière le musée)*

SCENARIO N°12 : AIRE DE PIQUE-NIQUE (MUSEE WOLFRAMINE)

SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Principale(s) source(s) d'information(s)	◦ Maires des communes d'Echassières (entretien du 5/07/2016) et de Louroux de Bouble (entretien du 6/07/2016)	
Scénario d'exposition retenu (x1) et nombre de jours d'exposition retenus	▪ Enfant vacancier- Ingestion non intentionnelle de sols	1 jour / an[33]

CARTE DE SITUATION

Voir Figure 15	S35	697078	6564131

PRELEVEMENTS

Caractérisation de(s) l'environnement(s) local(aux) témoin(s)		**Caractérisation des milieux d'exposition**	
Lithologie	ELTa1 - micaschistes à deux micas	Lithologie	micaschistes à staurotide
Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol de jardin ornemental **S19_0_10** *(ECH-ZL55)*	Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol associé à une activité de loisirs **S35_0_5**

[33] Cf. note méthodologique GEODERIS, rapport N2015/014DE-15NAT24080

Tableau 30 : Concentrations dans les sols et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 12 – Aire de pique-nique du musée Wolframine (AN15)

Scénario 12 – aire de pique-nique du musée Wolframine (AN15)										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa1)										
S19_0_10	2,17	<5.00	31,8	<0.40	14,3	25,9	<0.10	20,5	<10.0	63,6
Zones d'exposition (micaschistes à staurotide)										
S35_0_5	2,33	<5.00	**93**	0,46	**38,4**	**142**	0,13	**91,6**	**222**	70,9
Ingestion de sol – enfant de moins de 6 ans (1 jour d'exposition annuelle)										
QD enfant	n.c.*		4,0E-03	n.c.*	5,3E-06	n.c.	n.c.*	2,8E-03	n.c.	n.c.*
ERI enfant	n.c.*		2,1E-07	n.c.*	n.c.	n.c.	n.c.*	1,2E-09	n.c.	n.c.*

* pas de dépassement des concentrations ELT

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)
Enfant	Non déroulée

Légende :

< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques), 2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols*

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

6.7.4.10 ZONE II - SCENARIO 13 – CHEMIN DE RANDONNEE PR5 SUR LES COMMUNES DE NADES ET LALIZOLLE (ZA21 / AB211)

Le scénario est présenté en détail en *Figure 27*. Le *Tableau 31* présente les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI).

Il en résulte, pour les enfants de moins de 6 ans évoluant sur les chemins de randonnée balisés PR5 (sentier des minerais), un usage compatible entre la qualité du sol et l'activité de loisirs, sur la base de la voie d'exposition « ingestion non intentionnelle de sol » à raison de 1 jour par an. Deux prélèvements de sol superficiel (S57 et S58) ont été réalisés au départ du sentier au lieu-dit Carrefour de la Bosse, au plus près des anciens dépôts miniers disséminés, les concentrations maximales ont été retenues pour l'évaluation des risques sanitaires.

Notons l'absence d'aménagement de type banc ou table, propice à un stationnement prolongé, ce qui limite l'exposition des jeunes enfants.

La démarche IEM n'a pu être totalement déroulée faute de VTR pour le lithium et le tungstène (*Tableau 31*). Les concentrations mesurées en tungstène sur les sols superficiels du chemin de randonnée sont parmi les concentrations les plus élevées, jusqu'à 970 mg/kg (valeur proche de celle des résidus miniers prélevés en zone boisée – S31 avec 1 020 mg/kg). Il en est de même pour le lithium, avec sur le chemin de randonnée une concentration mesurée de 250 mg/kg.

Figure 27 : Scénario 13 - Chemin de randonnée PR5

ZONE INVESTIGUEE : ZONE II			
SCENARIO N°13 : CHEMIN DE RANDONNEE PR5			
SITUATION GENERALE			
Commune	**Lalizolle / Nades**	Dépôt minier le plus proche	03_0070_B_T1
Parcelle(s) cadastrale(s)	**AB211 / ZA21**	Propriété privée	non
Description			
▪ Au lieu-dit Le Carrefour de la Bosse, plusieurs chemins de randonnées sont indiqués et balisés. ▪ Le sentier des minerais (PR5) débute derrière le musée de Wolframine et propose de découvrir le passé minier régional. La randonnée d'une distance 11,5 km (durée : 3 h) passe à proximité du dépôt minier de Servant (03_0070_C_T1 au lieu-dit Chaillat) ainsi que de ceux de la commune de Nades (03_0044_A_T2). ▪ Deux prélèvements de sol superficiel ont été réalisées sur le chemin de randonnée, au début du parcours, au plus près des résidus miniers disséminés au milieu du Bois des Communaux. Zone d'intérêt : chemin de randonnée (PR5).			

Photographies *(la zone d'intérêt est le chemin de randonnée)*

SCENARIO N°13 : CHEMIN DE RANDONNEE PR5

SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Principale(s) source(s) d'information(s)	◦ Visite de terrain	
Scénario d'exposition retenu (x1) et nombre de jours d'exposition retenus	▪ Enfant vacancier- Ingestion non intentionnelle de sols	1 jour / an[34]

CARTE DE SITUATION

Voir Figure 15	S57	696754.54	6563844.50
	S58	696959.19	6563933.41

PRELEVEMENTS

Caractérisation de(s) l'environnement(s) local(aux) témoin(s)		**Caractérisation des milieux d'exposition**	
Lithologie	ELTa1 - micaschistes à deux micas	Lithologie	micaschistes à staurotide
Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol de jardin ornemental	Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol associé à une activité de loisirs
	S19_0_10 *(ECH-ZL55)*		**S57_0_2** **S58_0_5**

[34] Cf. note méthodologique GEODERIS, rapport N2015/014DE-15NAT24080

*Tableau 31 : Concentrations dans les sols et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 13 – Chemin de randonnée PR5 (*ZA21 / AB211*)*

Scénario 13 – Chemin de randonnée PR5 (ZA21 / AB211)										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa1)										
S19_0_10	2,17	<5.00	31,8	<0.40	14,3	25,9	<0.10	20,5	<10.0	63,6
Zones d'exposition (micaschistes à staurotide)										
S57_0_2	2,42	<5.00	**176**	<0.40	**41,3**	**127**	<0.10	**97,1**	**247**	50,2
S58_0_5	**6,01**	<5.17	**237**	0,63	**90,7**	**250**	<0.10	**139**	**970**	**101**
Ingestion de sol – enfant de moins de 6 ans (1 jour d'exposition annuelle) – concentration maximale										
QD enfant	2,9E-04	n.c.*	1,0E-02	n.c.*	1,2E-05	n.c.	n.c.*	4,2E-03	n.c.	6,5E-06
ERI enfant	n.c.	n.c.*	5,4E-07	n.c.*	n.c.	n.c.	n.c.*	1,8E-09	n.c.	n.c.

* pas de dépassement des concentrations ELT

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)
Enfant	Non déroulée

Légende :

< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques), 2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols*

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

6.7.4.11 ZONE III - SCENARIO 14 – ACTIVITES DE JARDINAGE ET AUTOCONSOMMATION DES VEGETAUX A NADES (ZK13-21)

Le scénario est présenté en détail en *Figure 28*. Le *Tableau 32* présente les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI).

Pour les adultes, il en résulte :

- au niveau des sols des jardins cultivés (SJ17), un usage compatible entre la qualité du sol et l'activité jardinage, sur la base de de la voie d'exposition « ingestion non intentionnelle de sol » par un adulte jardinier – le risque sanitaire est porté par l'antimoine ;
- au niveau des végétaux potagers, un usage compatible entre la qualité des végétaux autoproduits et leur consommation, sur la base de l'ingestion de pommes de terre considérant la voie « ingestion de végétaux autoproduits » par un adulte. Pour les autres légumes auto-consommés (haricot, betterave, carotte), aucun dépassement des valeurs ELT n'est observé.

Figure 28 : Scénario 14 - Activités de jardinage et autoconsommation des végétaux potagers

ZONE INVESTIGUEE : ZONE III			
SCENARIO N°14 : ACTIVITES DE JARDINAGE ET AUTOCONSOMMATION DES VEGETAUX POTAGERS			
SITUATION GENERALE			
Commune	**Nades**	Dépôt minier le plus proche	03_0044_A_T2
Parcelle(s) cadastrale(s)	**ZK13-21**	Propriété privée	oui
Description			
▪ Lieu-dit Crépaille, propriété privée abritant un jardin potager de grande taille. Y sont cultivés haricots, carottes, pommes de terre, betteraves et poireaux. L'habitation (ZK47) n'est pas adossée au jardin, elle est située au lieu-dit Lachamp à quelques mètres au sud-est. Un second jardin potager est cultivé sur la parcelle ZK47 qui a servi d'environnement local témoin (SJ3). L'autoconsommation des végétaux autoproduits est élevée et considérée à 100% (conserve de légumes). Seuls les fruits sont achetés à l'extérieur. Zone d'intérêt : jardin potager. ▪ Résidence permanente - adulte (retraité). ▪ Aucun puits recensé sur la parcelle. Un arrosage est réalisé uniquement pour le semis si besoin avec le réseau de ville. Une fontaine communale, non utilisée, est située à proximité le long de la route. Il est rapporté qu'elle était jadis utilisée pour l'arrosage des jardins potagers au lieu-dit Crépaille. ▪ Une partie de la parcelle ZK13 n'est pas cultivée (friche). ▪ La bouillie bordelaise est pulvérisée sur tous les légumes.			

Photographies	

SCENARIO N°14 : ACTIVITES DE JARDINAGE ET AUTOCONSOMMATION DES VEGETAUX POTAGERS

SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Principale(s) source(s) d'information(s)	◦ Propriétaire	
Scénario d'exposition retenu (x2) et nombre de jours d'exposition retenus	▪ Adulte jardinier - Ingestion non intentionnelle de sols	91 jours / an[35]
	▪ Adulte jardinier - Ingestion de végétaux autoproduits	100% autarcie

CARTE DE SITUATION

Voir Figure 16	SJ17	697488	6561793

PRELEVEMENTS

Caractérisation de(s) l'environnement(s) local(aux) témoin(s)		Caractérisation des milieux d'exposition	
Lithologie	ELTa2 - micaschistes à deux micas	Lithologie	micaschistes à deux micas
Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol de jardin potager	Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol de jardin potager
	SJ3_0_30 *(NAD-ZK47)* **SJ18_0_30** *(NAD-ZK39)*		**SJ17_0_30**
	λ Eaux souterraines		λ Eaux souterraines
	ESO1 *(NAD-ZK47)*		⦸
	Végétaux potagers		Végétaux potagers
	SJ3_*CA_FCA_BETT_HAR_POI* *(NAD-ZK47)* **SJ18**_ *CA_ PDT* *(NAD-ZK39)*		**SJ17_HAR_CA_FCA[36]_PDT_BETT**

[35] A raison de 3 jours par semaine pendant 7 mois (avril à octobre)

[36] Les fanes de carottes ont été analysés mais ne sont pas consommés

Tableau 32 : Concentrations dans les sols et les végétaux et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 14 - Activités de jardinage et autoconsommation des végétaux à Nades (ZK13-21)

Scénario 14 - Activités de jardinage et autoconsommation des végétaux à Nades (ZK13-21)										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa2)										
SJ18_0_30	6,05	<5.16	46,2	<0.41	34,8	39,2	<0.10	73,2	<10.3	146
SJ3_0_30	11,5	<5.00	32	0,53	142	29,9	<0.10	51,9	<10.0	205
Zones d'exposition **(micachistes à deux micas)**										
SJ17_0_30	**40,7**	<5.00	49,2	<0.40	60,1	28,5	<0.10	31,5	<10.0	106
Ingestion de sol – adulte jardinier (91 jours d'exposition annuelle)										
QD adulte	2,0E-02	n.c*. – aucun dépassement des concentrations ELT								
ERI adulte	n.c.	n.c.* **–** aucun dépassement des concentrations ELT								

Substances **Référence de l'échantillon**	*Cr*	*Li*	*Sb*	*As*	*Cd*	*Cu*	*Pb*	*Zn*
	Concentrations dans les végétaux (mg/kg MF)							
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa2)								
Carotte SJ3_CA	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,008	0,2	<0.05	1
Carotte SJ18_ CA	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,012	0,8	<0.05	2,8
Pomme de terre SJ3_ PDT	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,7	<0.05	1,8
Pomme de terre SJ18_ PDT	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,008	0,8	<0.05	2,5
Haricot vert SJ3_HAR	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,8	<0.05	4,5
Betterave SJ3_BET	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,011	1	<0.05	4,2
Végétaux d'exposition (micachistes à deux micas)								
Carottes SJ17_CA	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,011	0,6	<0.05	2,7
Pomme de terre SJ17_PDT	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,005	**1,7**	<0.05	3,4
Betterave SJ17_BETT[37]	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,015	0,9	<0.05	2,8
Haricot vert SJ17_HAR	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	1,1	<0.05	3,2
Ingestion de végétaux autoproduits – adulte (100% autarcie, 365 jours d'exposition annuelle)								
QD adulte	n.c*.					1,6E-03	n.c*.	
ERI adulte	n.c*.					n.c.	n.c*.	

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)
	Non déroulée

Légende :

< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques),* *2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes analytiques),* *ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols et les végétaux*
Concentration retenue dans les végétaux :	
	concentration supérieure à la valeur règlementaire (Cd, Pb)
Intervalles de gestion de l'IEM	
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6} — l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4} — zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4} — l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS	
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}

[37] Les betteraves sont uniquement destinées aux lapins élevés. Aucun calcul de risque sanitaire n'est réalisé.

6.7.4.12 ZONE III - SCENARIO 15 – RESIDENCE PERMANENTE – ACTIVITES SUR L'AIRE DE JEUX A NADES (ZC84)

Le scénario est présenté en détail en *Figure 29*. Le *Tableau 33* présente les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI).

Il en résulte pour cette résidence permanente, au droit de l'aire de jeux dédiée aux enfants, des risques sanitaires se situant dans **la zone d'interprétation** en raison des concentrations en As de 101 mg/kg dans les sols superficiels.

Au vu du temps d'exposition retenu de 234 jours (cf. note méthodologique GEODERIS N2015/014DE-15NAT24080), un **usage non compatible** est mis en évidence entre la qualité des sols de surface et l'activité de loisirs des enfants de plus de 6 ans quant à la voie d'exposition « ingestion non intentionnelle de sol » (Tableau 45). Notons que le sol est majoritairement recouvert de pelouse, limitant l'exposition des enfants.

Figure 29 : Scénario 15 - Résidence permanente - aire de jeux extérieure des enfants

ZONE INVESTIGUEE : ZONE III			
SCENARIO N°15 : RESIDENCE PERMANENTE – AIRE DE JEUX EXTERIEURE DES ENFANTS			
SITUATION GENERALE			
Commune	**Nades**	Dépôt minier le plus proche	03_0044_A_T2
Parcelle(s) cadastrale(s)	**ZC84**	Propriété privée	oui
Description			
▪ A proximité du centre-ville, propriété privée abritant une habitation et un jardin ornemental. Il n'y a pas de jardin potager. Ancienneté de 10 ans. ▪ Résidence permanente - adultes (actifs) et enfants (8 et 10 ans). Le jardin ornemental (pelouse) abrite deux balançoires (portique, arbre) et un trampoline. Il surplombe le salon d'été. Zone d'intérêt : aire de jeux dédiée aux enfants. ▪ Un puits est présent sur la propriété (10 m environ), aucun usage n'est rapporté. Il est envisagé d'utiliser l'eau du puits pour l'arrosage des plantes/fleurs. La chaine est visiblement rouillée. ▪ Les terres adossées à l'habitation ont été décaissées, un salon d'été est aménagé. Le sol est recouvert de sable blanc extrait sur le site de Beauvoir (kaolin).			

Photographies		

SCENARIO N°15 : RESIDENCE PERMANENTE – AIRE DE JEUX EXTERIEURE DES ENFANTS

SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Principale(s) source(s) d'information(s)	◦ Propriétaire	
Scénario d'exposition retenu (x1) et nombre de jours d'exposition retenus	▪ Enfant de plus de 6 ans - Ingestion non intentionnelle de sols	234 jours / an[38]

CARTE DE SITUATION

Voir Figure 16	S43	697426	6561983
	ESO11	697446	6561967

PRELEVEMENTS

Caractérisation de(s) l'environnement(s) local(aux) témoin(s)		Caractérisation des milieux d'exposition	
Lithologie	ELTa2 - micaschistes à deux micas	Lithologie	micaschistes à deux micas
	P Sol de pâture		Aire de jeux dédiée dans jardin ornemental
	S41_0_10 *(NAD-ZD60)* **S42_0_10** *(NAD-ZD47)*		**S43_0_5**
	λ Eaux souterraines		λ Eaux souterraines
	ESO1 *(NAD-ZK47)*		**ESO11**

[38] Cf. note méthodologique GEODERIS, rapport N2015/014DE-15NAT24080

Tableau 33 : Concentrations dans les sols et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 15 – Résidence permanente – aire de jeux extérieure dédiée aux enfants à Nades (ZC84)

Scénario 15 – résidence permanente : aire de jeux extérieure dédiée aux enfants (ZC84)										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa2)										
S41_0_10	6,03	<5.00	26,8	<0.40	22,8	24,1	<0.10	25,6	<10.0	76,1
S42_0_10	5,23	<5.18	17,5	<0.41	22	<20.7	0,27	25,5	<10.4	74,4
***Zones d'exposition* (micachistes à deux micas)**										
S43_0_5	**19**	<5.00	**101**	<0.40	28,6	**33,1**	<0.10	30,9	<10.0	82,8
Ingestion de sol – enfant de plus de 6 ans (234 jours d'exposition annuelle)										
QD enfant	5,9E-02	n.c.*	2,8E	n.c.*	n.c.*	n.c.	n.c.*	n.c.*	n.c.	n.c.*
ERI enfant	n.c.	n.c.*	3,2E-05	n.c.*	n.c.*	n.c.	n.c.*	n.c.*	n.c.	n.c.*

* pas de dépassement des concentrations ELT

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)
	Pas mise en œuvre car ERI (As) = 3,2.10^{-5} et donc déjà > 10^{-5}

Légende :		
< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*	
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques),* *2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes analytiques),* *ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*	
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols*	
Intervalles de gestion de l'IEM		
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS		
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}	

6.7.4.13 ZONE III - SCENARIO 16 – CAMPING CHEZ L'HABITANT A NADES (ZC92)

Le scénario 16 est présenté en détail en *Figure 30*, avec le scénario 17 car il s'agit d'une même parcelle cadastrale. Le *Tableau 34* présente les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI).

Il en résulte au niveau des sols superficiels, un usage compatible entre la qualité du sol et l'activité de loisirs lié au camping, sur la base de la voie d'exposition « ingestion non intentionnelle de sol » par un enfant de moins de 6 ans, pour une durée de séjour de 7 jours au maximum.

Figure 30 : Scénario 16 - Camping chez l'habitant et Scénario 17 - Résidence permanente – aire de jeux extérieure des petits-enfants

ZONE INVESTIGUEE : ZONE III			
SCENARIO N°16 : CAMPING CHEZ L'HABITANT **SCENARIO N°17 : RESIDENCE PERMANENTE – AIRE DE JEUX EXTERIEURE DES PETITS-ENFANTS**			
SITUATION GENERALE			
Commune	**Nades**	Dépôt minier le plus proche	03_0044_A_T2
Parcelle(s) cadastrale(s)	**ZC92**	Propriété privée	oui
Description			
▪ A proximité du centre-ville, propriété privée abritant une habitation, un jardin potager de taille réduite, un jardin ornemental et une pâture (un poney). Le jardin potager comprend 3 bacs de 2,5 m^2 chacun (la terre provient de la parcelle voisine ZC84, investiguée en 2016). Emploi de fumier de cheval sans traitement phytosanitaire chimique. Peu de végétaux sont cultivés (fraises, poireaux, oignons, salades, épinards). L'arrosage des végétaux est assuré par l'eau souterraine, pompée au droit du puits de 12 m de profondeur (parfois à sec). Aucun prélèvement d'eau souterraine n'a été réalisé car un échantillon a été prélevé sur la parcelle ZC84. Des arbres fruitiers sont présents sur la propriété (pomme, prune, cerise, noix) dont les rendements sont jugés assez faibles pour l'année 2016. Une table et des aménagements sont présents dans le jardin pour le confort des clients. ▪ Une activité de chambres d'hôtes et de camping est proposée au sein de cette propriété sous le nom de « Gîte les deux chevaux », respectivement depuis 2013 et depuis avril 2016. Le camping dispose de 6 emplacements, situés à l'extrémité sud de la propriété, au plus près de l'ancien dépôt minier. Les vacanciers sur la route des vacances (axe nord-sud) s'y arrêtent 1 à 2 jours, au maximum 7 jours sur la période de mai à début septembre, d'après le témoignage des propriétaires. La valeur de 7 jours est retenue pour les calculs des risques sanitaires et est jugée conservatrice. Zone d'intérêt : aire de camping (enfants vacanciers). ▪ Résidence permanente - adultes et petits-enfants vivant à l'étranger (1 à 6 ans). Pendant les grandes vacances scolaires, les petits-enfants viennent séjourner une quinzaine de jours d'après le témoignage des propriétaires. La valeur de 15 jours est retenue pour les calculs des risques sanitaires et est jugée conservatrice. Zone d'intérêt : aire de jeux dédiée aux petits-enfants. Deux échantillons de sol ont été prélevés sur la propriété (SJ102_0_30 sur le jardin potager et S103_0_5 sur l'aire dédiée au camping). Seul S103_0_5 a été analysé.			

Photographies *(photo en haut à gauche : aire de camping avec en arrière-plan le dépôt 03_0044_A_T2 boisé)*	

SCENARIO N°16 : CAMPING CHEZ L'HABITANT
SCENARIO N°17 : RESIDENCE PERMANENTE – AIRE DE JEUX EXTERIEURE DES PETITS-ENFANTS

SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Principale(s) source(s) d'information(s)	◦ Propriétaire	
Scénario d'exposition retenu (x2) et nombre de jours d'exposition retenus	▪ Enfant de moins de 6 ans - Ingestion non intentionnelle de sols (vacanciers - camping)	7 jours / an
	▪ Enfant de moins de 6 ans - Ingestion non intentionnelle de sols (petits-enfants)	15 jours / an

CARTE DE SITUATION

Voir Figure 16	SJ102	697412	6562038
	S103	697376	6561995

PRELEVEMENTS

Caractérisation de(s) l'environnement(s) local(aux) témoin(s)		**Caractérisation des milieux d'exposition**	
Lithologie	ELTa2 - micaschistes à deux micas	Lithologie	micaschistes à deux micas
	P Sol de pâture		Aire de jeux dédiée dans jardin ornemental
	S41_0_10 *(NAD-ZD60)* **S42_0_10** *(NAD-ZD47)*		**SJ102_0_30** – non analysé **S103_0_5**
	λ Eaux souterraines		λ Eaux souterraines
	ESO1 *(NAD-ZK47)*		Non prélevée

Tableau 34 : Concentrations dans les sols et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 16 – Camping chez l'habitant à Nades (ZC92)

Scénario 16 – camping chez l'habitant (ZC92)										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa2)										
S41_0_10	6,03	<5.00	26,8	<0.40	22,8	24,1	<0.10	25,6	<10.0	76,1
S42_0_10	5,23	<5.18	17,5	<0.41	22	<20.7	0,27	25,5	<10.4	74,4
Zones d'exposition **(micachistes à deux micas)**										
S103_0_5	**19,2**	<5.00	60	<0.40	29	**39,1**	<0.10	33,6	<10.0	91,7
Ingestion de sol – enfant de moins de 6 ans (7 jours d'exposition annuelle)										
QD enfant	6,4E-03	n.c.*				n.c.	n.c.*			
ERI enfant	n.c.	n.c.*				n.c.	n.c.*			

* pas de dépassement des concentrations ELT

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)
	Non déroulée

Légende :		
< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*	
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques), 2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes analytiques), ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*	
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols*	
Intervalles de gestion de l'IEM		
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS		
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}	

6.7.4.14 ZONE III - SCENARIO 17 – RESIDENCE PERMANENTE – ACTIVITES SUR L'AIRE DE JEUX DES PETITS-ENFANTS A NADES (ZC92)

Le scénario 17 est présenté en détail en *Figure 30*, avec le scénario précédent. Le *Tableau 35* présente les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI).

Il en résulte pour l'aire de jeux dédiée aux petits-enfants, un usage compatible entre la qualité des sols de surface et l'activité des jeunes enfants quant à la voie d'exposition « ingestion non intentionnelle de sol », pour des séjours de 15 jours au maximum. Le calcul des risques sanitaires n'est pas mené pour Li en l'absence de VTR. Le risque sanitaire est porté par l'antimoine.

Tableau 35 : Concentrations dans les sols et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 17 – Résidence permanente – aire de jeux extérieure dédiée aux petits-enfants à Nades (ZC92)

Scénario 17 – résidence permanente : aire de jeux extérieure dédiée aux petits-enfants (ZC92)										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa2)										
S41_0_10	6,03	<5.00	26,8	<0.40	22,8	24,1	<0.10	25,6	<10.0	76,1
S42_0_10	5,23	<5.18	17,5	<0.41	22	<20.7	0,27	25,5	<10.4	74,4
***Zones d'exposition* (micachistes à deux micas)**										
S103_0_5	**19,2**	<5.00	60	<0.40	29	**39,1**	<0.10	33,6	<10.0	91,7
Ingestion de sol – enfant de moins de 6 ans (15 jours d'exposition annuelle)										
QD enfant	1,4E-02	n.c.*				n.c.	n.c.*			
ERI enfant	**n.c.**	n.c.*				n.c.	n.c.*			

* pas de dépassement des concentrations ELT

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)
	Non déroulée

Légende :	
< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques),* *2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes analytiques),* *ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols*

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

6.7.4.15 ZONE III - SCENARIO 18 – SALLE POLYVALENTE COMMUNALE – ACTIVITES DE PLEIN-AIR A NADES (ZC92)

Le scénario est présenté en détail en *Figure 31*. Le *Tableau 36* présente les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI).

Il en résulte pour la salle polyvalente communale, un usage compatible entre la qualité des sols de surface et les activités de plein-air pour les enfants de moins de 6 ans, quant à la voie d'exposition « ingestion non intentionnelle de sol », à raison d'une fréquentation de 52 jours par an (*Tableau 35* et *Tableau 23*). Le calcul des risques sanitaires n'est pas mené pour Li et W en l'absence de VTR. Le risque sanitaire est porté par l'antimoine.

Figure 31 : Scénario 18 - Salle polyvalente communale – aire de jeux extérieure des enfants

ZONE INVESTIGUEE : ZONE III			
SCENARIO N°18 : SALLE POLYVALENTE COMMUNALE – AIRE DE JEUX EXTERIEURE DES ENFANTS			
SITUATION GENERALE			
Commune	**Nades**	Dépôt minier le plus proche	03_0044_A_T2
Parcelle(s) cadastrale(s)	**ZK108-110**	Propriété privée	non
Description			
▪ A 170 m au sud-ouest du centre-ville, salle polyvalente communale mise à disposition par la mairie de Nades. La construction des deux bâtiments date respectivement de 2000 et 2014. Historiquement les parcelles étaient agricoles (pâture). La pelouse s'étend sur une superficie estimée à 1800-1 900 m^2. ▪ Des jeux sont aménagés pour les enfants et les adultes au sein du jardin ornemental : table de ping-pong, boulodrome/terrain de basket-ball. Deux tables de pique-nique sont installées (peu fréquentées). Zone d'intérêt : aire de jeux dédiée aux enfants. ▪ Les salles sont louées pour des événements privés notamment pour des soirées, à raison de 3 à 15 fois/an.			

Photographies	

SCENARIO N°18 : SALLE POLYVALENTE COMMUNALE – AIRE DE JEUX EXTERIEURE DES ENFANTS

SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Principale(s) source(s) d'information(s)	◦ Mairie	
Scénario d'exposition retenu (x1) et nombre de jours d'exposition retenus	▪ Enfant de moins de 6 ans - Ingestion non intentionnelle de sols	52 jours / an[39]

CARTE DE SITUATION

Voir Figure 16	S36	697471	6561892

PRELEVEMENTS

Caractérisation de(s) l'environnement(s) local(aux) témoin(s)		**Caractérisation des milieux d'exposition**	
Lithologie	ELTa2 - micaschistes à deux micas	Lithologie	micaschistes à deux micas
Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	P Sol de pâture	Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Aire de jeux dédiée dans jardin ornemental
	S41_0_10 *(NAD-ZD60)* **S42_0_10** *(NAD-ZD47)*		**S36_0_5** *(ECH-ZD24))*
	λ Eaux souterraines		λ Eaux souterraines
	ESO1 *(NAD-ZK47)*		⦸

[39] Sur la base d'une fréquentation d'une fois par semaine

Tableau 36 : Concentrations dans les sols et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 18 – Salle polyvalente communale – activités de plein-air à Nades (ZK108-110)

Scénario 18 – salle polyvalente communale : activités de plein-air (ZK108-110)										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa2)										
S41_0_10	6,03	<5.00	26,8	<0.40	22,8	24,1	<0.10	25,6	<10.0	76,1
S42_0_10	5,23	<5.18	17,5	<0.41	22	<20.7	0,27	25,5	<10.4	74,4
***Zones d'exposition* (micachistes à deux micas)**										
S36_0_5	**25**	<5.00	58,1	<0.40	28	**37,1**	<0.10	28,4	**20,1**	82,7
Ingestion de sol – enfant de moins de 6 ans (52 jours d'exposition annuelle)										
QD enfant	6,2E-02	n.c.*				n.c.	n.c.*		n.c.	n.c.*
ERI enfant	**n.c.**	n.c.*				n.c.	n.c.*		n.c.	n.c.*

* pas de dépassement des concentrations ELT

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)
	Non déroulée

Légende :

< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*	
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques),* *2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes analytiques),* *ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*	
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols*	
Intervalles de gestion de l'IEM		
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS		
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}	

6.7.4.16 ZONE II - SCENARIO 19 – CHEMIN DE RANDONNEE PR5 A SERVANT (ROUTE COMMUNALE)

Le scénario est présenté en détail en *Figure 32*. Le *Tableau 37* présente les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI).

Il en résulte, pour les enfants de moins de 6 ans évoluant sur les chemins de randonnée balisés PR5 (sentier des minerais), des risques sanitaires compris dans la **zone d'interprétation**. La démarche d'approfondissement conclut à un usage compatible entre la qualité du sol et l'activité de randonnée, sur la base de la voie d'exposition « ingestion non intentionnelle de sol » à raison de 1 jour par an.

Notons l'absence d'aménagement de type banc ou table, propice à un stationnement prolongé, ce qui limite l'exposition des jeunes enfants.

La démarche IEM n'a pu être totalement déroulée faute de VTR pour le lithium. Les concentrations mesurées en lithium sur les sols superficiels du chemin de randonnée sont peu élevées par rapport aux autres prélèvements réalisés pendant cette campagne d'investigations.

Figure 32 : Scénario 19 - Chemin de randonnée PR5

ZONE INVESTIGUEE : ZONE III			
SCENARIO N°19 : CHEMIN DE RANDONNEE PR5			
SITUATION GENERALE			
Commune	**Servant**	Dépôt minier le plus proche	03_0070_C_T1
Parcelle(s) cadastrale(s)	**ZL19**	Propriété privée	non
Description			
▪ Au lieu-dit Chaillat, le chemin de randonnée balisé PR5 longe le Bois du Roy ainsi que des exploitations avicoles, où les volailles sont élevées dans des bâtiments et ont accès à une zone en plein-air. ▪ Le sentier des minerais (PR5) débute derrière le musée de Wolframine et propose de découvrir le passé minier régional. La randonnée d'une distance 11,5 km (durée : 3 h) passe à proximité du dépôt minier de Servant (03_0070_C_T1 au lieu-dit Chaillat) ainsi que de ceux de la commune de Nades (03_0044_A_T2). ▪ Un prélèvement de sol superficiel a été réalisé sur le chemin de randonnée, à proximité des exploitations avicoles. Zone d'intérêt : chemin de randonnée (PR5).			

Photographies *(la zone d'intérêt est le chemin de randonnée, proche de l'exploitation avicole)*

SCENARIO N°19 : CHEMIN DE RANDONNEE PR5

SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Principale(s) source(s) d'information(s)	◦ Visite de terrain	
Scénario d'exposition retenu (x1) et nombre de jours d'exposition retenus	▪ Enfant vacancier- Ingestion non intentionnelle de sols	1 jour / an[40]

CARTE DE SITUATION

Voir Figure 16	S59	695928	6567151

PRELEVEMENTS

Caractérisation de(s) l'environnement(s) local(aux) témoin(s)		**Caractérisation des milieux d'exposition**	
Lithologie	ELTa2 - micaschistes à deux micas	Lithologie	micaschistes à deux micas
Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	P Sol de pâture **S41_0_10** *(NAD-ZD60)* **S42_0_10** *(NAD-ZD47)*	Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol associé à une activité de loisirs **S59_0_5**

[40] Cf. note méthodologique GEODERIS, rapport N2015/014DE-15NAT24080

*Tableau 37 : Concentrations dans les sols et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 19 – Chemin de randonnée PR5 (*chemin communal*)*

Scénario 19 – Chemin de randonnée PR5 (chemin communal)										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa1)										
S41_0_10	6,03	<5.00	26,8	<0.40	22,8	24,1	<0.10	25,6	<10.0	76,1
S42_0_10	5,23	<5.18	17,5	<0.41	22	<20.7	0,27	25,5	<10.4	74,4
Zones d'exposition (micaschistes à deux micas)										
S59_0_5	6,56	<5.00	**822**	**3,83**	**308**	**43,8**	<0.10	**36,2**	<10.0	**190**
Ingestion de sol – enfant de moins de 6 ans (1 jour d'exposition annuelle)										
QD enfant	n.c.*	n.c.*	3,5E-02	2,0E-04	4,2E-05	n.c.	n.c.*	1,1E-03	n.c.*	1,2E-05
RI enfant	n.c.*	n.c.*	1,9E-06			n.c.	n.c.*	4,6E-10	n.c.*	

* pas de dépassement des concentrations ELT

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)
Enfant	QD_{total} = 0,036 et ERI_{total} = $1,9.10^{-6}$

Légende :

< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*	
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques), 2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*	
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols*	
Intervalles de gestion de l'IEM		
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS		
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}	

6.7.5 INCERTITUDES

Les incertitudes sont inhérentes à une étude quantitative des risques. L'utilisation de données propres aux dépôts réduit ces dernières mais certaines persistent principalement au regard de l'estimation prédictive des concentrations d'exposition des populations à très long terme dans le cadre de la présente étude. Cette étude a été réalisée en l'état actuel des connaissances.

L'analyse attentive des incertitudes constitue une phase importante et doit être prise en compte dans l'évaluation des conclusions de l'étude car elle permet de donner les éléments pour valider les conclusions, en identifiant les incertitudes les plus significatives pouvant interférer dans les résultats de l'étude.

Les incertitudes identifiées et présentées ci-après regroupent donc les sources d'incertitudes majeures des étapes de la présente étude.

6.7.5.1 INCERTITUDES SUR LE TERME SOURCE

Incertitudes sur l'échantillonnage

Le choix des parcelles et la constitution d'échantillons composites ont été effectués afin de couvrir les zones les plus représentatives en termes d'exposition.

L'exposition par inhalation de poussière n'a pas été retenue dans le schéma conceptuel préliminaire, ni l'ingestion de poussière à l'intérieur des habitations et ainsi aucune caractérisation n'a été conduite dans le cadre de la campagne de terrain en raison de la granulométrie souvent grossière des résidus miniers rencontrés au droit des dépôts. Un certain nombre de dépôts est d'ailleurs boisé. Certains milieux d'exposition sont de plus recouverts par de la végétation (type pelouse).

En termes de végétaux autoproduits, il est également rappelé que 3 à 6 espèces végétales ont été prélevées par jardin, en privilégiant un maximum d'espèces communes disponibles et à maturité, cultivées et consommées par les usagers. Les végétaux prélevés couvrent la totalité des 5 familles-type (légumes-feuilles, légumes-racines, légumes-fruits, tubercules, fruits), sans toutefois disposer de plusieurs végétaux pour chaque famille.

En termes de représentativité spatiale pour la caractérisation des sols, des échantillons unitaires et composites ont été réalisés afin de couvrir les zones les plus représentatives des expositions. Les analyses ont souvent porté sur les points affichant des valeurs élevées lors des mesures qualitatives au NITON®.

Incertitudes sur les analyses chimiques

Au regard des informations transmises par Eurofins, les incertitudes sur les résultats analytiques des métaux sont comprises entre 10 et 45% selon les matrices. Elles ont été intégrées dans la comparaison des données des dépôts par rapport à l'environnement local témoin pour les matrices concernées (sols des jardins potagers, eaux superficielles/souterraines, végétaux).

Dans une approche conservatoire en termes de comparaison des concentrations entre les zones potentiellement impactées et l'ELT, la valeur de l'incertitude analytique minimale a été retenue, soit 15% pour Sb, Li, W, Zn et Ag dans les sols, et 20% pour Li, W et Zn dans les matrices liquides.

Incertitudes sur la recherche et la sélection des substances à impact potentiel

La sélection des substances chimiques retenues pour l'étude est une source d'incertitudes. Les analyses ont été limitées aux substances polluantes présentant une toxicité par ingestion directe (terre, eau ou végétaux), et aux comportements physico-chimiques, biologiques pertinents (transfert racinaire des métaux dans les végétaux par exemple). Elles ont concerné 11 composés inorganiques (Cr, Sb, Ag, As, Cd, Cu, Li, Hg, Pb, W, Zn), selon les matrices, en lien avec la gîtologie des travaux miniers sur la totalité de la zone d'étude. Le programme analytique n'a pas été restreint et spécifique à chacun des échantillons prélevés.

L'analyse du tungstène dans les végétaux n'a pu être assurée par le laboratoire.

Les substances présentes dans les horizons de surface non remaniés ou remaniés ont été retenues considérant respectivement l'exposition des enfants et l'exposition des jardiniers.

Parallèlement d'autres métaux ont été analysés par le BRGM sur leurs propres prélèvements de sols et de résidus. C'est le cas du béryllium (Be) dont la concentration maximale de 33 mg/kg a été mesurée sur un sol contenant des résidus miniers (MMsol021).

Un scénario générique est considéré pour ce sol tenant compte de la voie d'ingestion non intentionnelle de sol par un enfant de moins de 6 ans. La VTR retenue pour le béryllium est de 0,002 mg/kg/j pour la voie d'ingestion (effet avec seuil) émanant des organismes USEPA (1998) et OMS (2009). Le *Tableau 38* présente les résultats du calcul des risques sanitaires.

Tableau 38 : Risques sanitaires liés au béryllium en cas d'ingestion non intentionnelle des sols - scénario générique

Substances **Référence de l'échantillon affichant la concentration maximale**	**Be**
MMsol021 (BRGM) – sol (mg/kg)	33
QD enfant	7,4E-02
ERI enfant	n.c.

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)	
Enfant de moins de 6 ans	*Non déroulé*	
Légende :		
< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*	
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques), 2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes analytiques), ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*	
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols*	
Intervalles de gestion de l'IEM		
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages

6.7.5.2 INCERTITUDES SUR L'EVALUATION DE LA TOXICITE

En plus du choix des valeurs toxicologiques de référence (VTR), de nombreuses sources d'incertitudes sont associées à la détermination des VTR, notamment du fait de l'extrapolation de la réponse dose-effet pour de faibles doses à partir de hautes doses, de l'extrapolation de réponse pour des expositions de courtes durées à de longues durées, de l'extrapolation des résultats d'expérimentations chez l'animal pour prédire des effets chez l'homme, de l'extrapolation de réponses à partir d'études provenant de populations animales homogènes pour prédire les effets sur une population composée d'individus avec un large spectre de sensibilité…

Le choix des valeurs toxicologiques de référence a une importance significative sur les résultats des calculs de risques. Les choix réalisés par l'INERIS sont conformes aux connaissances scientifiques actuelles et représentent la connaissance disponible à un moment donné.

Au vu des temps d'exposition retenus, les VTR retenues et présentées sont des VTR chroniques. Or pour les scenarii couvrant les chemins de randonnée, des temps d'exposition de 1 jour par an ont été retenus pour les enfants de moins de 6 ans. Ces durées d'exposition annuelle, de 1 à 5 jours, n'apparaissent plus comme des expositions chroniques pour les effets à seuil.

Les différents organismes élaborant les VTR n'adoptent pas les mêmes définitions d'une exposition chronique pour les effets à seuil, en termes de durée minimale d'exposition : cette durée minimale d'exposition chronique est de 1 an pour l'ATSDR ; 7 ans pour l'US EPA ; et non précisée pour les autres sources.

En rappel : pour l'ATSDR : VTR aigüe : de 1 à 14 jours d'exposition, VTR sub-chronique : de 14 jours à 1 an, VTR Chronique : à partir d'un an d'exposition.

A titre informatif, sont reprises dans le tableau ci-après les VTR aigües disponibles[41].

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

Substance	VTR aigüe (mg/kg.j)	Organismes
As	0,005	ATSDR (2007)
Cu	0,01	ATSDR (2003)

Tenant compte des concentrations mesurées sur les chemins de randonnée, au maximum 822 mg/kg pour l'arsenic, les doses d'exposition calculées pour le scénario d'un enfant (âgé de 6 mois à 6 ans, 1 jour d'exposition) et la voie « ingestion de sol » lors des randonnées, ne dépassent pas les VTR aigües de l'arsenic. Le résultat des risques sanitaires restant inchangé, l'usage est compatible avec la qualité des sols.

6.7.5.3 INCERTITUDE SUR LES SCENARII D'EXPOSITION

Pour le scénario 11 (parcelle AB6 sur la commune de Lalizolle), les enfants sont actuellement âgés de 6 et 8 ans. Seul le scénario d'ingestion non intentionnelle de

[41] pour l'ATSDR : VTR aigüe : de 1 à 14 jours d'exposition.

sols por les enfants de plus de 6 ans a été présenté. Concernant l'ingestion non intentionnelle de sol, l'exposition d'un enfant de moins de 6 ans montre des résultats de risque sanitaire dans la zone d'interprétation pour le plomb avec QD=0,28 (*Tableau 40*). Concernant l'ingestion de végétaux auto-produits (*Tableau 40*), l'exposition d'un enfant de moins de 6 ans montre des résultats de risque sanitaire dans la zone d'interprétation pour l'arsenic avec ERI=1,5.10^{-6} en retenant la consommation de poireaux et de fanes de carottes (concentrations > à celles de l'ELT – avec une consommation journalière de 2,03 g/j de poireaux et 2,01 g/jour de fanes de carottes correspondant à 50% de la consommation de salades – voir Tableau 19 pour les quantités consommées quotidiennement).

L'approfondissement de la démarche EQRS (somme des risques pour toutes les substances dont la concentration est supérieure à celle de l'ELT°et pour les deux voies d'ingestion) aboutit à un usage compatible avec la qualité des sols et des végétaux auto-produits pour un enfant de moins de 6 ans évoluant dans le jardin ornemental et consommant les végétaux du jardin potager.

Tableau 40 : Synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 11 – enfant de moins de 6 ans - *Résidence permanente à Lalizolle (AB6)*

Scénario 11 – résidence permanente : aire de jeux extérieure dans le jardin environnemental à Lalizolle (AB6)										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa1)										
S19_0_10	2,17	<5.00	31,8	<0.40	14,3	25,9	<0.10	20,5	<10.0	63,6
Zones d'exposition (micaschistes à staurotide)										
S2_0_5	**3,29**	<5.00	22,6	<0.40	17,4	**48,2**	<0.10	**39,5**	12,8	69,5
Ingestion de sol – enfant de moins de 6 ans (234 jours d'exposition annuelle)										
QD enfant< 6 ans	3,7E-02	n.c.*				n.c.	n.c.*	2,8E-01	n.c.*	
ERI enfant < 6 ans	n.c.	n.c.*				n.c.	n.c.*	1,2E-07	n.c.*	

Ingestion de végétaux autoproduits – enfant de moins de 6 ans (autarcie CIBLEX, 365 jours d'exposition annuelle)								
	Cr	*Li*	*Sb*	*As*	*Cd*	*Cu*	*Pb*	*Zn*
QD enfant / FCA	n.c.	n.c.	n.c.	2,8E-02	2,6E-03	8,8E-04	2,5E-02	1,4E-03
ERI enfant / FCA	n.c.	n.c.	n.c.	1,5E-06	n.c.	n.c.	1,0E-08	n.c.
QD enfant / POI	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	4,5E-04	n.c.	8,9E-04
ERI enfant / POI	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)
Enfants de moins de 6 ans (sol S2 et végétaux)	QD_{total} = 0,38 et ERI_{total} = 3,1.10^{-6}

Légende :		
< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*	
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques), 2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*	
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols et les végétaux*	
Intervalles de gestion de l'IEM		
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS		
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}	

Conformément à la méthodologie définie par GEODERIS, un scénario générique a été considéré, afin d'anticiper un éventuel changement d'usage, pour les résidences où la présence d'un enfant âgé de moins de 6 ans (enjeu à protéger le plus sensible par rapport aux autres catégories) n'est pas avérée. La présence d'un enfant résident permanent, ayant des activités de loisirs en extérieur 234 jours par an (365 jours en retranchant 15 jours de vacances, pondérés par 1/3 de mauvais temps) est prise en compte. Il n'est pas considéré pour ces scenarii génériques, la voie par ingestion de végétaux autoproduits du fait d'une incertitude trop élevée quant aux végétaux qui seront cultivés et aux pratiques culturales mises en œuvre. Les scenarii génériques considérés sont pour :

- Zone I - scénario 6 (Echassières, ZD76) - résidence permanente avec enfant de moins de 6 ans jouant dans le jardin ornemental (aucune aire de jeux aménagée) en considérant la concentration du prélèvement S6 – exposition 234 j/an[42]. Les résultats des calculs de risque sont présentés dans le *Tableau 41*.

Tableau 41 : Concentrations dans les sols et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 6 – usage générique

Scénario 6 – gîte/résidence permanente : jardin ornemental (ZD76) – scénario générique										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa1)										
S19_0_10	2,17	<5.00	31,8	<0.40	14,3	25,9	<0.10	20,5	<10.0	63,6
Zones d'exposition **(micachistes à deux micas)**										
S6_0_5	**3,15**	<5.00	**98,7**	<0.40	**32,6**	**77,7**	<0.10	**50,3**	**20,3**	**134**
Ingestion de sol – enfant résident permanent de moins de 6 ans (234 jours d'exposition annuelle)										
QD enfant	3,5E-02	n.c.	9,8E-01	n.c.	1,0E-03	n.c.	n.c.	3,6E-01	n.c.	2,0E-03
ERI enfant	n.c.	n.c.	5,2E-05	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	1,5E-07	n.c.	n.c.

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)	
Enfant de moins de 6 ans	*Pas mise en œuvre car ERI (As) = 5,2.10^{-5} et donc déjà > 10^{-5}*	
Légende :		
< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*	
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques), 2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes analytiques), ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*	
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols*	
Intervalles de gestion de l'IEM		
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS		
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}	

[42] 234 j/an = 365 j/an retranchés de 15 jours de vacances, et pondérés par de 1/3 de mauvais temps

Il en résulterait pour le scénario générique n°6, un **usage incompatible** entre la qualité des sols superficiels et des activités en plein-air sur la parcelle ZD76 (Echassières, lieu-dit Mazet), pour la voie d'exposition « ingestion non intentionnelle de sol » pour des enfants résidents permanents de moins de 6 ans.

Pour rappel : en concertation avec GEODERIS, aucun scénario générique n'est déroulé pour les scenarii dont les sols superficiels présentent des concentrations dans la gamme ELT_{min}-ELT_{max} (et dont les substances suivies disposent de VTR).

6.7.5.4 INCERTITUDES SUR L'EVALUATION DE L'EXPOSITION

Les paramètres d'exposition retenus pour calculer les risques sanitaires liés à l'ingestion de sols par des enfants ont été choisis dans le cadre d'une démarche raisonnablement conservatoire.

Dans le présent paragraphe, il s'agit de déterminer le temps maximal d'exposition pour lequel le scénario reste compatible avec les usages constatés :

- scénario 15 – résidence permanente comprenant un jardin ornemental à Nades ;
- scénario 5 – gîte à Echassières ;
- scénario 5 MAZ – résidence permanente comprenant un jardin ornemental à Echassières ;
- scenarii 13 et 19 – chemin de randonnée sur plusieurs communes.

Concernant le scénario 10 – jardinage et consommation des végétaux potagers autoproduits à Lalizolle, il s'agit d'apprécier la sensibilité des paramètres d'exposition et des hypothèses retenues.

Scénario d'exposition d'enfants de plus de 6 ans – résidence permanente – commune de Nades (scénario 15) :

Concernant le scénario 15 (résidence permanente avec des enfants de plus de 6 ans, disposant d'un jardin ornemental pour les activités de plein-air), à défaut de connaître le nombre de jours d'exposition, la valeur par défaut de 234 jours issue de la note méthodologique GEODERIS N2015/014DE-15NAT24080 a été retenue. Pour cette approche relativement conservatoire, il en résulte un usage non compatible de la qualité des sols avec une activité de plein-air dans le jardin ornemental. Le risque sanitaire devient « acceptable » si le nombre de jours d'exposition est inférieur à 130 jours par an. Notons enfin que le jardin ornemental est enherbé, ce qui limite l'exposition des enfants.

Scénario d'exposition d'enfants de moins de 6 ans – gîte – commune d'Echassières (scénario 5) :

Sur la base de l'entretien avec le propriétaire du gîte, il apparaît que les séjours durent quelques jours et ne dépassent pas 15 jours. Le risque sanitaire est porté par l'arsenic avec une concentration de 98,7 mg/kg dans le sol du jardin ornemental.

La fréquentation du gîte par des enfants de moins de 6 ans reste compatible avec la qualité des sols pour des séjours pouvant s'étendre jusqu'à 35 jours ($QD_{total\ substances}$ = 0,2 et $ERI_{total\ substances}$ = $7{,}8.10^{-6}$).

Scénario d'exposition d'adulte – résidence permanente – commune d'Echassières (scénario 5 MAZ) :

Concernant le scénario 5 MAZ (résidence permanente habitée par un adulte, disposant d'un jardin ornemental pour les activités de plein-air), à défaut de connaître le nombre de jours d'exposition, la valeur par défaut de 136 jours attribuée aux activités de jardinage et issue de la note méthodologique GEODERIS N2015/014DE-15NAT24080 a été retenue. Pour cette approche relativement conservatoire, il en résulte un usage non compatible de la qualité des sols avec une activité de plein-air dans le jardin ornemental. Le risque sanitaire devient « acceptable » au regard des critères de risque, si le nombre de jours d'exposition est inférieur à 17 jours par an, pour une durée d'exposition de 53 ans.

Scénario d'exposition d'enfants sur le chemin de randonnée PR5 (scenarii 13 et 19) :

Pour les scenarii 13 et 19 traitant d'une exposition pour un enfant se promenant sur le chemin de randonnée PR5 sur les communes d'Echassières, de Nades, de Lalizolle et de Servant, il a été retenu en première approche une fréquentation de 1 jour par an (enfant de moins de 6 ans en vacances). Il est considéré dans le paragraphe suivant que des enfants, résidant dans la région, fréquentent ces chemins à raison d'une fois par semaine soit 52 jours par an. Les points de prélèvements concernés sont S57, S58 et S59. Les concentrations maximales entre ces 3 points sont retenues. Les résultats de risque sanitaire se situent dans la zone d'interprétation pour l'arsenic avec QD=1,8 et ERI=$9{,}7.10^{-5}$, ainsi que pour le plomb avec QD=0,2 (*Tableau 42*).

En raison de teneurs élevées en As dans les sols de chemin de randonnée (822 mg/kg As), l'activité de randonnée effectuée sur la base de 52 jours par an par des enfants **n'est pas compatible** avec la qualité dégradée des sols.

L'activité de randonnée pour des enfants de moins de 6 ans est compatible avec la qualité des sols pour une fréquentation ne dépassant pas 4 jours par an ($QD_{total\ substances}$ = 0,16 et $ERI_{total\ substances}$ = $7{,}4.10^{-6}$).

Tableau 42 : Synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour les scenarii 13 et 19 – enfant de moins de 6 ans - *chemins de randonnée*

Scénario 13/19 – randonnées pédestres sur les communes d'Echassières, Nades, Lalizolle et Servant										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Zones d'exposition										
Concentrations maximales entre S57_0_2 / S58_0_5 / S59_0_5	**6,56**	<5.00	**822**	**3,83**	**308**	**250**	<0.10	**139**	**970**	**190**
Ingestion de sol – enfant de moins de 6 ans 52 jours d'exposition annuelle)										
QD enfant < 6 ans	1,6E-02	n.c.*	1,8	1,1E-02	2,2E-03	n.c.	n.c.*	2,2E-01	n.c.	6,3E-04
ERI enfant < 6 ans	n.c.	n.c.*	9,7E-05	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.*	9,3E-08	n.c.	n.c.

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)
Enfants de moins de 6 ans	*Pas mise en œuvre car ERI (As) = $9,7.10^{-5}$ et donc déjà > 10^{-5} et QD (As) = 1,8 et donc déjà > 1*

Légende :

< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques), 2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols et les végétaux*

Intervalles de gestion de l'IEM

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

Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS

	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}

Scénario d'exposition d'enfants et d'adultes lors d'activités de jardinage et de consommations de végétaux potagers autoproduits – résidence permanente – commune de Lalizolle (scénario 10) :

Sur la base des paramètres d'exposition retenus, le scénario 10 ne présente pas d'incompatibilité. Les risques sanitaires sont essentiellement portés par l'arsenic lors de la consommation des végétaux autoproduits et notamment des fanes de carotte, assimilées dans cette étude à des végétaux feuilles de type salade, à hauteur de 50%, ce qui constitue une hypothèse conservatoire. Par ailleurs, sur la base de l'enquête, le pourcentage d'autarcie CIBLEX de 28,9 % pour les légumes feuille a été retenu (valeur par défaut).

D'autres hypothèses conservatoires ont été retenues telles que la durée de consommation des végétaux pour les adultes (52 ans, cette valeur est conservatoire) et pour les adolescents (12 ans). La consommation de fanes de carottes par des enfants de moins de 6 ans conduirait à des valeurs de QD = 0,06 et ERI = $1{,}5.10^{-6}$, en raison des concentrations élevées en arsenic. Ainsi la consommation de fanes de carottes sur la vie entière (70 ans considérant une exposition en tant qu'enfant de moins de 6 ans, en tant qu'adolescent et en tant qu'adulte), conduirait à un risque sanitaire de $7{,}9.10^{-6}$ pour les effets sans seuil (somme de $5{,}3.10^{-6}$ + $1{,}1.10^{-6}$ + $1{,}5.10^{-6}$). Cette valeur reste inférieure au critère de risque de 10^{-5}.

Une incertitude subsiste sur la production et la consommation de fanes de carottes qui reste anecdotique dans les habitudes alimentaires sur le territoire français. Toutefois, il peut être retenu que des salades cultivées dans ce jardin présenteraient le même niveau de contamination en métaux dont l'arsenic que les fanes de carottes.

Outre les hypothèses conservatoires retenues, un pourcentage d'autarcie plus élevé de 100% conduirait à une incompatibilité entre la consommation des végétaux potagers et leur qualité, sur la base des végétaux prélevés et analysés (fanes et racines des carottes, poireaux, courgettes, haricots). En effet, la multiplication de l'exposition par un facteur 3 environ conduit à dépasser les critères de risque de 10^{-5} pour l'ERI notamment pour l'adulte consommateur de fanes de carottes avec une valeur calculée à $1{,}8.10^{-5}$ (au lieu de $5{,}3.10^{-6}$ actuellement).

Anomalies en arsenic au lieu-dit Montmiand sur la commune d'Echassières :

Deux scenarii d'exposition n°20 (parcelle ZP25/ZP83) et n°21 (parcelle ZP30) sont évalués pour les usagers résidant au lieu-dit Montmiand où une anomalie en arsenic a été mise en évidence dans les sols. Deux résidents permanents cultivent un jardin potager (exploitation modérée à intensive), avec une fréquentation quotidienne sur 7 mois de culture (pondérée par 1/3 de jours de mauvais temps).

Les *Tableau 43* et *Tableau 44* présentent, respectivement pour les scenarii n°20 et n°21, les résultats des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (QD) et des effets sans seuil (ERI).

En raison de teneurs élevées en As dans les sols de jardins potagers (187 mg/kg As pour le scénario 20 et 177 mg/kg As pour le scénario 21), l'activité de jardinage effectuée par des adultes **n'est pas compatible** avec la qualité des sols. Notons que l'eau souterraine ESO5 utilisée actuellement pour l'arrosage des végétaux affiche une concentration en As de 7 µg/L, inférieure à la limite de potabilité fixée à 10 µg/L.

La considération d'un scénario générique avec la fréquentation d'un enfant de moins de 6 ans et une exposition de 234 j/an, confirme **l'incompatibilité** des sols superficiels avec une activités de plein-air. Les calculs de risque donnent pour :

- la parcelle ZP25/ZP83 : QD (As) = 1,9 - QD (Pb)= 0,5 et ERI (As) = $9{,}9.10^{-5}$;
- la parcelle ZP30 : QD (As) = 1,8 - QD (Pb)= 0,4 et ERI(As) = $9{,}4.10^{-5}$.

Tableau 43 : Concentrations dans les sols et les végétaux et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 20 - Activités de jardinage et autoconsommation des végétaux à Echassières (ZP25/83)

Scénario 20 - Activités de jardinage et autoconsommation des végétaux à Echassières (ZP25/83)										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa1)										
SJ20_0_30	2,47	<5.01	18,7	<0.40	52,2	21,7	<0.10	23,3	<10.0	114
SJ22_0_30	1,62	<5.00	57,9	<0.40	30,5	59,4	<0.10	34,8	<10.0	40,8
Zones d'exposition **(micachistes à deux micas)**										
SJ14_0_30										
SJ15_0_30	3,07	<5.00	**187**	<0.40	51,4	57,9	<0.10	**66,1**	11,1	105
Ingestion de sol – adulte jardinier au droit de SJ15 (142 jours d'exposition annuelle)										
QD adulte	n.c.	n.c.	1,3E-01	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	3,3E-02	n.c.	n.c.
ERI adulte	n.c.	n.c.	6,6E-05	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	1,3E-07	n.c.	n.c.

f

Substances **Référence de l'échantillon**	*Cr*	*Li*	*Sb*	*As*	*Cd*	*Cu*	*Pb*	*Zn*
	Concentrations dans les végétaux (mg/kg MF)							
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa1) – présentation uniquement des espèces végétales communes								
Haricot vert SJ20_HAR	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,7	<0.05	2,7
Haricot vert SJ22_ HAR	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	1	<0.05	3,1
Tomate SJ20_TOM	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,5	<0.05	1
Tomate SJ22_ TOM	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,011	0,6	<0.05	1,3
Courgette SJ22_ COU	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,8	<0.05	3,5
Végétaux d'exposition (micachistes à deux micas)								
Haricot vert SJ15_HAR	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	**0,011**	1,2	<0.05	**5,5**
Tomate SJ15_TOM	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,012	0,9	<0.05	1,7
Salade SJ15_COU	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,6	<0.05	3,7
Ingestion de végétaux autoproduits – adulte (autarcie CIBLEX, 365 jours d'exposition annuelle)								
QD adulte/ HAR					6,1E-03			3,7E-03
ERI adulte / HAR	n.c.							

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)
	Pas mise en œuvre car ERI (As) = 6,3.10^{-5} et donc déjà > 10^{-5}

Légende :

< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques),* *2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes analytiques),* *ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols et les végétaux*

Concentration retenue dans les végétaux :

	concentration supérieure à la valeur règlementaire (Cd, Pb)

Intervalles de gestion de l'IEM

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

Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS

	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}

Tableau 44 : Concentrations dans les sols et les végétaux et synthèse des calculs de risques (QD et ERI) pour le scénario 21 - Activités de jardinage et autoconsommation des végétaux à Echassières (ZP30)

Scénario 21 - Activités de jardinage et autoconsommation des végétaux à Echassières (ZP30)										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa1)										
SJ20_0_30	2,47	<5.01	18,7	<0.40	52,2	21,7	<0.10	23,3	<10.0	114
SJ22_0_30	1,62	<5.00	57,9	<0.40	30,5	59,4	<0.10	34,8	<10.0	40,8
***Zones d'exposition* (micachistes à deux micas)**										
SJ16_0_30	**3,69**	<5.00	**177**	**1,09**	51,3	28,4	<0.10	**62,3**	**15,2**	114
Ingestion de sol – adulte jardinier au droit de SJ15 (142 jours d'exposition annuelle)										
QD adulte	2,9E-03	n.c.	1,2E-01	9,4E-04	n.c.	n.c.	n.c.	3,1E-02	n.c.	n.c.
ERI adulte	n.c.	n.c.	6,3E-05	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	1,2E-07	n.c.	n.c.

fSubstances **Référence de l'échantillon**	*Cr*	*Li*	*Sb*	*As*	*Cd*	*Cu*	*Pb*	*Zn*
	Concentrations dans les végétaux (mg/kg MF)							
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa1) – présentation uniquement des espèces végétales communes								
Carotte SJ20_CA	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,005	0,4	<0.05	4
Carotte SJ22_ CA	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,05	0,7	<0.05	3,2
Haricot vert SJ20_HAR	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,7	<0.05	2,7
Haricot vert SJ22_ HAR	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	1	<0.05	3,1
Courgette SJ22_ COU	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,8	<0.05	3,5
Prune SJ20_PRU	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	1,4	<0.05	1,9
Poireau POI	Absence échantillon ELT							
Végétaux d'exposition (micachistes à deux micas)								
Haricot vert SJ16_HAR	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,6	<0.05	**4,7**
Courgette SJ16_COU	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,5	<0.05	3
Poireau SJ16_POI	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	**0,006**	**0,3**	**0,08**	**3**
Prune SJ16_PRU	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,6	<0.05	1
Ingestion de végétaux autoproduits – adulte (autarcie CIBLEX, 365 jours d'exposition annuelle)								
QD adulte/ HAR	n.c.							2,1E-02
ERI adulte / HAR	n.c.							
QD adulte / POI	n.c.				3,5E-03	4,4E-04	2,6E-02	2,1E-03
ERI adulte / POI	n.c.						1,3E-07	n.c.
	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)							
	Pas mise en œuvre car ERI (As) = 6,3.10^{-5} et donc déjà > 10^{-5}							

Légende :

< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques),* *2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes analytiques),* *ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols et les végétaux*
Concentration retenue dans les végétaux :	
	concentration supérieure à la valeur règlementaire (Cd, Pb)
Intervalles de gestion de l'IEM	
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6} — l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4} — zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4} — l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS	
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}

Incertitudes, bioaccessibilité et biodisponibilité des métaux dans les sols :

La voie d'exposition liée à l'ingestion de sol est conditionnée par deux paramètres sensibles : la quantité de terre ingérée, mais également la biodisponibilité pour l'homme du composé chimique à partir de la matrice sol. Ce dernier paramètre qui caractérise la fraction absorbée d'un polluant peut être approché notamment par la bioaccessibilité (fraction dissoute du contaminant dans le tube digestif). Actuellement, il est considéré également que la biodisponibilité d'un élément dans la terre est totale (100%).

Ainsi, en termes d'incertitude, est également à mentionner l'absence de prise en compte de la détermination des fractions bioaccessibles et/ou biodisponibles, permettant notamment de proposer une estimation plus appropriée de l'exposition des populations liée à l'ingestion de sols. Cependant, il est à souligner que les données concernant la biodisponibilité/bioaccessibilité restent spécifiques au site, notamment dans le cas des anciens sites miniers. Dans certaines études, il en ressort la nécessité d'acquérir cette donnée dès le diagnostic environnemental.

En outre, il est à souligner que seule la démarche d'interprétation de l'état de milieux (IEM) permet plus spécifiquement un recours à la mesure de la bioaccessibilité et à son intégration dans son déroulement.

Ainsi, notamment dans la démarche IEM, la mesure de la fraction bioaccessible présente les deux avantages suivants par rapport à la mesure de la concentration totale des polluants dans les sols ne prenant pas en compte la bioaccessibilité :

- elle reflète de manière plus pertinente les concentrations d'exposition pour la voie d'exposition directe qu'est l'ingestion de terre ;
- elle permet d'intégrer la spéciation de ces éléments.

Il est recommandé d'utiliser en priorité des valeurs de bioaccessibilité mesurées dans les matrices prélevées sur le site d'étude. En effet, au regard des éléments bibliographiques actuellement disponibles, apparaissent d'importantes variabilités des gammes de valeurs de bioaccessibilité notamment dans les sols, issus de différents contextes, ainsi que des gammes de valeurs rencontrées pour un historique donné qui peuvent être également très larges. Le retour d'expérience à ce jour sur les anciens sites miniers laisse apparaître une bioaccessibilité de l'As pouvant être comprise entre 10 et 50% avec en revanche une bioaccessibilité plus élevée pour Pb (> 50%). La prise en compte de la bioaccessibilité apparaît intéressante pour l'As dans les sols et éventuellement les végétaux potagers ; elle nécessite de nouveaux prélèvements de sols et de végétaux.

La quantité de sols et de poussières ingérée par un adulte est également mal connue. Chez les adultes, Calabrese (1990) n'a réalisé qu'une seule étude[43]. Les mesures indiquaient une ingestion d'environ 50 mg par jour. Mais cette étude, portant sur un effectif restreint, ne distingue pas les individus selon leur type d'activité et le temps passé à l'intérieur ou à l'extérieur d'un bâtiment.

[43] Calabrese EJ, Stanek EJ, Gilbert CE, Barnes RM. (1990) - Preliminary adult soil ingestion estimates: results of a pilot study. Regul Toxicol Pharmacol. 12 88-95.

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

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

Dans son guide pour l'évaluation des risques, l'US EPA propose comme valeur par défaut 50 mg/jour de sol ingéré par un adulte dans un scénario résidentiel et dans un scénario industriel (US EPA 1988).

A partir de ces éléments, la valeur suivante est retenue : 50 mg par jour de sol et de poussières par un adulte menant des activités de jardinage dans le cadre du scénario avec habitat individuel avec espace vert et jardin potager ; ce qui constitue une approche conservatrice, au vu du nombre de jours d'exposition considéré (jour de bêchage mais aussi de récolte, d'arrachage…).

Rappelons enfin que la valeur de 91 mg/j a aussi été retenue pour les enfants âgés de plus de 6 ans, ce qui constitue une approche conservatoire.

6.7.5.5 INCERTITUDES SUR LA CARACTERISATION DU RISQUE

Les incertitudes inhérentes à la caractérisation du risque sont directement fonction des incertitudes précisées dans les sections précédentes.

Les sections ci-dessus soulignent le fait que des incertitudes existent dans l'évaluation des risques. Bien que la quantification de ces incertitudes ne soit pas toujours réalisable, il est important de se rappeler que des incertitudes entourent les résultats de l'évaluation des risques même si les résultats sont exprimés par des expressions numériques exactes. Pour les différents scenarii étudiés, de nombreux choix ont constitué une approche conservatoire de ce risque.

6.8 SYNTHESE

Le Tableau 45 synthétise pour les scenarii d'exposition retenus, les résultats des calculs de risques au regard des intervalles de gestion de l'IEM et en cas de besoin ceux associés à une démarche approfondie tenant compte d'un calcul de risque global pour l'ensemble des substances et des voies d'exposition.

En outre, ce tableau rappelle les concentrations maximales dans les sols des substances tirant le risque sanitaire, ou présentant des anomalies (c'est le cas pour le lithium et le tungstène ne disposant pas de VTR).

Deux scenarii d'exposition présentent une **incompatibilité** usages-milieux en raison des concentrations élevées en As dans les sols superficiels (ERI > 10^{-5} après approfondissement de la démarche EQRS) :

- Activités extérieures dans un jardin ornemental d'une résidence permanente située sur la commune d'Echassières (NAD-ZD64/65, **Scénario 5 MAZ**) et fréquentée par un adulte. Le temps d'exposition considéré par défaut est égal à 136 jours/an, ce qui constitue une approche conservatoire. Le risque sanitaire n'est plus préoccupant si le nombre de jours d'exposition est inférieur à 17 jours par an. La concentration maximale en As dans les sols du jardin est de 190 mg/kg.

- Aire de jeux dans le jardin ornemental d'une résidence permanente située sur la commune de Nades (NAD-ZC84, **Scénario 15**) avec présence d'enfants de plus de 6 ans. Le temps d'exposition est une valeur par défaut (234 jours/an), ce qui constitue une approche conservatoire. Le risque sanitaire n'est plus préoccupant si le nombre de jours d'exposition est inférieur à 130 jours par an. La concentration en As dans les sols du jardin enherbé est de 101 mg/kg.

  A ce stade, il est recommandé une cartographie de la contamination des sols de surface, en raison de la superficie de la propriété (pelouse >500m^2) pour compléter la connaissance de la qualité des sols caractérisée à ce stade par un prélèvement composite de 3 prises unitaires en septembre 2016 au pied des structures ludiques utilisées par les enfants ;

Pour les 2 scenarii, il peut aussi être proposé de déterminer la bioaccessibilité orale de l'arsenic dans les sols superficiels, afin d'apprécier de manière plus réaliste l'exposition.

A ces deux scenarii, s'ajoute le « scénario générique » n°6, déroulé au droit d'une résidence permanente au lieu-dit Mazet sur la commune d'Echassières :

- Usage générique (non avéré) – jeux en extérieur pour considérer la présence d'enfant de moins de 6 ans au droit d'une résidence permanente (ECH-ZD76, scénario 6). La concentration en As dans les sols du jardin enherbé est de 98,7 mg/kg.

Tableau 45 : synthèse des scenarii au regard des intervalles de gestion de l'IEM

Scénario et population concernée (âge et nombre de jours d'exposition annuelle - j/an)	**Positionnement des résultats de l'EQRS dans les intervalles de gestion de l'IEM**			**Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)**	***– concentration maximale dans les sols (mg/kg MS)***
	QD < 0,2 ERI < 10^{-6}	0,2 < QD < 5 et/ou 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	QD > 5 ERI > 1.10^{-4}	QD > 1 et/ou ERI > 10^{-5}	
ZONE I					
Scénario 1 – Jardinage et consommation de végétaux auto-produits (ECH-ZD79-80)					
Ingestion de sol lors des activités de jardinage – adulte jardinier (résidence permanente) (52 j/an)	Aucun dépassement des concentrations ELT				
Ingestion de végétaux – adulte (autarcie CIBLEX, 365 j/an)	QD (Cd, Cu, Zn)				
Scénario 2 – Jardinage dans le verger (ECH-ZD16)					
Ingestion de sol lors des activités de jardinage – adulte jardinier (résidence permanente) (12 j/an)	Aucun dépassement des concentrations ELT, hormis pour W				*– W : 21,8 mg/kg*
Scénario 3 – Activités de jeux dans jardin ornemental (ECH-ZD24)					
Ingestion de sol lors d'activités de loisirs en extérieur – enfant de moins de 6 ans (30 j/an)	QD (Cu)				*– Cu : 23,2 mg/kg*
Scénario 4 - Jardinage et consommation de végétaux auto-produits (ECH-ZD76)					
Ingestion de sol lors des activités de jardinage – adulte jardinier (résidence permanente) (52 j/an)	QD (Sb, Pb) ERI (Pb)				*– Sb : 4,2 mg/kg,* *Pb : 87,3 mg/kg* *Li : 92 mg/kg* *W : 73,9 mg/kg*
	Dépassement des concentrations ELT en Li et W				
Ingestion de végétaux – adulte (autarcie CIBLEX, 365 j/an)	QD (Zn)				
Scénario 5 – Aire de jeux dans jardin ornemental associé au gîte (ECH-ZD76)					
Ingestion de sol lors d'activités de jeux en extérieur – enfant touriste (moins de 6 ans, 15 j/an)	QD (As, Sb, Cu, Pb, Zn) ERI (Pb) *Dépassement des concentrations ELT en Li et W*	ERI (As)		QD_{total} = 0,09 et ERI_{total} = 3,4E-06	*– Sb : 3,1 mg/kg* *As : 98,7 mg/kg* *Cu : 32,6 mg/kg* *Pb : 50,3 mg/kg* *Li : 77;7 mg/kg* *W : 20,3 mg/kg* *Zn : 134 mg/kg*
Scénario 6 – <u>Usage générique</u> – résidence permanente avec jeux en extérieur (ECH-ZD76)					
Ingestion de sol lors d'activités de jeux en extérieur – enfant (résidence permanente) (moins de 6 ans, 234 j/an)	QD (As, Sb, Cu, Zn) ERI (Pb) *Dépassement des concentrations ELT en Li et W*	QD (As, Pb) ERI (As)		Pas mise en œuvre car déjà ERI (As)=$5,2.10^{-5}$	

Scénario et population concernée (âge et nombre de jours d'exposition annuelle - j/an)	Positionnement des résultats de l'EQRS dans les intervalles de gestion de l'IEM			Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)	– *concentration maximale dans les sols (mg/kg MS)*
	QD < 0,2 ERI < 10^{-6}	0,2 < QD < 5 et/ou 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	QD > 5 ERI > 1.10^{-4}	QD > 1 et/ou ERI > 10^{-5}	
ZONE I					
Scénario 5 MAZ– Activités extérieures dans jardin ornemental (ECH-ZD64-65)					
Ingestion de sol lors d'activités extérieures – adulte (résidence permanente) *(136 j/an)*	QD (Sb, As, Cd, Cu,Hg,Zn) *Concentrations élevées en Li et W*	QD (Pb) ERI (As; Pb)		Pas mise en œuvre car ERI (As) = $6,4.10^{-5}$	– *Sb : 21,5 mg/kg* *As : 190 mg/kg* *Pb: 607 mg/kg* *Li : 242 mg/kg* – *W : 3 410 mg/kg*
Scénario 7 – Promenade sur les berges de la Bouble (LOU-AB11)					
Ingestion de sol lors de promenade enfant de moins de 6 ans - promeneur (52 j/an)	*Dépassement des concentrations ELT en W*				– *W : 209 mg/kg*
Scénario 8 – Promenade sur les berges de la Bouble (LOU-AB11)					
Ingestion de sol lors de promenade enfant de moins de 6 ans - promeneur (52 j/an)	QD (Cu, Zn) *Dépassement des concentrations ELT en Li et W*				– *Cu : 23,6 mg/kg* *Zn : 87,9 mg/kg* *Li : 109 mg/kg* *W : 329 mg/kg*
Scénario 9 – Promenade sur les berges de la Bouble (VER-ZW7)					
Ingestion de sol lors d'activités de loisirs en extérieur – enfant de moins de 6 ans (52 j/an)	*Dépassement des concentrations ELT en Li et W*				– *Li : 58,2 mg/kg* *W : 192 mg/kg*
ZONE II					
Scénario 10 - Jardinage et consommation de végétaux auto-produits (LAL-AB6)					
Ingestion de sol lors des activités de jardinage – adulte jardinier (résidence permanente) (122 j/an)	QD (Sb, Hg, Pb, Zn) ERI (Pb) *Dépassement des concentrations ELT en Li et W*			Adultes QD_{total} = 0,1 et ERI_{total} = $5,6.10^{-6}$ Enfants QD_{total} = 0,1 et ERI_{total} = $1,2.10^{-6}$	– *Sb : 12,2 mg/kg* *Hg : 0,21 mg/kg* *Pb : 170 mg/kg* *Zn : 181 mg/kg* *Li : 229 mg/kg* *W : 88,7 mg/kg*
Ingestion de végétaux – adulte (autarcie CIBLEX, 365 j/an)	QD (As, Cd, Cu, Pb, Zn) ERI (Pb)	ERI (As)			
Ingestion de végétaux – enfant de plus de 6 ans (autarcie CIBLEX, 365 j/an)	QD (As, Cd, Cu, Pb, Zn) ERI (Pb)				
Scénario 11 – Aire de jeux dans jardin ornemental (LAL-AB5)					
Ingestion de sol lors d'activités de jeux en extérieur – enfant (résidence permanente) (plus de 6 ans, 234 j/an)	QD (Sb, Pb) ERI (Pb) *Dépassement des concentrations ELT en Li et W*				– *Sb : 3,3 mg/kg,* *Pb : 39,5 mg/kg* *Li : 48,2 mg/kg*

Scénario et population concernée (âge et nombre de jours d'exposition annuelle - j/an)	Positionnement des résultats de l'EQRS dans les intervalles de gestion de l'IEM			Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)	– *concentration maximale dans les sols (mg/kg MS)*
	QD < 0,2 ERI < 10^{-6}	0,2 < QD < 5 et/ou 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	QD > 5 ERI > 1.10^{-4}	QD > 1 et/ou ERI > 10^{-5}	
ZONE II					
Scénario 12 – Aire de pique-nique – musée Wolframine (ECH-AN15)					
Ingestion de sol lors d'activités de jeux en extérieur – enfant vacancier *(moins de 6 ans1 j/an)*	QD (As, Cu, Pb) *Dépassement des concentrations ELT en Li et W*				– *As : 93 mg/kg* *Cu : 38,4 mg/kg* *Pb : 91,6 mg/kg* *Li : 142 mg/kg* – *W : 222 mg/kg*
Scénario 13 – Chemin de randonnée PR5 sans aménagement (LAL-AB211, NAD-ZA21)					
Ingestion de sol lors de promenade enfant de moins de 6 ans - promeneur (1 j/an)	QD (Sb, As, Cu, Pb, Zn) ERI (As,Pb) *Dépassement des concentrations ELT en W*				– *Sb : 6,0 mg/kg* *As : 237 mg/kg* *Cu : 90,7 mg/kg* *Pb : 139 mg/kg* *Li : 250 mg/kg* *W : 970 mg/kg* *Zn : 101 mg/kg*
ZONE III					
Scénario 14 - Jardinage et consommation de végétaux auto-produits (ZK13-21)					
Ingestion de sol lors des activités de jardinage – adulte jardinier (résidence permanente) (91 j/an)	QD (Sb)				– *Sb : 40,7 mg/kg*
Ingestion de végétaux – adulte (autarcie CIBLEX, 365 j/an)	QD (Cu)				
Scénario 15 – Aire de jeux dans jardin ornemental (NAD-ZC84)					
Ingestion de sol lors d'activités de jeux en extérieur – enfant (résidence permanente) (plus de 6 ans, 234 j/an)	QD (Sb, As) *Dépassement des concentrations ELT en Li*	ERI (As)		Pas mise en œuvre car déjà ERI (As) = $3,2.10^{-5}$	– *Sb : 19 mg/kg* *As : 101 mg/kg* *Li : 33,1 mg/kg*
Scénario 16 – Camping chez l'habitant (NAD-ZC92)					
Ingestion de sol lors d'activités de jeux en extérieur – enfant (moins de 6 ans, 7 j/an)	QD (Sb) *Dépassement des concentrations ELT en Li*				– *Sb : 19,2 mg/kg,* *Li : 39,1 mg/kg*

Scénario et population concernée (âge et nombre de jours d'exposition annuelle - j/an)	Positionnement des résultats de l'EQRS dans les intervalles de gestion de l'IEM			Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)	– *concentration maximale dans les sols (mg/kg MS)*
	QD < 0,2 ERI < 10^{-6}	0,2 < QD < 5 et/ou 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	QD > 5 ERI > 1.10^{-4}	QD > 1 et/ou ERI > 10^{-5}	
ZONE III					
Scénario 17 – Aire de jeux dans jardin ornemental (NAD-ZC92)					
Ingestion de sol lors d'activités de jeux en extérieur – petits-enfants en visite pendant les vacances scolaires (moins de 6 ans, 15 j/an)	QD (Sb) *Dépassement des concentrations ELT en Li*				– *Sb : 19,2 mg/kg,* – *Li : 39,1 mg/kg*
Scénario 18 – Aire de jeux dans jardin ornemental (NAD- ZK108-110)					
Ingestion de sol lors d'activités de jeux en extérieur – enfant (salle polyvalente communale) (moins de 6 ans, 52 j/an)	QD (Sb) *Dépassement des concentrations ELT en Li et W*				– *Sb : 25 mg/kg* *Li : 37,1 mg/kg* *W : 20,1 mg/kg*
Scénario 19 – Chemin de randonnée PR5 sans aménagement (SER-chemin communal)					
Ingestion de sol lors de promenade enfant de moins de 6 ans - promeneur (1 j/an)	QD (As, Cd, Cu, Pb, Zn) ERI (Pb) *Dépassement des concentrations ELT en Li*	ERI (As)		QD_{total} = 0,036 et ERI_{total} = $1,9.10^{-6}$	– *As : 822 mg/kg* *Cd: 3,8 mg/kg* *Cu : 308 mg/kg* *Pb : 36,2 mg/kg* *Li : 43,8 mg/kg* *Zn : 190 mg/kg*

7 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS EN TERMES SANITAIRES

7.1 CONCLUSIONS SUR L'INTERPRETATION DE L'ETAT DES MILIEUX (VOLET SANITAIRE)

A la demande de GEODERIS, des investigations environnementales orientées pour le volet sanitaire ont été menées sur les secteurs miniers des Montmins et de Nades, situés dans le département de l'Allier. Les gisements miniers respectivement exploités sont le tungstène et l'antimoine (travaux souterrains). A l'issue de l'inventaire DDIE, une douzaine d'anciens dépôts miniers ont été recensés, actuellement boisés ou nus.

L'objectif de l'étude repose sur la caractérisation des milieux d'exposition pour statuer sur leur compatibilité avec les usages actuels. Une attention particulière est portée sur l'exposition des enfants.

Les investigations de terrain se sont déroulées du 12 au 23 septembre 2016 sur plusieurs communes : Echassières /Nades /Louroux de Bouble /Lalizolle /Vernusse (département de l'Allier - 03) et de Servant (département du Puy de Dôme - 64). Le périmètre d'études a été découpé en 3 zones (I, II, et III).

Les investigations ont essentiellement porté sur la caractérisation des sols de surface (jardin ornemental, chemin de randonnée), des sols cultivés de jardins potagers, des végétaux potagers, et des eaux de surface et souterraines.

Elles mettent en évidence des marquages métalliques au niveau des sols :

- Zone I (communes d'Echassières, de Louroux de Bouble et de Vernusse) :
  - au droit de jardins ornementaux, notamment en As (centaine de mg/kg), et localement autour du Mazet en Pb (centaine de mg/kg), et en W (millier de mg/kg) ;
  - au droit de jardins potagers, vergers, notamment en W (centaine de mg/kg) ;
  - au droit des berges le long de la Bouble, notamment en Li, W (centaine de mg/kg) ;
- Zone II (Carrefour de la Bosse) :
  - au droit du jardin ornemental ou du jardin potager, notamment en Sb (dizaine de mg/kg), en Li et W (centaine de mg/kg) ;
  - au droit des chemins de randonnée, notamment en As, Cu, Li, Pb (centaine de mg/kg) et en W (proche du millier de mg/kg) ;
- Zone III (communes de Nades et de Servant) :
  - au droit du jardin ornemental ou du jardin potager, notamment en Sb (dizaine de mg/kg) et ponctuellement en As (centaine de mg/kg) ;
  - au droit du chemin de randonnée, à proximité de l'exploitation avicole, notamment en As (proche du millier de mg/kg).

Au lieu-dit Montmiand et La Croze sur la commune d'Echassières, les soupçons portés sur des teneurs élevées en arsenic dans les sols et les eaux (souterraine, surface) sont confirmés. En revanche, l'origine de l'arsenic n'est de toute évidence pas en lien avec l'exploitation minière mais plutôt avec une anomalie localisée. Les autorités compétentes devront en être informées.

Les scenarii d'exposition retenus, notamment par le biais des enquêtes menées auprès des usagers/riverains, et des élus locaux, portent sur :

- l'ingestion de sol en extérieur, lors des activités de jeux pour les enfants ;
- l'ingestion de sol lors des activités de jardinage pour les adultes ;
- l'ingestion de végétaux autoproduits (adultes et enfants) ;
- l'ingestion d'eau (même si aucun usage de consommation pour l'eau potable n'est rapporté mais uniquement une utilisation pour l'irrigation des jardins potagers/ ou l'abreuvement des animaux d'élevage – bovins, équins).

Au total, il a été retenu 20 scenarii d'exposition sur l'ensemble des 3 zones.

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 mettant en évidence une dégradation de la qualité de ces milieux ont été comparés aux valeurs de gestion. En l'absence de valeurs de gestion, des calculs de risques sanitaires pour les substances et voies d'exposition considérées ont été réalisés, et les résultats interprétés au regard des intervalles de gestion du risque de l'IEM.

Notons qu'à ce jour, en l'absence de valeurs toxicologiques de référence pour le lithium et le tungstène, les calculs de risque ne peuvent être conduits pour ces substances.

L'analyse des concentrations au regard des valeurs de gestion disponibles, indique pour :

- *les eaux d'abreuvement* (mares – ESO9 et ESO12, source -ESO3), des dépassements des valeurs Normes de Qualité Environnementale en As et en Cu, et des anomalies en Sb et en Mn. A titre informatif, aucun dépassement des valeurs SEQ-eau abreuvement n'est observé ;
- *les eaux souterraines* dédiées à l'arrosage des jardins potagers, des concentrations ponctuellement supérieures aux limites d'eau potable pour le fer et le manganèse. Une valeur en arsenic proche de la limite de 10 µg/L est observée sur un échantillon ESO2 prélevé au lieu-dit La Bourse (Zone I, Echassières) ;
- *les végétaux potagers,* aucun dépassement des valeurs règlementaires (Cd, Pb). Des anomalies sont notées pour l'arsenic, le cadmium, le cuivre et le zinc, par comparaison avec l'environnement local témoin.

Le déroulement de la **démarche d'Interprétation de l'Etat des Milieux (IEM) avec la mise en œuvre de la grille IEM et la considération des intervalles de gestion propre à l'IEM** ainsi que l'approfondissement de la démarche, le cas échéant, met en évidence :

- une compatibilité des usages avec la qualité des milieux (sol potager et végétaux auto-produits, sol de jardin ornemental, chemin de randonnée), pour la majorité des scenarii d'exposition ;
- une **incompatibilité** entre les activités des enfants (jeux en plein-air) et la qualité des sols superficiels du jardin ornemental familial (résidence permanente, avec enfants de plus de 6 ans), en raison de sa teneur en arsenic (scénario 15 – commune de Nades – ZC84).
- une **incompatibilité** entre les activités extérieures et la qualité des sols superficiels du jardin ornemental (résidence permanente, adulte), en raison de la teneur en arsenic dans les sols (scénario 5 MAZ – commune d'Echassières – ZD64-65).

Des mesures de gestion sont à mettre en œuvre dans le cadre de la maîtrise des sources.

A ce stade, des investigations complémentaires peuvent être proposées telles que :

- la cartographie de la contamination des sols de surface en raison de la superficie de la propriété ZC84 (pelouse >500m^2) pour compléter la connaissance de la qualité des sols caractérisée à ce stade par un prélèvement composite de 3 prises unitaires en septembre 2016 au pied des structures ludiques utilisées par les enfants ;
- la détermination de la bioaccessibilité de l'arsenic dans les sols superficiels pour les scenarii 5 MAZ et 15.

7.2 RECOMMANDATIONS

Au niveau du périmètre d'étude, compte-tenu des dégradations des milieux mis en évidence, des mesures sont envisagées en vue d'éviter l'apparition d'usages incompatibles avec la qualité des milieux.

Au vu de certaines concentrations élevées en métaux/métalloïdes dans les sols et tenant compte des conditions locales d'exposition, les mesures suivantes sont proposées en termes d'information, de restriction d'usage et de gestion pérenne destinées à maîtriser les milieux sources et les impacts :

- à l'attention des populations locales :
  - information des propriétaires et locataires des résidences permanentes et secondaires (zones I, II et III) disposant d'un jardin potager/ornemental ou d'une aire de jeux en rappelant les règles d'hygiène visant à limiter l'ingestion de terre :
    - lavage soigné des mains pour les enfants et les adultes jardiniers ;

        - lavage soigné des végétaux cultivés avant consommation ;
        - consommation variée des fruits et légumes, et pas uniquement ceux issus du jardin potager, en cas d'exploitation intensive ;
        - maintien en bon état des zones enherbées sur les propriétés privées, afin d'éviter la fréquentation par les enfants de zones de sol à nu ;
        - maintien/mise en place de bacs à sable, dont la qualité est contrôlée, afin d'éviter les jeux de très jeunes enfants au droit de certaines zones enherbées, ou partiellement de sol à nu ;
    - non utilisation des eaux souterraines et les eaux de surface sur les zones I et III, en tant qu'eau destinée à la consommation humaine (EDCH) ;
    - mise en oeuvre de mesures de gestion pour deux résidences permanentes : ZC84 sur la commune de Nades et ZD64-65 sur la commune d'Echassières (Mazet).

- à l'attention des élus locaux :
    - de ne pas aménager de zones de repos et de pique-nique (bancs, tables, aires de jeux) sur les chemins de randonnée PR5, évoluant à proximité d'anciens dépôts miniers, et de ne pas aménager d'aires de jeux sur les parcelles investiguées.
    - de maintenir en bon état des zones enherbées sur les zones publiques (aires de pique-nique) afin d'éviter la fréquentation par les enfants de zones de sol à nu.
    - de mettre en place de panneaux d'interdiction d'accès et de prise de matériaux sur les dépôts miniers.

Les recommandations associées aux scenarii d'exposition sont présentées, zone par zone, dans le Tableau 46. Elles sont retenues sous réserve de validation par les autorités sanitaires compétentes.

En termes de communication à la population locale de la situation (résultats des diagnostics, etc.), le format et la nature de la communication seront à définir sous l'égide de Monsieur le Préfet, avec l'appui de la DREAL et de l'ARS, en concertation avec les maires des communes concernées[44].

En termes d'aménagements actuels et futurs, sur les zones étudiées, dont des parcelles cadastrales dépendant de propriétaires particuliers, ces derniers seront

[44] Pour information est rappelé le guide intitulé « guide pour l'implication des populations dans l'évaluation et la gestion d'un site et sol pollué (ADEME, INERIS, IRSN, en collaboration avec la Cellule interrégionale d'épidémiologie d'Ile de France, 2008), visant à aider à décider, concevoir et organiser l'implication des populations dans la gestion d'un site pollué. Ce rapport pourrait, servir de base de travail, par le biais notamment des outils l'accompagnant comme des plaquettes, des supports de communication. La démarche d'information doit être proportionnée aux enjeux identifiés. Ce guide est accessible sur le site internet www.comrisk.fr., portail dédié à l'implication des populations.

informés par les pouvoirs publics des résultats des investigations menées au droit de leurs parcelles, des concentrations parfois très importantes, liées aux activités passées, de leurs localisations, etc. La mise en place de la conservation de la mémoire, de manière pérenne, au travers de servitudes d'utilité publique par exemple, sera à conduire. Et en cas de nouveaux aménagements impliquant de nouveaux usages, il est préconisé la réalisation d'une étude spécifique ayant pour objectif de s'assurer de la compatibilité de l'état des milieux avec les usages pressentis.

En outre, en ce qui concerne l'exploitation avicole de la zone III (lieu-dit Chaillat, commune de Servant), où des concentrations élevées en arsenic ont été mesurées dans les sols à proximité des bâtiments d'élevage, il est recommandé de se rapprocher des autorités vétérinaires, pour un éventuel contrôle de la qualité des denrées commercialisées.

Tableau 46 : synthèse des recommandations selon les scenarii retenus

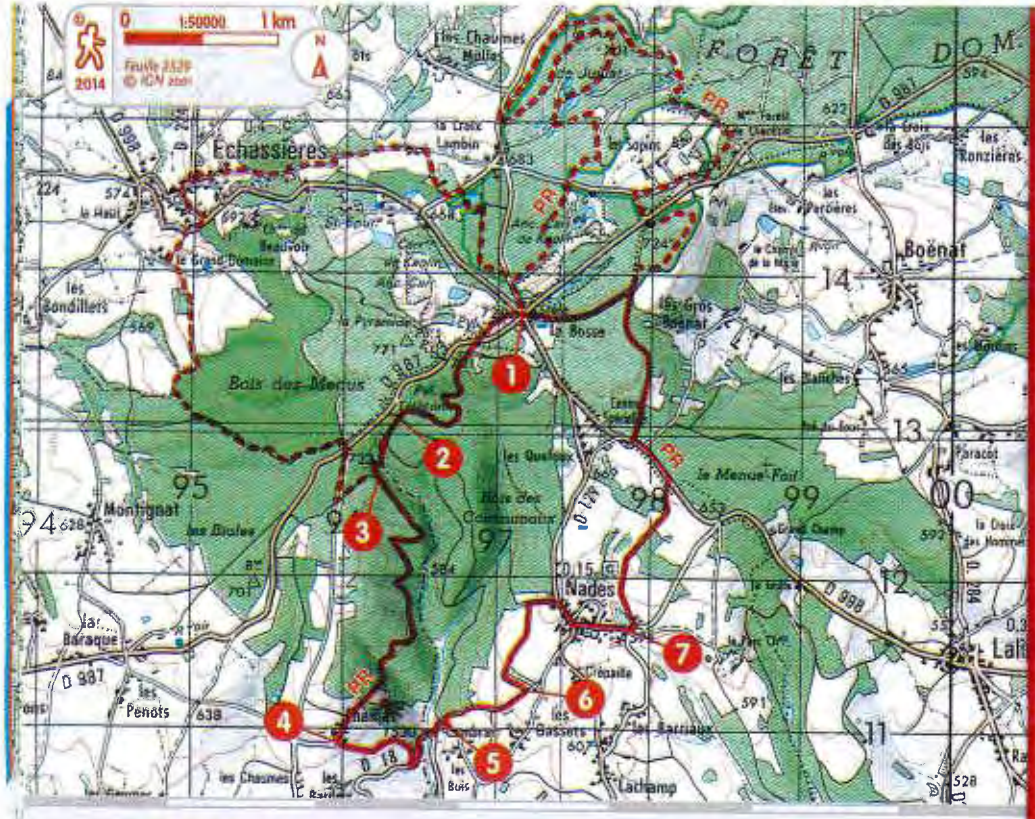
ZONE - COMMUNE		SCENARII RETENUS	RECOMMANDATIONS EN TERMES DE MESURES D'INFORMATION, DE RESTRICTION ET DE GESTION
ZONE I	**Résidence permanente ECH-ZD79-80**	**Scénario 1 : activités de jardinage (jardin potager/verger) et consommation des végétaux autoproduits (adulte)**	Mise en place de mesures d'information des usagers, rappelant les règles d'hygiène visant à limiter l'ingestion de terre contaminée, plus particulièrement, le lavage soigné des mains après des activités de jardinage. Pour la consommation de végétaux autoproduits, mise en place de mesures simples, d'information de la population locale en rappelant les règles suivantes : • le lavage soigné des végétaux avant consommation ; • la consommation variée des plantes potagères, et pas uniquement ceux issus du jardin potager. En cas de fréquentation par de jeunes enfants de manière régulière (ce qui n'est pas le cas actuellement), en complément des mesures générales mentionnées ci-dessus et par principe de précaution, limiter l'exposition des enfants visiteurs en maintenant la couverture végétale des sols et en évitant d'aménager des aires de jeux à même le sol.
	Résidence permanente ECH-ZD16	**Scénario 2 : activités de jardinage dans le verger (adulte)**	
	Résidence secondaire ECH-ZD24	**Scénario 3 : aire de jeux dédiée à l'extérieur – jardin ornemental (petits-enfants)**	Mise en place de mesures d'information des usagers, rappelant les règles d'hygiène visant à limiter l'ingestion de terre contaminée plus particulièrement le lavage soigné des mains pour les enfants.
	Résidence permanente ECH-ZD76	**Scénario 4 : activités de jardinage (jardin potager) et consommation des végétaux autoproduits (adulte)** **Scénario 5 : aire de jeux - jardin ornemental associé au gîte (enfant)**	Mise en place de mesures d'information des usagers, rappelant les règles d'hygiène visant à limiter l'ingestion de terre contaminée plus particulièrement : • pour les enfants, le lavage soigné des mains ; • pour les adultes, après des activités de jardinage, le lavage soigné des mains. Pour la consommation de végétaux autoproduits, mise en place de mesures simples, d'information de la population locale en rappelant les règles suivantes : • le lavage soigné des végétaux avant consommation ; • la consommation variée des plantes potagères, et pas uniquement ceux issus du jardin potager. En cas de fréquentation par de jeunes enfants de manière régulière (ce qui n'est pas le cas actuellement), en complément des mesures générales mentionnées ci-dessus, la mesure de gestion proposée serait de **supprimer l'exposition des enfants en maintenant la couverture végétale des sols et d'éviter d'aménager des bancs et des aires de jeux à même le sol.**
		Scénario 6 (usage générique) : résidence permanente avec jeux en extérieur (enfant)	
	Résidence permanente ECH-ZD64-65	**Scénario 5 MAZ : activités extérieures - jardin ornemental (adulte)**	**Des mesures de gestion sont à mettre en œuvre dans le cadre de la maîtrise des sources** au droit de cette résidence en raison des métaux/métalloïdes présents dans le sol du jardin.
	Berge LOU-AB11	**Scénario 7 : promenade sur les berges de la Bouble**	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 le lavage soigné des mains pour les enfants.
	Berge LOU-AB11	**Scénario 8 : promenade sur les berges de la Bouble (feu de camp)**	Recommandation sur le long terme : éviter l'aménagement d'aires de pique-nique, de repos (bancs) et d'aires de jeux sur les berges de la Bouble. Supprimer le feu de camp pour limiter l'exposition des usagers.

	VER-ZW7	**Scénario 9 : promenade sur les berges de la Bouble**	
ZONE II	**Résidence permanente** **LAL-AB6** **LAL-AB5**	**Scénario 10 : activités de jardinage (jardin potager/verger) et consommation des végétaux autoproduits (adulte et enfant)** **Scénario 11 : aire de jeux dédiée à l'extérieur – jardin ornemental (enfant)**	Mise en place de mesures d'information des usagers, rappelant les règles d'hygiène visant à limiter l'ingestion de terre contaminée plus particulièrement : • pour les enfants, le lavage soigné des mains ; • pour les adultes, après des activités de jardinage, le lavage soigné des mains. Pour la consommation de végétaux autoproduits, mise en place de mesures simples, d'information de la population locale en rappelant les règles suivantes : • le lavage soigné des végétaux avant consommation ; • la consommation variée des plantes potagères, et pas uniquement ceux issus du jardin potager. Maintenir la couverture végétale des sols et ne pas aménager d'aires de jeux à même le sol.
	MUSEE WOLFRAMINE **ECH-AN15**	**Scénario 12 : aire de pique-nique – musée (enfant)**	Mise en place de panneaux de vigilance, ces derniers indiquant la présence d'un ancien site minier à proximité, ainsi que des mesures d'information de la population, rappelant les règles d'hygiène, comme le lavage soigné des mains des enfants. Maintenir la couverture végétale des sols et ne pas aménager d'aires de jeux à même le sol.
	CHEMIN DE RANDONNEE PR5 **LAL-AB211** **NAD-ZA21**	**Scénario 13 : chemin de randonnée sans aménagement (enfant)**	Mise en place de panneaux de vigilance, ces derniers indiquant la présence de dépôts miniers aux abords du sentier, ainsi que des mesures d'information de la population, rappelant les règles d'hygiène, comme le lavage soigné des mains des enfants, et l'interdiction de pique-niquer au droit de zones de dépôts. Recommandation sur le long terme : éviter l'aménagement d'aires de pique-nique, de repos (bancs) et d'aires de jeux sur les chemins de randonnée.

ZONE - COMMUNE		SCENARII RETENUS	RECOMMANDATIONS EN TERMES DE MESURES D'INFORMATION, DE RESTRICTION ET DE GESTION
ZONE III	**Résidence permanente NAD-ZK13-21**	**Scénario 14 : activités de jardinage et consommation des végétaux autoproduits (adulte)**	Mise en place de mesures d'information des usagers, rappelant les règles d'hygiène visant à limiter l'ingestion de terre contaminée, plus particulièrement, le lavage soigné des mains après des activités de jardinage. Pour la consommation de végétaux autoproduits, mise en place de mesures simples, d'information de la population locale en rappelant les règles suivantes : • le lavage soigné des végétaux avant consommation ; • la consommation variée des plantes potagères, et pas uniquement ceux issus du jardin potager exposé (ce qui est le cas avec la deuxième parcelle, non exposée, cultivée au lieu-dit Lachamp).
	Résidence permanente NAD-ZC84	**Scénario 15 : aire de jeux dédiée à l'extérieur – jardin ornemental (enfant)**	Mise en place de mesures d'information des usagers, rappelant les règles d'hygiène visant à limiter l'ingestion de terre contaminée plus particulièrement : • pour les enfants, le lavage soigné des mains. Outre le maintien de la couverture végétale, à court terme des investigations complémentaires peuvent être réalisées : mesure de la bioaccessibilité orale de l'arsenic dans les sols, cartographie de la contamination des sols de surface en raison de la superficie de la propriété (pelouse >500m^2). **Des mesures de gestion sont à mettre en œuvre dans le cadre de la maîtrise des sources** au droit de cette résidence en raison de la présence permanente d'enfants (excavation des terres de surface et apport de terres saines, recouvrement des sols en place par des terres saines…).
	Réisdence permanente & Camping NAD-ZC92	**Scénario 16 : camping chez l'habitant (enfant)**	Mise en place de mesures d'information des propriétaires et des campeurs, rappelant les règles d'hygiène visant à limiter l'ingestion de terre contaminée plus particulièrement : • pour les enfants, le lavage soigné des mains. Limiter l'exposition des enfants en maintenant la couverture végétale des sols et en évitant d'aménager des bancs et des aires de jeux à même le sol.
		Scénario 17 : : aire de jeux dédiée à l'extérieur – jardin ornemental (petits-enfants)	
	ERP- SALLE POLYVALENTE COMMUNALE ZK108-110	**Scénario 18 : activités de plein-air (enfant)**	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 le lavage soigné des mains pour les enfants. Limiter l'exposition des enfants en maintenant la couverture végétale des sols.
	CHEMIN DE RANDONNEE PR5 SER- ROUTE COMMUNALE	**Scénario 19 : chemin de randonnée sans aménagement (enfants)**	Mise en place de panneaux de vigilance, ces derniers indiquant la présence de dépôts miniers aux abords du sentier, ainsi que des mesures d'information de la population, rappelant les règles d'hygiène, comme le lavage soigné des mains des enfants, et l'interdiction de pique-niquer au droit de zones de dépôts. Recommandation : analyse en métaux des produits avicoles (œuf, viande le cas échéant) par les services de la DDCSPP en raison de la proximité des bâtiments et des parcours extérieurs par rapport aux dépôts miniers.

L'INERIS attire l'attention sur le fait que toute modification significative des usages (augmentation des fréquences d'exposition, apparition de nouvelles voies d'exposition) rendra caduque cette IEM et entraînera la réalisation d'une nouvelle interprétation de l'état des milieux.

Annexe 1 : randonnées : parcours Wolframine, sentier des minerais, rando-train



TECHNIQUES

L'AVENTURE MINIÈRE

L'intérêt pour le sous-sol de La Bosse remonte au IVe siècle : les Gallo-Romains exploitent alors l'étain pour la fabrication d'objets en bronze. À partir du XIXe siècle, l'activité minière se développe avec l'exploitation du kaolin, matière première pour la fabrication de la porcelaine. Au XXe siècle, c'est le wolfram qui donnera au secteur sa renommée. Utilisé dans la fabrication d'aciers spéciaux ou de filaments d'ampoule électrique, l'exploitation de ce minerai de tungstène se révèle être une source d'activité locale importante. Jusqu'à 350 personnes participent à cette aventure, qui prendra fin en 1962. La présence des carrières, puits et bâtiments, dans le paysage témoigne de ce passé minier.

MINEURS - DÉBUT XXe SIÈCLE / COLLECTION S.W.

Le **sentier** des **Minerais**

Agréable descente en sous-bois et larges perspectives sur la vallée de la Sioule sur ce circuit qui, depuis un célèbre carrefour géologique, révèle quelques traces du passé minier de la région.

> Possibilité de réaliser le circuit du Puy Juillat de 9,5 km *(voir tracé en tirets sur la carte).*

1 Derrière le musée Wolframines, suivre le sentier et déboucher sur la D 987 *(site d'un ancien concasseur pour traitement du wolfram)*. La prendre à droite sur quelques mètres, puis s'engager à gauche sur le sentier derrière la glissière. Passer un petit pont de bois, tourner à droite puis, au croisement, monter à droite.

2 Au carrefour, prendre à gauche, laisser un chemin à gauche, et virer à droite. Puis, à 180 m, descendre le chemin abrupt à droite et tourner à droite. Laisser le chemin sur la gauche et monter tout droit.

> Le chemin qui monte à droite permet de réaliser le circuit du Bois des Menus de 9 km *(voir tracé en tirets sur la carte).*

3 Au croisement, tourner à gauche et descendre vers Chaillat *(avant la sortie de forêt, à gauche, « haldes » dues à des forages pour la recherche de cuivre et d'étain)*. Traverser le hameau *(vue sur les volcans d'Auvergne et la vallée de la Sioule)*.

4 Au carrefour, descendre à gauche, puis prendre la D 18 à gauche. Après le pont, monter à gauche par la route de Cambrai. Laisser un chemin à gauche et poursuivre sur 50 m.

> En continuant la route jusqu'au panneau Cambrai, possibilité de voir un contact géologique micaschiste-granite.

5 Grimper à gauche par le sentier abrupt dans le bois. À la sortie, monter tout droit, laisser le chemin à droite et continuer la montée.

6 Au carrefour en T, virer à gauche *(à droite : puy Giraudet, ancien site d'extraction de stibine, minerai d'antimoine ; plus loin, à gauche : poudrière)*. Prendre la petite route à droite, puis la D 129 et arriver à Nades. Devant la mairie, descendre à gauche.

7 Tourner deux fois à gauche pour contourner l'étang par la droite et continuer la montée. Emprunter la D 998 à gauche, laisser la route des Gros-Boënat à droite et poursuivre sur 100 m. Monter par le chemin à droite en lisière. Au carrefour, virer à gauche en angle aigu et rejoindre La Bosse.

PR agréé 5

MOYEN

3H • 11,5KM

S SITUATION
Échassières, à 27 km au nord-ouest de Gannat par la D 998

P PARKING
musée Wolframines (hameau de La Bosse), au carrefour des D 998 et D 987. Départs possibles depuis la salle polyvalente de Nades et Valignat (musée de la Source).

/ DÉNIVELÉE
altitude mini et maxi, dénivelée cumulée à la montée

B BALISAGE
jaune

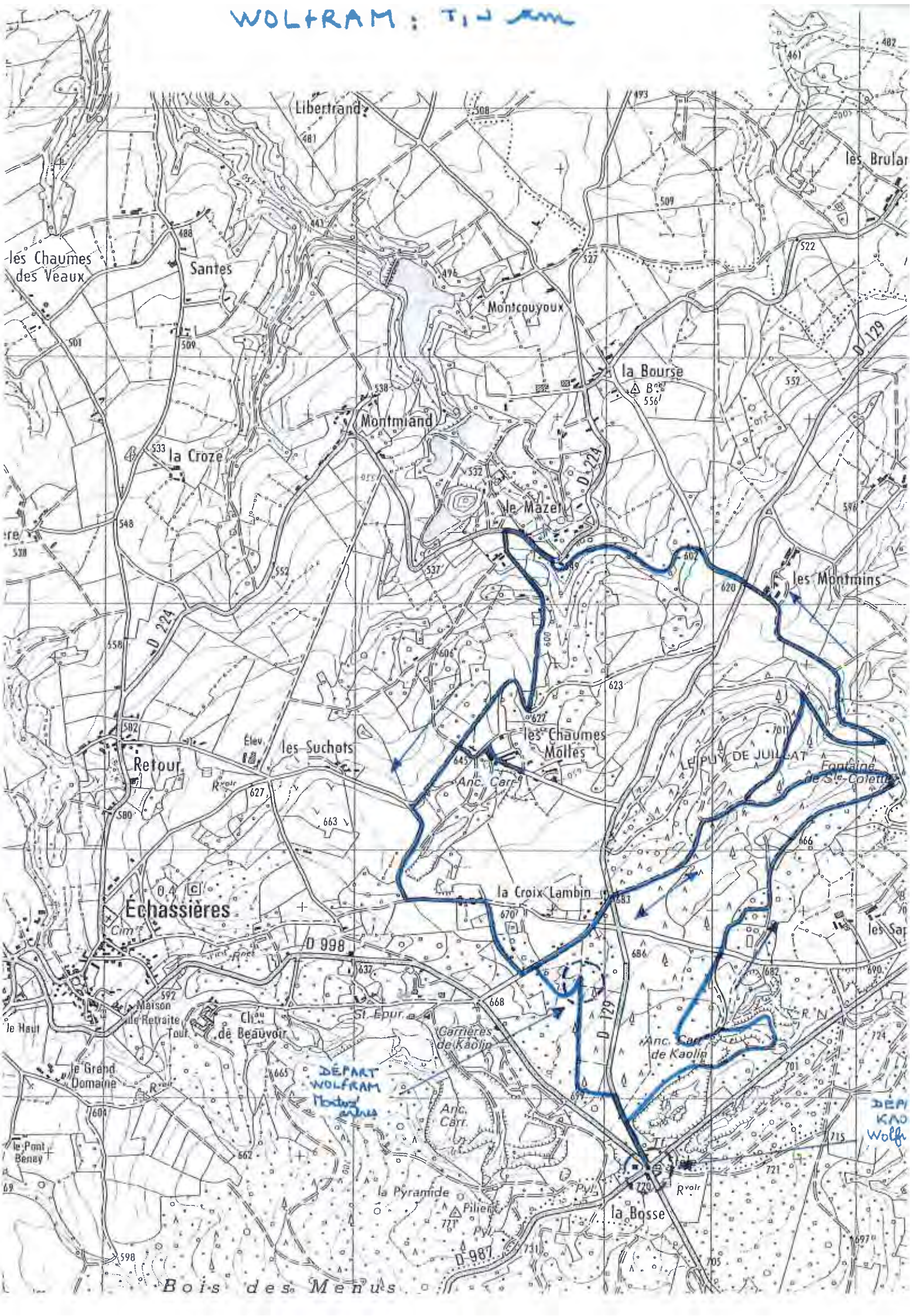
! DIFFICULTÉS !
zone de chasse (se renseigner en mairie)

V CIRCUIT VTT

À DÉCOUVRIR...

> En chemin :
- Espace nature du val de Sioule
- traces du passé minier de la région
- panorama sur les volcans d'Auvergne et la vallée de la Sioule

> Dans la région :
- Coutansouze : forêt des Colettes
- Chouvigny : gorges de Chouvigny
- Louroux-de-Bouble : viaducs


WOLFRAM : T1 Jam
Libertrand
les Brular
les Chaumes des Veaux
Santes
Montcouyoux
la Bourse
Montmiand
la Croze
le Mazet
les Montmins
les Chaumes Molles
les Suchots
Retour
Échassières
la Croix Lambin
Le Puy de Juillat
Fontaine de Ste-Colette
Carrières de Kaolin
Anc. Carr. de Kaolin
Anc. Carr.
Maison de Retraite
Château de Beauvoir
le Grand Domaine
le Pont Benay
la Pyramide
Pilier
la Bosse
D 224
D 998
D 129
D 987
DÉPART WOLFRAM
Bois des Menus

en chemin ... de Lapeyrouse à Louroux-de-Bouble

Rando-Train 1

Caractéristiques du viaduc

14 km - 3 h 30

Moulin de Villonne

Aller en train (7 min) :
Louroux-de-Bouble ▸ Lapeyrouse

Retour à pied (14 km - 3 h 30) :
Lapeyrouse ▸ Louroux-de-Bouble
▼ 399 m - ▲ 500 m

Dénivelée cumulée à la montée : 280 m

Situation : Gare de Louroux-de-Bouble
à 30 km au nord-ouest de Gannat par les D 998 et D 129

Parking : gare

Balisage : bien suivre le descriptif
(ne pas tenir compte du balisage peinture)

En chemin :

Lapeyrouse : plan d'eau	Louroux-de-Bouble :
Moulin de Villonne	Eglise et vitraux
Points de vue	Viaduc de la Bouble

Achat du billet directement dans le train
ou aux gares de Gannat - Vichy - Commentry
Horaires affichés en gare - Renseignements : SNCF 36 35

LE VIADUC DE LA BOUBLE

Photographie : Jean-Claude Bichard

Maître d'ouvrage : Compagnie Paris-Orléans
Ingénieur en chef : Wilhelm Nördling
Construction : Etablissement Call & Fives-Lille
Concepteur : Félix Moreaux
Méthode de construction : Ripage longitudinal
Matériaux piles et treillis : Fer puddlé et fonte
Matériaux arches : Maçonnerie

Longueur totale	395 m
Espacement des travées	6 x 50 m
Hauteur au-dessus de la vallée	66,10 m
Nombre d'arches	5 + 2
Largeur du tablier	4,54 m
Poids du tablier	2 350 kg/m
Prix	1 060 000 F

Réalisation : Atelier F.Etienne - 04 70 56 65 16 - bureaustude.etienne@wanadoo.fr
SMAT du Bassin de Sioule - 03450 Ebreuil - smat3@wanadoo.fr
Remerciements : Catherine Pillon - photographies : Pascal Pinel

1 Rando-Train

LE VIADUC DE LA BOUBLE

Prendre le train à **Louroux-de-Bouble**. Descendre à **Lapeyrouse**.

1 Devant la gare, partir à gauche et rejoindre la D998 à 500m. Au stop, continuer en face par la D100 (direction Durmignat) et juste après un pont, prendre le chemin à gauche. Passer sous la voie ferrée et suivre le chemin jusqu'à une route.

2 Prendre à gauche passer les Biolles, puis tourner à droite. Au croisement suivant, poursuivre par le chemin de gauche. Faire 500 m, traverser le ruisseau sur une passerelle, puis monter à gauche jusqu'à une route. Descendre sur la gauche jusqu'à la D 998 *(pour aller au moulin de Villonne -600 m aller et retour- prendre à droite puis à gauche)*.

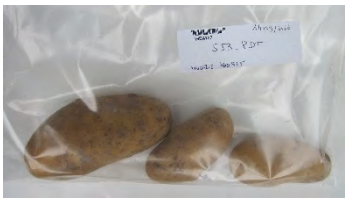
3 Monter à gauche (prudence dans le virage) et tourner à droite peu après. La route devient tout de suite chemin. Gagner Doussat à 1,2 km. À la route, tourner à gauche, passer au-dessus de la voie ferrée et gagner la D 519. La suivre 800 m à droite et prendre à droite direction Grande Côte (vue sur le puy Juillat). La route devient chemin et descend dans la vallée. Passer sous les piles du viaduc, laisser un chemin à droite, et bifurquer par le chemin suivant à droite (en face : accès sous le viaduc à 100 m). Suivre le chemin en sous-bois jusqu'à une passerelle sur la Bouble. Traverser, rejoindre un chemin, partir à gauche, puis au carrefour suivant, monter à gauche (direction Louroux-de-Bouble). (Vue sur le viaduc de la Bouble). Laisser un chemin à droite, et après une montée abrupte, rejoindre Montrognon.

4 Après les maisons tourner à gauche (direction Louroux-de-Bouble). A la route, tourner à gauche. Passer une maison le long de la route et peu après, au carrefour, s'engager sur le chemin à droite et tout de suite à droite avant une maison (vue sur Louroux-de-Bouble). Descendre le chemin herbeux jusqu'à un ruisseau. Traverser sur la passerelle (hêtre remarquable) et continuer tout droit. Plus haut, le chemin devient route, gagner la D 185.

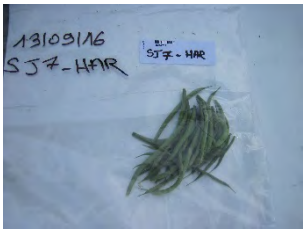
5 Au stop, suivre la route à droite sur 700 m et rejoindre la gare.

D'après les cartes IGN 1: 25 000 n° 2529 E & O © IGN - PARIS 2010 - Autorisation n° 50 - 1122

Annexe 2 : descriptif des jardins potagers

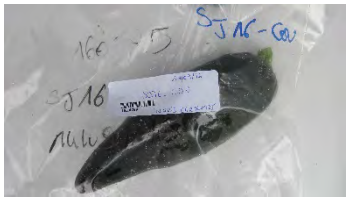
Jardin potager	**SJ1**	**SJ3** (environnement local témoin ELTa2)
Commune, (n°cadastre)	LAL - Lieu dit : Carrefour La Bosse (parcelle AB6)	NAD - Lachamp (parcelle ZK47)
Descriptif		
Composition de la famille	Résidence permanente Adultes + enfants (6 et 8 ans)	Résidence permanente Adultes (couple)
Ancienneté	> 18 ans dont 8 ans en friche	> 30 ans
Superficie	80 m^2	330 m^2
Pratiques culturales	Compost, cendres	Fumier ovin + avicole, cendres. Bouille bordelaise sur tous les légumes
Alimentation en eau	Réseau de ville	Eau souterraine (puits de 9 m)
Végétaux cultivés	Salade, haricot grimpant, maïs, courge, poireau, carotte+fane, rhubarbe, fraise, menthe, persil, fleurs	salade, poireau, chou, tomate, carotte, betterave, haricot, pomme de terre, fraise, cassis, framboisier, pêcher, fleurs
Auto-production	10-15%	10-20%
Végétaux prélevés	SJ1_CA_FCA_COU_HAR_POI 	SJ3_ CA_FCA_BETT_HAR_POI_PDT 
Prélèvement de sol	SJ1_0_30.	SJ3_0_30.
Prélèvement d'eau	-	ESO 1

Jardin potager	**SJ4**	**SJ5**
Adresse, (n°cadastre)	ECH - Lieu dit : Mazet (parcelle ZD43)	ECH - Lieu dit : Mazet (parcelle ZD76)
Descriptif		
Composition de la famille/ Résidence	Résidence permanente Adulte (une personne)	Résidence permanente Adulte (une personne)
Ancienneté	Jardin abandonné	4 ans (avant parc à autruches)
Superficie	<50 m^2.	16 m^2
Pratiques culturales	-	-
Alimentation en eau	Historiquement utilisation suspectée d'une résurgence minière (pas d'usage actuel)	Eaux pluviales (gouttière chalet + gîte)
Végétaux cultivés	-	Salade, tomate, haricot, thym, framboise, mirabelle, poire, cerise, noyer, prune, coing
Auto-production	-	5 - 10%
Végétaux prélevés	Ancien jardin potager – actuellement à l'abandon (aucun végétal prélevé)	SJ5_POM_HAR_SAL_TOM
Prélèvement de sol Prélèvement d'eau	SJ4_0_30. -	SJ5_0_30. -

Jardin potager	**SJ7**	**SJ8**
Adresse, (n°cadastre)	ECH - Lieu dit : La Bourse (parcelle ZD24)	
Descriptif		
Composition de la famille/ Résidence	Résidence secondaire Adultes (retraités) et petits enfants (>4 ans)	Résidence secondaire Adultes couples et enfants (>4 ans)
Ancienneté	depuis 1914	depuis 1914
Superficie	50 m^2.	20 m^2.
Pratiques culturales	(Fumier bovin), granulés de fumier. Bouille bordelaise sur les tomates et fraisiers.	Paillis de chanvre
Alimentation en eau	Réseau de ville	Eau souterraine (uniquement sur les groseilles et framboises)
Végétaux cultivés	tomate, haricot, pomme de terre, fraise, fleurs	framboise, mûre
Auto-production	10-20%	10-20%
Végétaux prélevés	SJ7_HAR_PDT_TOM  	SJ8_FRAM
Prélèvement de sol	SJ7_0_30.	SJ8_0_30.
Prélèvement d'eau	-	ESO2

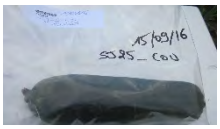
Jardin potager	**SJ11**	**SJ12**
Adresse, (n°cadastre)	ECH - Lieu dit : La Bourse (parcelle ZD79-ZD80)	
Descriptif		
Composition de la famille/ Résidence	Résidence permanente Adulte (une personne)	
Ancienneté	depuis 1999	depuis 2004
Superficie	150 m^2.	Serre de 10 m^2 ; bande de pleine terre de 90m^2 pour les pommes de terre
Pratiques culturales	Fumier ovin et équin. Bouille bordelaise sur tous les légumes et végétaux.	Fumier ovin et équin. Bouille bordelaise sur tous les légumes et végétaux
Alimentation en eau	Puits (7 m profondeur), stocké dans cuve aérienne en polypropylène de 1 m^3 Puits utilisé comme eau domestique avant 1977	
Végétaux cultivés	salade, chou, haricot, citrouille, betterave allongée (lapin), panai, carotte, rave (navet)	pomme de terre, sous serre : tomate, aubergine, poivron, piment, fraise
Auto-production	100% (congélation, conserve)	
Végétaux prélevés	SJ11_BETT_CA_HAR_RAV	SJ12_PDT_TOM
Prélèvement de sol Prélèvement d'eau	SJ11_0_30. ESO4	SJ12_0_30. ESO4

Jardin potager	**SJ13**	**SJ14**
Adresse, (n°cadastre)	ECH - Lieu dit : La Bourse (parcelle ZD79-ZD80)	ECH - Montmiand (parcelle ZD25)
Descriptif		
Composition de la famille/ Résidence	Résidence permanente Adulte (une personne)	Résidence permanente Adultes (actifs)
Ancienneté	depuis 1999	10 ans
Superficie	2000 m^2 mais historiquement 1ha	60 m^2.
Pratiques culturales	Bouillie bordelaise	Fumier bovin tous les 3-4 ans. Usage de chaux 3 fois depuis 10 ans.
Alimentation en eau	AEP (arrosage par micro goutte)	Eau souterraine (fontaine et lavoir communal), stockage dans une cuve en plastique de 1 m^3
Végétaux cultivés	prune, mirabelle, poire, pomme : 650 arbres fruitiers (vente à la ferme)	Plantes aromatiques : thym (2 pieds), persil, ciboulette. Arbres fruitiers peu abondants (fruits non consommés)
Auto-production	100%	?%
Végétaux prélevés	SJ13_PRV_POM	
Prélèvement de sol Prélèvement d'eau	SJ13_0_10. -	SJ14_0_30.

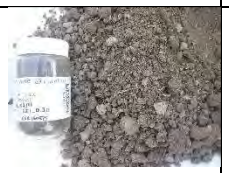
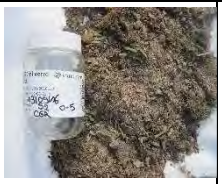
Jardin potager	**SJ15**	**SJ16**
Adresse, (n°cadastre)	ECH - Montmiand (parcelle ZD25)	ECH - Montmiand (parcelle ZD30)
Descriptif		
Composition de la famille/ Résidence	Résidence permanente Adultes (actifs)	Résidence permanente Famille d'agriculteurs sans enfants en bas âge
Ancienneté	10 ans	? maison familiale ante 1945
Superficie	450 m^2.	1000 m^2 + 225 m^2
Pratiques culturales	Fumier bovin tous les 3-4 ans. Usage de chaux 3 fois depuis 10 ans.	Grande parcelle : fumier ovin Petit jardin : fumier + cendre.
Alimentation en eau	Eau issue de la source (lavoir communal) puis stockage 1000 l (cuve)	Réseau de ville (non confirmé)
Végétaux cultivés	chou, chou-fleur, tomate, haricot, potimarron, butternut, courgette, salade, pomme de terre, framboise, persil, thym, coing, pomme, cerise	Grande parcelle : haricot vert, haricot soisson, betterave pour les ovins /Petit jardin : courgette, poireau, betterave, tomate, salade, radis, mirabelle, prune, pêche
Auto-production	30-40% (congélation, conserve)	>80%
Végétaux prélevés	SJ15_HAR_TOM_COU	SJ16_HAR_COU_PRU_POI 
Prélèvement de sol	SJ15_0_30.	SJ16_0_30.
Prélèvement d'eau	ESO5	-

Jardin potager	**SJ17**	**SJ18**
Adresse, (n°cadastre)	NAD - Crépaille (parcelle ZK13-ZK21)	NAD - Lachamp (parcelle ZK39)
Descriptif		
Composition de la famille/ Résidence	Résidence permanente – maison non adossée à cette parcelle (mais à celle de voir SJ3) Adultes (retraités) + petit fils de 13 ans	Résidence permanente Adulte (retraité)
Ancienneté	30 ans	?
Superficie	840 m^2 + 800 m^2 (non labouré)	30 m^2
Pratiques culturales	Fumier bovin, potasse (granulés). Bouillie bordelaise sur tous les légumes.	-
Alimentation en eau	Réseau de ville sur les semis	AEP
Végétaux cultivés	chou, haricot vert, carotte, betterave rouge, pomme de terre charlotte,	haricot, tomate, carotte, pomme de terre
Auto-production	100%	5% (peu exploité)
Végétaux prélevés	SJ17_HAR_CA_FCA_PDT_BETT 	SJ18_CA_PDT
Prélèvement de sol	SJ17_0_30	SJ18_0_30
Prélèvement d'eau	-	-

Jardin potager	**SJ20** (environnement local témoin ELTa1)	**SJ22** (environnement local témoin ELTa1)
Adresse, (n°cadastre)	LOU - Brûlards (parcelle ZL61)	ECH – Le Retour (parcelle ZO141-ZO115)
Descriptif		
Composition de la famille/ Résidence	Résidence permanente Adultes	Résidence permanente Maraicher
Ancienneté	?	depuis 2010
Superficie	190 m²	12500 m^2
Pratiques culturales	Fumier ovin, terreau, cendres ?	Terreau, compost communal, fumier bovin/volaille. Bouillie bordelaise et produits phytosanitaires homologués. Aucun apport sur les framboises.
Alimentation en eau	Puits puis stockage en citerne aérienne plastique 1 m^3	Puits/forage de 50m de profondeur (alimentation des volailles)
Végétaux cultivés	salade, chou de Bruxelles, chou frisé, persil, poivron, poireau, haricot, carotte, pomme de terre, melon, fraisier, mirabelle, pêche, pomme	Nombreux végétaux cultivés
Auto-production	? %	vente à la ferme, livraison à la maison de retraite communale
Végétaux prélevés	SJ20_PRU_TOM_CA_HAR_SAL_POM 	SJ22_SAL_BETT_TOM_HAR_CA_FRAM_PDT_POM_COU
Prélèvement de sol	SJ20_0_30	SJ22_0_30
Prélèvement d'eau	ESO8	ESO10

Jardin potager	**SJ25** (environnement local témoin/non retenu)	**SJ64** (environnement local témoin ELTa1/non analysé)
Adresse, (n°cadastre)	LAL – Gros Boënat (parcelle AC164)	ECH - Brûlards (parcelle ZL23)
Descriptif		
Composition de la famille/ Résidence	Résidence permanente Adultes	Résidence permanente Adultes
Ancienneté	depuis 2003 (non cultivé entre 2009 et 2013)	depuis 2000
Superficie	72 m²	154 m^2
Pratiques culturales	Compost, fumier équin, terreau, tourbe, cendres. Bouillie bordelaise et purin d'orties.	Compost, chaux tous les 5 ans, fumier bovin il y a 10 ans, cendres. Bouillie bordelaise (occasionnellement)
Alimentation en eau	Eaux pluviales ou réseau de ville si bâches de collecte percées	Eau souterraine, puits de 5-6m de profondeur raccordé à un ancien lavoir.
Végétaux cultivés	salade, mâche, cornichon, haricot, aubergine, tomate, courgette, poireau, carotte, fleurs	Poireau, chou, salade, tomate, courgette, artichaut, poivron, haricot, carotte, radis, pomme de terre, persil, ail, oignon
Auto-production	-	-
Végétaux prélevés	SJ25_HAR_POI-entier_CA_FCA_COU 	-
Prélèvement de sol	SJ25_0_30	SJ64_0_30
Prélèvement d'eau	-	-

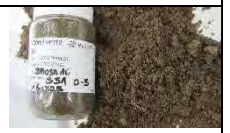
Annexe 3 : synthèse des prélèvements de sol

Identifiant	Lieu	Objectif	*Descriptif*	Photographies	Identifiant	Lieu	Objectif	*Descriptif*	Photographies
SJ1_0_30	LAL AB6	Jardin potager	*Limon sableux. 4 composites.* *SJ1_CA_FCA_COU_HAR_POI*		S6_0_5	ECH ZD76	Jardin ornemental	*Limon argileux, marron clair.* *3 composites sur un transect. Pelouse rase*	
SJ2_0_5	LAL AB5	Jardin ornemental (pelouse)	*Sable limoneux avec graviers de 2-3 mm. Pelouse rase.*		SJ7_0_30	ECH ZD24	Jardin potager	*Limon argileux. 3 composites.* *SJ7_HAR_PDT_TOM* *ESO 2*	
SJ3_0_30	NAD ZK47	Jardin potager ELT	*Sable limoneux marron clair. 4 composites.* *SJ3_CA_FCA_BETT_HAR_POI* *ESO1*		SJ8_0_30	ECH ZD24	Jardin potager	*Limon brun. Présence de paillis de chanvre.* *SJ8_FRAM* *ESO2*	
SJ4_0_30	ECH ZD43	Jardin potager	*Limon sableux. 2 composites.* *Ancien jardin potager (abandon)*		S9_0_30	ECH ZD24	Jardin ornemental-aire de jeux	*Limon argileux, marron clair. 4 composites au plus près des jeux d'enfants. Présence de racines (pelouse)*	
SJ5_0_30	ECH ZD76	Jardin potager	*Limon fin marron clair avec cailloux de 2-3 cm. 2 composites.* *SJ5_POM_HAR_SAL_TOM*		S10_0_10	ECH ZP76	Pâture (anomalie locale en As)	*Limon argileux brun. 6 composites dont 2 à 1m du ruisseau.* *Pâture bovine – végétation rase. Présence de racines.* *ESO3*	

SJ11_0_30	ECH ZD79-ZD80	Jardin potager	Argile limoneuse. 4 composites. SJ11_BETT_CA_HAR_RAV ESO4		SJ16_0_30	ECH ZP30	Jardin potager	*Limon brun. 3 composites sur la grande parcelle.* *SJ16_HAR_COU_PRU_POI*	
SJ12_0_30	ECH ZD79-ZD80	Jardin potager	*Argile limoneuse. 3 composites.* *Bande de culture de pommes de terre et serre plastifiée.* *SJ12_PDT_TOM* *ESO4*		SJ17_0_30	NAD ZK13-ZK21	Jardin potager	*Limon marron clair argilo-sableux. 4 composites.* *SJ17_HAR_CA_FCA_PDT_BETT*	
SJ13_0_10	ECH ZD79-ZD80	Verger	*SJ13_PRU_POM*		SJ18_0_30	NAD ZK39	Jardin potager ELT	*Argile sableuse. 2 composites.* *SJ18_CA_PDT*	
SJ14_0_30	ECH ZD25	Jardin potager	*Limon sableux brun. 3 composites.* *Plantes aromatiques et arbres fruitiers (sans prélèvement car fruits non consommés)*		S19_0_10	ECH ZL55	Jardin ornemental ELT	*Argile limono-sableuse sèche et compacte. Nombreux cailloux. Refus à 10 cm (micaschistes).* *3 composites. Pelouse rase.* *ESO7*	
SJ15_0_30	ECH ZP25	Jardin potager	*Sable limono-argileux. 4 composites.* *SJ15_HAR_TOM_COU* *ESO5*		SJ20_0_30	LOU ZL61	Jardin potager ELT	*Limon argileux brun foncé. 4 composites.* *SJ20_PRU_TOM_CA_HAR_SAL_POM* *ESO8*	

S21_0_10	ECH ZL62	Pâture ELT	*Limon brun léger. 6 composites (absence de cailloux). Présence de racines (pâture)*		S26_0_10	LAL AC163	Pâture ELT (non retenu)	*Sable argileux brun. Coloration rougeâtre. Présence de racines.* *4 composites. Pâture ovine*	
SJ22_0_30	ECH ZO141-ZO115	Jardin potager ELT	*Limon brun avec graviers. 4 composites au pied des végétaux SAL, CA, TOM et PDT* *SJ22_SAL_BETT_TOM_HAR_CA_FRAM_PDT_POM_COU* *ESO10*		SB27_0_10	LOU ZP4	Berge Bouble Rive droite	*Sable limoneux marron. Replat surplombant la rivière de 1,5m et à une distance de 3-5m.* *3 composites. Zone très piétinée. Accès total à la Bouble pour abreuvage (bovins)*	
S23_0_10	ECH ZO105	Pâture ELT	*Limon argileux marron léger. Présence de cailloux et de racines. 3 composites. Prairie fauchée depuis 3 ans (après 10 ans de friche)*		SB28_0_10	LOU ZR15	Berge Bouble Rive gauche	*Sable fin marron avec paillettes rougeâtres. Replat surplombant la rivière de 0,5-1m et à une distance de 3m.* *3 composites. Zone très piétinée. Accès partiel à la Bouble (bras dévié) pour abreuvage (bovins)*	
S24_0_10	ECH Les Suchots	Pâture ELT (non retenu)	*Limon sablo-argileux brun avec gravillons en surface et présence de racines.* *4 composites. Pâture ovine.*		SB29_0_10	LOU ZA2	Berge Bouble Rive droite	*Sable limoneux marron. Replat surplombant la rivière de 1m et à une distance de 3-4m.* *3 composites. Zone très piétinée. Accès partiel à la Bouble pour abreuvage (bovins)*	
SJ25_0_30	LAL AC164	Jardin potager ELT (non retenu)	*Limon. Coloration rougeâtre* *SJ25_HAR_POI-entier_CA_FCA_COU*		S30_0_30	ECH La Bourse ZD79	Grande culture (blé)	*Limon sableux. Cailloux blancs et roses + micaschistes < 5 cm.* *3 composites.*	

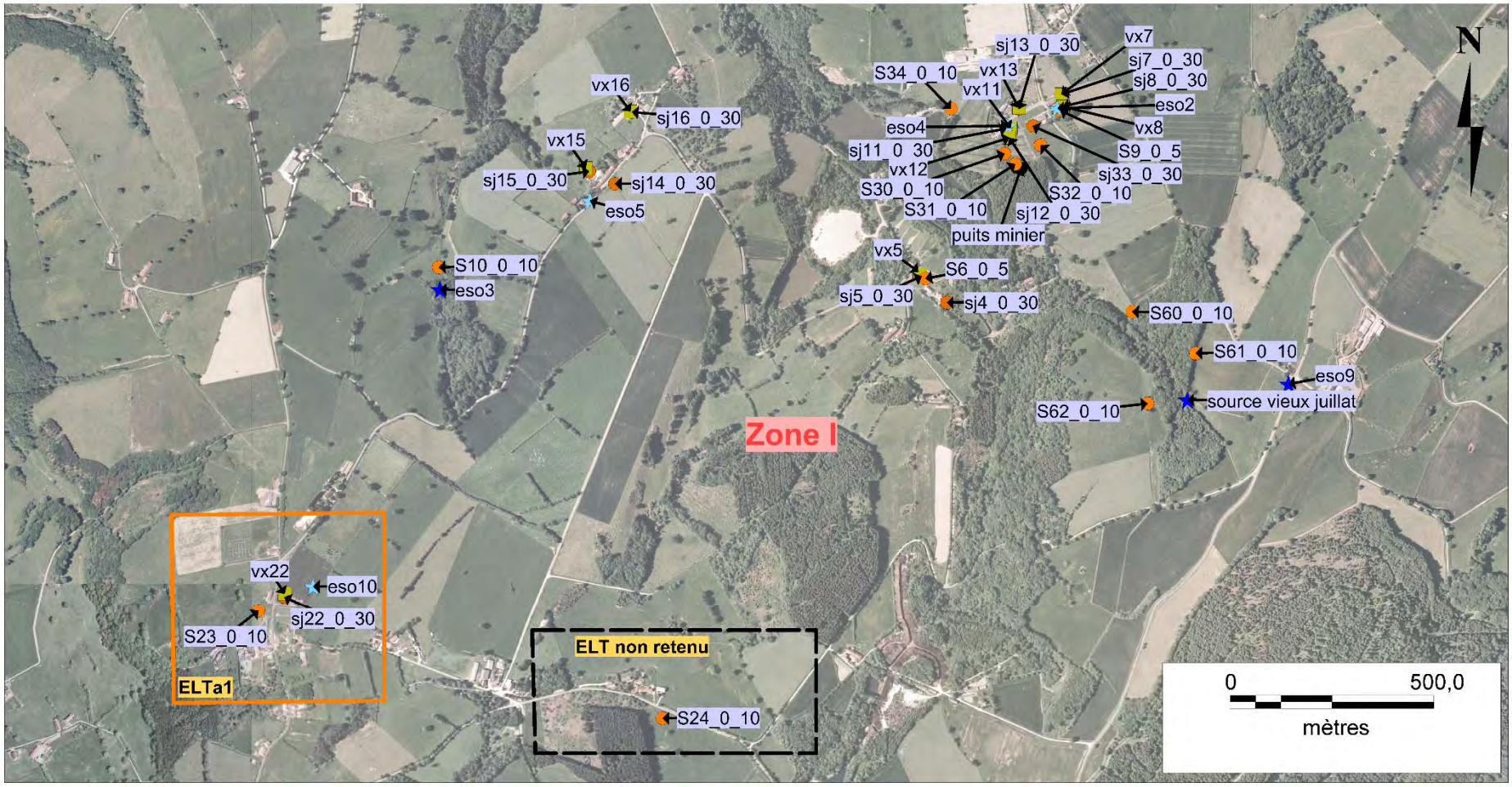
S31_0_10	ECH La Bourse ZD79	Zone boisée	*Sable fin marron. 4 composites. Zone enherbée et boisée sur résidus miniers*		S38_0_10	NAD ZK4	Prairie fauchée	*Sable limoneux marron, avec cailloux de 3-4cm. Présence de racines. 6 composites. Végétation herbacée jaunie rase (<5-10 cm)*	
S32_0_10	ECH La Bourse ZD16	Pâture équine	*Sable limoneux brun avec micaschistes. 7 composites. Végétation rase (< 5cm)*		S39_0_10	NAD-ZK6	Parcelle de maïs	*Argile sableuse marron. Pied de maïs de 2m de haut environ. 5 composites*	
SJ33_0_30	ECH La Bourse ZD16	Verger	*Limon sableux brun. Présence de racines (pelouse). 3 composites.*		S40_0_10	NAD-ZK6	Parcelle de maïs	*Limon sableux. Pied de maïs éparses dont hauteur <1,5m. 4 composites dont une au niveau d'une résurgence minière à sec*	
S34_0_10	ECH La Bourse ZD70	Pâture	*Limon brun. Présence de racines (herbes vertes < 5 cm). Bovins.* *3 composites.*		S41_0_10	NAD-ZC60	Pâture ELT	*Limon sableux marron. Présence de racines. 5 composites. Pâture bovine. Végétation herbacée rase (<5 cm)*	
S35_0_5	ECH La Bosse AN15	Aire de pique-nique	*Sable limono-argileux. 4 composites (1 par table). Pelouse avec végétation herbacée de 10cm*		S42_0_10	NAD-ZC47	Pâture ELT	*Limon sableux marron foncé. Présence de racines. 5 composites. Pâture bovine. Végétation herbacée rase (<5 cm)*	
S36_0_5	NAD ZK108 ZK110	Pelouse de la salle polyvalente communale	*Argile sableuse marron. 4 composites (tables pique-nique, table ping-pong, pelouse)*		S43_0_5	NAD ZC84	Pelouse habitation permanente	*Limon marron. 3 composites (balançoire, arbre, trampoline)*	
S37_0_10	NAD ZK4	Prairie fauchée	*Sable limoneux marron, avec cailloux de 3-4cm. Présence de racines. 6 composites. Végétation herbacée verte de 10-15cm*						

S44_0_10	NAD ZK102	Pâture équine	*Sable limoneux brun avec nombreux cailloux. Présence de racines. 4 composites.*		SB50_0_10	LOU - ZC8	Sol de berge Bouble Rive gauche	*Sable limoneux. Replat surplombant la rivière de 0,5-1m et à une distance de 2m.* *3 composites. Accès partiel à la Bouble pour abreuvage (bovins)*	
SB45_0_10	ECH-	Pâture ELT	*Sable limoneux marron léger sans cailloux. Présence de racines. Végétation jaunie <10cm excepté aux abords. 3 composites.*		S51_0_5	LOU-AB11	Chemin promenade-berge Bouble	*Sable grossier humide avec petits galets. Peu de végétation. 3 composites*	
S46_0_10	ECH-ZV33	Prairie fauchée/ confluence Cotillon-Bouble	*Limon sableux marron sans caillou. Présence de racines. Végétation herbacée verte de 10-15cm de haut. 6 composites sur une bande de 40m par rapport au Cotillon*		S52_0_5	LOU-AB11	Chemin promenade-berge Bouble	*Sable limoneux noir et humide avec matière organique non dégradée. Peu de végétation. 3 composites*	
S47_0_10	ECH-ZA1	Prairie fauchée/ confluence Cotillon-Bouble	*Limon sableux marron sans caillou. Présence de racines. Végétation herbacée verte et éparse de 10-15cm de haut. 8 composites sur une bande de 20m par rapport au Cotillon*		SB53_0_10	VER-ZW3	Sol de berge Bouble Rive gauche	*Sable limoneux marron avec quelques cailloux <2cm. Replat surplombant la rivière de 1m et à une distance de 4-7m.* *3 composites. Accès partiel à la Bouble pour abreuvage (bovins)*	
SB48_0_10	LOU-ZD18	Sol de berge Bouble Rive droite	*Sable limoneux avec quelques cailloux. Replat surplombant la rivière de 1m et à une distance de 3-4m.* *3 composites. Zone très piétinée. Accès partiel à la Bouble pour abreuvage (bovins)*		SB54_0_10	LOU-ZH38	Sol de Berge ELT (rivière sans nom) Proche source	*Limon argileux avec beaucoup de cailloux <2-3cm. 3 composites. Pâture ovin. Rivière à sec.*	
SB49_0_10	LOU-ZD21	Sol de berge Bouble Rive droite	*Sable limoneux. Replat surplombant la rivière de 1m et à une distance de 2m.* *3 composites. Accès total à la Bouble pour abreuvage (bovins)*		SB55_0_10 RG Non analysé	LOU ZI102	Sol de Berge ELT (rivière Bellon) Rive gauche	*Argile sableuse humide marron claire. Zone enherbée. 3 composites. Terrain fortement en pente.*	

SB55_0_10 RD	LOU	Sol de Berge ELT (rivière Bellon) Rive droite	*Sable limoneux brun, humide. 3 composites. Riche en matière organique. Zone boisée. Distant de 2m du lit du cours d'eau.*		S62_0_10	ECH ZH34	Pâture	*Sable limoneux marron. 8 composites de part et d'autre de la zone effondrée (en lien avec galeries minières)*	
SB56_0_5	LOU	Sol de Berge Rive gauche	*Sable limoneux noir. Zone sans végétation. Replat à moins de 50cm de haut par rapport à la Bouble, distance 3 m environ*		S63_0_10 non analysé	ECH	Pâture ELT	*Sable argileux marron. Présence de racines. 5 composites.*	
S57_0_2	LAL AB211	Chemin randonnée PR5	*Sable limoneux marron. 6 composites prélevés sur une longueur de 20m. Cailloux < 1 cm*		SJ64_0_30 non analysé	LOU ZL23	Jardin potager	*Sable argileux brun. 3 composites.*	
S58_0_5	NAD ZA21	Chemin randonnée PR5	*Limon argileux rouge. 3 composites prélevés sur une longueur de 15m. Cailloux de 1 à 5 cm. Terre du dépôt minier remaniée par engins forestiers*		S100_0_10 non analysé	NAD ZK101	Prairie fauchée	*Sable limoneux marron, avec cailloux de 3 cm. Présence de racines. 5 composites. Végétation herbacée sur le replat*	
S59_0_5	SER Route communale	Chemin randonnée	*Sable limoneux orange. Végétation rase au pied d'un arbre (limite de propriété exploitation avicole). Nombreux cailloux <1cm. Echantillon unitaire.*		S101_0_10 non analysé	NAD ZK101	Prairie fauchée	*Sable limoneux marron, avec cailloux de 3 cm. Présence de racines. 4 composites. Végétation herbacée sur la pente*	
S60_0_10	ECH ZD31	Pâture bovine	*Sable limoneux brun avec matière organique. En haut de la pâture sur un replat. 4 composites.*		SJ102_0_30 non analysé	NAD ZC92	Jardin potager	*Argile sableuse rouge avec nombreux cailloux. 2 composites*	
S61_0_10	ECH ZE14	Grande culture colza hiver	*Sable argileux marron clair. 6 composites sur 50 m*		S103_0_10	NAD ZC92	Aire camping chez habitant	*Sable limoneux brun. Présence de racines. Nombreux cailloux < 2cm.4 composites.*	

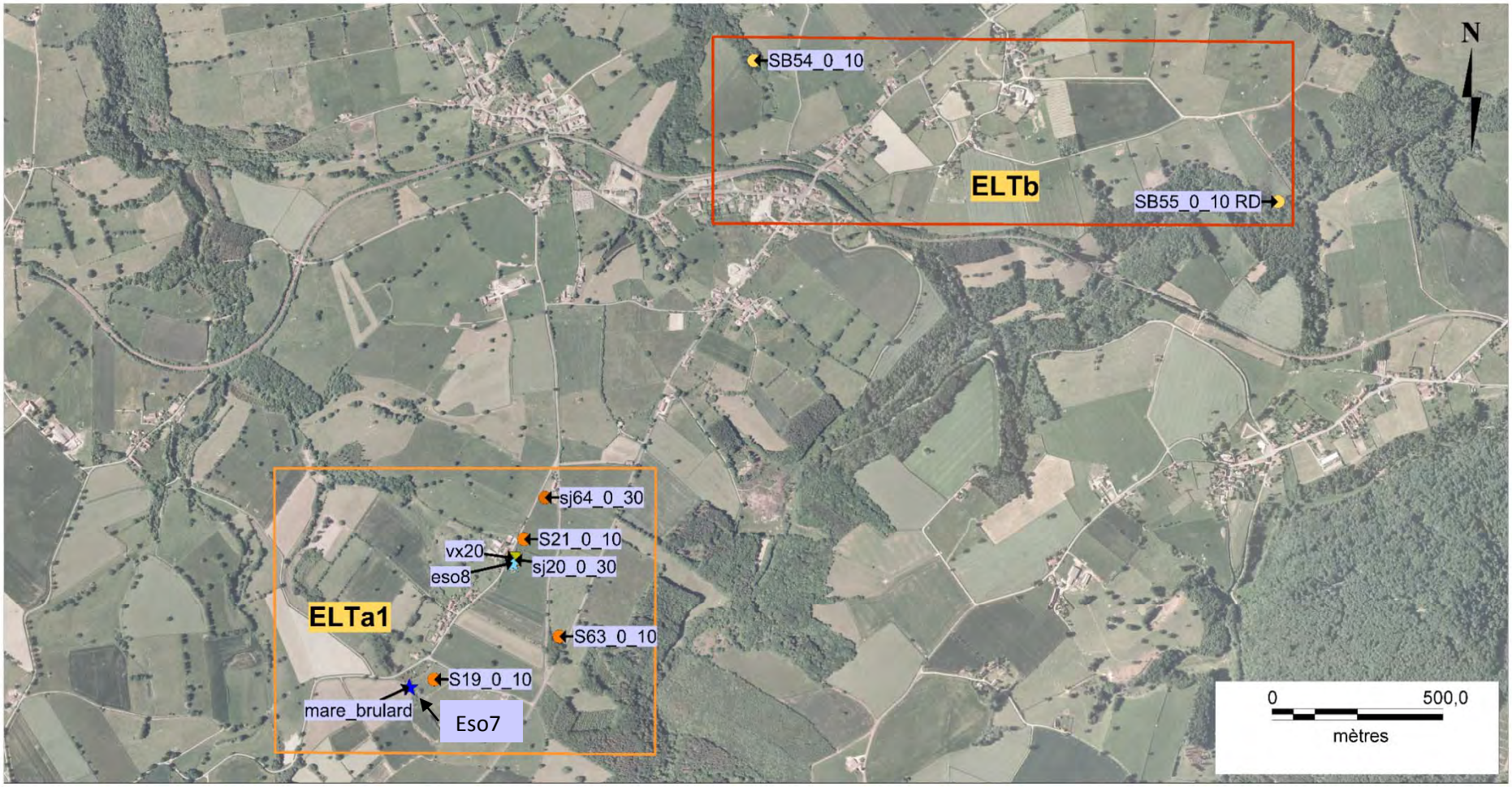
S104_0_5	ECH ZD64-65	Jardin ornemental	-	Pas de photo	S106_0_5	ECH ZD64-65	Jardin ornemental	-	Pas de photo
S105_0_5	ECH ZD64-65	Jardin ornemental	-	Pas de photo	S107_0_5	ECH ZD64-65	Jardin ornemental	-	Pas de photo

Prélèvements S1 à S103 effectués en septembre 2016 par INERIS
Prélèvements S104 à S107 effectués en avril 2017 par GEODERIS



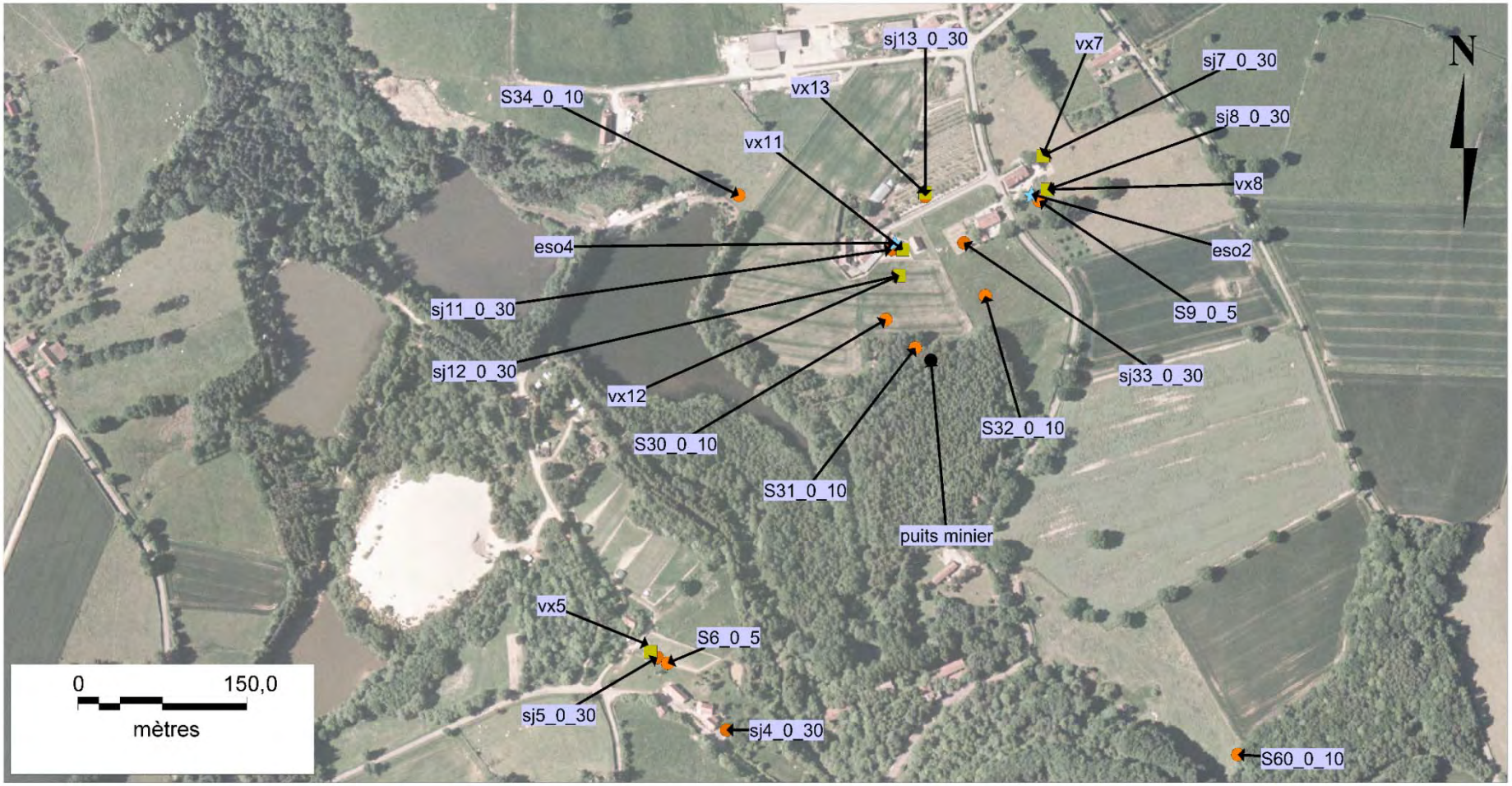
Points_prelevements_conc_photo par matrice

- Point intérêt minier
- Eau souterraine - ESO
- Eau de surface - ESU
- Sol
- Sol de Berge - SB
- Sol de Jardin potager - SJ
- Végétaux potagers
- Graminées - fourrage



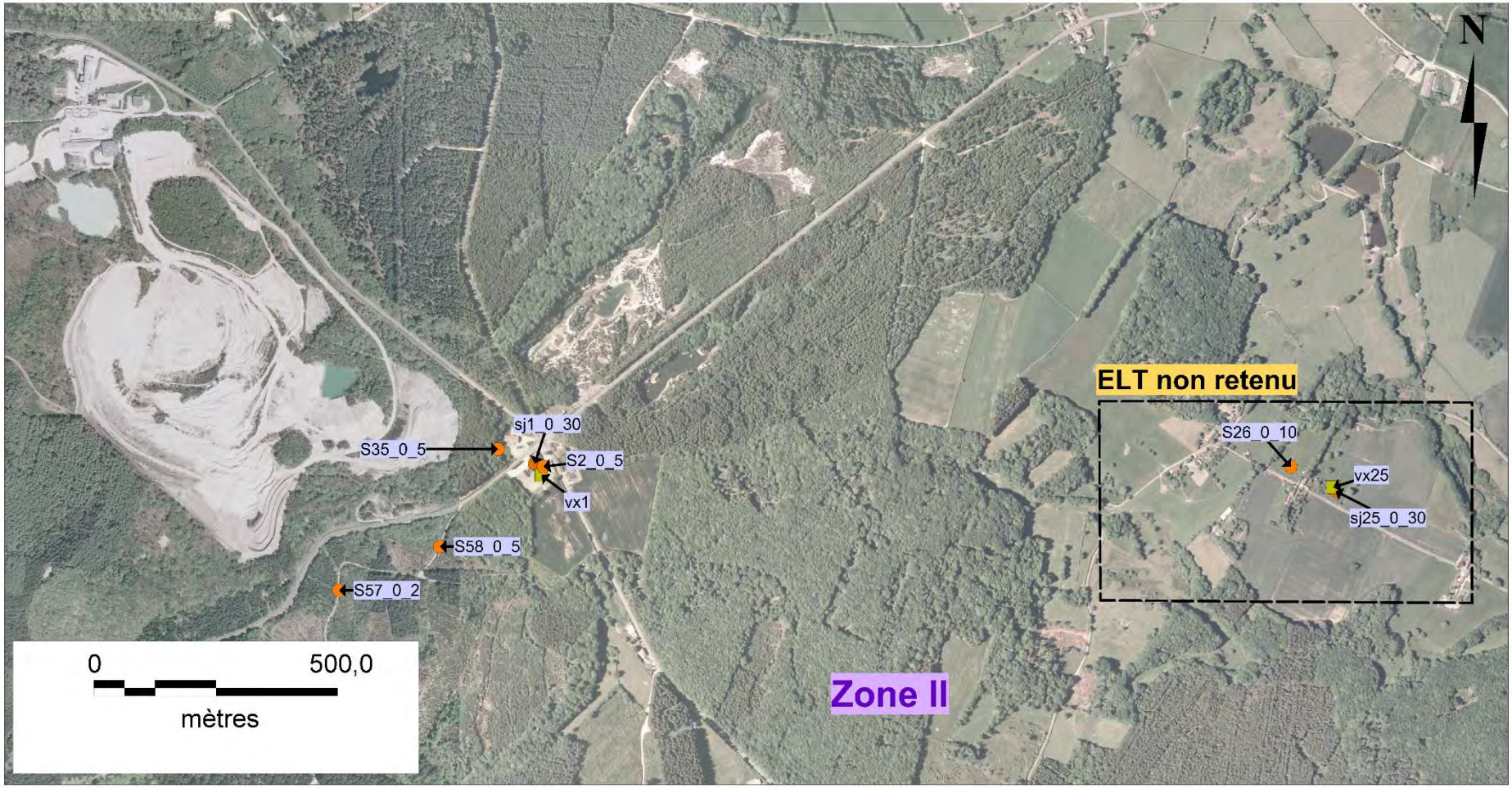
Points_prelevements_conc_photo par matrice

- Point intérêt minier
- Eau souterraine - ESO
- Eau de surface - ESU
- Sol
- Sol de Berge - SB
- Sol de Jardin potager - SJ
- Végétaux potagers
- Graminées - fourrage



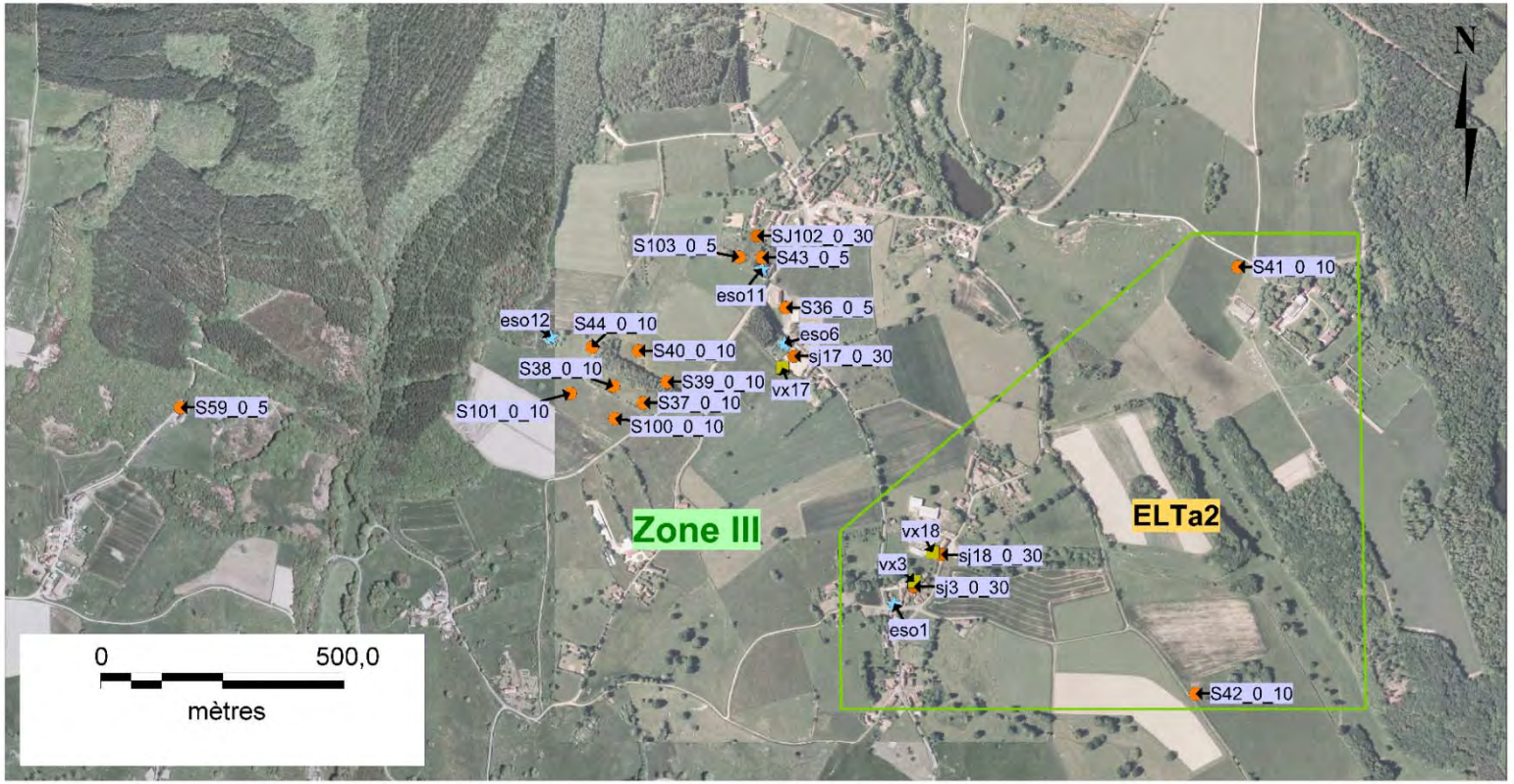
Points_prelevements_conc_photo par matrice

- Point intérêt minier
- Eau souterraine - ESO
- Eau de surface - ESU
- Sol
- Sol de Berge - SB
- Sol de Jardin potager - SJ
- Végétaux potagers
- Graminées - fourrage



Points_prelevements_conc_photo par matrice

- Point intérêt minier
- Eau souterraine - ESO
- Eau de surface - ESU
- Sol
- Sol de Berge - SB
- Sol de Jardin potager - SJ
- Végétaux potagers
- Graminées - fourrage



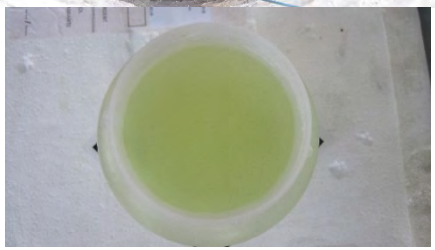
Points_prelevements_conc_photo par matrice

- Point intérêt minier
- Eau souterraine - ESO
- Eau souterraine - ESU
- Sol
- Sol de Berge - SB
- Sol de Jardin potager - SJ
- Végétaux potagers
- Graminées - fourrage

Annexe 4 : prélèvement des eaux souterraines et de surface

Identifiant	ESO1	ESO2	ESO3
Date et lieu de prélèvement	NAD – Lachamp – ZK47 (environnement local témoin ELTa2) 13/09/2016 (11h) Prélèvement au robinet. Puits de 9 m de profondeur (non accessible) 	ECH – La Bource – ZD24 13/09/2016 (16h) Puits maconné (arrosage des framboises + groseilliers). Profondeur ouvrage : 11 m, toujours en eau. 	ECH – La Croze – ZP76 13/09/2016 (18h) Source située en zone boisée, et traversant une pâture (abreuvage). Très faible débit. Niveau d'eau < 10 cm. Filtration en fin de journée.
Mode de prélèvement	Flaconnage du laboratoire	Seau puis flaconnage du laboratoire	Flacon vide puis flaconnage du laboratoire
Caractéristiques	Turbidité : aucune / coloration : aucune	Turbidité : aucune/ coloration : jaune clair	Turbidité : très faible (particules)/ coloration : aucune

Identifiant	ESO4	ESO5	ESO6
Date et lieu de prélèvement	ECH – La Bourse – ZD79-80 14/09/2016 (10h). Puits maçonné de 7 m de profondeur. Pompe située au bas du puits. Stockage provisoire dans cuve aérienne en polypropylène de 1m^3. Arrosage des légumes et fruits des jardins potagers dont la serre. 	ECH – Montmiand – proche ZP25 14/09/2016 (14h). Eau souterraine issue de la fontaine communale (arrière plan), stockée dans un ancien lavoir (3x4x1m). Eau pompée, transportée via tuyau souple puis stockée dans réserve aérienne en plastique (1m^3). 	NAD- Crépaille _ bord de la route communale 14/09/2016 (16h00). Fontaine communale en pierre (recouverte par végétation dense). Accessible par une grille. Niveau d'eau affleurant. Présence d'un rat mort
Mode de prélèvement	Robinet de la cuve aérienne	Flaconnage du laboratoire à l'entrée du lavoir	Seau puis flaconnage du laboratoire
Caractéristiques	Turbidité : aucune mais grosses particules / coloration : aucune	Turbidité : aucune / coloration : aucune	Turbidité : faible / coloration : aucune. Irisation légère à la surface

Identifiant	ESO7	ESO8	ESO9
Date et lieu de prélèvement	ECH – Les Brûlards (environnement local témoin ELTa1) – ZL55 15/09/2016 (9h). Eau prélevée dans le ruisseau se jetant dans la mare privée de la parcelle (très faible débit). 	ECH – Les Brûlards (environnement local témoin) – ZL61 15/09/2016 (10h) Prélèvement au robinet de la cuve aérienne de stockage. Puits de 9,4 m de profondeur. Diamètre intérieur : 95 cm. Niveau d'eau à -4,50m (par rapport au sol). 	ECH – Les Juillats – ZE14 15/09/2016 (12h) Mare pour l'abreuvage des bovins, issue de l'infiltration des eaux (5x9m). Etanchéité assurée par la glaize. Surplombant les dépôts miniers, situés au nord-ouest. En raison du curage récent de la mare, prélèvement fait dans une bassine temporaire de 1100L posée sur la parcelle, remplie avec l'eau de la mare.
Mode de prélèvement	Flacon vide puis Flaconnage du laboratoire	Flaconnage du laboratoire	Seau puis flaconnage du laboratoire
Caractéristiques	Turbidité : forte / coloration : jaune	Turbidité : moyenne/ coloration : verte (algues de la cuve aérienne)	Turbidité : faible / coloration : marron

Identifiant	ESO10	ESO11	ESO12
Date et lieu de prélèvement	ECH – Le Retour (environnement local témoin ELTa1) – ZO105 15/09/2016 (14h) Prélèvement à la sortie du puits – en direct, profond de 50m (couche des micaschistes traversée). *Pas de photo*	NAD – proche centre-ville – ZC84 20/09/2016 (15h) Puits privé maconné (briques + pierres), devant l'habitation, donnant sur la rue (aucun usage). Chaîne rouillée laissée dans l'eau. Prodondeur totale : 10 m. Niveau d'eau à 6,40 (par rapport au sol) 	NAD – proche dépôt minier – ZK102 20/09/2016 (15h) Mare servant d'abreuvage aux chevaux (7x3m). Equipée d'un trop plein. Teinte bleue de l'eau, issue de l'infiltration des eaux (résurgence minière ?). En contre-bas des dépôts miniers, à quelques dizaines de mètres à l'est.
Mode de prélèvement	Seau puis flaconnage du laboratoire	Seau puis flaconnage du laboratoire	Seau puis flaconnage du laboratoire
Caractéristiques	Turbidité : aucune / coloration : aucune	Turbidité : oui, matière en suspension, particules noires/ coloration : aucune	Turbidité : forte/ coloration : faible (vert jaune)

Annexe 5 : concentrations dans les sols

Annexe : concentration (mg/kg MS) dans les sols selon les usages

SOL JARDIN POTAGER		Zones I et II														
Couche géologique		ECH-Brulards	ECH-Retour	Jardin potager ELTa1		LAL- La Bosse	ECH-Mazet	ECH-Mazet	ECH-Bourse	ECH-Bourse	ECH-Bourse	ECH-Bourse	ECH-Bourse	ECH-Montmiand	ECH-Montmiand	ECH-Montmiand	ECH-Bourse
Réf. Eurofins		16E075960-002	16E075960-004			16E074683-001	16E074683-004	16E074683-005	16E074683-007	16E074683-008	16E074683-011	16E074683-012	16E074683-013	16E074683-014	16E074683-015	16E074683-016	16E075960-015
Réf. INERIS		SJ20_0_30	SJ22_0_30	ELT min	ELT max	SJ1_0_30	SJ4_0_30	SJ5_0_30	SJ7_0_30	SJ8_0_30	SJ11_0_30	SJ12_0_30	SJ13_0_30	SJ14_0_30	SJ15_0_30	SJ16_0_30	SJ33_0_30
Parcelle cadastrale		ZL61	ZO141-115			AB7	ZD43	ZD76	ZD24	ZD24	ZD79-80	ZD79-80	ZD79	ZP25	ZP83	ZP30	ZD16
Refus pondéral à 2 mm		14,3	6,24			5,06	3,12	13,9	3,62	13,9	7,51	3,56	14	14,8	13,7	12,6	10,1
pH extrait à l'eau	15%	7,9	6,5			7,6	6,7	7,1	7,4	7,4	7,4	5,5	6,7	7,5	6,2	6,9	7,6
Paramètres		-	-			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aluminium (Al) après minérali	23%	10300	15200			27100	16500	15800	10800	12800	15800	16400	17100	16100	16100	11300	15800
Calcium (Ca)		16900	3350			5030	5750	3660	5770	7200	4230	1520	2540	6830	2280	3300	4980
Fer (Fe)	25%	17900	20000			29100	30600	28800	19700	22700	22400	24700	27900	26000	24100	20800	27600
Magnésium (Mg)		3220	1230			7510	3340	3360	3210	4100	3870	4140	4280	3640	2990	1870	3730
Manganèse (Mn)	30%	631	1410			972	711	847	552	613	888	959	716	1140	821	908	889
Potassium (K)		3970	1890			10100	5090	3760	4370	4820	6520	5880	6780	5320	4320	4090	5610
Silicium (Si)		819	231			251	468	231	247	272	327	368	196	263	242	417	922
Sodium (Na)		112	58,4			179	80,7	79,8	75,6	171	77,9	67	74,3	73,1	57,9	58,5	68,5
Métaux, métalloïdes																	
Antimoine (Sb)	*15%*	2,47	1,62	1,62	2,47	**12,2**	3,34	**4,19**	1,62	1,94	1,28	1,65	1,96	3,12	3,07	**3,69**	1,57
Argent (Ag)	*15%*	<5.01	<5.00		*5*	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00
Arsenic (As)	45%	18,7	57,9	18,7	57,9	82,1	133	102	31,3	38,3	24,1	27,1	32,5	135	**187**	**177**	36,2
Cadmium (Cd)	40%	<0.40	<0.40		*0,4*	<0.40	0,79	<0.40	<0.40	<0.40	<0.40	<0.40	<0.40	<0.40	<0.40	**1,09**	<0.40
Cuivre (Cu)	20%	52,2	30,5	30,5	52,2	53,9	36,9	28,3	33,8	39,6	31,1	26,6	28,9	55,6	51,4	51,3	48,2
Lithium (Li)	*15%*	21,7	59,4	21,7	59,4	**229**	**92**	62,5	22,8	22,8	32,4	36,2	36,1	46,2	57,9	28,4	34,6
Mercure (Hg)	25%	<0.10	<0.10		*0,1*	**0,21**	0,12	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Plomb (Pb)	15%	23,3	34,8	23,3	34,8	**170**	**58,2**	**87,3**	20,7	23	27,7	19,5	21	36,6	**66,1**	**62,3**	34,3
Tungstène (W)	*15%*	<10.0	<10.0		*10*	**88,7**	**73,9**	**26,7**	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	11,1	**15,2**	**21,8**
Zinc (Zn)	15%	114	40,8	40,8	114	**181**	149	107	93,5	102	80,6	72,8	71,3	131	105	114	146

SOL JARDIN POTAGER		Zone III				
Couche géologique		NAD-Lachamp	NAD-Lachamp			NAD-Crépaille
Réf. Eurofins		16E079085-011	16E074683-003	Jardin potager ELTa2		16E074683-017
Réf. INERIS		SJ18_0_30	SJ3_0_30	ELT min	ELT max	SJ17_0_30
Parcelle cadastrale		ZK39	ZK47			ZK13-21
Refus pondéral à 2 mm		25,1	13,2			11,6
pH extrait à l'eau	15%	7,7	7			7
Paramètres		-	-			-
Aluminium (Al) après minérali	23%	22100	18900			17400
Calcium (Ca)		8130	8770			2980
Fer (Fe)	25%	26400	23100			28500
Magnésium (Mg)		3040	4280			3570
Manganèse (Mn)	30%	835	1040			1110
Potassium (K)		3380	4020			3420
Silicium (Si)		137	318			289
Sodium (Na)		95,9	139			60,2
Métaux, métalloïdes						
Antimoine (Sb)	*15%*	6,05	11,5	6,05	11,5	**40,7**
Argent (Ag)	*15%*	<5.16	<5.00		*5*	<5.00
Arsenic (As)	45%	46,2	32	32	46,2	49,2
Cadmium (Cd)	40%	<0.41	0,53	0,4	0,53	<0.40
Cuivre (Cu)	20%	34,8	142	34,8	142	60,1
Lithium (Li)	*15%*	39,2	29,9	29,9	39,2	28,5
Mercure (Hg)	25%	<0.10	<0.10		*0,1*	<0.10
Plomb (Pb)	15%	73,2	51,9	51,9	73,2	31,5
Tungstène (W)	*15%*	<10.3	<10.0		*10*	<10.0
Zinc (Zn)	15%	146	205	146	205	106

Annexe : concentration (mg/kg MS) dans les sols selon les usages

SOL BERGE		Zone I								
Couche géologique		LOU	LOU	Berge ELTb		LOU	LOU	LOU	VER	LOU
Réf. Eurofins		16E079085-022	16E079085-021			16E075960-011	16E075960-010	16E075960-009	16E079085-023	16E079085-015
Réf. INERIS		SB55_0_10 RD	SB54_0_10	ELT min	ELT max	SB29_0_10	SB28_0_10	SB27_0_10	SB56_0_5	SB48_0_10
Parcelle cadastrale		ZI102	ZH38			ZA2	ZR15	ZP4	ZW7	ZD18
Usage		Bois	Pâture ovine			Pâture	Pâture	Pâture	Promenade	Pâture
Refus pondéral à 2 mm		16,2	3,8			27,9	2,98	5,86	3,03	4,21
pH extrait à l'eau	15%	-	-			-	-	-	-	-
Paramètres		-	-			-	-	-	-	-
Aluminium (Al) après minérali	23%	8750	27800			11000	12600	15000	11200	12500
Calcium (Ca)		1310	2410			1520	1030	1640	1110	1490
Fer (Fe)	25%	16700	45000			20400	18800	24400	17100	20700
Magnésium (Mg)		2460	6110			3480	3740	4220	3020	3730
Manganèse (Mn)	30%	618	1470			657	560	591	434	536
Potassium (K)		1750	6180			3170	4420	4210	2750	3750
Silicium (Si)		379	120			178	146	247	340	376
Sodium (Na)		33,2	101			64,7	64,7	67,6	90,7	98,5
Métaux, métalloïdes										
Antimoine (Sb)	*15%*	1,95	3,13	1,95	3,13	3,16	3,45	3,3	3,78	**4,33**
Argent (Ag)	*15%*	<5.27	<5.00		*5*	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00
Arsenic (As)	45%	55,7	16,2	16,2	55,7	63,3	56,7	45,6	54,5	55,8
Cadmium (Cd)	40%	<0.42	<0.40		*0,4*	<0.40	<0.40	<0.40	<0.40	<0.40
Cuivre (Cu)	20%	11,1	24,5	11,1	24,5	16,3	17,2	15,9	16,8	17,4
Lithium (Li)	*15%*	41,6	42,8	41,6	42,8	38,2	46,6	43,2	**58,2**	55,6
Mercure (Hg)	25%	<0.11	<0.10		*0,1*	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Plomb (Pb)	15%	49,3	28,9	28,9	49,3	53,8	20,6	21,4	44,2	22,8
Tungstène (W)	*15%*	<10.5	<10.0		*10*	**36,1**	**43,5**	**47,5**	**192**	**129**
Zinc (Zn)	15%	56,6	88,9	56,6	88,9	82,9	59,2	60,1	49,2	68,3

SOL BERGE		Zone I					
Couche géologique		LAP	LOU	LOU	LOU	LOU	VER
Réf. Eurofins		16E079085-012	16E079085-016	16E079085-017	16E079085-018	16E079085-019	16E079085-020
Réf. INERIS		SB45_0_10	SB49_0_10	SB50_0_10	SS1_0_5	SS2_0_5	SB53_0_10
Parcelle cadastrale		ZY42	ZD21	ZC8	AB11	AB11	ZW3
Usage		Pâture	Pâture	Pâture	Promenade	Promenade	Pâture
Refus pondéral à 2 mm		13,2	8,13	4,86	18,2	6,06	3,1
pH extrait à l'eau	15%	-	-	-	-	-	-
Paramètres		-	-	-	-	-	-
Aluminium (Al) après minérali	23%	9550	6770	13300	9530	14500	11800
Calcium (Ca)		1070	882	2490	1100	2220	1080
Fer (Fe)	25%	15200	11700	20800	16000	25000	17300
Magnésium (Mg)		2880	2020	3980	2870	4040	3230
Manganèse (Mn)	30%	435	327	694	395	703	478
Potassium (K)		2640	1980	4990	2390	4520	3090
Silicium (Si)		128	134	123	286	283	85,2
Sodium (Na)		48,9	58,2	85,4	132	167	59,3
Métaux, métalloïdes							
Antimoine (Sb)	*15%*	3,31	2,15	3,53	2,95	3,82	2,58
Argent (Ag)	*15%*	<5.00	<5.00	<5.00	<5.03	<5.00	<5.02
Arsenic (As)	45%	43,2	34,9	64,2	48,1	74,6	45,1
Cadmium (Cd)	40%	<0.40	<0.40	0,43	<0.40	<0.40	<0.40
Cuivre (Cu)	20%	13,9	11,1	19,8	12,8	**23,6**	14,7
Lithium (Li)	*15%*	46,6	36,2	46,5	41	**109**	56,6
Mercure (Hg)	25%	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Plomb (Pb)	15%	25,8	12,4	23,5	20,1	26,1	16,9
Tungstène (W)	*15%*	18,2	**46**	**56,5**	**209**	**329**	**53,3**
Zinc (Zn)	15%	44	37,7	**69,7**	53,6	**87,9**	51,1

Annexe : concentration (mg/kg MS) dans les sols selon les usages

SOL JARDIN ORNEMENTAL		Zones I et II					Zone III								
Couche géologique		ECH-Brulards	LAL- La Bosse	ECH-musée	ECH-Mazet	ECH-La Bourse	ECH-Mazet	ECH-Mazet	ECH-Mazet	ECH-Mazet	NAD	NAD			NAD-salle com.	NAD	NAD
Réf. Eurofins		16E075960-001	16E074683-002	16E079085-001	16E074683-006	16E074683-009	*	*	*	*	16E079085-007	16E079085-008	Pâture ELTa2		16E079085-002	16E079085-009	16E079085-030
Réf. INERIS		S19_0_10	S2_0_5	S35_0_5	S6_0_5	S9_0_5	S104_0_5	S105_0_5	S106_0_5	S107_0_5	S41_0_10	S42_0_10	ELT min	ELT max	S36_0_5	S43_0_5	S103_0_5
Usage		jardin ornement	jardin ornement	aire pique nique	jardin ornement	jardin ornement	jardin ornement	jardin ornement	jardin ornement	jardin ornement	pâture	pâture			jardin ornement	jardin ornement	camping
Parcelle cadastrale		ZL55	AB5-6	AN15	ZD76	ZD24	ZD64-65	ZD64-65	ZD64-65	ZD64-65	ZD60	ZD47			ZK108-110	ZC84	ZC92
Refus pondéral à 2 mm		12,2	13,8	10	17,7	5,62					4,22	5,7			12,7	11,5	16,5
pH extrait à l'eau	15%	-	-	-	-	-					-	-			-	-	-
Paramètres		-	-	-	-	-					-	-			-	-	-
Aluminium (Al) après minérali	23%	12800	5100	14500	19100	15600	8230	11900	12100	12200	20600	17000			21300	18400	19300
Calcium (Ca)		2170	2340	4060	4490	3000	10100	5910	2110	1140	2660	3880			2040	3050	2410
Fer (Fe)	25%	25700	9610	16900	31300	30000	28700	60700	24100	22300	35800	26300			36200	29700	29700
Magnésium (Mg)		2440	1610	3300	4220	3590	1710	2260	2530	2590	4360	3820			4040	3570	4110
Manganèse (Mn)	30%	664	185	730	984	440	910	869	970	1180	1200	797			1260	1180	1270
Potassium (K)		2660	2490	5260	4950	4730	3330	3500	5590	7060	2720	3760			3360	3040	4140
Silicium (Si)		128	381	222	278	173	474	385	399	471	245	308			269	439	281
Sodium (Na)		43,9	84,2	103	80,4	82,5	60,2	123	82,2	98,7	89,9	73,9			59	62,3	54,5
Métaux, métalloïdes																	
Antimoine (Sb)	*15%*	2,17	**3,29**	2,33	**3,15**	1,64	8,43	21,5	5,17	3,42	6,03	5,23	5,23	6,03	**25**	**19**	**19,2**
Argent (Ag)	*15%*	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.18		*5*	<5.00	<5.00	<5.00
Arsenic (As)	45%	31,8	22,6	**93**	**98,7**	36,6	190	155	165	100	26,8	17,5	17,5	26,8	58,1	**101**	60
Cadmium (Cd)	40%	<0.40	<0.40	0,46	<0.40	<0.40	1,33	2,2	0,79	0,63	<0.40	<0.41		*0,4*	<0.40	<0.40	<0.40
Cuivre (Cu)	20%	14,3	17,4	**38,4**	**32,6**	**23,2**	89,2	772	97,8	76,5	22,8	22	22	22,8	28	28,6	29
Lithium (Li)	*15%*	25,9	**48,2**	**142**	**77,7**	27,2	86,5	127	184	242	24,1	<20.7	*20*	24,1	**37,1**	**33,1**	**39,1**
Mercure (Hg)	25%	<0.10	<0.10	0,13	<0.10	<0.10	0,26	0,51	0,19	<0.10	<0.10	0,27	*0,1*	0,27	<0.10	<0.10	<0.10
Plomb (Pb)	15%	20,5	**39,5**	**91,6**	**50,3**	18,5	327	607	106	163	25,6	25,5	25,5	25,6	28,4	30,9	33,6
Tungstène (W)	*15%*	<10.0	12,8	**222**	**20,3**	<10.0	3410	2100	1810	2170	<10.0	<10.4		*10*	**20,1**	<10.0	<10.0
Zinc (Zn)	15%	63,6	69,5	70,9	**134**	57,9	245	996	117	98,1	76,1	74,4	74,4	76,1	82,7	82,8	91,7

* : prélèvement de sol réalisé par GEODERIS en avril 2017

Annexe : concentration (mg/kg MS) dans les sols selon les usages

SOL PATURE		Zone I											
Couche géologique		ECH-Brulards	ECH-Retour			ECH-La Croze	ECH-Bourse	ECH-Bourse	ECH-Bourse	ECH-Bourse	ECH-Juillat/mazet	ECH-Juillat	ECH-Juillat
Réf. Eurofins		16E075960-003	16E075960-005	Berge ELTa1		16E074683-010	16E075960-012	16E075960-013	16E075960-014	16E075960-016	16E079085-027	16E079085-028	16E079085-029
Réf. INERIS		S21_0_10	S23_0_10	ELT min	ELT max	S10_0_10	S30_0_10	S31_0_10	S32_0_10	S34_0_10	S60_0_10	S61_0_10	S62_0_10
Parcelle cadastrale		ZL62	ZO105			ZP76	ZD79	ZD79	ZD16	ZD70	ZD31	ZE14	ZH34
Usage		Prairie	Prairie			Pâture	Culture	Bois/friche	Pâture équine	Pâture bovine	Pâture bovine	Semis colza	Pâture bovine
Refus pondéral à 2 mm		6,16	13,4			3,79	10,7	5,68	16,3	5,62	29,6	<1.00	5,81
pH extrait à l'eau	15%	-	-			6	-	-	-	-	-	-	-
Paramètres		-	-			-	-	-	-	-	-	-	-
Aluminium (Al) après minérali	23%	8590	15300			13500	20200	16300	16900	17400	15800	13000	16400
Calcium (Ca)		2790	3010			1840	1610	647	2330	2110	2220	1760	4190
Fer (Fe)	25%	15800	24800			20300	30200	24900	31400	23200	22400	18500	13400
Magnésium (Mg)		1790	1460			2080	5060	4040	4700	4520	3950	2430	1410
Manganèse (Mn)	30%	483	1530			690	722	1170	525	744	850	562	1200
Potassium (K)		1720	2670			2450	7220	9250	5880	4530	3950	2960	3100
Silicium (Si)		244	365			322	192	614	167	202	330	152	410
Sodium (Na)		57,1	67,3			65,7	101	160	72,6	60,1	65	44,4	79,8
Métaux, métalloïdes													
Antimoine (Sb)	*15%*	2,31	1,9	1,9	2,31	1,66	1,95	**3,34**	1,43	1,35	2,47	2,17	**4,65**
Argent (Ag)	*15%*	<5.00	<5.00		*5*	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.48	<5.00	<5.29
Arsenic (As)	45%	29	91,9	29	91,9	141	32,6	124	40,7	51,6	216	115	176
Cadmium (Cd)	40%	<0.40	0,41	*0,4*	0,41	0,76	<0.40	0,46	<0.40	<0.40	**1,51**	0,41	0,51
Cuivre (Cu)	20%	10,8	47,2	10,8	47,2	29,4	27,5	64,6	28	22,8	32,3	25,5	21,9
Lithium (Li)	*15%*	<20.0	45,3	45,3	45,3	51	47,2	**356**	32,8	46,3	**85,1**	44,8	**93,3**
Mercure (Hg)	25%	<0.10	<0.10		*0,1*	0,12	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.11	<0.10	<0.11
Plomb (Pb)	15%	15,4	37,3	15,4	37,3	23,5	19	44,9	20,9	22,9	**122**	**98,4**	**754**
Tungstène (W)	*15%*	<10.0	<10.0		*10*	<10.0	**22,7**	**1020**	**13,9**	**20,2**	**284**	10,3	**79,3**
Zinc (Zn)	15%	43,8	47,5	43,8	47,5	57,4	**80,7**	**85,8**	**76,8**	**75,2**	**192**	**105**	**72,7**

SOL PATURE		Zone III									
Couche géologique		NAD-ZD60	NAD-			NAD-foin	NAD-foin	NAD-mais	NAD-mais	NAD	SER
Réf. Eurofins		16E079085-007	16E079085-008	Pâture ELTa2		16E079085-003	16E079085-004	16E079085-005	16E079085-006	16E079085-010	16E079085-026
Réf. INERIS		S41_0_10	S42_0_10	ELT min	ELT max	S37_0_10	S38_0_10	S39_0_10	S40_0_10	S44_0_10	S59_0_5
Parcelle cadastrale		ZD60	ZD47			ZK4	ZK4	ZK6	ZK6	ZK102	ZL19
Usage		Pâture bovine	Pâture bovine			Prairie fauchée	Prairie fauchée	Maïs	Maïs	Pâture équine	Proche poulailler
Refus pondéral à 2 mm		4,22	5,7			19,9	17,5	11,5	12,8	7,58	24,6
pH extrait à l'eau	15%	-	-			-	-	-	-	-	-
Paramètres		-	-			-	-	-	-	-	-
Aluminium (Al) après minérali	23%	20600	17000			17500	19500	20700	16600	22400	18600
Calcium (Ca)		2660	3880			2000	890	1470	2090	1460	880
Fer (Fe)	25%	35800	26300			29100	29000	31400	79500	36400	40400
Magnésium (Mg)		4360	3820			3570	3630	3460	3240	4560	3190
Manganèse (Mn)	30%	1200	797			659	2120	609	2040	1130	630
Potassium (K)		2720	3760			2560	2170	3460	2800	3570	3620
Silicium (Si)		245	308			285	365	150	754	290	136
Sodium (Na)		89,9	73,9			56,4	72,6	55,4	70,8	56,1	60,2
Métaux, métalloïdes											
Antimoine (Sb)	*15%*	6,03	5,23	5,23	6,03	**314**	**136**	**114**	**719**	**168**	6,56
Argent (Ag)	*15%*	<5.00	<5.18		*5*	<5.09	<5.00	<5.00	<5.20	<5.34	<5.00
Arsenic (As)	45%	26,8	17,5	17,5	26,8	**76,5**	**73,6**	33,3	**795**	**185**	**822**
Cadmium (Cd)	40%	<0.40	<0.41		*0,4*	<0.41	<0.40	<0.40	<0.42	<0.43	**3,83**
Cuivre (Cu)	20%	22,8	22	22	22,8	21,1	23,1	20,4	16,9	**35,6**	**308**
Lithium (Li)	*15%*	24,1	<20.7	*20*	24,1	31,3	**53,6**	29,9	**43**	**43,1**	**43,8**
Mercure (Hg)	25%	<0.10	0,27	*0,1*	0,27	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.11	<0.10
Plomb (Pb)	15%	25,6	25,5	25,5	25,6	25,9	31,6	24,8	**45,8**	33,9	**36,2**
Tungstène (W)	*15%*	<10.0	<10.4		*10*	<10.2	<10.0	<10.0	<10.4	<10.7	<10.0
Zinc (Zn)	15%	76,1	74,4	74,4	76,1	71,6	102	68,7	63,5	95,2	**190**

Attente GEODERIS pour ELT	ECH-confluence	ECH-confluence
	16E079085-013	16E079085-014
	S46_0_10	S47_0_10
	ZV33	ZA1
	6,38	3,02
	-	-
	-	-
	24000	22400
	2370	1930
	34400	33300
	5630	5520
	1150	1130
	4980	6870
	403	335
	90,4	110
	4,17	6,09
	<5.52	<5.19
	186	167
	<0.44	<0.42
	38,5	50,9
	124	193
	<0.11	<0.10
	48	40,9
	466	992
	106	102

Annexe : concentration (mg/kg MS) dans les sols selon les usages

SOL RANDONNEES		Zone II		
Couche géologique		ECH-Brulards	LAL	NAD
Réf. Eurofins		16E075960-001	16E079085-024	16E079085-025
Réf. INERIS		S19_0_10	S57_0_2	S58_0_5
Parcelle cadastrale		jardin ornement	AB211	ZA21
Usage		ZL55	chemin forestier - PR5	
Refus pondéral à 2 mm		12,2	27,3	15,3
pH extrait à l'eau	15%	-	-	-
Paramètres		-	-	-
Aluminium (Al) après minérali	23%	12800	9470	17400
Calcium (Ca)		2170	743	3390
Fer (Fe)	25%	25700	14200	29100
Magnésium (Mg)		2440	1640	3100
Manganèse (Mn)	30%	664	462	806
Potassium (K)		2660	3170	7300
Silicium (Si)		128	271	766
Sodium (Na)		43,9	66	175
Métaux, métalloïdes				
Antimoine (Sb)	*15%*	2,17	2,42	**6,01**
Argent (Ag)	*15%*	<5.00	<5.00	<5.17
Arsenic (As)	45%	31,8	**176**	**237**
Cadmium (Cd)	40%	<0.40	<0.40	0,63
Cuivre (Cu)	20%	14,3	**41,3**	**90,7**
Lithium (Li)	*15%*	25,9	**127**	**250**
Mercure (Hg)	25%	<0.10	<0.10	<0.10
Plomb (Pb)	15%	20,5	**97,1**	**139**
Tungstène (W)	*15%*	<10.0	**247**	**970**
Zinc (Zn)	15%	63,6	50,2	**101**

Autres prélèvements envisagés comme ELT - non retenus dans cette étude

LAL-gros Boenat	LAL-gros Boenat	ECH-Suchots
16E075960-007	16E075960-008	16E075960-006
SJ25_0_30	S26_0_10	S24_0_10
jardin potager	pâture	pâture
AC164	AC163	
5,03	13,8	12,3
7,5	-	-
-	-	-
18300	16800	14200
4530	1920	2400
35600	38400	10100
3170	2510	1040
1670	1770	455
2250	1350	1520
961	309	397
69,1	61,9	58,3
2,75	2,32	<1.00
<5.00	<5.00	<5.00
216**	234**	24,9
1,25	0,82	<0.40
34,8	32,9	8,8
40,9	42,4	67,7
<0.10	<0.10	0,29
33,2	29,6	76,9
<10.0	<10.0	<10.0
114	93	59,3

Légende:

* incertitude non renseignée par le laboratoire, fixée à 15% (valeur minimale pour les 6 autres substances)

** anomalie localisée en arsenic identifiée sur les sols au lieu-dit Gros Boënat

italique *valeur arrondie à l'unité de la limite de quantification reportée (colonne ELT)*

ELT	valeur ou gamme (valeur minimale - maximale) pour l'environnement local témoin
XX	concentration comprise entre la valeur ELTmin et l'ELTmax- prise en compte de l'incertitude analytique
XX	concentration supérieure à la valeur ELTmax - prise en compte de l'incertitude analytique
ELT	échantillon retenu comme environnement local témoin

Lithologie selon carte 1/50 000ème BRGM

ELT non retenu	couche verte avec pointillé (LAL, gros boenat)
ELTa	couche ξ1 (micaschistes à deux micas)
ELTc	couche M3-4 (migmatites sans cordiérites)
ELTb	couche ç2 (gneiss
ELTd	couche violette de jardin potager ELT violet

Commune investiguée

ECH: Echassières (03330)
LAL: Lalizolle (03450)
LAP: Lapeyrouse (63700)
LOU: Louroux de Bouble (03330)
NAD: Nades (03450)
SER: Servant (63560)
VER: Vernusse (03390)

Annexe 6 : concentrations dans les eaux souterraines et superficielles – paramètres de terrain

Eaux souterraines brutes		ESO1	ESO2	ESO3	ESO4	ESO5	ESO6	ESO7	ESO8	ESO9	ESO10	ESO11	ESO12
Paramètre	**Unité**												
pH	-	6,7	7,2	7,9	6,8	5,32	5,44	6,48	9,3	6,8	5,96	5,9	6,66
Potentiel rédox		194	93	150	186,6	282	275	207	156	218	240	248,7	237
Température	°C	22	18,5	20	19,2	16,3	14,2	13,7	15,1	15,4	18	13,2	15,3
Teneur en oxygène	mg/L	3,5	6,6	8,6	8,1	8,1	6,5	9,4	10,9	9,03	8,4	7,9	7
Conductivité	µS/cm	232	80	70	105	86	119	108	164	120	42	111	101

Eaux souterraines filtrées		ESO1	ESO2	ESO3*	ESO4	ESO5	ESO6	ESO7	ESO8	ESO9	ESO10	ESO11	ESO12
Paramètre	**Unité**												
pH	-	6,7	7,1	7,8	6,7	5,63	5,47				6,1	5,6	
Potentiel rédox		193	130	180	185	305	275				217	247,4	
Température	°C	23	21,0	23,5	19,3	16,1	15,2				18,7	13,9	
Teneur en oxygène	mg/L	6,8	34,0	8,4	8,5	8,4	6,5				8,8	7,1	
Conductivité	µS/cm	aleur invalidé	53	50	100	97	87				39	103	

* filtration différée des eaux avec mesure des paramètres de terrain dans un seau 10 min après le prélèvement

filtration différée des eaux en fin de journée sans mesure des paramètres de terrain

Annexe: concentrations des eaux souterraines et de surface

EAUX BRUTES				Référence EUROFINS :	16E074165-001	16E074626-005	16E076383-001	16E076383-003	16E074832-007	16E074832-003	16E074832-001			16E074165-003	16E074626-001	16E074626-003	16E074832-005	16E074165-005
				Référence Client :	EB_ESO1	EB_ESO6	EB_ESO11	EB_ESO12	EB_ESO10	EB_ESO8	EB_ESO7			EB_ESO2	ESO4_EB	EB_ES05	EB_ESO9	EB_ESO3
Commune / lieu-dit					**NAD** - Lachamp ELT	NAD - Crépaille	NAD - Centre	NAD	ECH - Le Retour	LOU - Les Brûlards	LOU - Les Brûlards			ECH - Bource	ECH - Bource	ECH - Montmiand	ECH - Juillat	ECH - La Croze
Nature					puits	puits	puits	source (abreuvage)	puits	puits	source			puits	puits	puits	source (abreuvage)	source (abreuvage)
	Unités	Incertitude	LQ									ELTmin	ELTmax					
Titre Alcalimétrique (TA)	°F	5%	2	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00			<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00
Titre Alcalimétrique Complet (TAC)	°F	5%	2	7,9	<2.00	2,2	4,1	<2.00	9,9	2,9				3,1	3,9	<2.00	3,5	2
Nitrates	mg NO3/l	35%	1	5,27	42,7	44,1	6,45	14,4	1,78	19,6				<1.00	7,54	46,3	3,71	23,2
Azote nitrique	mg N-NO3/l	35%	0,2	1,19	9,65	9,96	1,46	3,24	0,4	4,43				<0.20	1,7	10,45	0,84	5,23
Chlorures -	mg/l	30%	1	47,4	12,7	14,2	11	4,07	9,21	23				5,99	16,8	18,4	35,5	9,03
Sulfates (SO4)	mg SO4/l	20%	5	17,5	14,9	12,1	21,5	<5.00	32,1	6,75				17,7	18,2	<5.00	13,3	<5.00
Orthophosphates (PO4)	mg PO4/l	35%	0,1	0,64	<0.10	<0.10	<0.10	0,18	<0.10	<0.10				0,49	0,17	<0.10	<0.10	<0.10
Aluminium (Al)	mg/l	30%	0,05	<0.05	<0.05	0,05	0,44	0,06	<0.05	0,32				0,16	<0.05	<0.05	0,1	0,07
Calcium (Ca)	mg/l	25%	1	32,1	16,4	14,9	17	3,24	28,7	11,6				10,2	17,8	10,6	14,2	6,3
Fer (Fe)	mg/l	20%	0,01	<0.01	<0.01	0,29	0,35	0,63	<0.01	4,18				0,31	0,07	0,01	0,28	0,37
Magnésium (Mg)	mg/l	30%	0,01	6,65	6,14	5,69	6,18	2,47	5,7	7,46				2,23	3,86	7,76	1,62	4,56
Potassium (K)	mg/l	25%	0,1	10,6	4,18	7,36	3,72	1,87	3,88	4,88				4,2	4,76	3,38	1,87	2,73
Silicium (Si)	mg/l	16%	0,02	8,99	5,16	7,58	4,13	8,98	19,3	10,3				6,59	6,72	7,22	1,83	10,3
Sodium (Na)	mg/l	25%	0,05	15,8	4,85	8,68	8,16	4,34	17,3	8,26				5,92	10,7	5,72	19,9	5,33
Antimoine (Sb)	µg/l	30%	0,2	0,63	0,59	0,54	**26,3**	<0.20	<0.20	<0.20			*0,2*	**0,83**	<0.20	<0.20	0,28	<0.20
Argent (Ag)	µg/l	25%	0,5	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	<0.01	<0.01	<0.01			*0,01*	<0.50	<0.50	<0.50	<0.01	<0.50
Arsenic (As)	µg/l	20%	0,2	0,95	0,38	**1,97**	**3,94**	3,42	1,78	24,7		1,8	24,7	9,26	0,96	6,96	13,6	9,37
Cadmium (Cd)	µg/l	20%	0,2	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	0,23	<0.20	<0.20		*0,2*	0,23	**0,44**	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
Cuivre (Cu)	µg/l	20%	0,5	132	<0.50	1,84	0,89	109	0,73	1,84		0,7	109	7,18	4,48	2,74	6,91	1,21
Lithium (Li)*	mg/l	*20%*	0,005	0,009	<0.005	<0.005	<0.005	0,011	0,027	0,015		0,0	0,027	<0.005	<0.005	0,018	<0.005	0,021
Manganèse (Mn)	µg/l	25%	0,5	1,73	**8,95**	**6,95**	**150**	11,5	21,3	547		11,5	547	91,8	2,82	4,78	28,9	35,2
Plomb (Pb)	µg/l	25%	0,5	10,5	<0.50	<0.50	0,53	17,5	<0.50	2,27		*0,5*	17,5	2,55	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50
Tungstène (W)*	µg/l	*20%*	5	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00			*5*	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00
Zinc (Zn)*	µg/l	*20%*	5	196	5,9	19,7	<5.00	729	34	7,2		7,2	729	38,5	16,2	30,6	6,8	<5.00
Mercure (Hg)	µg/l	30%	0,2	<0.22	<0.20	<0.20	<0.20	<0.22	<0.22	<0.21			*0,2*	<0.21	<0.21	<0.23	<0.21	<0.20

EAUX FILTREES				Référence EUROFINS :	16E074165-002	16E074626-006	16E076383-002	16E076383-004	16E074832-008	16E074832-004	16E074832-002			16E074165-004	16E074626-002	16E074626-004	16E074832-006	16E074165-006
				Référence Client :	EF_ESO1	EF_ESO6	EF_ESO11	EF_ESO12	EF_ESO10	EF_ESO8	EF_ESO7			EF_ESO2	ESO4_EF	EF_ES05	EF_ESO9	EF_ESO3
	Unités	Incertitude	LQ									ELTmin	ELTmax					
Titre Alcalimétrique (TA)	°F	5%	2	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00				<2.00	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00
Titre Alcalimétrique Complet (TAC)	°F	5%	2	7,9	<2.00	3,3	4,1	<2.00	9,9	3,1				3,2	4	<2.00	3,5	2
Nitrates	mg NO3/l	35%	1	6,69	42,6	44,2	6,64	15,7	<1.00	19,8				1,01	7,8	46,5	5	22,9
Azote nitrique	mg N-NO3/l	35%	0,2	1,51	9,61	9,97	1,5	3,53	<0.20	4,48				0,23	1,76	10,5	1,13	5,17
Chlorures -	mg/l	30%	1	46,7	13,1	14,4	10,9	3,89	9,29	22,8				5,75	17,1	18	35	8,89
Sulfates (SO4)	mg SO4/l	20%	5	17,5	14,9	12	21,7	<5.00	30,8	6,79				15,4	18,1	<5.00	13,2	<5.00
Orthophosphates (PO4)	mg PO4/l	35%	0,1	0,66	<0.10	<0.10	<0.10	0,15	<0.10	<0.10				0,49	0,17	<0.10	<0.10	<0.10
Aluminium (Al)	mg/l	30%	0,05	<0.05	<0.05	<0.05	0,08	<0.05	<0.05	<0.05				0,09	<0.05	<0.05	0,05	<0.05
Calcium (Ca)	mg/l	25%	1	32,6	16,4	14,9	16,1	3,15	28,5	11				10,2	17,8	10,6	14,2	6,23
Fer (Fe)	mg/l	20%	0,01	<0.01	<0.01	0,02	0,1	0,02	<0.01	0,1				0,23	<0.01	<0.01	0,13	0,06
Magnésium (Mg)	mg/l	30%	0,01	6,71	6,14	5,83	6,15	2,41	5,62	7,32				2,22	3,85	7,77	1,62	4,48
Potassium (K)	mg/l	25%	0,1	10,8	4,1	8,18	4,31	1,85	4,34	4,71				4,18	4,77	3,39	1,86	2,69
Silicium (Si)	mg/l	16%	0,02	9,07	5,16	7,58	3,55	8,99	19,3	10,1				6,51	6,75	7,24	1,75	10,2
Sodium (Na)	mg/l	25%	0,05	19,5	4,93	8,58	9,15	4,29	17,4	8,35				6	10,7	5,69	19,7	5,26
Antimoine (Sb)	µg/l	30%	0,2	0,6	0,56	0,56	**25,3**	<0.20	0,46	<0.20		0,2	0,46	0,78	<0.20	<0.20	0,28	<0.20
Argent (Ag)	µg/l	25%	0,5	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	<0.01	<0.01	<0.01			*0,01*	<0.50	<0.50	<0.50	<0.01	<0.50
Arsenic (As)	µg/l	20%	0,2	0,88	0,29	**1,73**	**3,21**	1,55	1,52	3,15		1,5	3,15	**9,31**	0,83	**6,7**	**11,7**	**6,14**
Cadmium (Cd)	µg/l	20%	0,2	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20			*0,2*	**0,34**	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
Cuivre (Cu)	µg/l	20%	0,5	9,55	<0.50	1	0,7	14	<0.50	<0.50		*0,5*	14	5,72	3,69	2,43	5,87	0,71
Lithium (Li)*	mg/l	*20%*	0,005	0,009	<0.005	<0.005	<0.005	0,011	0,027	0,014		0,011	0,027	<0.005	<0.005	0,018	<0.005	0,021
Manganèse (Mn)	µg/l	25%	0,5	1,64	**5,89**	**7,42**	**147**	4,37	16,2	185		4,4	185	92,8	<0.50	4,37	2,26	12
Plomb (Pb)	µg/l	25%	0,5	1,07	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50			*0,5*	1,84	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50
Tungstène (W)*	µg/l	*20%*	5	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00			*5*	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00
Zinc (Zn)*	µg/l	*20%*	5	27,8	6,3	24	<5.00	194	9,8	<5.00		*5*	194	35	10,4	36,8	<5.00	<5.00
Mercure (Hg)	µg/l	30%	0,2	<0.20	<0.20	<0.22	<0.20	<0.21	<0.21	<0.20			*0,2*	<0.25	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20

ESO échantillon retenu pour l'environnement local témoin
ELT valeur ou gamme (valeur minimale - maximale) pour l'environnement local témoin
EB/EF eau brute / eau filtrée sur le terrain (0,45 µm)
italique *valeur arrondie à l'unité de la limite de quantification reportée (colonne ELT)*
* incertitude non renseignée par le laboratoire, fixée à 20% (valeur minimale pour les 11 autres substances)
XX concentration supérieure à celle de l'ELT 1/ prise en compte de l'incertitude analytique

Commune
ECH: Echassières (03330)
LOU: Louroux de Bouble (03330)
NAD: Nades (03450)

Annexe 7 : concentrations dans les végétaux

CAROTTES
épluchées

Unité: mg/kg MF	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074844-004 SJ20_CA	16E074844-011 SJ22_ CA	ELT min	ELT max	16E074715-003 SJ11_CA
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2	<0.2		*0,2*	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5		<0.5	<0.5		*0,5*	<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05		<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,1	0,005	0,05	0,005	0,05	0,021
Cuivre (Cu)	20%	0,1		0,4	0,7	0,4	0,7	0,6
Plomb	20%	0,05	0,1	<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5		4	3,2	3,2	4	1,4

POMMES DE TERRE
épluchées

Unité: mg/kg MF	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074844-012 SJ22_ PDT	16E074172-012 SJ7_PDT	16E074715-001 SJ12_PDT
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2	<0.2	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5		<0.5	<0.5	<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05	<0.05	<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05		<0.05	<0.05	<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,1	0,028	<0.005	0,038
Cuivre (Cu)	20%	0,1		1,1	0,5	1
Plomb	20%	0,05	0,1	<0.05	<0.05	<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5		2,4	2,5	2,9

COURGETTES
épluchées

Unité: mg/kg MF	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074844-015 SJ22_ COU	16E074715-010 SJ15_COU	16E074715-015 SJ16_COU
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2	<0.2	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5		<0.5	<0.5	<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05	<0.05	<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05		<0.05	<0.05	<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,05	<0.005	<0.005	<0.005
Cuivre (Cu)	20%	0,1		0,8	0,6	0,5
Plomb	20%	0,05	0,05	<0.05	<0.05	<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5		3,5	3,7	3

BETTERAVES
lavées

Unité: mg/kg MF	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074844-008 SJ22_ BETT	16E074715-002 SJ11_BETT
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5		2,9	<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05	<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05		0,05	<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,1	0,011	**0,026**
Cuivre (Cu)	20%	0,1		0,7	**1,1**
Plomb	20%	0,05	0,1	<0.05	<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5		2	**3,2**

HARICOTS
lavés

Unité: mg/kg MF	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074844-002 SJ20_HAR	16E074844-010 SJ22_ HAR	ELT min	ELT max	16E074172-017 SJ5_HAR	16E074172-011 SJ7_HAR	16E074715-004 SJ11_HAR	16E074715-009 SJ15_HAR	16E074715-014 SJ16_HAR
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2	<0.2		*0,2*	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5		<0.5	<0.5		*0,5*	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05		<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,05	<0.005	<0.005		*0,005*	<0.005	<0.005	<0.005	**0,011**	<0.005
Cuivre (Cu)	20%	0,1		0,7	1	0,7	1	1,4	0,3	0,8	1,2	0,6
Plomb	20%	0,05	0,05	<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5		2,7	3,1	2,7	3,1	**5,8**	3	3,8	**5,5**	**4,7**

TOMATES
lavés

Unité: mg/kg MF	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074844-001 SJ20_TOM	16E074844-009 SJ22_ TOM	ELT min	ELT max	16E074172-015 SJ5_TOM	16E074172-013 SJ7_TOM	16E074715-006 SJ12_TOM	16E074715-011 SJ15_TOM
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2	<0.2		*0,2*	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5		<0.5	<0.5		*0,5*	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05		<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,05	<0.005	0,011	*0,005*	0,011	0,006	<0.005	0,016	0,012
Cuivre (Cu)	20%	0,1		0,5	0,6	0,5	0,6	0,4	0,2	0,5	0,9
Plomb	20%	0,05	0,05	<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5		1	1,3	1	1,3	1,1	0,9	1,5	1,7

SALADES
lavées

Unité: mg/kg MF	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074844-003 SJ20_SAL	16E074844-007 SJ22_SAL	ELT min	ELT max	16E074172-016 SJ5_SAL
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2	0,7	*0,2*	0,7	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5		<0.5	<0.5		*0,5*	<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05		<0.05	<0.05		*0,05*	0,06
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,2	0,009	0,038	0,009	0,038	0,028
Cuivre (Cu)	20%	0,1		0,3	0,5	0,3	0,5	0,5
Plomb	20%	0,05	0,3	<0.05	<0.05		*0,05*	0,06
Zinc (Zn)	20%	0,5		1,2	2,2	1,2	2,2	**3,4**

PRUNES/QUESTCHES
non lavées

Unité: mg/kg MF	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074844-005 SJ20_PRU	16E074715-007 SJ13_PRU	16E074715-013 SJ16_PRU
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2	<0.2	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5		<0.5	<0.5	<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05	<0.05	<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05		<0.05	<0.05	<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,05	<0.005	<0.005	<0.005
Cuivre (Cu)	20%	0,1		1,4	0,7	0,6
Plomb	20%	0,05	0,1	<0.05	<0.05	<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5		1,9	0,9	1

POIREAUX ENTIERS
lavés

Unité: mg/kg MF	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié		16E074715-012 SJ16_POI
Chrome (Cr)	20%	0,2		Absence ELT	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5			<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05			<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05			<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,1		**0,006**
Cuivre (Cu)	20%	0,1			**0,3**
Plomb	20%	0,05	0,1*		**0,08**
Zinc (Zn)	20%	0,5			**3**

*valeur conservatoire contre 0,3 mg/kg MF pour les légumes-feuilles

RAVES
Epluchées, lavées

Unité: mg/kg MF	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié		16E074715-005 SJ11_RAV
Chrome (Cr)	20%	0,2		Absence ELT	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5			<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05			<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05			<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,1		0,014
Cuivre (Cu)	20%	0,1			0,1
Plomb	20%	0,05	0,1		<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5			1,7

POMMES
Trognons enlevés

Unité: mg/kg MF	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074844-006 SJ20_POM	16E074844-013 SJ22_ POM	ELT min	ELT max	16E074172-018 SJ5_POM	16E074715-008 SJ13_POM
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2	<0.2		*0,2*	<0.2	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5		<0.5	<0.5		*0,5*	<0.5	<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05	<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05		<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05	<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,05	<0.005	<0.005		*0,005*	<0.005	<0.005
Cuivre (Cu)	20%	0,1		0,5	0,4	0,4	0,5	0,6	**0,8**
Plomb	20%	0,05	0,1	<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05	<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5		<0.5	<0.5		*0,5*	<0.5	<0.5

FRAMBOISES
non lavées

Unité: mg/kg MF	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074844-014 SJ22_ FRAM	16E074172-014 SJ8_FRAM
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5		<0.5	<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05	<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05		<0.05	<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,05	0,018	<0.005
Cuivre (Cu)	20%	0,1		0,9	0,2
Plomb	20%	0,05	0,1	<0.05	<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5		4,2	2,3

X	concentration supérieure à celle de l'ELT ou ELTmin déterminée sur le même fond géochimique/ prise en compte de l'incertitude analytique
XX	concentration comprise entre celle de l'ELTmin et l'ELTmax/ prise en compte de l'incertitude analytique
XX	concentration inférieure à l'ELTmin/prise en compte de l'incertitude analytique
	concentration supérieure à celle de l'ELT ou ELTmin **ET** à la valeur du règlement européen
ELT	échantillon retenu pour caractériser l'environnement lcoal témoin
ELTa1	couche géologique retenue pour l'environnement local témoin
X	gamme (valeur minimale - maximale) retenue pour l'environnement local témoin

Règlements européens:

Exposition humaine:

RÈGLEMENT (UE) 2015/1005 DE LA COMMISSION du 25 juin 2015 modifiant le règlement (CE) no 1881/2006 en ce qui concerne les teneurs maximales en plomb dans certaines denrées alimentaires

RÈGLEMENT (UE) 488/2014 DE LA COMMISSION du 12 mai 2014 modifiant le règlement (CE) n o 1881/2006 en ce qui concerne les teneurs maximales en cadmium dans les denrées alimentaires

CAROTTES
épluchées

Unité: mg/kg MF	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074172-006 SJ3_CA	16E074715-022 SJ18_CA	ELT min	ELT max	16E074715-017 SJ17_CA
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2	<0.2		*0,2*	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5		<0.5	<0.5		*0,5*	<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05		<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,1	0,008	0,012	0,008	0,012	0,011
Cuivre (Cu)	20%	0,1		0,2	0,8	0,2	0,8	0,6
Plomb	20%	0,05	0,1	<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5		1	2,8	1	2,8	2,7

POMMES DE TERRE
épluchées

Unité: mg/kg MF	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074715-021 SJ18_PDT	16E074715-023 SJ3_PDT	ELT min	ELT max	16E074715-019 SJ17_PDT
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2	<0.2		*0,2*	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5		<0.5	<0.5		*0,5*	<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05		<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,1	0,008	<0.005	<0.005	0,008	0,005
Cuivre (Cu)	20%	0,1		0,8	0,7	0,7	0,8	**1,7**
Plomb	20%	0,05	0,1	<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5		2,5	1,8	1,8	2,5	3,4

BETTERAVES
lavées

Unité: mg/kg MF	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074172-008 SJ3_BETT	16E074715-016 SJ17_BETT
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5		<0.5	<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05	<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05		<0.05	<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,1	0,011	0,015
Cuivre (Cu)	20%	0,1		1	0,9
Plomb	20%	0,05	0,1	<0.05	<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5		4,2	2,8

HARICOTS
lavés

Unité: mg/kg MF	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074172-009 SJ3_HAR	16E074715-020 SJ17_HAR
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5		<0.5	<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05	<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05		<0.05	<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,05	<0.005	<0.005
Cuivre (Cu)	20%	0,1		0,8	1,1
Plomb	20%	0,05	0,05	<0.05	<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5		4,5	3,2

Autres résultats
Poireaux entiers lavés

Unité: mg/kg MF	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074172-010 SJ3_POI
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5		<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05		<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,1	<0.005
Cuivre (Cu)	20%	0,1		0,4
Plomb	20%	0,05	0,1*	<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5		1,8

*valeur conservatrice (contre 0,2 pour légume feuille)

Autres résultats
Fanes de carottes lavées**

Unité: mg/kg MF	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074172-007 SJ3_FCA	16E074715-018 SJ17_FCA
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2	0,3
Lithium (Li)	20%	0,5		<0.5	<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05	**0,24**
Arsenic (As)	20%	0,05		0,07	**0,31**
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,2	0,014	**0,022**
Cuivre (Cu)	20%	0,1		0,8	**49**
Plomb	20%	0,05	0,3	<0.05	**0,24**
Zinc (Zn)	20%	0,5		2,3	5,4

** fanes non consommés

X	concentration supérieure à celle de l'ELT déterminée sur le même fond géochimique/ prise en compte de l'incertitude analytique
	concentration supérieure à celle de l'ELT **ET** à la valeur du règlement européen
ELT	échantillon retenu pour caractériser l'environnement lcoal témoin
ELTa2	couche géologique retenue pour l'environnement local témoin
X	gamme (valeur minimale - maximale) retenue pour l'environnement local témoin

Règlements européens:

Exposition humaine:

RÈGLEMENT (UE) 2015/1005 DE LA COMMISSION du 25 juin 2015 modifiant le règlement (CE) no 1881/2006 en ce qui concerne les teneurs maximales en plomb dans certaines denrées alimentaires

RÈGLEMENT (UE) 488/2014 DE LA COMMISSION du 12 mai 2014 modifiant le règlement (CE) n o 1881/2006 en ce qui concerne les teneurs maximales en cadmium dans les denrées alimentaires

CAROTTES
épluchées

Unité: mg/kg MF	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074844-004 **SJ20_CA**	16E074844-011 **SJ22_ CA**	ELT min	ELT max	16E074172-001 SJ1_CA
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2	<0.2		*0,2*	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5		<0.5	<0.5		*0,5*	<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05		<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,1	0,005	0,05	0,005	0,05	<0.005
Cuivre (Cu)	20%	0,1		0,4	0,7	0,4	0,7	0,2
Plomb	20%	0,05	0,1	<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5		4	3,2	3,2	4	1,2

FANES DE CAROTTES
lavées

Unité: mg/kg MF	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié		16E074172-002 SJ1_FCA
Chrome (Cr)	20%	0,2		ELT	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5			<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05			<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05			0,08
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,2		0,006
Cuivre (Cu)	20%	0,1			0,8
Plomb	20%	0,05	0,3		0,1
Zinc (Zn)	20%	0,5		Absence	2,8

COURGETTES
épluchées

Unité: mg/kg MF	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074844-015 **SJ22_ COU**	16E074172-004 SJ1_COU
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5		<0.5	<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05	<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05		<0.05	<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,05	<0.005	<0.005
Cuivre (Cu)	20%	0,1		0,8	0,4
Plomb	20%	0,05	0,05	<0.05	<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5		3,5	1,4

HARICOTS
lavés

Unité: mg/kg MF	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié	16E074844-002 **SJ20_HAR**	16E074844-010 **SJ22_ HAR**	ELT min	ELT max	16E074172-003 SJ1_HAR
Chrome (Cr)	20%	0,2		<0.2	<0.2		*0,2*	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5		<0.5	<0.5		*0,5*	<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05		<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05		<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,05	<0.005	<0.005		*0,005*	<0.005
Cuivre (Cu)	20%	0,1		0,7	1	0,7	1	1
Plomb	20%	0,05	0,05	<0.05	<0.05		*0,05*	<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5		2,7	3,1	2,7	3,1	4,2

POIREAUX ENTIERS
lavés

Unité: mg/kg MF	Incertitude	LQ	Règlement européen n°1881/2006 modifié		16E074172-005 SJ1_POI
Chrome (Cr)	20%	0,2		ELT	<0.2
Lithium (Li)	20%	0,5			<0.5
Antimoine (Sb)	20%	0,05			<0.05
Arsenic (As)	20%	0,05			<0.05
Cadmium (Cd)	20%	0,005	0,1		<0.005
Cuivre (Cu)	20%	0,1			0,4
Plomb	20%	0,05	0,1*		<0.05
Zinc (Zn)	20%	0,5		Absence	1,7

*valeur conservatoire contre 0,3 mg/kg MF pour les légumes-feuilles

X	concentration supérieure à celle de l'ELT ou ELTmin déterminée sur le même fond géochimique/ prise en compte de l'incertitude analytiqu
XX	concentration comprise entre celle de l'ELTmin et l'ELTmax/ prise en compte de l'incertitude analytique
XX	concentration inférieure à l'ELTmin/prise en compte de l'incertitude analytique
	concentration supérieure à celle de l'ELT ou ELTmin **ET** à la valeur du règlement européen
ELT	échantillon retenu pour caractériser l'environnement lcoal témoir
ELTa1	couche géologique retenue pour l'environnement local témoir
X	gamme (valeur minimale - maximale) retenue pour l'environnement local témoin

Règlements européens:

Exposition humaine:

RÈGLEMENT (UE) 2015/1005 DE LA COMMISSION du 25 juin 2015 modifiant le règlement (CE) no 1881/2006 en ce qui concerne les teneurs maximales en plomb dans certaines denrées alimentaire

RÈGLEMENT (UE) 488/2014 DE LA COMMISSION du 12 mai 2014 modifiant le règlement (CE) n o 1881/2006 en ce qui concerne les teneurs maximales en cadmium dans les denrées alimentaire

				Référence EUROFINS :	16E076925-001	Réglement européen 574/2011	16E076925-002	16E076925-003
				Référence :	SB45_HER	teneur à 12% humidité	SB46_HER	SB47_HER
Paramètres	Unités	Incertitude	LQ					
Chrome (Cr)	mg/kg MF	20%	0,2		<0.2		<0.2	<0.2
Lithium (Li)	mg/kg MF	20%	0,5		2,9		<0.5	<0.5
Antimoine (Sb)	mg/kg MF	20%	0,05		<0.05		<0.05	<0.05
Arsenic (As)	mg/kg MF	20%	0,05		0,53	2	0,13	0,11
Cadmium (Cd)	mg/kg MF	20%	0,005		0,019	1	0,018	0,027
Cuivre (Cu)	mg/kg MF	20%	0,1		1,1		1,1	1,2
Plomb	mg/kg MF	20%	0,05		0,28	30	0,07	0,05
Zinc (Zn)	mg/kg MF	20%	0,5		7,2		7,3	10
Humidité	%						nd	nd

nd: non déterminé

SB	Echantillon retenu pour l'environnement local témoin
X	concentration supérieure à celle de l'ELT / prise en compte de l'incertitude analytique

Règlements européens:

Exposition animale:

RÈGLEMENT (UE) N° 574/2011 DE LA COMMISSION du 16 juin 2011 modifiant l'annexe I de la directive 2002/32/CE du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les teneurs maximales applicables au nitrite, à la mélamine, à Ambrosia spp. et au transfert de certains coccidiostatiques et histomonostatiques, et établissant une version consolidée de ses annexes I et II

Annexe 8 : évaluation de la toxicité et valeurs toxicologiques de référence

1 GLOSSAIRE

AFSSA Agence française de sécurité sanitaire des aliments

ANSES Agence Nationale de Sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

ARS Agence Régionale de Santé

ATSDR Agency for Toxic Substances and Disease Registry

BMD : Benchmark dose

BMDL10 : Benchmarkdose à la limite de 10 %

CICAD Concise International Chemical Assessment Documents

CRi / CRo Concentration ou dose induisant un risque de cancer de 10^{-4}

CT Concentration Tolérable

CT0,05 Concentration Tumorigène 0,05 : concentration généralement dans l'air (exprimée en mg/m^3 par exemple) qui induit une augmentation de 5 % de l'incidence des tumeurs ou de la

DDT Direction départementales du territoire

DGS Direction Général de la Santé

DHT Doses Hebdomadaires Tolérables

DHPT Doses Hebdomadaires Provisoires Tolérables

DJA Dose Journalière Admissible

DJE Dose journalière d'exposition

DJT Dose Journalière Tolérable

EFSA European Food Safety Autority

ERI Excès de risque individuel

ERU Excès de risque unitaire

FoBiG Forschungs und Beratungsinstitut Gefahrstoffe (Institut de Recherche allemand sur les dangers des substances chimiques)

HCSP Haut Conseil de Santé Publique

IARC/CIRC International Agency for Research on Cancer / Centre International de la Recherche pour le Cancer

IRIS Database for Risk Assessment (base de l'US EPA)

JEFCA The 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)

MPR	Maximum Permissible Risk (risque maximum acceptable)
MRL	Minimum risk level (niveau de risque minimum)
NOAEC	No Observed Adverse Effect Concentration (concentration maximale sans effet néfaste observé)
NOAEL	No Observed Adverse Effect Level (dose maximale sans effet Néfaste observé)
NSF	The Public Health And Safety Company (Société internationale)
NTP	National Toxicological Program
OEHHA	Office of Environmental Health Hazard Assessment
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
PBPK	Physiologique basé sur la pharmococinétique
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)
TCA	Tolerable Concentration in Air (concentration tolérable dans l'air)
TDI	Tolerable Daily Intake

2 EVALUATION DE LA TOXICITE ET VALEURS TOXICOLOGIQUES DE REFERENCE

2.1 GENERALITES

L'évaluation de la toxicité regroupe les deux étapes suivantes détaillées ci-après :

- l'identification du potentiel dangereux des substances, c'est-à-dire les effets indésirables qu'une substance est intrinsèquement capable de provoquer chez l'homme. Ces effets pour des expositions aiguës ou chroniques peuvent être de différents types : effets locaux, systémiques, non cancérigènes, cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques. La connaissance d'informations sur les effets toxiques identiques sur un même organe peut s'avérer nécessaire lors de la quantification du risque pour décider du cumul ou non des risques liés aux substances à seuil. Cette étape comporte également la recherche de la classification des substances pour leurs effets cancérigène et génotoxique, qui provient principalement des banques de données suivantes : Union Européenne avec l'inventaire EINECS (European Inventory of Existing Commercial Substances) ; site web : http://ecb.jrc.it/existing-chemicals/ ; IARC / CIRC (International Agency for Research on Cancer / Centre International de Recherche sur le Cancer) ; site web :

http://www.monographs.iarc.fr/FR/classification/index.php ; US EPA (United States Environmental Protection Agency) et son programme IRIS (Integrated Risk Information System) ; site web : http://www.epa.gov/iris/ ;.

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

La VTR d'une substance est établie à partir des données disponibles sur l'effet de la substance (http://www.sante-environnement-travail.fr ; 2008). Elle est spécifique d'un effet, d'une voie et d'une durée d'exposition. Ainsi, une substance chimique pourra disposer de plusieurs VTR : une pour l'inhalation et une pour l'ingestion par exemple. La VTR s'appuie sur des données animales issues d'études d'expérimentales ou, lorsqu'elles existent, sur des données humaines issues d'études épidémiologiques. Les VTR sont établies par des organismes sanitaires nationaux ou internationaux. Les étapes et les hypothèses nécessaires à leur élaboration à partir de résultats de tests toxicologiques sont différentes pour les effets considérés comme à seuil de dose et pour ceux sans seuil de dose.

Les VTR se définissent comme suit :

- Effets à seuil et VTR associée (voir le glossaire pour les abréviations et acronymes)

  Pour les effets à seuil, il est supposé l'existence d'un seuil de dose en deçà duquel la probabilité d'occurrence de l'effet néfaste chez l'homme est considérée comme nulle. Il est fait l'hypothèse que les mécanismes d'action toxique conduisant à ces effets néfastes surviennent eux-mêmes avec un seuil. Les effets cancérogènes résultant d'un mécanisme non génotoxique appartiennent à cette catégorie.

  Les effets cancérogènes ont longtemps été considérés comme des effets sans seuil. Depuis quelques années, seuls les effets cancérogènes génotoxiques suivent cette hypothèse d'absence de seuil. Il peut ainsi exister pour un composé des VTR à seuil pour les effets cancérogènes, coexistantes avec d'autres VTR à seuil (effets non cancérogènes) et des VTR cancérogènes sans seuil.

La VTR associée à des effets à seuil, est la dose maximale pour laquelle il est estimé ne pas voir apparaître d'effet néfaste chez l'homme ; il s'agit donc d'une quantité de produit. Elle est majoritairement issue d'études sur des animaux. Pour les substances à effets à seuil, les VTR ont comme démarche d'élaboration, la détermination de l'effet critique, la détermination d'une dose ou d'une concentration critique (No Observed Adverse Effect Level - NOAEL, LOAEL, BMD) et l'utilisation de facteurs d'incertitude. Pour l'obtenir, la valeur de la dose seuil estimée sans effet sur l'animal est divisée par un certain nombre de ces facteurs, dits d'incertitude, Uncertainty Factor, UF. Ces derniers ont généralement des valeurs comprises entre 1 et 10000, par exemple, pour la variation inter-espèce (la transposition à l'homme d'un seuil obtenu sur l'animal (sachant que les effets qualitatifs observés chez l'animal seront considérés identiques pour l'homme)) (3 à 10), pour la variation de sensibilité inter-individus au sein d'une même espèce (3 à 10), pour l'utilisation d'un LOAEL (3 à 10), pour l'utilisation d'une BMD/BMC (benchmark dose ou concentration) : rapprochement d'une dose sans effet (3), pour l'extrapolation temporelle souvent nécessaire pour passer d'un résultat issu d'une expérience réalisée sur une durée moyenne à une valeur protectrice sur le long terme, pour la prise en compte de la durée de l'étude (subchronique - chronique : 3 à 10), de la sévérité de l'effet (3 à 10), de la fiabilité des données (3 à 10).

Les noms attribués aux VTR et leurs définitions varient en fonction de l'organisme qui les ont établies, dont les principales sont : DJA, DJT / Tolerable Concentration in Air (TCA) pour l'OMS, Oral Reference dosis (RfD) / Reference concentration (RfC) pour l'US EPA, MRL pour l'ATSDR, DJA / CA pour Health Canada, Tolerable Daily Intake (TDI) / TCA pour le RIVM définies dans le glossaire. Ces VTR sont exprimées en (mg/kg/j) ou en (mg/m^3).

- <u>Effets sans seuil et VTR associée</u> (voir le glossaire pour les abréviations et acronymes)

  Pour les effets sans seuil, l'hypothèse est qu'il n'y a pas de seuil de toxicité : toute dose peut produire l'effet toxique avec une probabilité donnée. Aussi l'objectif est de disposer d'informations quantitatives permettant de déterminer une dose pour laquelle il est estimé que cette probabilité de survenue de l'effet est "acceptable". Les effets cancérogènes résultant d'un mécanisme génotoxique appartiennent à cette catégorie.

  La VTR associée à des effets sans seuil est la probabilité d'observer un effet néfaste lié à une substance par unité de dose.

  La VTR est obtenue à partir d'une extrapolation de la relation dose-réponse observée lors d'une expérimentation sur des animaux ou pour de fortes expositions humaines (le plus souvent professionnelles) vers les faibles ou très faibles valeurs de risque correspondant aux doses des expositions environnementales

  Pour l'US EPA, cette probabilité est souvent exprimée par un excès de risque unitaire. Pour Health Canada, il s'agit de DT0,05 et CT0,05, la dose totale ou concentration générale dans l'air qui induit une augmentation de 5 % de l'indice des tumeurs ou de la mortalité attribuable à des tumeurs. Elles s'expriment en mg/kg/j ou en mg/m^3. Health Canada propose de diviser ces valeurs par 5 000 et 50 000 pour assurer une protection similaire à celle donnée par l'ERU, ces particularités techniques rendent son utilisation moins immédiate, cas nécessitant la connaissance de la valeur spécifique à la chaque substance étudiée. En effet

elles ne sont pas assimilées par Health Canada à des ERU directement utilisables dans une EQRS. Pour le CR du RIVM, la VTR s'exprime comme la quantité ou la concentration de substance induisant un excès de risque cancérogène (souvent de l'ordre de 10^{-4}, soit 1 cas de cancer additionnel pour 10.000 individus) ; le CRo est exprimé en mg/kg/j et le CRi en mg/m^3.

A la VTR associée, les noms attribués aux VTR et leurs définitions varient en fonction de l'organisme qui les ont établies : ERU / Slope Factor - Sf (US EPA (IRIS) / OMS) / URF, CPF (OEHHA), qui correspondent à la probabilité par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu développe un cancer s'il est exposé pendant sa vie entière à une unité de dose ou de concentration de la substance cancérogène. Ces VTR sont exprimées en $(mg/kg/j)^{-1}$ ou en $(mg/m^3)^{-1}$.

2.2 DEMARCHE GENERALE D'ANALYSE ET DE CHOIX DE VTR

Les valeurs toxicologiques de référence (VTR) ont été choisies conformément aux instructions du ministère en charge de la santé selon la circulaire DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués (abrogation de la circulaire DGS/SD n°2006-234 de mai 2006), relative entre autres aux modalités de sélection des VTR, comme repris dans la lettre de la Ministre aux Préfets du 8 février 2007 et ses annexes (MEDD, 2007).

Les valeurs toxicologiques de référence retenues sont issues d'un choix parmi celles proposées par les 8 organismes et agences reconnues :

- ANSES – Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail ;
- US EPA : IRIS - Integrated Risk Information System - U.S. Environmental Protection Agency. http://www.epa.gov/ngispgm3/iris/.
- ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. htpp://www.atsdr.cdc.gov/ toxpro2.html;
- OMS/ IPCS: Organisation Mondiale de la Santé/ International Program on Chemical Safety - http://www.inchem.org
- OEHHA - Office of Environmental Health Hazard Assessment, Agency Oakland California. http://www.oehha.ca.gov/risk/ChemicalDB/index.asp;
- RIVM - Rijksinstituut voor volksgezondheid en milieu (national institute of public health and environment) (2001) - Re-evaluation of human-toxicological maximum permissible risk levels, report 711701 025, March 2001 - http:/www.rivm.nl;
- Santé Canada - VTR Substances. http://www.hc-sc.gc.ca/francais/;
- EFSA : Eureopean Food Safety Authority -http://www.efsa.europa.eu/fr/.

Dans le cadre de la présente étude, ont également été consultés les organismes suivants :

- NSF - http://www.nsf.org/;

- FoBiG - Forschungs und Beratungsinstitut Gefahrstoffe (Institut de Recherche allemand sur les dangers des substances chimiques).

Il est recommandé de sélectionner en premier lieu les VTR construites par l'ANSES même si des VTR plus récentes sont proposées par les autres bases de données.

A défaut, si pour une substance une expertise nationale a été menée et a abouti à une sélection approfondie parmi les VTR disponibles, alors les VTR correspondantes pourront être retenues, sous réserve que cette expertise ait été réalisée postérieurement à la date de parution de la VTR la plus récente.

La position de l'INERIS est de proposer la meilleure approche au vu des connaissances disponibles ; le niveau d'approfondissement vers la meilleure connaissance disponible, comme tout aspect des études, sera proportionné aux enjeux.

Ainsi, ont été pris en compte les avis d'experts toxicologiques lorsqu'ils étaient disponibles pour les substances étudiées, notamment ceux de l'INERIS.

Les VTR retenues sont issues d'une démarche de choix approfondie de la part de l'INERIS. La méthodologie de réalisation du choix approfondi de VTR est basée sur celle décrite par Doornaert (2006) et INERIS (2005).

Un choix parmi les différentes valeurs disponibles est réalisé pour chacune des voies d'exposition, pour des durées d'exposition chroniques pour les effets avec et sans seuil. La justification scientifique des valeurs retenues est basée sur les valeurs toxicologiques de référence disponibles. Selon les substances, le niveau de détail apporté dans la justification dépend du volume des données disponibles et de leur qualité.

De manière générale, les VTR élaborées à partir d'études épidémiologiques sont privilégiées. Une analyse de la qualité de chaque étude clef est pratiquée ainsi que celle des différents paramètres servant à l'élaboration de chaque VTR : effet critique, dose ou concentration critique, méthode de calcul et choix des facteurs d'incertitude. Seule la VTR la plus pertinente est alors retenue.

Les extrapolations voie à voie ne sont pas conseillées pour des effets à seuil et seront donc rarement retenues pour les VTR élaborées pour ce type d'effet. En revanche, l'extrapolation voie à voie peut être retenue pour les VTR élaborées pour des effets sans seuil, dans la mesure où le nombre d'études disponibles permettant l'établissement d'une VTR est très souvent très limité. Cette extrapolation n'est alors envisageable que sous réserve qu'il soit clairement démontré que des effets cancérigènes sont observés pour les deux voies d'exposition considérées.

Les valeurs issues de documents non finalisés (en projet) ne sont pas retenues dans les choix.

Les valeurs provisoires sont analysées au même titre que les autres VTR, la notion de « provisoire » étant alors considérée comme une limite de confiance émise par l'organisme qui l'élabore. De ce fait, ces valeurs provisoires sont rarement préférées lorsque d'autres valeurs sont disponibles. Les valeurs identifiées dans des tableaux récapitulatifs et non justifiées par les organismes qui les proposent, ne sont pas prises en considération dans le présent choix.

Les valeurs guides long terme de l'OMS et l'ANSES ne sont retenues que dans la mesure où elles sont construites selon le même principe que les VTR.

Si une seule valeur est disponible, l'analyse critique de sa validité est réalisée.

Si la ou les valeurs disponibles sont jugées de faible qualité mais qu'au regard des risques pour les populations exposés il est indispensable de disposer d'une valeur, celle-ci est malgré tout retenue mais la mention « par défaut » permettra d'alerter sur les limites de sa qualité.

En l'absence de valeur disponible, il n'est pas proposé de valeur.

Cette approche ne déroge pas à la circulaire de la DGS (circulaire DGS/SD n°2006-234 de mai 2006), tenant compte de la meilleure approche au vu des connaissances disponibles.

2.3 VTR RETENUES POUR UNE EXPOSITION CHRONIQUE ET LA VOIE INGESTION

En termes de choix des VTR pour une exposition chronique et pour la voie ingestion, l'INERIS a retenu les VTR suivantes, tenant compte de la démarche de choix approfondi présentée ci-dessus, dans les autres cas, la VTR la plus conservatoire a été retenue.

- **Antimoine**

  Effets à seuil

  La VTR retenue pour une exposition chronique par voie orale à l'antimoine est la valeur de 4.10^{-4} $mg.kg^{-1}.j^{-1}$ de l'US EPA.

  Trois VTR sont proposées par l'OMS, l'US EPA et le RIVM.

  La valeur de l'US EPA est construite à partir d'une étude chronique réalisée avec du tartrate d'antimoine (Schroeder et *al.,* 1970) et portant sur des effets critiques biochimiques (glucose sanguin et cholestérol). Un facteur d'incertitude de 1 000 (10 x 10 x 10) a été utilisé pour tenir compte des paramètres inter- et intra-espèces ainsi que de l'utilisation d'un LOAEL.

  L'OMS se base sur une étude sub-chronique plus récente, utilisant du tartrate d'antimoine et de potassium mais pour laquelle les effets critiques sont le gain de poids corporel et la diminution de la prise alimentaire. Ces deux études sont sensiblement équivalentes mais la durée de l'étude sélectionnée par l'US EPA est plus adaptée et les effets critiques retenus pour la construction de la VTR de l'US EPA sont cohérents par rapport au profil toxicologique de la substance.

  Enfin, en 2009, le RIVM reprend intégralement la valeur de l'OMS.

- **Argent**

  Effets à seuil

  La seule VTR disponible est celle proposée par l'US EPA de 0,005 mg/kg.j.

- **Arsenic**

  Effets à seuil

  La VTR retenue pour une exposition chronique à l'arsenic par voie orale est la valeur du FoBIG de $4{,}5.10^{-4}$ $mg.kg^{-1}.j^{-1}$.

  Plusieurs organismes proposent des valeurs pour des expositions chroniques par voie orale.

Les VTR chroniques proposées par l'US EPA et l'ATSDR pour la voie orale sont identiques. Les mêmes études clefs ont été retenues et le même raisonnement a été suivi.

La valeur établie par le RIVM est basée sur la VTR provisoire de l'OMS en 1996, sans aucune mention des études sources. Or, dans son nouveau rapport de 2008, l'OMS ne propose plus de VTR pour l'arsenic.

Compte tenu du manque de fiabilité des VTR disponibles, l'INERIS a élaboré une VTR en 2007, à partir d'une étude épidémiologique récente, celle de Rahman et al. (2006), dans laquelle les lésions cutanées (hyperpigmentation, hypopigmentation et kératose) sont observées pour des doses supérieures à 0,7 $\mu g.kg^{-1}.j^{-1}$. Cependant, l'apport en arsenic via la nourriture n'ayant pas été pris en compte par les auteurs, la VTR construite à partir de cette étude ne sera pas retenue.

L'OEHHA (2008) a élaboré une nouvelle VTR, à partir d'études épidémiologiques récentes (Wasserman et *al.,* 2004 ; Tsai et *al.,* 2003). L'effet critique correspond à une diminution des capacités intellectuelles et des altérations du comportement chez 200 enfants âgés de 10 ans, exposés depuis leur naissance via l'eau de boisson. Cette population constituant une population sensible est très intéressante mais de taille limitée pour une étude épidémiologique. Ces effets apparaissent pour des doses très faibles, inférieures à celles entraînant des effets cutanés. Cette VTR est de bonne qualité mais probablement un peu trop sécuritaire du fait de la population retenue dans l'étude clef.

Enfin en 2009, le Forschungs und Beratungsinstitut Gefahrstoffe (FoBiG) a dérivé une VTR à partir d'une étude transversale de plus de 10 000 personnes (Ahsan et *al.,* 2006), dans laquelle les variations des lésions cutanées observées, en fonction du sexe et du statut nutritionnel, ont été prises en compte dans l'élaboration de la relation dose/réponse. Une $BMDL_{05}$ a de plus été calculée et prise comme point de départ à l'élaboration de la VTR. Cette VTR est donc la plus solide et prend en compte les données épidémiologiques les plus récentes ainsi que la population la plus représentative.

Habituellement, l'INERIS ne regarde pas de manière systématique les valeurs proposées par le FoBiG, toutefois, compte tenu de la qualité de l'étude sur laquelle repose cette VTR et de la qualité de sa construction, l'INERIS préconise de retenir cette VTR dans le cas d'une exposition chronique par voie orale.

Effets sans seuil

La VTR retenue pour une exposition chronique à l'arsenic par voie orale est la valeur proposée par l'OEHHA et l'US EPA de 1,5 $(mg.kg^{-1}.j^{-1})^{-1}$.

La valeur établie par Santé Canada présente des contradictions entre le texte explicatif et le tableau de valeurs utilisées.

L'OEHHA et l'US EPA proposent la même valeur. Cette valeur a été établie à partir d'une relation dose-effet pour les cancers cutanés (Tseng et al., 1968 et Tseng, 1977). Un modèle multi-étapes de type linéaire et quadratique basé sur la prédiction de l'apparition des cancers cutanés en fonction de la dose et de l'âge a été utilisé pour l'extrapolation aux faibles doses.

- **Cadmium**

Effets à seuil

La VTR retenue pour une exposition chronique par voie orale au cadmium est la valeur de l'EFSA de $3{,}6.10^{-4}$ $mg.kg^{-1}.j^{-1}$.

Plusieurs organismes proposent des valeurs : l'ATSDR, l'OMS, l'OEHHA, l'US EPA, le RIVM, Santé Canada mais également l'European Food Safety Autority (EFSA).

Compte tenu du manque de transparence de l'élaboration de la valeur de Santé Canada, celle-ci n'est pas retenue.

La VTR de l'ATSDR est basée sur les atteintes rénales à partir du dosage de la β_2-microglobinurie.

L'US EPA, le RIVM, l'OEHHA et l'OMS proposent une VTR basée sur le même critère d'effet : l'apport de cadmium ne doit pas dépasser 1.10^{-3} mg $Cd.kg^{-1}.j^{-1}$. Les informations prises en compte dans la littérature sont de bonne qualité et le même raisonnement a été tenu pour établir les facteurs de sécurité. Les valeurs proposées par l'OEHHA et le RIVM peuvent être retenues car elles prennent un facteur de sécurité de 2 supplémentaire par rapport à l'US EPA. Par ailleurs, la valeur établie par l'OMS est provisoire. L'INERIS conseille en général de ne pas retenir les valeurs provisoires.

Enfin, la valeur de l'EFSA est basée sur le dosage de la β2-microglobinurie mais prend en compte les méta-analyses et les apports journaliers. Il s'agit donc de la valeur la plus récente qui tient compte de l'ensemble des données disponibles. La démarche parait recevable et la valeur proposée est proche des autres, c'est donc cette valeur que l'INERIS retient.

- **Chrome**

Effets à seuil

Les VTR attribuées au chrome dépendent de sa valence (trivalent/hexavalent).

La VTR du chrome trivalent est de 1,5 mg/kg/j pour les sels insolubles (US EPA, 1998) ou de 0,005 mg/kg/j pour les sels solubles (RIVM, 2001). A défaut de connaître la forme du chrome, elle est assimilée aux sels solubles. C'est la VTR de 0,005 mg/kg/j pour les sels solubles qui est retenue dans la présente étude.

Effets sans seuil

Depuis 2010, l'US EPA a élaboré une VTR provisoire pour la voie orale avec $0{,}5\ (mg/kg/j)^{-1}$. Cette dernière étant provisoire, aucune valeur n'est pour le moment retenue par l'INERIS.

- **Cuivre**

Effets à seuil

La VTR retenue pour des expositions chroniques par voie orale au cuivre est la valeur de 140 $\mu g.kg^{-1}.j^{-1}$ du RIVM.

La valeur du RIVM est la seule valeur établie pour des expositions autres que celle par l'eau de boisson. Elle est basée sur une étude chronique chez la souris et retient comme critère d'effet la diminution de l'espérance de vie (Massie et Aiello, 1984). Cette valeur prend également en compte les résultats des études chez l'homme ce qui modifie les critères habituels d'application des facteurs d'incertitude. Le RIVM considère que sa valeur est de fiabilité moyenne. La démarche est claire et cohérente. L'INERIS propose de retenir cette valeur.

- **Lithium**

Effets à seuil – effets sans seuil : aucune VTR n'est à l'heure disponible dans les bases de données classiques. Les informations ci-dessous sont communiquées par l'équipe de toxicologues de l'INERIS :

« Rapidement absorbés par voie digestive et respiratoire, les sels de lithium ne traversent pas la barrière cutanée intacte. Le lithium diffuse rapidement dans le secteur extracellulaire, pénètre plus lentement dans les cellules et ne se lie pas aux protéines. L'ion Li+ diffuse passivement en quelques heures dans tous les tissus ; sa pénétration est plus lente dans le cerveau (2 jours). Le lithium passe la barrière placentaire et est retrouvé dans le lait maternel. Le lithium n'est pas métabolisé, son élimination est majoritairement par voie urinaire en quelques heures.

Étant un cation monovalent, le lithium va entrer en compétition avec les autres cations comme le sodium ou le calcium au niveau cellulaire notamment des neurones.

Chez l'homme, lors d'expositions aigües à l'hydrure de lithium ou au lithium métallique peut induire des lésions caustiques de la peau et des yeux, ainsi qu'une forte irritation des voies respiratoires.

Lors d'exposition répétées, l'intoxication au lithium est proportionnelle à la lithémie (concentration sanguine en lithium) pour des concentrations plasmatiques supérieures à 1,5 à 2 $mmol.L^{-1}$ soit 10,4 à 13,9 $mg.L^{-1}$. Les principaux effets rapportés sont des effets rénaux chroniques (insuffisance rénale chronique) surtout observés à des doses thérapeutiques chez les sujets âgés, des effets neurologiques (tremblement, troubles de la parole, anomalies de l'électroencéphalogramme non spécifique avec un ralentissement global ou des convulsions) et une hypothyroïdie.

Les sels de lithium, à l'exception de l'hydrure de lithium, ont été évalués par différents tests de génotoxicité ; les résultats sont controversés. Aucune étude de cancérogenèse n'a été retrouvée dans la littérature.

Les résultats des études sur la fertilité et le développement chez l'animal ne semblent pas suffisants pour conclure à un effet.

A notre connaissance, il n'existe pas de valeur toxicologique de référence. »

- **Mercure**

Effets à seuil

La VTR retenue pour des expositions chroniques par voie orale au mercure la valeur de 0,0001 mg/kg/j de l'US EPA (2001). Elle correspond à la forme organique du mercure (méthymercure), et est la valeur la plus contraignante. Elle repose sur plusieurs études épidémiologiques, sur lesquelles un facteur d'incertitude de 10 a été appliqué (inclus le modèle pharmacocinétique).

Plusieurs organismes proposent des valeurs pour des expositions chroniques par voie orale. Cette même valeur de 0,0001 mg/kg/j est proposée par le RIVM (2001) pour le mercure organique (l'étude repose sur une exposition des bébés in utero au méthylmercure).

Une VTR spécifique est attribuée à l'acétate de phénylmercure par US EPA (2009) pour la voie ingestion : 0,00008 mg/kg/j. Ce composé est notamment

utilisé pour le traitement de semences (formulation spécifique à l'industrie phytosanitaire).

A titre indicatif, la VTR associée au mercure inorganique (chlorure de mercure) est de 0,002 mg/kg/j (RIVM, 2001).

- **Plomb**

Effets à seuil

La VTR retenue pour des expositions chroniques au plomb par voie orale est la valeur de l'ANSES (2013) avec $6{,}3.10^{-4}$ $mg.kg^{-1}.j^{-1}$. Elle correspond chez l'enfant et l'adulte à une plombémie de 15 µg/L ; la plombémie n'est calculée que pour les effets à seuil de dose en prenant en compte comme effet critique les effets les plus sensibles, à savoir : effet neurologique pour l'enfant et maladies chroniques rénales pour l'adulte.

Jusqu'à présent, les VTR retenues étaient celles proposées par l'OMS (récemment retirée) et le RIVM qui étaient les mêmes ($3{,}6.10^{-3}$ $mg.kg^{-1}.j^{-1}$) et reposaient sur de nombreux travaux qui semblaient montrer que chez l'enfant, il n'y avait pas d'augmentation de la plombémie en deçà de 4 $\mu g.kg^{-1}.j^{-1}$. Aucun facteur d'incertitude n'était appliqué.

Effets sans seuil

La valeur de l'OEHHA est retenue pour les effets sans seuil : $8{,}5.10^{-3}$ $(mg.kg^{-1}.j^{-1})^{-1}$. Ces valeurs ont été calculées à partir d'une étude de cancérogénèse expérimentale chez le rat (Azar *et al*., 1973). OEHHA est le seul organisme a proposé une VTR pour les voies oral et inhalation.

- **Zinc**

Effets à seuil

La VTR retenue pour des expositions chroniques au zinc par voie orale est la valeur de l'US EPA et de l'ATSDR de 3.10^{-1} $mg.kg^{-1}.j^{-1}$.

Quatre VTR sont proposées par l'ATSDR, l'US EPA, le RIVM et l'OMS pour des expositions chroniques au zinc par voie orale. La valeur de l'OMS est une valeur provisoire ancienne. La valeur proposée par le RIVM prend en compte un facteur d'incertitude de 2, valeur non conventionnelle qui n'est pas justifiée par l'organisme. Les valeurs de l'US EPA et de l'ATSDR sont élaborées à partir de la même étude épidémiologique (Yadrick et *al.*, 1989) et retiennent comme effet critique les effets sur la biochimie sanguine (diminution de l'hématocrite, de la ferritine sanguine et de l'activité de la superoxyde dismutase érythrocytaire). Le même facteur d'incertitude de 3 a été appliqué car l'étude concerne une population sensible et également car le zinc est un nutriment essentiel. Il est cohérent par rapport à cette étude.

- **Tungstène**

  Effets à seuil – effets sans seuil : aucune VTR n'est à l'heure disponible dans les bases de données classiques. Aucune information consolidée n'a été communiquée par l'équipe de toxicologues de l'INERIS.

3 EVALUATION DES EXPOSITIONS

3.1 GENERALITES ET RAPPELS METHODOLOGIQUES

L'exposition est le contact entre un organisme vivant et une situation ou un agent dangereux, présent dans un ou des milieux potentiellement contaminés. La dose d'exposition est la quantité de cette substance présentée à la barrière biologique de l'individu exposé (dose externe) ou l'ayant traversé (dose interne), par unité de poids corporel et par unité de temps, par exemple dans le cas de la voie d'exposition par ingestion.

L'évaluation de l'exposition consiste, d'un côté, à identifier les personnes exposées (âge, sexe, caractéristiques physiologiques, budgets espace temps, etc.) et les voies d'exposition / de pénétration des substances. De l'autre, elle doit quantifier la fréquence, la durée et l'intensité de l'exposition à ces substances - exprimée par une dose moyenne journalière ou, pour l'inhalation, par une concentration moyenne dans l'air - pour chaque voie pertinente.

L'exposition à une substance chimique dépend :

- de sa concentration dans les milieux,
- de son comportement physico-chimique,
- des voies et des niveaux d'exposition des populations avec les milieux concernés.

L'étape d'évaluation de l'exposition consiste à quantifier l'exposition des populations sur la base du schéma conceptuel correspondant à l'étude.

Le paragraphe suivant rappelle l'expression du calcul d'une dose journalière d'exposition, avec les paramètres d'exposition associés.

Les expositions potentielles aux substances étudiées sont directement proportionnelles à la concentration de ces substances dans les milieux considérés (les sols de surface) et caractéristiques de l'exposition (durée, fréquence).

L'équation permettant de calculer une dose d'exposition pour la voie d'exposition par ingestion est donnée ci-après, ainsi que les paramètres associés.

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

avec

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

3.2 CARACTERISATION DES RISQUES

3.2.1 GENERALITES ET RAPPELS METHODOLOGIQUES

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

- Pour les effets à seuil

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

Les intervalles de gestion ainsi obtenus par le calcul du quotient de danger sont explicités à la section 5.6.1.

- Pour les effets sans seuil

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

avec :

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

QD	quotient de danger[2]	-
ERI	excès de risque individuel	-
DJE	dose journalière d'exposition orale	$M\ M^{-1}\ T^{-1}$
VTR pour les effets à seuil	valeur toxicologique de référence (correspondant à une concentration dans le cas de la voie d'inhalation et à une dose dans le cas de la voie orale)	$M\ L^{-3}$ ou $M\ M^{-1}\ T^{-1}$
VTR pour les effets sans seuil	valeur toxicologique de référence (correspondant à l'inverse d'une concentration dans le cas de la voie d'inhalation et à l'inverse d'une dose dans le cas de la voie orale)	$(M\ L^{-3})^{-1}$ ou $(M\ M^{-1}\ T^{-1})^{-1}$

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

4 REFERENCES

ADEME, IRSN (2004) - CIBLEX : Base de données de paramètres descriptifs de la population française au voisinage d'un site pollué. CD-Rom coédité ADEME / IRSN, référence 4773.

ADEME et al. (2007-a) - Guide d'échantillonnage de plantes potagères dans le cadre de diagnostics environnementaux.

ADEME-INERIS-IRSN, en collaboration avec la Cellule interrégionale d'épidémiologie d'Ile de France (2008) – Guide pour l'implication des populations dans l'évaluation et la gestion d'un site et sol pollué.

ANSES - http://www.anses.fr/

Ahsan H., Chen Y., Parvez F., Zablotska L., Argos M., Hussain I., Momotaj H., Levy D., Cheng Z., Slavkovich V., van Geen A., Howe G.R. and Graziano J.H. (2006) - Arsenic exposure from drinking water and risk of premalignant skin lesions in Bangladesh: baseline results from the Health Effects of Arsenic Longitudinal Study. Am J Epidemiol, 163, 12, 1138-1148.

ATSDR - http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/index.asp

Binder, S., Sokal, D., Maughan, D. (1986) - Estimating soil ingestion: the use of tracer elements in estimating the amount of soil ingested by young children. Arch. Environ. Health, 41, 341-345.

Calabrese EJ., Stanek EJ. (1998) - Soil ingestion in children and adults : a dominant influence in

Calabrese EJ, Barnes RM, Stanek EJ, Pastides H, Gilbert CE, Veneman P, Wang X, Lasztity A, Kostecki PT. (1989) - How much soil do children ingest: an epidemiologic study. Regul Toxicol Pharmacol. 10 123-37.

Calabrese EJ, Stanek EJ, Gilbert CE, Barnes RM. (1990) - Preliminary adult soil ingestion estimates : results of a pilot study. Regul Toxicol Pharmacol. 12 88-95.

Calabrese EJ, Stanek EJ. (1991) - A guide to interpreting soil ingestion studies. II. Qualitative and quantitative evidence of soil ingestion. Regul Toxicol Pharmacol. 13 278-92.

Calabrese E., Stanek K. (1995) - Resolving intertracer inconsistencies in soil ingestion estimates, Environmental health perspectives, Vol. 103, n°5

Calabrese, E.J., Stanek, E.J., III, Pekow, P., Barnes, R.M. (1997) - Soil ingestion estimates for children residing on a superfund site. Ecotoxicol. Environ Saf, 36, 258-268.

Calabrese, E.J. and Stanek, E.J. (1998) - Soil ingestion estimation in children and adults: a dominant influence in site-specific risk assessment. ELR, New & Analysis, 28, 10660-10667.

Clausing P., Brunekreef B., Van Wijnen J.H. (1987) - A method for estimating soil ingestion by children. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 59, 73-82.

DGS (2006) - Circulaire du Ministère de la Santé et des Solidarités relative à « Modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans

le cadre des études d'impact », référencée DGS/SD7B/2006/234 et datée du 30 mai 2006.

Doornaert B. et Pichard A. (2006) - Valeurs toxicologiques de référence : comment choisir ? Environnement Risque et Santé, 5, n°3 mai-juin.

Dor F., Denys S., Daniau C., Bellenfant G., Zeghnoun K., Dabin C., Nedellec V., Mosqueron L., Floch-Barneaud A., Mathieu A. (2009) - Exposition des enfants par ingestion de sol et de poussières contaminés : quels choix pour les évaluations de risque ? Deuxième rencontres nationales de la recherche sur les sites et sols pollués du 20 et 21 octobre 2009, Paris.

EFSA - http://www.efsa.europa.eu/fr/

Glorennec P. (2005) - Explicitation et réduction de l'incertitude liée à l'ingestion de sol en évaluation des expositions environnementales. Environnement, Risques & Santé, Vol. 4, n°4, juillet-août 2005

Glorennec P. (2006) - Aide à la décision d'un dépistage systématique du saturnisme infantile autour des sites industriels en France, Mémoire de thèse, Université de Rennes, Faculté de médecine, 2006

Hawley JK. (1997) - Assessment of health risk from exposure to contaminated soil. Risk Analysis. 5(4) 289-302.

HSDB (Hazardous substances Data Banck)

INERIS - Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. http://ineris.fr

INERIS - http://www.ineris.fr/substances/fr/

INERIS (2005) - Pratique INERIS de choix des valeurs toxicologiques de référence dans les évaluations de risques sanitaires. Le 21 mars 2006. Référence : INERIS-DRC-05-41113-ETSC/R01. (www.ineris.fr).

InVS et INERIS (2012) – Quantités de terre et poussières ingérées par un enfant de moins de 6 ans et bioaccessibilité des polluants. Etat des connaissances et propositions. Guide pratique 2012.

Massie H.R. and Aiello V.R. (1984) - Excessive intake of copper: influence on longevity and cadmium accumulation in mice. Mech Ageing Dev, 26, 2-3, 195-203.

MEDD (2007) - Sites et sols pollués - Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués. Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. 08 février 2007. Lettre de la ministre aux préfets et 3 annexes.

OEHHA - http://www.oehha.ca.gov/

OMS - http://www.inchem.org/

OMS (2000) - Air Quality Guidelines for Europe.World Health Organization. Copenhagen. 2nd Ed.

OMS (2008) - Guidelines for drinking-water quality. Third edition incorporating the first and second addenda. . Geneva. 3rd, vol Volume 1 - recommendations.

OMS JEFCA (2010) – Joint FAO/WHO expert committee on food additives. Seventy-second meeting, Rome, 16-25 february 2010

RIVM - http://www.rivm.nl/

RIVM (2001) – Re-evaluation of human-toxicological maximum permissible risk levels. Rijksinstituut voor volksgezondheid en milieu. Report 711701025.

RIVM (2009) – Re-evaluation of some human-toxicological maximum permissible risk levels earlier evaluated in the period 1991-2001. Rijksinstituut voor volksgezondheid en milieu. Report 711701092/2009.

Santé Canada - http://www.hc-sc.gc.ca/index-fra.php

Stanek E.J., Calabrese E.J., Zorn M. (2001) - Biasing factors for simple soil ingestion estimates in mass balance studies of soil ingestion. Human and Ecological Risk Assessment, Vol. 7, n° 2, 329-355.

Stanek E., Calabrese E. (1995) - Daliy estimates of soil ingestion in children, Environmental Health perspectives, Vol. 103, number 3

Stanek E., Calabrese E. (2000) - Daily soil ingestion for children at Superfund site, Risk analysis, Vol. 20, n°5

Stanek, E.J., Calabrese, E.J., Zorn, M. (2001a) - Biasing factors for simple soil ingestion estimates in mass balance studies of soil ingestion. Human and Ecological Risk Assessment, 7, 329-355.

Stanek, E.J., Calabrese, E.J., Zorn, M. (2001b) - Soil ingestion distributions for monte carlo risk assessment in children. Human and Ecological Risk Assessment, 7, 357-368.

Stanek E J and Calabrese E. J. (2006) - Response to the letter to the editor. Risk Anal 26

Thompson K., Burmaster D. (1991) - Parametric distributions for soil ingestion by children, Risk analysis, Vol. 11, n°2, 1991

Tsai S.Y., Chou H.Y., The H.W., Chen C.M. and Chen C.J. (2003) - The effects of chronic arsenic exposure from drinking water on the neurobehavioral development in adolescence. Neurotoxicology, 24, 4-5, 747-753.

Tseng W.P. (1977) - Effects and dose-response relationships of skin cancer and blackfoot disease with arsenic. Environ Health Perspect, 19, 109-119.

Tseng W.P., Chu H.M., How S.W., Fong J.M., Lin C.S. and Yeh S. (1968) - Prevalence of skin cancer in an endemic area of chronic arsenicism in Taiwan. J Nat l Cancer Inst, 40, 3, 453-463.

US EPA - http://www.epa.gov/ncea/iris/search_keyword.htm

US EPA – 2008 Chikd-Specific Exposure Factors Handbook. EPA/600/R-06/96F. September 2008.

Van Holderbeke M., Cornelis C., Bierkens J, & R. Torfs (2008) - Review of the soil ingestion pathway in human exposure assessment. Study in support of the BeNeKempen project. Final report. VITO, Mol, Belgique, 195 p.

Wasserman G.A., Liu X., Parvez F., Ahsan H., Factor-Litvak P., van Geen A., Slavkovich V., LoIacono N.J., Cheng Z., Hussain I., Momotaj H. and Graziano J.H. (2004) - Water arsenic exposure and children's intellectual function in Araihazar, Bangladesh. Environ Health Perspect, 112, 13, 1329-1333.

Yadrick M.K., Kenney M.A. and Winterfeldt E.A. (1989) - Iron, copper, and zinc status: response to supplementation with zinc or zinc and iron in adult females. Am J Clin Nutr, 49, 1, 145-150.

Annexe 9 : bordereaux analytiques

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

GEODERIS
Madame Karen PERRONNET
INERIS Parc Technologique ALATA
BP2
60550 VERNEUIL EN HALATTE

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E074165
N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-081893-01
Référence Dossier : N° Projet : 1
Nom Projet : EAUX
Référence Commande : 100

Version du : 21/09/2016
Date de réception : 15/09/2016

Coordinateur de projet client : Marion Davril / MarionDavril@eurofins.com /

N° Ech	Matrice		Référence échantillon
001	Eau souterraine	(ESO)	EB_ESO1
002	Eau souterraine	(ESO)	EF_ESO1
003	Eau souterraine	(ESO)	EB_ESO2
004	Eau souterraine	(ESO)	EF_ESO2
005	Eau souterraine	(ESO)	EB_ESO3
006	Eau souterraine	(ESO)	EF_ESO3

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E074165
N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-081893-01
Référence Dossier : N° Projet : 1
Nom Projet : EAUX
Référence Commande : 100

Version du : 21/09/2016
Date de réception : 15/09/2016

N° Echantillon		001	002	003	004	005	006
Référence client :		EB_ESO1	EF_ESO1	EB_ESO2	EF_ESO2	EB_ESO3	EF_ESO3
Matrice :		ESO	ESO	ESO	ESO	ESO	ESO
Date de prélèvement :		13/09/2016	13/09/2016	13/09/2016	13/09/2016	13/09/2016	13/09/2016
Date de début d'analyse :		15/09/2016	15/09/2016	15/09/2016	15/09/2016	15/09/2016	15/09/2016
Analyses immédiates							
LS019 : **Titre Alcalimétrique (TA)**	°F	* <2.00	* <2.00	* <2.00	* <2.00	* <2.00	* <2.00
LS020 : **Titre Alcalimétrique Complet (TAC)**	°F	* 7.9	* 7.9	* 3.1	* 3.2	* 2.00	* 2.0
Indices de pollution							
LS02L : **Azote Nitrique / Nitrates (NO3)**							
Nitrates	mg NO3/l	# 5.27	# 6.69	# <1.00	# 1.01	# 23.2	# 22.9
Azote nitrique	mg N-NO3/l	# 1.19	# 1.51	# <0.20	# 0.23	# 5.23	# 5.17
LS02I : **Chlorures**	mg/l	* 47.4	* 46.7	* 5.99	* 5.75	* 9.03	* 8.89
LS02Z : **Sulfates (SO4)**	mg SO4/l	* 17.5	* 17.5	* 17.7	* 15.4	* <5.00	* <5.00
LS03C : **Orthophosphates (PO4)**	mg PO4/l	* 0.64	* 0.66	* 0.49	* 0.49	* <0.10	* <0.10
Métaux							
LS101 : **Aluminium (Al)**	mg/l	* <0.05	* <0.05	* 0.16	* 0.09	* 0.07	* <0.05
LS128 : **Calcium (Ca)**	mg/l	* 32.1	* 32.6	* 10.2	* 10.2	* 6.30	* 6.23
LS109 : **Fer (Fe)**	mg/l	* <0.01	* <0.01	* 0.31	* 0.23	* 0.37	* 0.06
LS132 : **Lithium (Li)**	mg/l	0.009	0.009	<0.005	<0.005	0.021	0.021
LS133 : **Magnésium (Mg)**	mg/l	* 6.65	* 6.71	* 2.23	* 2.22	* 4.56	* 4.48
LS138 : **Potassium (K)**	mg/l	* 10.6	* 10.8	* 4.20	* 4.18	* 2.73	* 2.69
LS142 : **Silicium (Si)**	mg/l	* 8.99	* 9.07	* 6.59	* 6.51	* 10.3	* 10.2
LS143 : **Sodium (Na)**	mg/l	* 15.8	* 19.5	* 5.92	* 6.00	* 5.33	* 5.26
LS151 : **Antimoine (Sb)**	µg/l	* 0.63	* 0.60	* 0.83	* 0.78	* <0.20	* <0.20
LS152 : **Argent (Ag)**	µg/l	* <0.50	* <0.50	* <0.50	* <0.50	* <0.50	* <0.50
LS153 : **Arsenic (As)**	µg/l	* 0.95	* 0.88	* 9.26	* 9.31	* 9.37	* 6.14
LS158 : **Cadmium (Cd)**	µg/l	* <0.20	* <0.20	* 0.44	* 0.34	* <0.20	* <0.20
LS162 : **Cuivre (Cu)**	µg/l	* 132	* 9.55	* 7.18	* 5.72	* 1.21	* 0.71
LS177 : **Manganèse (Mn)**	µg/l	* 1.73	* 1.64	* 91.8	* 92.8	* 35.2	* 12.0
LS184 : **Plomb (Pb)**	µg/l	* 10.5	* 1.07	* 2.55	* 1.84	* <0.50	* <0.50
LS198 : **Tungstène (W)**	µg/l	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00
LS112 : **Zinc (Zn)**	µg/l	196	27.8	38.5	35.0	<5.00	<5.00
DN225 : **Mercure (Hg)**	µg/l	* <0.22	* <0.20	* <0.21	* <0.25	* <0.20	* <0.20

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

ACCREDITATION
N° 1- 1488
Site de saverne
Portée disponible sur
www.cofrac.fr

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E074165

Version du : 21/09/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-081893-01

Date de réception : 15/09/2016

Référence Dossier : N° Projet : 1

Nom Projet : EAUX

Référence Commande : 100

Observations	N° Ech	Réf client
Les délais de mise en analyse sont supérieurs à ceux indiqués dans notre dernière étude de stabilité ou aux délais normatifs pour les paramètres identifiés par '#' et donnent lieu à des réserves sur les résultats, avec retrait de l'accréditation. L'échantillon a néanmoins été conservé dans les meilleures conditions de stockage.	(001) (002) (003) (004) (005) (006)	EB_ESO1 / EF_ESO1 / EB_ESO2 / EF_ESO2 / EB_ESO3 / EF_ESO3 /
Spectrophotométrie visible : l'analyse a été réalisée sur l'échantillon filtré à 0.45µm.	(001) (002) (003) (004) (005) (006)	EB_ESO1 / EF_ESO1 / EB_ESO2 / EF_ESO2 / EB_ESO3 / EF_ESO3 /

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 5 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai.

Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole *.

D : détecté / ND : non détecté

L'information relative au seuil de détection d'un paramètre n'est pas couverte par l'accréditation Cofrac.

Les résultats précédés du signe < correspondent aux limites de quantification, elles sont la responsabilité du laboratoire et fonction de la matrice.

Laboratoire agréé par le ministre chargé de l'environnement - se reporter à la liste des laboratoires sur le site internet de gestion des agréments du ministère chargé de l'environnement : http://www.labeau.ecologie.gouv.fr

Laboratoire agréé pour la réalisation des prélèvements et des analyses terrains et/ou des analyses des paramètres du contrôle sanitaire des eaux – portée détaillée de l'agrément disponible sur demande.

Laboratoire agréé par le ministre chargé des installations classées conformément à l'arrêté du 11 Mars 2010. Mention des types d'analyses pour lesquels l'agrément a été délivré sur : www.eurofins.fr ou disponible sur demande.

Pour les résultats issus d'une sous-traitance, les rapports émis par des laboratoires accrédités sont disponibles sur demande.

Jean-Paul Klaser
Coordinateur de Projets Clients

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

ACCREDITATION
N° 1- 1488
Site de saverne
Portée disponible sur
www.cofrac.fr

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

Annexe technique

Dossier N° : 16E074165

N° de rapport d'analyse :AR-16-LK-081893-01

Emetteur : Mme Karen Perronnet

Commande EOL : 00610514174347

Nom projet : EAUX

Référence commande :

Eau souterraine

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Unité	Incert.	Prestation réalisée sur le site de :
DN225	Mercure (Hg)	SFA / vapeurs froides (CV-AAS) [Minéralisation - Dosage par SFA] - NF EN ISO 17852	0.2	µg/l	30% (B)	Eurofins Analyse pour l'Environnement France
LS019	Titre Alcalimétrique (TA)	Volumétrie - NF EN ISO 9963-1	2	°F	5% (B)	
LS020	Titre Alcalimétrique Complet (TAC)		2	°F	5% (B)	
LS02I	Chlorures	Spectrophotométrie (UV/VIS) - NF ISO 15923-1	1	mg/l	30% (C)	
LS02L	Azote Nitrique / Nitrates (NO3)					
	Nitrates		1	mg NO3/l	35% (C)	
	Azote nitrique		0.2	mg N-NO3/l	35% (C)	
LS02Z	Sulfates (SO4)		5	mg SO4/l	20% (C)	
LS03C	Orthophosphates (PO4)		0.1	mg PO4/l	35% (C)	
LS101	Aluminium (Al)	ICP/AES - NF EN ISO 11885	0.05	mg/l	30% (B)	
LS109	Fer (Fe)		0.01	mg/l	20% (B)	
LS112	Zinc (Zn)	ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	5	µg/l		
LS128	Calcium (Ca)	ICP/AES - NF EN ISO 11885	1	mg/l	25% (B)	
LS132	Lithium (Li)		0.005	mg/l		
LS133	Magnésium (Mg)		0.01	mg/l	30% (B)	
LS138	Potassium (K)		0.1	mg/l	25% (B)	
LS142	Silicium (Si)		0.02	mg/l	16% (A)	
LS143	Sodium (Na)		0.05	mg/l	25% (B)	
LS151	Antimoine (Sb)	ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	0.2	µg/l	30% (B)	
LS152	Argent (Ag)		0.5	µg/l	25% (B)	
LS153	Arsenic (As)		0.2	µg/l	20% (B)	
LS158	Cadmium (Cd)		0.2	µg/l	20% (B)	
LS162	Cuivre (Cu)		0.5	µg/l	20% (B)	
LS177	Manganèse (Mn)		0.5	µg/l	25% (B)	
LS184	Plomb (Pb)		0.5	µg/l	25% (B)	
LS198	Tungstène (W)		5	µg/l		

Tous les éléments de traçabilité sont disponibles sur demande
Méthodes de calcul de l'incertitude (valeur maximisée) : (A) : Eurachem (B) : XP T 90-220 (C) : NF ISO 11352 (D) : ISO 15767 (e) : Méthode interne

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

Annexe de traçabilité des échantillons

Cette traçabilité recense les flaconnages des échantillons scannés dans EOL sur le terrain avant envoi au laboratoire

Dossier N° : 16E074165

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-081893-01

Emetteur : Mme Karen Perronnet

Commande EOL : 00610514174347

Nom projet : EAUX

Référence commande :

Eau souterraine

Référence Eurofins	Référence Client	Date&Heure Prélèvement	Code-barre	Nom flacon
16E074165-001	EB_ESO1			
16E074165-002	EF_ESO1			
16E074165-003	EB_ESO2			
16E074165-004	EF_ESO2			
16E074165-005	EB_ESO3			
16E074165-006	EF_ESO3			

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

GEODERIS
Madame Karen PERRONNET
INERIS Parc Technologique ALATA
BP2
60550 VERNEUIL EN HALATTE

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E074172

Version du : 17/10/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-090210-01

Date de réception : 15/09/2016

Référence Dossier : N° Projet : 2
Nom Projet : VEGETAUX
Référence Commande : BC N° 2016/104

Coordinateur de projet client : Stéphanie André / StephanieAndre@eurofins.com / +33 3 88 02 33 85

N° Ech	Matrice		Référence échantillon
001	Végétaux	(VEG)	SJ1_CA
002	Végétaux	(VEG)	SJ1_FCA
003	Végétaux	(VEG)	SJ1_HAR
004	Végétaux	(VEG)	SJ1_COU
005	Végétaux	(VEG)	SJ1_POI
006	Végétaux	(VEG)	SJ3_CA
007	Végétaux	(VEG)	SJ3_FCA
008	Végétaux	(VEG)	SJ3_BETT
009	Végétaux	(VEG)	SJ3_HAR
010	Végétaux	(VEG)	SJ3_POI
011	Végétaux	(VEG)	SJ7_HAR
012	Végétaux	(VEG)	SJ7_PDT
013	Végétaux	(VEG)	SJ7_TOM
014	Végétaux	(VEG)	SJ8_FRAM
015	Végétaux	(VEG)	SJ5_TOM
016	Végétaux	(VEG)	SJ5_SAL
017	Végétaux	(VEG)	SJ5_HAR
018	Végétaux	(VEG)	SJ5_POM

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E074172

Version du : 17/10/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-090210-01

Date de réception : 15/09/2016

Référence Dossier : N° Projet : 2
Nom Projet : VEGETAUX
Référence Commande : BC N° 2016/104

N° Echantillon		001	002	003	004	005	006
Référence client :		SJ1_CA VEG	SJ1_FCA VEG	SJ1_HAR VEG	SJ1_COU VEG	SJ1_POI VEG	SJ3_CA VEG
Matrice :							
Date de prélèvement :		13/09/2016	13/09/2016	13/09/2016	13/09/2016	13/09/2016	13/09/2016
Date de début d'analyse :		15/09/2016	15/09/2016	15/09/2016	15/09/2016	15/09/2016	15/09/2016
Sous-traitance | Eurofins WEJ Contaminants GmbH (Hamburg)							
J1041 : **Chrome (ICP-OES)**	mg/kg	<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *
B0112 : **Lithium (ICP-AES)**	mg/kg	<0.5 *	<0.5 *	<0.5 *	<0.5 *	<0.5 *	<0.5 *
JJ0CX : **Antimoine (ICP-MS, aliments)**	mg/kg	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *
JC00M : **Arsenic (ICP-MS, LQ basse)**	mg/kg	<0.05 *	0.08	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *
JCM04 : **Cadmium (ICP-MS, LQ basse)**	mg/kg	<0.005 *	0.006	<0.005 *	<0.005 *	<0.005 *	0.008
JJW2B : **Cuivre**	mg/kg	0.2	0.8	1.0	0.4	0.4	0.2
J8306 : **Plomb (Pb)**	mg/kg	<0.05 *	0.1	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *
JJ0CR : **Zinc (ICP-MS, aliments)**	mg/kg	1.2	2.8	4.2	1.4	1.7	1.0
J1001 : **Préparation échantillon**		blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E074172

Version du : 17/10/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-090210-01

Date de réception : 15/09/2016

Référence Dossier : N° Projet : 2
Nom Projet : VEGETAUX
Référence Commande : BC N° 2016/104

N° Echantillon		007	008	009	010	011	012
Référence client :		SJ3_FCA VEG	SJ3_BETT VEG	SJ3_HAR VEG	SJ3_POI VEG	SJ7_HAR VEG	SJ7_PDT VEG
Matrice :							
Date de prélèvement :		13/09/2016	13/09/2016	13/09/2016	13/09/2016	13/09/2016	13/09/2016
Date de début d'analyse :		15/09/2016	15/09/2016	15/09/2016	15/09/2016	15/09/2016	15/09/2016
Sous-traitance | Eurofins WEJ Contaminants GmbH (Hamburg)							
J1041 : **Chrome (ICP-OES)**	mg/kg	<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *
B0112 : **Lithium (ICP-AES)**	mg/kg	<0.5 *	<0.5 *	<0.5 *	<0.5 *	<0.5 *	<0.5 *
JJ0CX : **Antimoine (ICP-MS, aliments)**	mg/kg	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *
JC00M : **Arsenic (ICP-MS, LQ basse)**	mg/kg	0.07	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *
JCM04 : **Cadmium (ICP-MS, LQ basse)**	mg/kg	0.014	0.011	<0.005 *	<0.005 *	<0.005 *	<0.005 *
JJW2B : **Cuivre**	mg/kg	0.8	1.0	0.8	0.4	0.3	0.5
J8306 : **Plomb (Pb)**	mg/kg	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *
JJ0CR : **Zinc (ICP-MS, aliments)**	mg/kg	2.3	4.2	4.5	1.8	3.0	2.5
J1001 : **Préparation échantillon**		blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E074172

Version du : 17/10/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-090210-01

Date de réception : 15/09/2016

Référence Dossier : N° Projet : 2

Nom Projet : VEGETAUX

Référence Commande : BC N° 2016/104

N° Echantillon		013	014	015	016	017	018
Référence client :		SJ7_TOM	SJ8_FRAM	SJ5_TOM	SJ5_SAL	SJ5_HAR	SJ5_POM
Matrice :		VEG	VEG	VEG	VEG	VEG	VEG
Date de prélèvement :		13/09/2016	13/09/2016	13/09/2016	13/09/2016	13/09/2016	13/09/2016
Date de début d'analyse :		15/09/2016	15/09/2016	15/09/2016	15/09/2016	15/09/2016	15/09/2016
Sous-traitance | Eurofins WEJ Contaminants GmbH (Hamburg)							
J1041 : **Chrome (ICP-OES)**	mg/kg	<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *
B0112 : **Lithium (ICP-AES)**	mg/kg	<0.5 *	<0.5 *	<0.5 *	<0.5 *	<0.5 *	<0.5 *
JJ0CX : **Antimoine (ICP-MS, aliments)**	mg/kg	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *
JC00M : **Arsenic (ICP-MS, LQ basse)**	mg/kg	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	0.06	<0.05 *	<0.05 *
JCM04 : **Cadmium (ICP-MS, LQ basse)**	mg/kg	<0.005 *	<0.005 *	0.006	0.028	<0.005 *	<0.005 *
JJW2B : **Cuivre**	mg/kg	0.2	0.2	0.4	0.5	1.4	0.6
J8306 : **Plomb (Pb)**	mg/kg	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	0.06	<0.05 *	<0.05 *
JJ0CR : **Zinc (ICP-MS, aliments)**	mg/kg	0.9	2.3	1.1	3.4	5.8	<0.5 *
J1001 : **Préparation échantillon**		blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported

Observations	N° Ech	Réf client

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 7 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai.

D : détecté / ND : non détecté

L'information relative au seuil de détection d'un paramètre n'est pas couverte par l'accréditation Cofrac.

Les résultats précédés du signe < correspondent aux limites de quantification, elles sont la responsabilité du laboratoire et fonction de la matrice.

Laboratoire agréé par le ministre chargé de l'environnement - se reporter à la liste des laboratoires sur le site internet de gestion des agréments du ministère chargé de l'environnement : http://www.labeau.ecologie.gouv.fr

Laboratoire agréé pour la réalisation des prélèvements et des analyses terrains et/ou des analyses des paramètres du contrôle sanitaire des eaux – portée détaillée de l'agrément disponible sur demande.

Laboratoire agréé par le ministre chargé des installations classées conformément à l'arrêté du 11 Mars 2010. Mention des types d'analyses pour lesquels l'agrément a été délivré sur : www.eurofins.fr ou disponible sur demande.

Pour les résultats issus d'une sous-traitance, les rapports émis par des laboratoires accrédités sont disponibles sur demande.

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E074172

Version du : 17/10/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-090210-01

Date de réception : 15/09/2016

Référence Dossier : N° Projet : 2

Nom Projet : VEGETAUX

Référence Commande : BC N° 2016/104

Mathieu Hubner
Coordinateur de Projets Clients

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

Annexe technique

Dossier N° : 16E074172

N° de rapport d'analyse :AR-16-LK-090210-01

Emetteur : Mme Karen Perronnet

Commande EOL : 00610514175923

Nom projet : N° Projet : 2
VEGETAUX

Référence commande : BC N° 2016/104

Végétaux

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Unité	Incert.	Prestation réalisée sur le site de :
B0112	Lithium (ICP-AES)	ICP/AES - adaptée de NF EN ISO 11885	0.5	mg/kg	0.4% (e)	Prestation soustraitée à Eurofins WEJ Contaminants GmbH
J1001	Préparation échantillon	Digestion micro-ondes - §64 LFGB L 00.00-19/1				
J1041	Chrome (ICP-OES)	ICP/AES - adaptée de NF EN ISO 11885	0.2	mg/kg	0.16% (e)	
J8306	Plomb (Pb)	ICP/MS - EN 15763:2009	0.05	mg/kg	0.04% (e)	
JC00M	Arsenic (ICP-MS, LQ basse)		0.05	mg/kg	0.04% (e)	
JCM04	Cadmium (ICP-MS, LQ basse)		0.005	mg/kg	0.004% (e)	
JJ0CR	Zinc (ICP-MS, aliments)	ICP/MS - EN ISO 17294-2-E29	0.5	mg/kg	0.4% (e)	
JJ0CX	Antimoine (ICP-MS, aliments)		0.05	mg/kg	0.04% (e)	
JJW2B	Cuivre		0.1	mg/kg	0.08% (e)	

Tous les éléments de traçabilité sont disponibles sur demande
Méthodes de calcul de l'incertitude (valeur maximisée) : (A) : Eurachem (B) : XP T 90-220 (C) : NF ISO 11352 (D) : ISO 15767 (e) : Méthode interne

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

Annexe de traçabilité des échantillons

Cette traçabilité recense les flaconnages des échantillons scannés dans EOL sur le terrain avant envoi au laboratoire

Dossier N° : 16E074172

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-090210-01

Emetteur : Mme Karen Perronnet

Commande EOL : 00610514175923

Nom projet : N° Projet : 2
VEGETAUX

Référence commande : BC N° 2016/104

Végétaux

Référence Eurofins	Référence Client	Date&Heure Prélèvement	Code-barre	Nom flacon
16E074172-001	SJ1_CA			
16E074172-002	SJ1_FCA			
16E074172-003	SJ1_HAR			
16E074172-004	SJ1_COU			
16E074172-005	SJ1_POI			
16E074172-006	SJ3_CA			
16E074172-007	SJ3_FCA			
16E074172-008	SJ3_BETT			
16E074172-009	SJ3_HAR			
16E074172-010	SJ3_POI			
16E074172-011	SJ7_HAR			
16E074172-012	SJ7_PDT			
16E074172-013	SJ7_TOM			
16E074172-014	SJ8_FRAM			
16E074172-015	SJ5_TOM			
16E074172-016	SJ5_SAL			
16E074172-017	SJ5_HAR			
16E074172-018	SJ5_POM			

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

GEODERIS
Madame Karen PERRONNET
INERIS Parc Technologique ALATA
BP2
60550 VERNEUIL EN HALATTE

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E074626
N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-082537-01
Référence Dossier : N° Projet : _2
Nom Projet : EAUX
Référence Commande : 100

Version du : 23/09/2016
Date de réception : 16/09/2016

Coordinateur de projet client : Marion Davril / MarionDavril@eurofins.com /

N° Ech	Matrice		Référence échantillon
001	Eau souterraine	(ESO)	ESO4_EB
002	Eau souterraine	(ESO)	ESO4_EF
003	Eau souterraine	(ESO)	EB_ES05
004	Eau souterraine	(ESO)	EF_ES05
005	Eau souterraine	(ESO)	EB_ES06
006	Eau souterraine	(ESO)	EF_ES06

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E074626
N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-082537-01
Référence Dossier : N° Projet : _2
Nom Projet : EAUX
Référence Commande : 100

Version du : 23/09/2016
Date de réception : 16/09/2016

N° Echantillon		001	002	003	004	005	006
Référence client :		ESO4_EB	ESO4_EF	EB_ES05	EF_ES05	EB_ES06	EF_ES06
Matrice :		ESO	ESO	ESO	ESO	ESO	ESO
Date de prélèvement :		14/09/2016	14/09/2016	14/09/2016	14/09/2016	14/09/2016	14/09/2016
Date de début d'analyse :		16/09/2016	16/09/2016	16/09/2016	16/09/2016	16/09/2016	16/09/2016
Analyses immédiates							
LS019 : **Titre Alcalimétrique (TA)**	°F	* <2.00	* <2.00	* <2.00	* <2.00	* <2.00	* <2.00
LS020 : **Titre Alcalimétrique Complet (TAC)**	°F	* 3.9	* 4.0	* <2.00	* <2.00	* <2.00	* <2.00
Indices de pollution							
LS02L : **Azote Nitrique / Nitrates (NO3)**							
Nitrates	mg NO3/l	# 7.54	# 7.80	# 46.3	# 46.5	# 42.7	# 42.6
Azote nitrique	mg N-NO3/l	# 1.70	# 1.76	# 10.45	# 10.50	# 9.65	# 9.61
LS02I : **Chlorures**	mg/l	* 16.8	* 17.1	* 18.4	* 18.0	* 12.7	* 13.1
LS02Z : **Sulfates (SO4)**	mg SO4/l	* 18.2	* 18.1	* <5.00	* <5.00	* 14.9	* 14.9
LS03C : **Orthophosphates (PO4)**	mg PO4/l	* 0.17	* 0.17	* <0.10	* <0.10	* <0.10	* <0.10
Métaux							
LS101 : **Aluminium (Al)**	mg/l	* <0.05	* <0.05	* <0.05	* <0.05	* <0.05	* <0.05
LS128 : **Calcium (Ca)**	mg/l	* 17.8	* 17.8	* 10.6	* 10.6	* 16.4	* 16.4
LS109 : **Fer (Fe)**	mg/l	* 0.07	* <0.01	* 0.01	* <0.01	* <0.01	* <0.01
LS132 : **Lithium (Li)**	mg/l	<0.005	<0.005	0.018	0.018	<0.005	<0.005
LS133 : **Magnésium (Mg)**	mg/l	* 3.86	* 3.85	* 7.76	* 7.77	* 6.14	* 6.14
LS138 : **Potassium (K)**	mg/l	* 4.76	* 4.77	* 3.38	* 3.39	* 4.18	* 4.10
LS142 : **Silicium (Si)**	mg/l	* 6.72	* 6.75	* 7.22	* 7.24	* 5.16	* 5.16
LS143 : **Sodium (Na)**	mg/l	* 10.7	* 10.7	* 5.72	* 5.69	* 4.85	* 4.93
LS151 : **Antimoine (Sb)**	µg/l	* <0.20	* <0.20	* <0.20	* <0.20	* 0.59	* 0.56
LS152 : **Argent (Ag)**	µg/l	* <0.50	* <0.50	* <0.50	* <0.50	* <0.50	* <0.50
LS153 : **Arsenic (As)**	µg/l	* 0.96	* 0.83	* 6.96	* 6.70	* 0.38	* 0.29
LS158 : **Cadmium (Cd)**	µg/l	* <0.20	* <0.20	* <0.20	* <0.20	* <0.20	* <0.20
LS162 : **Cuivre (Cu)**	µg/l	* 4.48	* 3.69	* 2.74	* 2.43	* <0.50	* <0.50
LS177 : **Manganèse (Mn)**	µg/l	* 2.82	* <0.50	* 4.78	* 4.37	* 8.95	* 5.89
LS184 : **Plomb (Pb)**	µg/l	* <0.50	* <0.50	* <0.50	* <0.50	* <0.50	* <0.50
LS198 : **Tungstène (W)**	µg/l	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00
LS112 : **Zinc (Zn)**	µg/l	16.2	10.4	30.6	36.8	5.9	6.3
DN225 : **Mercure (Hg)**	µg/l	* <0.21	* <0.20	* <0.23	* <0.20	* <0.20	* <0.20

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

ACCREDITATION
N° 1- 1488
Site de saverne
Portée disponible sur
www.cofrac.fr

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E074626

Version du : 23/09/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-082537-01

Date de réception : 16/09/2016

Référence Dossier : N° Projet : _2

Nom Projet : EAUX

Référence Commande : 100

Observations	N° Ech	Réf client
Les délais de mise en analyse sont supérieurs à ceux indiqués dans notre dernière étude de stabilité ou aux délais normatifs pour les paramètres identifiés par '#' et donnent lieu à des réserves sur les résultats, avec retrait de l'accréditation. L'échantillon a néanmoins été conservé dans les meilleures conditions de stockage.	(001) (002) (003) (004) (005) (006)	ESO4_EB / ESO4_EF / EB_ES05 / EF_ES05 / EB_ES06 / EF_ES06 /
Spectrophotométrie visible : l'analyse a été réalisée sur l'échantillon filtré à 0.45µm.	(001) (002) (003) (004) (005) (006)	ESO4_EB / ESO4_EF / EB_ES05 / EF_ES05 / EB_ES06 / EF_ES06 /

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 5 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai.

Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole *.

D : détecté / ND : non détecté

L'information relative au seuil de détection d'un paramètre n'est pas couverte par l'accréditation Cofrac.

Les résultats précédés du signe < correspondent aux limites de quantification, elles sont la responsabilité du laboratoire et fonction de la matrice.

Laboratoire agréé par le ministre chargé de l'environnement - se reporter à la liste des laboratoires sur le site internet de gestion des agréments du ministère chargé de l'environnement : http://www.labeau.ecologie.gouv.fr

Laboratoire agréé pour la réalisation des prélèvements et des analyses terrains et/ou des analyses des paramètres du contrôle sanitaire des eaux – portée détaillée de l'agrément disponible sur demande.

Laboratoire agréé par le ministre chargé des installations classées conformément à l'arrêté du 11 Mars 2010. Mention des types d'analyses pour lesquels l'agrément a été délivré sur : www.eurofins.fr ou disponible sur demande.

Pour les résultats issus d'une sous-traitance, les rapports émis par des laboratoires accrédités sont disponibles sur demande.

Gilles Lacroix
Coordinateur Projets Clients

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

ACCREDITATION
N° 1- 1488
Site de saverne
Portée disponible sur
www.cofrac.fr

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

Annexe technique

Dossier N° : 16E074626

N° de rapport d'analyse :AR-16-LK-082537-01

Emetteur : Mme Karen Perronnet

Commande EOL : 00610514176253

Nom projet : EAUX

Référence commande :

Eau souterraine

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Unité	Incert.	Prestation réalisée sur le site de :
DN225	Mercure (Hg)	SFA / vapeurs froides (CV-AAS) [Minéralisation - Dosage par SFA] - NF EN ISO 17852	0.2	µg/l	30% (B)	Eurofins Analyse pour l'Environnement France
LS019	Titre Alcalimétrique (TA)	Volumétrie - NF EN ISO 9963-1	2	°F	5% (B)	
LS020	Titre Alcalimétrique Complet (TAC)		2	°F	5% (B)	
LS02I	Chlorures	Spectrophotométrie (UV/VIS) - NF ISO 15923-1	1	mg/l	30% (C)	
LS02L	Azote Nitrique / Nitrates (NO3)					
	Nitrates		1	mg NO3/l	35% (C)	
	Azote nitrique		0.2	mg N-NO3/l	35% (C)	
LS02Z	Sulfates (SO4)		5	mg SO4/l	20% (C)	
LS03C	Orthophosphates (PO4)		0.1	mg PO4/l	35% (C)	
LS101	Aluminium (Al)	ICP/AES - NF EN ISO 11885	0.05	mg/l	30% (B)	
LS109	Fer (Fe)		0.01	mg/l	20% (B)	
LS112	Zinc (Zn)	ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	5	µg/l		
LS128	Calcium (Ca)	ICP/AES - NF EN ISO 11885	1	mg/l	25% (B)	
LS132	Lithium (Li)		0.005	mg/l		
LS133	Magnésium (Mg)		0.01	mg/l	30% (B)	
LS138	Potassium (K)		0.1	mg/l	25% (B)	
LS142	Silicium (Si)		0.02	mg/l	16% (A)	
LS143	Sodium (Na)		0.05	mg/l	25% (B)	
LS151	Antimoine (Sb)	ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	0.2	µg/l	30% (B)	
LS152	Argent (Ag)		0.5	µg/l	25% (B)	
LS153	Arsenic (As)		0.2	µg/l	20% (B)	
LS158	Cadmium (Cd)		0.2	µg/l	20% (B)	
LS162	Cuivre (Cu)		0.5	µg/l	20% (B)	
LS177	Manganèse (Mn)		0.5	µg/l	25% (B)	
LS184	Plomb (Pb)		0.5	µg/l	25% (B)	
LS198	Tungstène (W)		5	µg/l		

Tous les éléments de traçabilité sont disponibles sur demande
Méthodes de calcul de l'incertitude (valeur maximisée) : (A) : Eurachem (B) : XP T 90-220 (C) : NF ISO 11352 (D) : ISO 15767 (e) : Méthode interne

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

Annexe de traçabilité des échantillons

Cette traçabilité recense les flaconnages des échantillons scannés dans EOL sur le terrain avant envoi au laboratoire

Dossier N° : 16E074626

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-082537-01

Emetteur : Mme Karen Perronnet

Commande EOL : 00610514176253

Nom projet : EAUX

Référence commande :

Eau souterraine

Référence Eurofins	Référence Client	Date&Heure Prélèvement	Code-barre	Nom flacon
16E074626-001	ESO4_EB			
16E074626-002	ESO4_EF			
16E074626-003	EB_ES05			
16E074626-004	EF_ES05			
16E074626-005	EB_ES06			
16E074626-006	EF_ES06			

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

GEODERIS
Madame Karen PERRONNET
INERIS Parc Technologique ALATA
BP2
60550 VERNEUIL EN HALATTE

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E074683

Version du : 26/09/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-083394-01

Date de réception : 16/09/2016

Référence Dossier : N° Projet : _1

Nom Projet : SOLS

Référence Commande :

Coordinateur de projet client : Marion Davril / MarionDavril@eurofins.com /

N° Ech	Matrice		Référence échantillon
001	Sol	(SOL)	SJ1_0_30
002	Sol	(SOL)	S2_0_5
003	Sol	(SOL)	SJ3_0_30
004	Sol	(SOL)	SJ4_0_30
005	Sol	(SOL)	SJ5_0_30
006	Sol	(SOL)	S6_0_5
007	Sol	(SOL)	SJ7_0_30
008	Sol	(SOL)	SJ8_0_30
009	Sol	(SOL)	S9_0_5
010	Sol	(SOL)	S10_0_10
011	Sol	(SOL)	SJ11_0_30
012	Sol	(SOL)	SJ12_0_30
013	Sol	(SOL)	SJ13_0_30
014	Sol	(SOL)	SJ14_0_30
015	Sol	(SOL)	SJ15_0_30
016	Sol	(SOL)	SJ16_0_30
017	Sol	(SOL)	SJ17_0_30
018	Sol	(SOL)	SJ18_0_30

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

ACCREDITATION
N° 1- 1488
Site de saverne
Portée disponible sur
www.cofrac.fr

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E074683

Version du : 26/09/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-083394-01

Date de réception : 16/09/2016

Référence Dossier : N° Projet : _1

Nom Projet : SOLS

Référence Commande :

N° Echantillon		001	002	003	004	005	006
Référence client :		SJ1_0_30	S2_0_5	SJ3_0_30	SJ4_0_30	SJ5_0_30	S6_0_5
Matrice :		SOL	SOL	SOL	SOL	SOL	SOL
Date de prélèvement :		13/09/2016	13/09/2016	13/09/2016	13/09/2016	13/09/2016	13/09/2016
Date de début d'analyse :		21/09/2016	17/09/2016	17/09/2016	17/09/2016	17/09/2016	17/09/2016
Préparation Physico-Chimique							
XXS07 : **Refus Pondéral à 2 mm**	% P.B.	* 5.06	* 13.8	* 13.2	* 3.12	* 13.9	* 17.7
XXS06 : **Séchage à 40°C**		* -	* -	* -	* -	* -	* -
Analyses immédiates							
LS902 : **pH H2O**							
pH extrait à l'eau		* 7.6		* 7.0	* 6.7	* 7.1	
Température de mesure du pH	°C	20		21	21	21	
Métaux							
XXS01 : **Minéralisation eau régale - Bloc chauffant**		* -	* -	* -	* -	* -	* -
LS862 : **Aluminium (Al)**	mg/kg MS	27100	5100	18900	16500	15800	19100
LS863 : **Antimoine (Sb)**	mg/kg MS	12.2	3.29	11.5	3.34	4.19	3.15
LS864 : **Argent (Ag)**	mg/kg MS	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00
LS865 : **Arsenic (As)**	mg/kg MS	* 82.1	* 22.6	* 32.0	* 133	* 102	* 98.7
LS870 : **Cadmium (Cd)**	mg/kg MS	* <0.40	* <0.40	* 0.53	* 0.79	* <0.40	* <0.40
LS871 : **Calcium (Ca)**	mg/kg MS	5030	2340	8770	5750	3660	4490
LS874 : **Cuivre (Cu)**	mg/kg MS	* 53.9	* 17.4	* 142	* 36.9	* 28.3	* 32.6
LS876 : **Fer (Fe)**	mg/kg MS	29100	9610	23100	30600	28800	31300
LS877 : **Lithium (Li)**	mg/kg MS	229	48.2	29.9	92.0	62.5	77.7
LS878 : **Magnésium (Mg)**	mg/kg MS	7510	1610	4280	3340	3360	4220
LS879 : **Manganèse (Mn)**	mg/kg MS	972	185	1040	711	847	984
LS883 : **Plomb (Pb)**	mg/kg MS	* 170	* 39.5	* 51.9	* 58.2	* 87.3	* 50.3
LS884 : **Potassium (K)**	mg/kg MS	10100	2490	4020	5090	3760	4950
LS886 : **Silicium (Si)**	mg/kg MS	251	381	318	468	231	278
LS887 : **Sodium (Na)**	mg/kg MS	179	84.2	139	80.7	79.8	80.4
LS892 : **Tungstène (W)**	mg/kg MS	88.7	12.8	<10.0	73.9	26.7	20.3
LS894 : **Zinc (Zn)**	mg/kg MS	* 181	* 69.5	* 205	* 149	* 107	* 134
LSA09 : **Mercure (Hg)**	mg/kg MS	* 0.21	* <0.10	* <0.10	* 0.12	* <0.10	* <0.10

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E074683

Version du : 26/09/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-083394-01

Date de réception : 16/09/2016

Référence Dossier : N° Projet : _1

Nom Projet : SOLS

Référence Commande :

N° Echantillon		007	008	009	010	011	012
Référence client :		SJ7_0_30	SJ8_0_30	S9_0_5	S10_0_10	SJ11_0_30	SJ12_0_30
Matrice :		SOL	SOL	SOL	SOL	SOL	SOL
Date de prélèvement :		13/09/2016	13/09/2016	13/09/2016	13/09/2016	14/09/2016	14/09/2016
Date de début d'analyse :		17/09/2016	17/09/2016	21/09/2016	17/09/2016	17/09/2016	17/09/2016
Préparation Physico-Chimique							
XXS07 : **Refus Pondéral à 2 mm**	% P.B.	* 3.62	* 13.9	* 5.62	* 3.79	* 7.51	* 3.56
XXS06 : **Séchage à 40°C**		* -	* -	* -	* -	* -	* -
Analyses immédiates							
LS902 : **pH H2O**							
pH extrait à l'eau		* 7.4	* 7.4		* 6.0	* 7.4	* 5.5
Température de mesure du pH	°C	21	21		21	21	21
Métaux							
XXS01 : **Minéralisation eau régale - Bloc chauffant**		* -	* -	* -	* -	* -	* -
LS862 : **Aluminium (Al)**	mg/kg MS	10800	12800	15600	13500	15800	16400
LS863 : **Antimoine (Sb)**	mg/kg MS	1.62	1.94	1.64	1.66	1.28	1.65
LS864 : **Argent (Ag)**	mg/kg MS	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00
LS865 : **Arsenic (As)**	mg/kg MS	* 31.3	* 38.3	* 36.6	* 141	* 24.1	* 27.1
LS870 : **Cadmium (Cd)**	mg/kg MS	* <0.40	* <0.40	* <0.40	* 0.76	* <0.40	* <0.40
LS871 : **Calcium (Ca)**	mg/kg MS	5770	7200	3000	1840	4230	1520
LS874 : **Cuivre (Cu)**	mg/kg MS	* 33.8	* 39.6	* 23.2	* 29.4	* 31.1	* 26.6
LS876 : **Fer (Fe)**	mg/kg MS	19700	22700	30000	20300	22400	24700
LS877 : **Lithium (Li)**	mg/kg MS	22.8	22.8	27.2	51.0	32.4	36.2
LS878 : **Magnésium (Mg)**	mg/kg MS	3210	4100	3590	2080	3870	4140
LS879 : **Manganèse (Mn)**	mg/kg MS	552	613	440	690	888	959
LS883 : **Plomb (Pb)**	mg/kg MS	* 20.7	* 23.0	* 18.5	* 23.5	* 27.7	* 19.5
LS884 : **Potassium (K)**	mg/kg MS	4370	4820	4730	2450	6520	5880
LS886 : **Silicium (Si)**	mg/kg MS	247	272	173	322	327	368
LS887 : **Sodium (Na)**	mg/kg MS	75.6	171	82.5	65.7	77.9	67.0
LS892 : **Tungstène (W)**	mg/kg MS	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0
LS894 : **Zinc (Zn)**	mg/kg MS	* 93.5	* 102	* 57.9	* 57.4	* 80.6	* 72.8
LSA09 : **Mercure (Hg)**	mg/kg MS	* <0.10	* <0.10	* <0.10	* 0.12	* <0.10	* <0.10

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

ACCREDITATION
N° 1- 1488
Site de saverne
Portée disponible sur
www.cofrac.fr

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E074683

Version du : 26/09/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-083394-01

Date de réception : 16/09/2016

Référence Dossier : N° Projet : _1

Nom Projet : SOLS

Référence Commande :

N° Echantillon		013	014	015	016	017	018
Référence client :		SJ13_0_30	SJ14_0_30	SJ15_0_30	SJ16_0_30	SJ17_0_30	SJ18_0_30
Matrice :		SOL	SOL	SOL	SOL	SOL	SOL
Date de prélèvement :		14/09/2016	14/09/2016	14/09/2016	14/09/2016	14/09/2016	14/09/2016
Date de début d'analyse :		21/09/2016	17/09/2016	17/09/2016	17/09/2016	17/09/2016	16/09/2016
Administratif							
LSRAS : **Echantillon non reçu au laboratoire**							-
Préparation Physico-Chimique							
XXS07 : **Refus Pondéral à 2 mm**	% P.B.	* 14.0	* 14.8	* 13.7	* 12.6	* 11.6	
XXS06 : **Séchage à 40°C**		* -	* -	* -	* -	* -	
Analyses immédiates							
LS902 : **pH H2O**							
pH extrait à l'eau		* 6.7	* 7.5	* 6.2	* 6.9	* 7.0	
Température de mesure du pH	°C	20	21	21	20	20	
Métaux							
XXS01 : **Minéralisation eau régale - Bloc chauffant**		* -	* -	* -	* -	* -	
LS862 : **Aluminium (Al)**	mg/kg MS	17100	16100	16100	11300	17400	
LS863 : **Antimoine (Sb)**	mg/kg MS	1.96	3.12	3.07	3.69	40.7	
LS864 : **Argent (Ag)**	mg/kg MS	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	
LS865 : **Arsenic (As)**	mg/kg MS	* 32.5	* 135	* 187	* 177	* 49.2	
LS870 : **Cadmium (Cd)**	mg/kg MS	* <0.40	* <0.40	* <0.40	* 1.09	* <0.40	
LS871 : **Calcium (Ca)**	mg/kg MS	2540	6830	2280	3300	2980	
LS874 : **Cuivre (Cu)**	mg/kg MS	* 28.9	* 55.6	* 51.4	* 51.3	* 60.1	
LS876 : **Fer (Fe)**	mg/kg MS	27900	26000	24100	20800	28500	
LS877 : **Lithium (Li)**	mg/kg MS	36.1	46.2	57.9	28.4	28.5	
LS878 : **Magnésium (Mg)**	mg/kg MS	4280	3640	2990	1870	3570	
LS879 : **Manganèse (Mn)**	mg/kg MS	716	1140	821	908	1110	
LS883 : **Plomb (Pb)**	mg/kg MS	* 21.0	* 36.6	* 66.1	* 62.3	* 31.5	
LS884 : **Potassium (K)**	mg/kg MS	6780	5320	4320	4090	3420	
LS886 : **Silicium (Si)**	mg/kg MS	196	263	242	417	289	
LS887 : **Sodium (Na)**	mg/kg MS	74.3	73.1	57.9	58.5	60.2	
LS892 : **Tungstène (W)**	mg/kg MS	<10.0	<10.0	11.1	15.2	<10.0	
LS894 : **Zinc (Zn)**	mg/kg MS	* 71.3	* 131	* 105	* 114	* 106	
LSA09 : **Mercure (Hg)**	mg/kg MS	* <0.10	* <0.10	* <0.10	* <0.10	* <0.10	

Observations	N° Ech	Réf client

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E074683

Version du : 26/09/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-083394-01

Date de réception : 16/09/2016

Référence Dossier : N° Projet : _1

Nom Projet : SOLS

Référence Commande :

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 7 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai.

Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole *.

D : détecté / ND : non détecté

L'information relative au seuil de détection d'un paramètre n'est pas couverte par l'accréditation Cofrac.

Les résultats précédés du signe < correspondent aux limites de quantification, elles sont la responsabilité du laboratoire et fonction de la matrice.

Laboratoire agréé par le ministre chargé de l'environnement - se reporter à la liste des laboratoires sur le site internet de gestion des agréments du ministère chargé de l'environnement : http://www.labeau.ecologie.gouv.fr

Laboratoire agréé pour la réalisation des prélèvements et des analyses terrains et/ou des analyses des paramètres du contrôle sanitaire des eaux – portée détaillée de l'agrément disponible sur demande.

Laboratoire agréé par le ministre chargé des installations classées conformément à l'arrêté du 11 Mars 2010. Mention des types d'analyses pour lesquels l'agrément a été délivré sur : www.eurofins.fr ou disponible sur demande.

Pour les résultats issus d'une sous-traitance, les rapports émis par des laboratoires accrédités sont disponibles sur demande.

Mathieu Hubner
Coordinateur de Projets Clients

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

ACCREDITATION
N° 1- 1488
Site de saverne
Portée disponible sur
www.cofrac.fr

Annexe technique

Dossier N° : 16E074683

N° de rapport d'analyse :AR-16-LK-083394-01

Emetteur : Mme Karen Perronnet

Commande EOL : 00610514176252

Nom projet : SOLS

Référence commande :

Sol

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Unité	Incert.	Prestation réalisée sur le site de :
LS862	Aluminium (Al)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B	5	mg/kg MS	23% (A)	Eurofins Analyse pour l'Environnement France
LS863	Antimoine (Sb)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B (Sol)	1	mg/kg MS		
LS864	Argent (Ag)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885	5	mg/kg MS		
LS865	Arsenic (As)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B	1	mg/kg MS	45% (B)	
LS870	Cadmium (Cd)		0.4	mg/kg MS	40% (B)	
LS871	Calcium (Ca)		50	mg/kg MS		
LS874	Cuivre (Cu)		5	mg/kg MS	20% (B)	
LS876	Fer (Fe)		5	mg/kg MS	25% (C)	
LS877	Lithium (Li)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885	20	mg/kg MS		
LS878	Magnésium (Mg)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B	5	mg/kg MS		
LS879	Manganèse (Mn)		1	mg/kg MS	30% (C)	
LS883	Plomb (Pb)		5	mg/kg MS	15% (B)	
LS884	Potassium (K)		20	mg/kg MS		
LS886	Silicium (Si)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885	10	mg/kg MS		
LS887	Sodium (Na)		20	mg/kg MS		
LS892	Tungstène (W)		10	mg/kg MS		
LS894	Zinc (Zn)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B	5	mg/kg MS	15% (B)	
LS902	pH H2O	Potentiométrie - NF ISO 10390				
	pH extrait à l'eau				15% (B)	
	Température de mesure du pH			°C	15% (B)	
LSA09	Mercure (Hg)	SFA / vapeurs froides (CV-AAS) [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN 13346 Méthode B (Sol) - NF ISO 16772 (Sol) - Adaptée de NF ISO 16772 (Boue, Sédiments)	0.1	mg/kg MS	25% (B)	
LSRAS	Echantillon non reçu au laboratoire					
XXS01	Minéralisation eau régale - Bloc chauffant	Digestion acide - NF EN 13346 Méthode B				
XXS06	Séchage à 40°C	Séchage - NF ISO 11464				
XXS07	Refus Pondéral à 2 mm	Gravimétrie - NF ISO 11464	1	% P.B.		

Tous les éléments de traçabilité sont disponibles sur demande
Méthodes de calcul de l'incertitude (valeur maximisée) : (A) : Eurachem (B) : XP T 90-220 (C) : NF ISO 11352 (D) : ISO 15767 (e) : Méthode interne

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

Annexe de traçabilité des échantillons

Cette traçabilité recense les flaconnages des échantillons scannés dans EOL sur le terrain avant envoi au laboratoire

Dossier N° : 16E074683

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-083394-01

Emetteur : Mme Karen Perronnet

Commande EOL : 00610514176252

Nom projet : SOLS

Référence commande :

Sol

Référence Eurofins	Référence Client	Date&Heure Prélèvement	Code-barre	Nom flacon
16E074683-001	SJ1_0_30			
16E074683-002	S2_0_5			
16E074683-003	SJ3_0_30			
16E074683-004	SJ4_0_30			
16E074683-005	SJ5_0_30			
16E074683-006	S6_0_5			
16E074683-007	SJ7_0_30			
16E074683-008	SJ8_0_30			
16E074683-009	S9_0_5			
16E074683-010	S10_0_10			
16E074683-011	SJ11_0_30			
16E074683-012	SJ12_0_30			
16E074683-013	SJ13_0_30			
16E074683-014	SJ14_0_30			
16E074683-015	SJ15_0_30			
16E074683-016	SJ16_0_30			
16E074683-017	SJ17_0_30			
16E074683-018	SJ18_0_30			

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

GEODERIS
Madame Karen PERRONNET
INERIS Parc Technologique ALATA
BP2
60550 VERNEUIL EN HALATTE

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E074715
N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-090804-01
Référence Dossier : N° Projet : 3
Nom Projet : VEGETAUX
Référence Commande : BC N°2016/ 106

Version du : 18/10/2016
Date de réception : 16/09/2016

Coordinateur de projet client : Stéphanie André / StephanieAndre@eurofins.com / +33 3 88 02 33 85

N° Ech	Matrice		Référence échantillon
001	Végétaux	(VEG)	SJ12_PDT
002	Végétaux	(VEG)	SJ11_BETT
003	Végétaux	(VEG)	SJ11_CA
004	Végétaux	(VEG)	SJ11_HAR
005	Végétaux	(VEG)	SJ11_RAV
006	Végétaux	(VEG)	SJ12_TOM
007	Végétaux	(VEG)	SJ13_PRU
008	Végétaux	(VEG)	SJ13_POM
009	Végétaux	(VEG)	SJ15_HAR
010	Végétaux	(VEG)	SJ15_COU
011	Végétaux	(VEG)	SJ15_TOM
012	Végétaux	(VEG)	SJ16_POI
013	Végétaux	(VEG)	SJ16_PRU
014	Végétaux	(VEG)	SJ16_HAR
015	Végétaux	(VEG)	SJ16_COU
016	Végétaux	(VEG)	SJ17_BETT
017	Végétaux	(VEG)	SJ17_CA
018	Végétaux	(VEG)	SJ17_FCA
019	Végétaux	(VEG)	SJ17_PDT
020	Végétaux	(VEG)	SJ17_HAR
021	Végétaux	(VEG)	SJ18_PDT
022	Végétaux	(VEG)	SJ18_CA
023	Végétaux	(VEG)	SJ3_PDT

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E074715
N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-090804-01
Référence Dossier : N° Projet : 3
Nom Projet : VEGETAUX
Référence Commande : BC N°2016/ 106

Version du : 18/10/2016
Date de réception : 16/09/2016

N° Echantillon			001	002	003	004	005	006
Référence client :			SJ12_PDT	SJ11_BETT	SJ11_CA	SJ11_HAR	SJ11_RAV	SJ12_TOM
Matrice :			VEG	VEG	VEG	VEG	VEG	VEG
Date de prélèvement :			14/09/2016	14/09/2016	14/09/2016	14/09/2016	14/09/2016	14/09/2016
Date de début d'analyse :			16/09/2016	16/09/2016	16/09/2016	16/09/2016	16/09/2016	16/09/2016
Sous-traitance | Eurofins WEJ Contaminants GmbH (Hamburg)								
J1041 : **Chrome (ICP-OES)**	mg/kg		<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *
B0112 : **Lithium (ICP-AES)**	mg/kg		<0.5 *	<0.5 *	<0.5 *	<0.5 *	<0.5 *	<0.5 *
JJ0CX : **Antimoine (ICP-MS, aliments)**	mg/kg		<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *
JC00M : **Arsenic (ICP-MS, LQ basse)**	mg/kg		<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *
JCM04 : **Cadmium (ICP-MS, LQ basse)**	mg/kg		0.038	0.026	0.021	<0.005 *	0.014	0.016
JJW2B : **Cuivre**	mg/kg		1.0	1.1	0.6	0.8	0.1	0.5
J8306 : **Plomb (Pb)**	mg/kg		<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *
JJ0CR : **Zinc (ICP-MS, aliments)**	mg/kg		2.9	3.2	1.4	3.8	1.7	1.5
J1001 : **Préparation échantillon**			blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E074715

Version du : 18/10/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-090804-01

Date de réception : 16/09/2016

Référence Dossier : N° Projet : 3
Nom Projet : VEGETAUX
Référence Commande : BC N°2016/ 106

N° Echantillon		007	008	009	010	011	012
Référence client :		SJ13_PRU VEG	SJ13_POM VEG	SJ15_HAR VEG	SJ15_COU VEG	SJ15_TOM VEG	SJ16_POI VEG
Matrice :							
Date de prélèvement :		14/09/2016	14/09/2016	14/09/2016	14/09/2016	14/09/2016	14/09/2016
Date de début d'analyse :		16/09/2016	16/09/2016	16/09/2016	16/09/2016	16/09/2016	16/09/2016
Sous-traitance | Eurofins WEJ Contaminants GmbH (Hamburg)							
J1041 : **Chrome (ICP-OES)**	mg/kg	<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *
B0112 : **Lithium (ICP-AES)**	mg/kg	<0.5 *	<0.5 *	<0.5 *	<0.5 *	<0.5 *	<0.5 *
JJ0CX : **Antimoine (ICP-MS, aliments)**	mg/kg	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *
JC00M : **Arsenic (ICP-MS, LQ basse)**	mg/kg	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *
JCM04 : **Cadmium (ICP-MS, LQ basse)**	mg/kg	<0.005 *	<0.005 *	0.011	<0.005 *	0.012	0.006
JJW2B : **Cuivre**	mg/kg	0.7	0.8	1.2	0.6	0.9	0.3
J8306 : **Plomb (Pb)**	mg/kg	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	0.08
JJ0CR : **Zinc (ICP-MS, aliments)**	mg/kg	0.9	<0.5 *	5.5	3.7	1.7	3.0
J1001 : **Préparation échantillon**		blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E074715

Version du : 18/10/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-090804-01

Date de réception : 16/09/2016

Référence Dossier : N° Projet : 3
Nom Projet : VEGETAUX
Référence Commande : BC N°2016/ 106

N° Echantillon		013	014	015	016	017	018
Référence client :		SJ16_PRU VEG	SJ16_HAR VEG	SJ16_COU VEG	SJ17_BETT VEG	SJ17_CA VEG	SJ17_FCA VEG
Matrice :							
Date de prélèvement :		14/09/2016	14/09/2016	14/09/2016	14/09/2016	14/09/2016	14/09/2016
Date de début d'analyse :		16/09/2016	16/09/2016	16/09/2016	16/09/2016	16/09/2016	16/09/2016
Sous-traitance | Eurofins WEJ Contaminants GmbH (Hamburg)							
J1041 : **Chrome (ICP-OES)**	mg/kg	<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *	0.3
B0112 : **Lithium (ICP-AES)**	mg/kg	<0.5 *	<0.5 *	<0.5 *	<0.5 *	<0.5 *	<0.5 *
JJ0CX : **Antimoine (ICP-MS, aliments)**	mg/kg	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	0.24
JC00M : **Arsenic (ICP-MS, LQ basse)**	mg/kg	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	0.31
JCM04 : **Cadmium (ICP-MS, LQ basse)**	mg/kg	<0.005 *	<0.005 *	<0.005 *	0.015	0.011	0.022
JJW2B : **Cuivre**	mg/kg	0.6	0.6	0.5	0.9	0.6	49
J8306 : **Plomb (Pb)**	mg/kg	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	0.24
JJ0CR : **Zinc (ICP-MS, aliments)**	mg/kg	1.0	4.7	3.0	2.8	2.7	5.4
J1001 : **Préparation échantillon**		blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E074715

Version du : 18/10/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-090804-01

Date de réception : 16/09/2016

Référence Dossier : N° Projet : 3

Nom Projet : VEGETAUX

Référence Commande : BC N°2016/ 106

N° Echantillon		019	020	021	022	023
Référence client :		SJ17_PDT VEG	SJ17_HAR VEG	SJ18_PDT VEG	SJ18_CA VEG	SJ3_PDT VEG
Matrice :						
Date de prélèvement :		14/09/2016	14/09/2016	14/09/2016	14/09/2016	14/09/2016
Date de début d'analyse :		16/09/2016	16/09/2016	16/09/2016	16/09/2016	16/09/2016
Sous-traitance | Eurofins WEJ Contaminants GmbH (Hamburg)						
J1041 : **Chrome (ICP-OES)**	mg/kg	<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *
B0112 : **Lithium (ICP-AES)**	mg/kg	<0.5 *	<0.5 *	<0.5 *	<0.5 *	<0.5 *
JJ0CX : **Antimoine (ICP-MS, aliments)**	mg/kg	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *
JC00M : **Arsenic (ICP-MS, LQ basse)**	mg/kg	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *
JCM04 : **Cadmium (ICP-MS, LQ basse)**	mg/kg	0.005	<0.005 *	0.008	0.012	<0.005 *
JJW2B : **Cuivre**	mg/kg	1.7	1.1	0.8	0.8	0.7
J8306 : **Plomb (Pb)**	mg/kg	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *
JJ0CR : **Zinc (ICP-MS, aliments)**	mg/kg	3.4	3.2	2.5	2.8	1.8
J1001 : **Préparation échantillon**		blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported

Observations	N° Ech	Réf client

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 8 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai.

D : détecté / ND : non détecté

L'information relative au seuil de détection d'un paramètre n'est pas couverte par l'accréditation Cofrac.

Les résultats précédés du signe < correspondent aux limites de quantification, elles sont la responsabilité du laboratoire et fonction de la matrice.

Laboratoire agréé par le ministre chargé de l'environnement - se reporter à la liste des laboratoires sur le site internet de gestion des agréments du ministère chargé de l'environnement : http://www.labeau.ecologie.gouv.fr

Laboratoire agréé pour la réalisation des prélèvements et des analyses terrains et/ou des analyses des paramètres du contrôle sanitaire des eaux – portée détaillée de l'agrément disponible sur demande.

Laboratoire agréé par le ministre chargé des installations classées conformément à l'arrêté du 11 Mars 2010. Mention des types d'analyses pour lesquels l'agrément a été délivré sur : www.eurofins.fr ou disponible sur demande.

Pour les résultats issus d'une sous-traitance, les rapports émis par des laboratoires accrédités sont disponibles sur demande.

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E074715

Version du : 18/10/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-090804-01

Date de réception : 16/09/2016

Référence Dossier : N° Projet : 3

Nom Projet : VEGETAUX

Référence Commande : BC N°2016/ 106

Stéphanie André
Coordinateur de Projets Clients

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

Annexe technique

Dossier N° : 16E074715

N° de rapport d'analyse :AR-16-LK-090804-01

Emetteur : Mme Karen Perronnet

Commande EOL : 00610514176250

Nom projet : N° Projet : 3
VEGETAUX

Référence commande : BC N°2016/ 106

Végétaux

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Unité	Incert.	Prestation réalisée sur le site de :
B0112	Lithium (ICP-AES)	ICP/AES - adaptée de NF EN ISO 11885	0.5	mg/kg	0.4% (e)	Prestation soustraitée à Eurofins WEJ Contaminants GmbH
J1001	Préparation échantillon	Digestion micro-ondes - §64 LFGB L 00.00-19/1				
J1041	Chrome (ICP-OES)	ICP/AES - adaptée de NF EN ISO 11885	0.2	mg/kg	0.16% (e)	
J8306	Plomb (Pb)	ICP/MS - EN 15763:2009	0.05	mg/kg	0.04% (e)	
JC00M	Arsenic (ICP-MS, LQ basse)		0.05	mg/kg	0.04% (e)	
JCM04	Cadmium (ICP-MS, LQ basse)		0.005	mg/kg	0.004% (e)	
JJ0CR	Zinc (ICP-MS, aliments)	ICP/MS - EN ISO 17294-2-E29	0.5	mg/kg	0.4% (e)	
JJ0CX	Antimoine (ICP-MS, aliments)		0.05	mg/kg	0.04% (e)	
JJW2B	Cuivre		0.1	mg/kg	0.08% (e)	

Tous les éléments de traçabilité sont disponibles sur demande
Méthodes de calcul de l'incertitude (valeur maximisée) : (A) : Eurachem (B) : XP T 90-220 (C) : NF ISO 11352 (D) : ISO 15767 (e) : Méthode interne

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

Annexe de traçabilité des échantillons

Cette traçabilité recense les flaconnages des échantillons scannés dans EOL sur le terrain avant envoi au laboratoire

Dossier N° : 16E074715

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-090804-01

Emetteur : Mme Karen Perronnet

Commande EOL : 00610514176250

Nom projet : N° Projet : 3
VEGETAUX

Référence commande : BC N°2016/ 106

Végétaux

Référence Eurofins	Référence Client	Date&Heure Prélèvement	Code-barre	Nom flacon
16E074715-001	SJ12_PDT			
16E074715-002	SJ11_BETT			
16E074715-003	SJ11_CA			
16E074715-004	SJ11_HAR			
16E074715-005	SJ11_RAV			
16E074715-006	SJ12_TOM			
16E074715-007	SJ13_PRU			
16E074715-008	SJ13_POM			
16E074715-009	SJ15_HAR			
16E074715-010	SJ15_COU			
16E074715-011	SJ15_TOM			
16E074715-012	SJ16_POI			
16E074715-013	SJ16_PRU			
16E074715-014	SJ16_HAR			
16E074715-015	SJ16_COU			
16E074715-016	SJ17_BETT			
16E074715-017	SJ17_CA			
16E074715-018	SJ17_FCA			
16E074715-019	SJ17_PDT			
16E074715-020	SJ17_HAR			
16E074715-021	SJ18_PDT			
16E074715-022	SJ18_CA			
16E074715-023	SJ3_PDT			

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

GEODERIS
Madame Karen PERRONNET
INERIS Parc Technologique ALATA
BP2
60550 VERNEUIL EN HALATTE

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E074832
N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-082653-01
Référence Dossier : N° Projet : _3
Nom Projet : EAUX
Référence Commande : 099

Version du : 23/09/2016
Date de réception : 17/09/2016

Coordinateur de projet client : Marion Davril / MarionDavril@eurofins.com /

N° Ech	Matrice		Référence échantillon
001	Eau souterraine	(ESO)	EB_ESO7
002	Eau souterraine	(ESO)	EF_ESO7
003	Eau souterraine	(ESO)	EB_ESO8
004	Eau souterraine	(ESO)	EF_ESO8
005	Eau souterraine	(ESO)	EB_ESO9
006	Eau souterraine	(ESO)	EF_ESO9
007	Eau souterraine	(ESO)	EB_ESO10
008	Eau souterraine	(ESO)	EF_ESO10

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E074832
N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-082653-01
Référence Dossier : N° Projet : _3
Nom Projet : EAUX
Référence Commande : 099

Version du : 23/09/2016
Date de réception : 17/09/2016

N° Echantillon		001	002	003	004	005	006
Référence client :		EB_ESO7 ESO	EF_ESO7 ESO	EB_ESO8 ESO	EF_ESO8 ESO	EB_ESO9 ESO	EF_ESO9 ESO
Matrice :							
Date de prélèvement :		15/09/2016	15/09/2016	15/09/2016	15/09/2016	15/09/2016	15/09/2016
Date de début d'analyse :		17/09/2016	17/09/2016	17/09/2016	17/09/2016	17/09/2016	17/09/2016
Analyses immédiates							
LS019 : **Titre Alcalimétrique (TA)**	°F	* <2.00	* <2.00	* <2.00	* <2.00	* <2.00	* <2.00
LS020 : **Titre Alcalimétrique Complet (TAC)**	°F	* 2.9	* 3.1	* 9.9	* 9.9	* 3.5	* 3.5
Indices de pollution							
LS02L : **Azote Nitrique / Nitrates (NO3)**							
Nitrates	mg NO3/l	# 19.6	# 19.8	# 1.78	# <1.00	# 3.71	# 5.00
Azote nitrique	mg N-NO3/l	# 4.43	# 4.48	# 0.40	# <0.20	# 0.84	# 1.13
LS02I : **Chlorures**	mg/l	* 23.0	* 22.8	* 9.21	* 9.29	* 35.5	* 35.0
LS02Z : **Sulfates (SO4)**	mg SO4/l	* 6.75	* 6.79	* 32.1	* 30.8	* 13.3	* 13.2
LS03C : **Orthophosphates (PO4)**	mg PO4/l	* <0.10	* <0.10	* <0.10	* <0.10	* <0.10	* <0.10
Métaux							
LS101 : **Aluminium (Al)**	mg/l	* 0.32	* <0.05	* <0.05	* <0.05	* 0.10	* 0.05
LS121 : **Argent (Ag)**	mg/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
LS128 : **Calcium (Ca)**	mg/l	* 11.6	* 11.0	* 28.7	* 28.5	* 14.2	* 14.2
LS109 : **Fer (Fe)**	mg/l	* 4.18	* 0.10	* <0.01	* <0.01	* 0.28	* 0.13
LS132 : **Lithium (Li)**	mg/l	0.015	0.014	0.027	0.027	<0.005	<0.005
LS133 : **Magnésium (Mg)**	mg/l	* 7.46	* 7.32	* 5.70	* 5.62	* 1.62	* 1.62
LS138 : **Potassium (K)**	mg/l	* 4.88	* 4.71	* 3.88	* 4.34	* 1.87	* 1.86
LS142 : **Silicium (Si)**	mg/l	* 10.3	* 10.1	* 19.3	* 19.3	* 1.83	* 1.75
LS143 : **Sodium (Na)**	mg/l	* 8.26	* 8.35	* 17.3	* 17.4	* 19.9	* 19.7
LS151 : **Antimoine (Sb)**	µg/l	* <0.20	* <0.20	* <0.20	* 0.46	* 0.28	* 0.28
LS153 : **Arsenic (As)**	µg/l	* 24.7	* 3.15	* 1.78	* 1.52	* 13.6	* 11.7
LS158 : **Cadmium (Cd)**	µg/l	* <0.20	* <0.20	* <0.20	* <0.20	* <0.20	* <0.20
LS162 : **Cuivre (Cu)**	µg/l	* 1.84	* <0.50	* 0.73	* <0.50	* 6.91	* 5.87
LS177 : **Manganèse (Mn)**	µg/l	* 547	* 185	* 21.3	* 16.2	* 28.9	* 2.26
LS184 : **Plomb (Pb)**	µg/l	* 2.27	* <0.50	* <0.50	* <0.50	* <0.50	* <0.50
LS198 : **Tungstène (W)**	µg/l	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00
LS112 : **Zinc (Zn)**	µg/l	7.2	<5.00	34.0	9.8	6.8	<5.00
DN225 : **Mercure (Hg)**	µg/l	* <0.21	* <0.20	* <0.22	* <0.21	* <0.21	* <0.20

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

ACCREDITATION
N° 1- 1488
Site de saverne
Portée disponible sur
www.cofrac.fr

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E074832

Version du : 23/09/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-082653-01

Date de réception : 17/09/2016

Référence Dossier : N° Projet : _3

Nom Projet : EAUX

Référence Commande : 099

N° Echantillon			007		008
Référence client :			EB_ESO10 ESO		EF_ESO10 ESO
Matrice :					
Date de prélèvement :			15/09/2016		15/09/2016
Date de début d'analyse :			17/09/2016		17/09/2016
Analyses immédiates					
LS019 : **Titre Alcalimétrique (TA)**	°F	*	<2.00	*	<2.00
LS020 : **Titre Alcalimétrique Complet (TAC)**	°F	*	<2.00	*	<2.00
Indices de pollution					
LS02L : **Azote Nitrique / Nitrates (NO3)**					
Nitrates	mg NO3/l		# 14.4		# 15.7
Azote nitrique	mg N-NO3/l		# 3.24		# 3.53
LS02I : **Chlorures**	mg/l	*	4.07	*	3.89
LS02Z : **Sulfates (SO4)**	mg SO4/l	*	<5.00	*	<5.00
LS03C : **Orthophosphates (PO4)**	mg PO4/l	*	0.18	*	0.15
Métaux					
LS101 : **Aluminium (Al)**	mg/l	*	0.06	*	<0.05
LS121 : **Argent (Ag)**	mg/l		<0.01		<0.01
LS128 : **Calcium (Ca)**	mg/l	*	3.24	*	3.15
LS109 : **Fer (Fe)**	mg/l	*	0.63	*	0.02
LS132 : **Lithium (Li)**	mg/l		0.011		0.011
LS133 : **Magnésium (Mg)**	mg/l	*	2.47	*	2.41
LS138 : **Potassium (K)**	mg/l	*	1.87	*	1.85
LS142 : **Silicium (Si)**	mg/l	*	8.98	*	8.99
LS143 : **Sodium (Na)**	mg/l	*	4.34	*	4.29
LS151 : **Antimoine (Sb)**	µg/l	*	<0.20	*	<0.20
LS153 : **Arsenic (As)**	µg/l	*	3.42	*	1.55
LS158 : **Cadmium (Cd)**	µg/l	*	0.23	*	<0.20
LS162 : **Cuivre (Cu)**	µg/l	*	109	*	14.0
LS177 : **Manganèse (Mn)**	µg/l	*	11.5	*	4.37
LS184 : **Plomb (Pb)**	µg/l	*	17.5	*	<0.50
LS198 : **Tungstène (W)**	µg/l		<5.00		<5.00
LS112 : **Zinc (Zn)**	µg/l		729		194
DN225 : **Mercure (Hg)**	µg/l	*	<0.22	*	<0.21

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E074832

Version du : 23/09/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-082653-01

Date de réception : 17/09/2016

Référence Dossier : N° Projet : _3

Nom Projet : EAUX

Référence Commande : 099

Observations	N° Ech	Réf client
Les délais de mise en analyse sont supérieurs à ceux indiqués dans notre dernière étude de stabilité ou aux délais normatifs pour les paramètres identifiés par '#' et donnent lieu à des réserves sur les résultats, avec retrait de l'accréditation. L'échantillon a néanmoins été conservé dans les meilleures conditions de stockage.	(001) (002) (003) (004) (005) (006) (007) (008)	EB_ESO7 / EF_ESO7 / EB_ESO8 / EF_ESO8 / EB_ESO9 / EF_ESO9 / EB_ESO10 / EF_ESO10 /
Spectrophotométrie visible : l'analyse a été réalisée sur l'échantillon filtré à 0.45µm.	(001) (002) (003) (004) (005) (006) (007) (008)	EB_ESO7 / EF_ESO7 / EB_ESO8 / EF_ESO8 / EB_ESO9 / EF_ESO9 / EB_ESO10 / EF_ESO10 /

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 6 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai.

Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole *.

D : détecté / ND : non détecté

L'information relative au seuil de détection d'un paramètre n'est pas couverte par l'accréditation Cofrac.

Les résultats précédés du signe < correspondent aux limites de quantification, elles sont la responsabilité du laboratoire et fonction de la matrice.

Laboratoire agréé par le ministre chargé de l'environnement - se reporter à la liste des laboratoires sur le site internet de gestion des agréments du ministère chargé de l'environnement : http://www.labeau.ecologie.gouv.fr

Laboratoire agréé pour la réalisation des prélèvements et des analyses terrains et/ou des analyses des paramètres du contrôle sanitaire des eaux – portée détaillée de l'agrément disponible sur demande.

Laboratoire agréé par le ministre chargé des installations classées conformément à l'arrêté du 11 Mars 2010. Mention des types d'analyses pour lesquels l'agrément a été délivré sur : www.eurofins.fr ou disponible sur demande.

Pour les résultats issus d'une sous-traitance, les rapports émis par des laboratoires accrédités sont disponibles sur demande.

Clémence Brochard
Coordinateur Projets Clients

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

ACCREDITATION
N° 1- 1488
Site de saverne
Portée disponible sur
www.cofrac.fr

Annexe technique

Dossier N° : 16E074832

N° de rapport d'analyse :AR-16-LK-082653-01

Emetteur : Mme Karen Perronnet

Commande EOL : 00610514176655

Nom projet : EAUX

Référence commande :

Eau souterraine

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Unité	Incert.	Prestation réalisée sur le site de :
DN225	Mercure (Hg)	SFA / vapeurs froides (CV-AAS) [Minéralisation - Dosage par SFA] - NF EN ISO 17852	0.2	µg/l	30% (B)	Eurofins Analyse pour l'Environnement France
LS019	Titre Alcalimétrique (TA)	Volumétrie - NF EN ISO 9963-1	2	°F	5% (B)	
LS020	Titre Alcalimétrique Complet (TAC)		2	°F	5% (B)	
LS02I	Chlorures	Spectrophotométrie (UV/VIS) - NF ISO 15923-1	1	mg/l	30% (C)	
LS02L	Azote Nitrique / Nitrates (NO3)					
	Nitrates		1	mg NO3/l	35% (C)	
	Azote nitrique		0.2	mg N-NO3/l	35% (C)	
LS02Z	Sulfates (SO4)		5	mg SO4/l	20% (C)	
LS03C	Orthophosphates (PO4)		0.1	mg PO4/l	35% (C)	
LS101	Aluminium (Al)	ICP/AES - NF EN ISO 11885	0.05	mg/l	30% (B)	
LS109	Fer (Fe)		0.01	mg/l	20% (B)	
LS112	Zinc (Zn)	ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	5	µg/l		
LS121	Argent (Ag)	ICP/AES - NF EN ISO 11885	0.01	mg/l		
LS128	Calcium (Ca)		1	mg/l	25% (B)	
LS132	Lithium (Li)		0.005	mg/l		
LS133	Magnésium (Mg)		0.01	mg/l	30% (B)	
LS138	Potassium (K)		0.1	mg/l	25% (B)	
LS142	Silicium (Si)		0.02	mg/l	16% (A)	
LS143	Sodium (Na)		0.05	mg/l	25% (B)	
LS151	Antimoine (Sb)	ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	0.2	µg/l	30% (B)	
LS153	Arsenic (As)		0.2	µg/l	20% (B)	
LS158	Cadmium (Cd)		0.2	µg/l	20% (B)	
LS162	Cuivre (Cu)		0.5	µg/l	20% (B)	
LS177	Manganèse (Mn)		0.5	µg/l	25% (B)	
LS184	Plomb (Pb)		0.5	µg/l	25% (B)	
LS198	Tungstène (W)		5	µg/l		

Tous les éléments de traçabilité sont disponibles sur demande
Méthodes de calcul de l'incertitude (valeur maximisée) : (A) : Eurachem (B) : XP T 90-220 (C) : NF ISO 11352 (D) : ISO 15767 (e) : Méthode interne

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

Annexe de traçabilité des échantillons

Cette traçabilité recense les flaconnages des échantillons scannés dans EOL sur le terrain avant envoi au laboratoire

Dossier N° : 16E074832

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-082653-01

Emetteur : Mme Karen Perronnet

Commande EOL : 00610514176655

Nom projet : EAUX

Référence commande :

Eau souterraine

Référence Eurofins	Référence Client	Date&Heure Prélèvement	Code-barre	Nom flacon
16E074832-001	EB_ESO7			
16E074832-002	EF_ESO7			
16E074832-003	EB_ESO8			
16E074832-004	EF_ESO8			
16E074832-005	EB_ESO9			
16E074832-006	EF_ESO9			
16E074832-007	EB_ESO10			
16E074832-008	EF_ESO10			

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

eurofins

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

GEODERIS
Madame Karen PERRONNET
INERIS Parc Technologique ALATA
BP2
60550 VERNEUIL EN HALATTE

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E074844

Version du : 06/10/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-086797-01

Date de réception : 17/09/2016

Référence Dossier : N° Projet : __3
Nom Projet : VEGETAUX
Référence Commande : BC N° 2016/104

Coordinateur de projet client : Stéphanie André / StephanieAndre@eurofins.com / +33 3 88 02 33 85

N° Ech	Matrice		Référence échantillon
001	Végétaux	(VEG)	SJ20_TOM
002	Végétaux	(VEG)	SJ20_HAR
003	Végétaux	(VEG)	SJ20_SAL
004	Végétaux	(VEG)	SJ20_CA
005	Végétaux	(VEG)	SJ20_PRU
006	Végétaux	(VEG)	SJ20_POM
007	Végétaux	(VEG)	SJ22_SAL
008	Végétaux	(VEG)	SJ22_ BETT
009	Végétaux	(VEG)	SJ22_ TOM
010	Végétaux	(VEG)	SJ22_ HAR
011	Végétaux	(VEG)	SJ22_ CA
012	Végétaux	(VEG)	SJ22_ PDT
013	Végétaux	(VEG)	SJ22_ POM
014	Végétaux	(VEG)	SJ22_ FRAM
015	Végétaux	(VEG)	SJ22_ COU
016	Végétaux	(VEG)	SJ25_HAR
017	Végétaux	(VEG)	SJ25_ POI
018	Végétaux	(VEG)	SJ25_ CA
019	Végétaux	(VEG)	SJ25_ FCA
020	Végétaux	(VEG)	SJ25_ COU

eurofins

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E074844

Version du : 06/10/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-086797-01

Date de réception : 17/09/2016

Référence Dossier : N° Projet : __3
Nom Projet : VEGETAUX
Référence Commande : BC N° 2016/104

N° Echantillon		001	002	003	004	005	006
Référence client :		SJ20_TOM	SJ20_HAR	SJ20_SAL	SJ20_CA	SJ20_PRU	SJ20_POM
Matrice :		VEG	VEG	VEG	VEG	VEG	VEG
Date de prélèvement :		15/09/2016	15/09/2016	15/09/2016	15/09/2016	15/09/2016	15/09/2016
Date de début d'analyse :		17/09/2016	17/09/2016	17/09/2016	17/09/2016	17/09/2016	17/09/2016
Sous-traitance | Eurofins WEJ Contaminants GmbH (Hamburg)							
J1041 : **Chrome (ICP-OES)**	mg/kg	<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *
B0112 : **Lithium (ICP-AES)**	mg/kg	<0.5 *	<0.5 *	<0.5 *	<0.5 *	<0.5 *	<0.5 *
JJ0CX : **Antimoine (ICP-MS, aliments)**	mg/kg	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *
JC00M : **Arsenic (ICP-MS, LQ basse)**	mg/kg	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *
JCM04 : **Cadmium (ICP-MS, LQ basse)**	mg/kg	<0.005 *	<0.005 *	0.009	0.005	<0.005 *	<0.005 *
JJW2B : **Cuivre**	mg/kg	0.5	0.7	0.3	0.4	1.4	0.5
J8306 : **Plomb (Pb)**	mg/kg	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *
JJ0CR : **Zinc (ICP-MS, aliments)**	mg/kg	1.0	2.7	1.2	4.0	1.9	<0.5 *
J1001 : **Préparation échantillon**		blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E074844

Version du : 06/10/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-086797-01

Date de réception : 17/09/2016

Référence Dossier : N° Projet : __3

Nom Projet : VEGETAUX

Référence Commande : BC N° 2016/104

N° Echantillon		007	008	009	010	011	012
Référence client :		SJ22_SAL VEG	SJ22_ BETT VEG	SJ22_ TOM VEG	SJ22_ HAR VEG	SJ22_ CA VEG	SJ22_ PDT VEG
Matrice :							
Date de prélèvement :		15/09/2016	15/09/2016	15/09/2016	15/09/2016	15/09/2016	15/09/2016
Date de début d'analyse :		17/09/2016	17/09/2016	17/09/2016	17/09/2016	17/09/2016	17/09/2016
Sous-traitance | Eurofins WEJ Contaminants GmbH (Hamburg)							
J1041 : **Chrome (ICP-OES)**	mg/kg	0.7	<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *
B0112 : **Lithium (ICP-AES)**	mg/kg	<0.5 *	2.9	<0.5 *	<0.5 *	<0.5 *	<0.5 *
JJ0CX : **Antimoine (ICP-MS, aliments)**	mg/kg	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *
JC00M : **Arsenic (ICP-MS, LQ basse)**	mg/kg	<0.05 *	0.05	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *
JCM04 : **Cadmium (ICP-MS, LQ basse)**	mg/kg	0.038	0.011	0.011	<0.005 *	0.05	0.028
JJW2B : **Cuivre**	mg/kg	0.5	0.7	0.6	1.0	0.7	1.1
J8306 : **Plomb (Pb)**	mg/kg	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *
JJ0CR : **Zinc (ICP-MS, aliments)**	mg/kg	2.2	2.0	1.3	3.1	3.2	2.4
J1001 : **Préparation échantillon**		blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E074844

Version du : 06/10/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-086797-01

Date de réception : 17/09/2016

Référence Dossier : N° Projet : __3

Nom Projet : VEGETAUX

Référence Commande : BC N° 2016/104

N° Echantillon		013	014	015	016	017	018
Référence client :		SJ22_ POM VEG	SJ22_ FRAM VEG	SJ22_ COU VEG	SJ25_HAR VEG	SJ25_ POI VEG	SJ25_ CA VEG
Matrice :							
Date de prélèvement :		15/09/2016	15/09/2016	15/09/2016	15/09/2016	15/09/2016	15/09/2016
Date de début d'analyse :		17/09/2016	17/09/2016	17/09/2016	17/09/2016	17/09/2016	17/09/2016
Sous-traitance | Eurofins WEJ Contaminants GmbH (Hamburg)							
J1041 : **Chrome (ICP-OES)**	mg/kg	<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *
B0112 : **Lithium (ICP-AES)**	mg/kg	<0.5 *	<0.5 *	<0.5 *	<0.5 *	<0.5 *	<0.5 *
JJ0CX : **Antimoine (ICP-MS, aliments)**	mg/kg	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *
JC00M : **Arsenic (ICP-MS, LQ basse)**	mg/kg	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	0.07
JCM04 : **Cadmium (ICP-MS, LQ basse)**	mg/kg	<0.005 *	0.018	<0.005 *	<0.005 *	0.026	0.042
JJW2B : **Cuivre**	mg/kg	0.4	0.9	0.8	1.0	0.9	0.5
J8306 : **Plomb (Pb)**	mg/kg	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *
JJ0CR : **Zinc (ICP-MS, aliments)**	mg/kg	<0.5 *	4.2	3.5	3.9	3.5	2.4
J1001 : **Préparation échantillon**		blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E074844

Version du : 06/10/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-086797-01

Date de réception : 17/09/2016

Référence Dossier : N° Projet : __3

Nom Projet : VEGETAUX

Référence Commande : BC N° 2016/104

N° Echantillon		019	020			
Référence client :		SJ25_ FCA VEG	SJ25_ COU VEG			
Matrice :						
Date de prélèvement :		15/09/2016	15/09/2016			
Date de début d'analyse :		17/09/2016	17/09/2016			
Sous-traitance | Eurofins WEJ Contaminants GmbH (Hamburg)						
J1041 : **Chrome (ICP-OES)**	mg/kg	<0.2 *	<0.2 *			
B0112 : **Lithium (ICP-AES)**	mg/kg	<0.5 *	<0.5 *			
JJ0CX : **Antimoine (ICP-MS, aliments)**	mg/kg	<0.05 *	<0.05 *			
JC00M : **Arsenic (ICP-MS, LQ basse)**	mg/kg	0.24	<0.05 *			
JCM04 : **Cadmium (ICP-MS, LQ basse)**	mg/kg	0.06	<0.005 *			
JJW2B : **Cuivre**	mg/kg	0.9	0.7			
J8306 : **Plomb (Pb)**	mg/kg	<0.05 *	<0.05 *			
JJ0CR : **Zinc (ICP-MS, aliments)**	mg/kg	3.2	2.8			
J1001 : **Préparation échantillon**		blank value/Imported	blank value/Imported			

Observations	N° Ech	Réf client

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 8 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai.

D : détecté / ND : non détecté

L'information relative au seuil de détection d'un paramètre n'est pas couverte par l'accréditation Cofrac.

Les résultats précédés du signe < correspondent aux limites de quantification, elles sont la responsabilité du laboratoire et fonction de la matrice.

Laboratoire agréé par le ministre chargé de l'environnement - se reporter à la liste des laboratoires sur le site internet de gestion des agréments du ministère chargé de l'environnement : http://www.labeau.ecologie.gouv.fr

Laboratoire agréé pour la réalisation des prélèvements et des analyses terrains et/ou des analyses des paramètres du contrôle sanitaire des eaux – portée détaillée de l'agrément disponible sur demande.

Laboratoire agréé par le ministre chargé des installations classées conformément à l'arrêté du 11 Mars 2010. Mention des types d'analyses pour lesquels l'agrément a été délivré sur : www.eurofins.fr ou disponible sur demande.

Pour les résultats issus d'une sous-traitance, les rapports émis par des laboratoires accrédités sont disponibles sur demande.

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E074844

Version du : 06/10/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-086797-01

Date de réception : 17/09/2016

Référence Dossier : N° Projet : __3

Nom Projet : VEGETAUX

Référence Commande : BC N° 2016/104

Mathieu Hubner
Coordinateur de Projets Clients

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

Annexe technique

Dossier N° : 16E074844

N° de rapport d'analyse :AR-16-LK-086797-01

Emetteur : Mme Karen Perronnet

Commande EOL : 00610514176656

Nom projet : N° Projet : __3
VEGETAUX

Référence commande : BC N° 2016/104

Végétaux

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Unité	Incert.	Prestation réalisée sur le site de :
B0112	Lithium (ICP-AES)	ICP/AES - adaptée de NF EN ISO 11885	0.5	mg/kg	0.4% (e)	Prestation soustraitée à Eurofins WEJ Contaminants GmbH
J1001	Préparation échantillon	Digestion micro-ondes - §64 LFGB L 00.00-19/1				
J1041	Chrome (ICP-OES)	ICP/AES - adaptée de NF EN ISO 11885	0.2	mg/kg	0.16% (e)	
J8306	Plomb (Pb)	ICP/MS - EN 15763:2009	0.05	mg/kg	0.04% (e)	
JC00M	Arsenic (ICP-MS, LQ basse)		0.05	mg/kg	0.04% (e)	
JCM04	Cadmium (ICP-MS, LQ basse)		0.005	mg/kg	0.004% (e)	
JJ0CR	Zinc (ICP-MS, aliments)	ICP/MS - EN ISO 17294-2-E29	0.5	mg/kg	0.4% (e)	
JJ0CX	Antimoine (ICP-MS, aliments)		0.05	mg/kg	0.04% (e)	
JJW2B	Cuivre		0.1	mg/kg	0.08% (e)	

Tous les éléments de traçabilité sont disponibles sur demande
Méthodes de calcul de l'incertitude (valeur maximisée) : (A) : Eurachem (B) : XP T 90-220 (C) : NF ISO 11352 (D) : ISO 15767 (e) : Méthode interne

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

Annexe de traçabilité des échantillons

Cette traçabilité recense les flaconnages des échantillons scannés dans EOL sur le terrain avant envoi au laboratoire

Dossier N° : 16E074844

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-086797-01

Emetteur : Mme Karen Perronnet

Commande EOL : 00610514176656

Nom projet : N° Projet : __3
VEGETAUX

Référence commande : BC N° 2016/104

Végétaux

Référence Eurofins	Référence Client	Date&Heure Prélèvement	Code-barre	Nom flacon
16E074844-001	SJ20_TOM			
16E074844-002	SJ20_HAR			
16E074844-003	SJ20_SAL			
16E074844-004	SJ20_CA			
16E074844-005	SJ20_PRU			
16E074844-006	SJ20_POM			
16E074844-007	SJ22_SAL			
16E074844-008	SJ22_ BETT			
16E074844-009	SJ22_ TOM			
16E074844-010	SJ22_ HAR			
16E074844-011	SJ22_ CA			
16E074844-012	SJ22_ PDT			
16E074844-013	SJ22_ POM			
16E074844-014	SJ22_ FRAM			
16E074844-015	SJ22_ COU			
16E074844-016	SJ25_HAR			
16E074844-017	SJ25_ POI			
16E074844-018	SJ25_ CA			
16E074844-019	SJ25_ FCA			
16E074844-020	SJ25_ COU			

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

GEODERIS
Madame Karen PERRONNET
INERIS Parc Technologique ALATA
BP2
60550 VERNEUIL EN HALATTE

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E075960
N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-084100-01
Référence Dossier : N° Projet : __2
Nom Projet : Sols
Référence Commande :

Version du : 28/09/2016
Date de réception : 21/09/2016

Coordinateur de projet client : Marion Davril / MarionDavril@eurofins.com /

N° Ech	Matrice		Référence échantillon
001	Sol	(SOL)	S19_0_10
002	Sol	(SOL)	SJ20_0_30
003	Sol	(SOL)	S21_0_10
004	Sol	(SOL)	SJ22_0_30
005	Sol	(SOL)	S23_0_10
006	Sol	(SOL)	S24_0_10
007	Sol	(SOL)	SJ25_0_30
008	Sol	(SOL)	S26_0_10
009	Sol	(SOL)	SB27_0_10
010	Sol	(SOL)	SB28_0_10
011	Sol	(SOL)	SB29_0_10
012	Sol	(SOL)	S30_0_10
013	Sol	(SOL)	S31_0_10
014	Sol	(SOL)	S32_0_10
015	Sol	(SOL)	SJ33_0_30
016	Sol	(SOL)	S34_0_10

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E075960
N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-084100-01
Référence Dossier : N° Projet : __2
Nom Projet : Sols
Référence Commande :

Version du : 28/09/2016
Date de réception : 21/09/2016

N° Echantillon		001	002	003	004	005	006
Référence client :		S19_0_10	SJ20_0_30	S21_0_10	SJ22_0_30	S23_0_10	S24_0_10
Matrice :		SOL	SOL	SOL	SOL	SOL	SOL
Date de prélèvement :		15/09/2016	15/09/2016	15/09/2016	15/09/2016	15/09/2016	15/09/2016
Date de début d'analyse :		22/09/2016	22/09/2016	22/09/2016	22/09/2016	22/09/2016	22/09/2016
Préparation Physico-Chimique							
XXS07 : **Refus Pondéral à 2 mm**	% P.B.	* 12.2	* 14.3	* 6.16	* 6.24	* 13.4	* 12.3
XXS06 : **Séchage à 40°C**		* -	* -	* -	* -	* -	* -
Analyses immédiates							
LS902 : **pH H2O**							
pH extrait à l'eau			* 7.9		* 6.5		
Température de mesure du pH	°C		20		20		
Métaux							
XXS01 : **Minéralisation eau régale - Bloc chauffant**		* -	* -	* -	* -	* -	* -
LS862 : **Aluminium (Al)**	mg/kg MS	12800	10300	8590	15200	15300	14200
LS863 : **Antimoine (Sb)**	mg/kg MS	2.17	2.47	2.31	1.62	1.90	<1.00
LS864 : **Argent (Ag)**	mg/kg MS	<5.00	<5.01	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00
LS865 : **Arsenic (As)**	mg/kg MS	* 31.8	* 18.7	* 29.0	* 57.9	* 91.9	* 24.9
LS870 : **Cadmium (Cd)**	mg/kg MS	* <0.40	* <0.40	* <0.40	* <0.40	* 0.41	* <0.40
LS871 : **Calcium (Ca)**	mg/kg MS	2170	16900	2790	3350	3010	2400
LS874 : **Cuivre (Cu)**	mg/kg MS	* 14.3	* 52.2	* 10.8	* 30.5	* 47.2	* 8.80
LS876 : **Fer (Fe)**	mg/kg MS	25700	17900	15800	20000	24800	10100
LS877 : **Lithium (Li)**	mg/kg MS	25.9	21.7	<20.0	59.4	45.3	67.7
LS878 : **Magnésium (Mg)**	mg/kg MS	2440	3220	1790	1230	1460	1040
LS879 : **Manganèse (Mn)**	mg/kg MS	664	631	483	1410	1530	455
LS883 : **Plomb (Pb)**	mg/kg MS	* 20.5	* 23.3	* 15.4	* 34.8	* 37.3	* 76.9
LS884 : **Potassium (K)**	mg/kg MS	2660	3970	1720	1890	2670	1520
LS886 : **Silicium (Si)**	mg/kg MS	128	819	244	231	365	397
LS887 : **Sodium (Na)**	mg/kg MS	43.9	112	57.1	58.4	67.3	58.3
LS892 : **Tungstène (W)**	mg/kg MS	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0
LS894 : **Zinc (Zn)**	mg/kg MS	* 63.6	* 114	* 43.8	* 40.8	* 47.5	* 59.3
LSA09 : **Mercure (Hg)**	mg/kg MS	* <0.10	* <0.10	* <0.10	* <0.10	* <0.10	* 0.29

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

ACCREDITATION
N° 1- 1488
Site de saverne
Portée disponible sur
www.cofrac.fr

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E075960

Version du : 28/09/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-084100-01

Date de réception : 21/09/2016

Référence Dossier : N° Projet : __2

Nom Projet : Sols

Référence Commande :

N° Echantillon		007	008	009	010	011	012
Référence client :		SJ25_0_30	S26_0_10	SB27_0_10	SB28_0_10	SB29_0_10	S30_0_10
Matrice :		SOL	SOL	SOL	SOL	SOL	SOL
Date de prélèvement :		15/09/2016	15/09/2016	16/09/2016	16/09/2016	16/09/2016	19/09/2016
Date de début d'analyse :		22/09/2016	22/09/2016	22/09/2016	22/09/2016	22/09/2016	22/09/2016
Préparation Physico-Chimique							
XXS07 : **Refus Pondéral à 2 mm**	% P.B.	* 5.03	* 13.8	* 5.86	* 2.98	* 27.9	* 10.7
XXS06 : **Séchage à 40°C**		* -	* -	* -	* -	* -	* -
Analyses immédiates							
LS902 : **pH H2O**							
pH extrait à l'eau		* 7.5					
Température de mesure du pH	°C	20					
Métaux							
XXS01 : **Minéralisation eau régale - Bloc chauffant**		* -	* -	* -	* -	* -	* -
LS862 : **Aluminium (Al)**	mg/kg MS	18300	16800	15000	12600	11000	20200
LS863 : **Antimoine (Sb)**	mg/kg MS	2.75	2.32	3.30	3.45	3.16	1.95
LS864 : **Argent (Ag)**	mg/kg MS	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00
LS865 : **Arsenic (As)**	mg/kg MS	* 216	* 234	* 45.6	* 56.7	* 63.3	* 32.6
LS870 : **Cadmium (Cd)**	mg/kg MS	* 1.25	* 0.82	* <0.40	* <0.40	* <0.40	* <0.40
LS871 : **Calcium (Ca)**	mg/kg MS	4530	1920	1640	1030	1520	1610
LS874 : **Cuivre (Cu)**	mg/kg MS	* 34.8	* 32.9	* 15.9	* 17.2	* 16.3	* 27.5
LS876 : **Fer (Fe)**	mg/kg MS	35600	38400	24400	18800	20400	30200
LS877 : **Lithium (Li)**	mg/kg MS	40.9	42.4	43.2	46.6	38.2	47.2
LS878 : **Magnésium (Mg)**	mg/kg MS	3170	2510	4220	3740	3480	5060
LS879 : **Manganèse (Mn)**	mg/kg MS	1670	1770	591	560	657	722
LS883 : **Plomb (Pb)**	mg/kg MS	* 33.2	* 29.6	* 21.4	* 20.6	* 53.8	* 19.0
LS884 : **Potassium (K)**	mg/kg MS	2250	1350	4210	4420	3170	7220
LS886 : **Silicium (Si)**	mg/kg MS	961	309	247	146	178	192
LS887 : **Sodium (Na)**	mg/kg MS	69.1	61.9	67.6	64.7	64.7	101
LS892 : **Tungstène (W)**	mg/kg MS	<10.0	<10.0	47.5	43.5	36.1	22.7
LS894 : **Zinc (Zn)**	mg/kg MS	* 114	* 93.0	* 60.1	* 59.2	* 82.9	* 80.7
LSA09 : **Mercure (Hg)**	mg/kg MS	* <0.10	* <0.10	* <0.10	* <0.10	* <0.10	* <0.10

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E075960

Version du : 28/09/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-084100-01

Date de réception : 21/09/2016

Référence Dossier : N° Projet : __2

Nom Projet : Sols

Référence Commande :

N° Echantillon		013	014	015	016
Référence client :		S31_0_10	S32_0_10	SJ33_0_30	S34_0_10
Matrice :		SOL	SOL	SOL	SOL
Date de prélèvement :		19/09/2016	19/09/2016	19/09/2016	19/09/2016
Date de début d'analyse :		22/09/2016	22/09/2016	22/09/2016	22/09/2016
Préparation Physico-Chimique					
XXS07 : **Refus Pondéral à 2 mm**	% P.B.	* 5.68	* 16.3	* 10.1	* 5.62
XXS06 : **Séchage à 40°C**		* -	* -	* -	* -
Analyses immédiates					
LS902 : **pH H2O**					
pH extrait à l'eau				* 7.6	
Température de mesure du pH	°C			20	
Métaux					
XXS01 : **Minéralisation eau régale - Bloc chauffant**		* -	* -	* -	* -
LS862 : **Aluminium (Al)**	mg/kg MS	16300	16900	15800	17400
LS863 : **Antimoine (Sb)**	mg/kg MS	3.34	1.43	1.57	1.35
LS864 : **Argent (Ag)**	mg/kg MS	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00
LS865 : **Arsenic (As)**	mg/kg MS	* 124	* 40.7	* 36.2	* 51.6
LS870 : **Cadmium (Cd)**	mg/kg MS	* 0.46	* <0.40	* <0.40	* <0.40
LS871 : **Calcium (Ca)**	mg/kg MS	647	2330	4980	2110
LS874 : **Cuivre (Cu)**	mg/kg MS	* 64.6	* 28.0	* 48.2	* 22.8
LS876 : **Fer (Fe)**	mg/kg MS	24900	31400	27600	23200
LS877 : **Lithium (Li)**	mg/kg MS	356	32.8	34.6	46.3
LS878 : **Magnésium (Mg)**	mg/kg MS	4040	4700	3730	4520
LS879 : **Manganèse (Mn)**	mg/kg MS	1170	525	889	744
LS883 : **Plomb (Pb)**	mg/kg MS	* 44.9	* 20.9	* 34.3	* 22.9
LS884 : **Potassium (K)**	mg/kg MS	9250	5880	5610	4530
LS886 : **Silicium (Si)**	mg/kg MS	614	167	922	202
LS887 : **Sodium (Na)**	mg/kg MS	160	72.6	68.5	60.1
LS892 : **Tungstène (W)**	mg/kg MS	1020	13.9	21.8	20.2
LS894 : **Zinc (Zn)**	mg/kg MS	* 85.8	* 76.8	* 146	* 75.2
LSA09 : **Mercure (Hg)**	mg/kg MS	* <0.10	* <0.10	* <0.10	* <0.10

Observations	N° Ech	Réf client

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

ACCREDITATION
N° 1- 1488
Site de saverne
Portée disponible sur
www.cofrac.fr

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E075960

Version du : 28/09/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-084100-01

Date de réception : 21/09/2016

Référence Dossier : N° Projet : __2

Nom Projet : Sols

Référence Commande :

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 7 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai.

Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole *.

D : détecté / ND : non détecté

L'information relative au seuil de détection d'un paramètre n'est pas couverte par l'accréditation Cofrac.

Les résultats précédés du signe < correspondent aux limites de quantification, elles sont la responsabilité du laboratoire et fonction de la matrice.

Laboratoire agréé par le ministre chargé de l'environnement - se reporter à la liste des laboratoires sur le site internet de gestion des agréments du ministère chargé de l'environnement : http://www.labeau.ecologie.gouv.fr

Laboratoire agréé pour la réalisation des prélèvements et des analyses terrains et/ou des analyses des paramètres du contrôle sanitaire des eaux – portée détaillée de l'agrément disponible sur demande.

Laboratoire agréé par le ministre chargé des installations classées conformément à l'arrêté du 11 Mars 2010. Mention des types d'analyses pour lesquels l'agrément a été délivré sur : www.eurofins.fr ou disponible sur demande.

Pour les résultats issus d'une sous-traitance, les rapports émis par des laboratoires accrédités sont disponibles sur demande.

Gwendoline Juge
Coordinateur Projets Clients

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

ACCREDITATION
N° 1- 1488
Site de saverne
Portée disponible sur
www.cofrac.fr

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

Annexe technique

Dossier N° : 16E075960

N° de rapport d'analyse :AR-16-LK-084100-01

Emetteur : Mme Karen Perronnet

Commande EOL : 00610514177361

Nom projet : Sols

Référence commande :

Sol

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Unité	Incert.	Prestation réalisée sur le site de :
LS862	Aluminium (Al)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B	5	mg/kg MS	23% (A)	Eurofins Analyse pour l'Environnement France
LS863	Antimoine (Sb)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B (Sol)	1	mg/kg MS		
LS864	Argent (Ag)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885	5	mg/kg MS		
LS865	Arsenic (As)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B	1	mg/kg MS	45% (B)	
LS870	Cadmium (Cd)		0.4	mg/kg MS	40% (B)	
LS871	Calcium (Ca)		50	mg/kg MS		
LS874	Cuivre (Cu)		5	mg/kg MS	20% (B)	
LS876	Fer (Fe)		5	mg/kg MS	25% (C)	
LS877	Lithium (Li)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885	20	mg/kg MS		
LS878	Magnésium (Mg)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B	5	mg/kg MS		
LS879	Manganèse (Mn)		1	mg/kg MS	30% (C)	
LS883	Plomb (Pb)		5	mg/kg MS	15% (B)	
LS884	Potassium (K)		20	mg/kg MS		
LS886	Silicium (Si)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885	10	mg/kg MS		
LS887	Sodium (Na)		20	mg/kg MS		
LS892	Tungstène (W)		10	mg/kg MS		
LS894	Zinc (Zn)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B	5	mg/kg MS	15% (B)	
LS902	pH H2O	Potentiométrie - NF ISO 10390				
	pH extrait à l'eau				15% (B)	
	Température de mesure du pH			°C	15% (B)	
LSA09	Mercure (Hg)	SFA / vapeurs froides (CV-AAS) [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN 13346 Méthode B (Sol) - NF ISO 16772 (Sol) - Adaptée de NF ISO 16772 (Boue, Sédiments)	0.1	mg/kg MS	25% (B)	
XXS01	Minéralisation eau régale - Bloc chauffant	Digestion acide - NF EN 13346 Méthode B				
XXS06	Séchage à 40°C	Séchage - NF ISO 11464				
XXS07	Refus Pondéral à 2 mm	Gravimétrie - NF ISO 11464	1	% P.B.		

Tous les éléments de traçabilité sont disponibles sur demande
Méthodes de calcul de l'incertitude (valeur maximisée) : (A) : Eurachem (B) : XP T 90-220 (C) : NF ISO 11352 (D) : ISO 15767 (e) : Méthode interne

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

Annexe de traçabilité des échantillons

Cette traçabilité recense les flaconnages des échantillons scannés dans EOL sur le terrain avant envoi au laboratoire

Dossier N° : 16E075960

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-084100-01

Emetteur : Mme Karen Perronnet

Commande EOL : 00610514177361

Nom projet : Sols

Référence commande :

Sol

Référence Eurofins	Référence Client	Date&Heure Prélèvement	Code-barre	Nom flacon
16E075960-001	S19_0_10			
16E075960-002	SJ20_0_30			
16E075960-003	S21_0_10			
16E075960-004	SJ22_0_30			
16E075960-005	S23_0_10			
16E075960-006	S24_0_10			
16E075960-007	SJ25_0_30			
16E075960-008	S26_0_10			
16E075960-009	SB27_0_10			
16E075960-010	SB28_0_10			
16E075960-011	SB29_0_10			
16E075960-012	S30_0_10			
16E075960-013	S31_0_10			
16E075960-014	S32_0_10			
16E075960-015	SJ33_0_30			
16E075960-016	S34_0_10			

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

GEODERIS
Madame Karen PERRONNET
INERIS Parc Technologique ALATA
BP2
60550 VERNEUIL EN HALATTE

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E076383

Version du : 28/09/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-084199-01

Date de réception : 22/09/2016

Référence Dossier : N° Projet : ___3

Nom Projet : EAUX

Référence Commande :

Coordinateur de projet client : Marion Davril / MarionDavril@eurofins.com /

N° Ech	Matrice		Référence échantillon
001	Eau souterraine	(ESO)	EB_ESO11
002	Eau souterraine	(ESO)	EF_ESO11
003	Eau souterraine	(ESO)	EB_ESO12
004	Eau souterraine	(ESO)	EF_ESO12

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

ACCREDITATION
N° 1- 1488
Site de saverne
Portée disponible sur
www.cofrac.fr
cofrac
ESSAIS

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E076383

Version du : 28/09/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-084199-01

Date de réception : 22/09/2016

Référence Dossier : N° Projet : ___3

Nom Projet : EAUX

Référence Commande :

N° Echantillon		001	002	003	004
Référence client :		EB_ESO11 ESO	EF_ESO11 ESO	EB_ESO12 ESO	EF_ESO12 ESO
Matrice :					
Date de prélèvement :		20/09/2016	20/09/2016	20/09/2016	20/09/2016
Date de début d'analyse :		22/09/2016	22/09/2016	22/09/2016	22/09/2016
Analyses immédiates					
LS019 : **Titre Alcalimétrique (TA)**	°F	* <2.00	* <2.00	* <2.00	* <2.00
LS020 : **Titre Alcalimétrique Complet (TAC)**	°F	* 2.2	* 3.3	* 4.1	* 4.1
Indices de pollution					
LS02L : **Azote Nitrique / Nitrates (NO3)**					
Nitrates	mg NO3/l	# 44.1	# 44.2	* 6.45	# 6.64
Azote nitrique	mg N-NO3/l	# 9.96	# 9.97	* 1.46	# 1.50
LS02I : **Chlorures**	mg/l	* 14.2	* 14.4	* 11.0	* 10.9
LS02Z : **Sulfates (SO4)**	mg SO4/l	* 12.1	* 12.0	* 21.5	* 21.7
LS03C : **Orthophosphates (PO4)**	mg PO4/l	* <0.10	* <0.10	* <0.10	* <0.10
Métaux					
LS101 : **Aluminium (Al)**	mg/l	* 0.05	* <0.05	* 0.44	* 0.08
LS128 : **Calcium (Ca)**	mg/l	* 14.9	* 14.9	* 17.0	* 16.1
LS109 : **Fer (Fe)**	mg/l	* 0.29	* 0.02	* 0.35	* 0.10
LS132 : **Lithium (Li)**	mg/l	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
LS133 : **Magnésium (Mg)**	mg/l	* 5.69	* 5.83	* 6.18	* 6.15
LS138 : **Potassium (K)**	mg/l	* 7.36	* 8.18	* 3.72	* 4.31
LS142 : **Silicium (Si)**	mg/l	* 7.58	* 7.58	* 4.13	* 3.55
LS143 : **Sodium (Na)**	mg/l	* 8.68	* 8.58	* 8.16	* 9.15
LS151 : **Antimoine (Sb)**	µg/l	* 0.54	* 0.56	* 26.3	* 25.3
LS152 : **Argent (Ag)**	µg/l	* <0.50	* <0.50	* <0.50	* <0.50
LS153 : **Arsenic (As)**	µg/l	* 1.97	* 1.73	* 3.94	* 3.21
LS158 : **Cadmium (Cd)**	µg/l	* <0.20	* <0.20	* <0.20	* <0.20
LS162 : **Cuivre (Cu)**	µg/l	* 1.84	* 1.00	* 0.89	* 0.70
LS177 : **Manganèse (Mn)**	µg/l	* 6.95	* 7.42	* 150	* 147
LS184 : **Plomb (Pb)**	µg/l	* <0.50	* <0.50	* 0.53	* <0.50
LS198 : **Tungstène (W)**	µg/l	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00
LS112 : **Zinc (Zn)**	µg/l	19.7	24.0	<5.00	<5.00
DN225 : **Mercure (Hg)**	µg/l	* <0.20	* <0.22	* <0.20	* <0.20

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E076383

Version du : 28/09/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-084199-01

Date de réception : 22/09/2016

Référence Dossier : N° Projet : ___3

Nom Projet : EAUX

Référence Commande :

Observations	N° Ech	Réf client
Les délais de mise en analyse sont supérieurs à ceux indiqués dans notre dernière étude de stabilité ou aux délais normatifs pour les paramètres identifiés par '#' et donnent lieu à des réserves sur les résultats, avec retrait de l'accréditation. L'échantillon a néanmoins été conservé dans les meilleures conditions de stockage.	(001) (002) (004)	EB_ESO11 / EF_ESO11 / EF_ESO12 /
Spectrophotométrie visible : l'analyse a été réalisée sur l'échantillon filtré à 0.45µm.	(001) (002) (003) (004)	EB_ESO11 / EF_ESO11 / EB_ESO12 / EF_ESO12 /

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 5 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai.

Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole *.

D : détecté / ND : non détecté

L'information relative au seuil de détection d'un paramètre n'est pas couverte par l'accréditation Cofrac.

Les résultats précédés du signe < correspondent aux limites de quantification, elles sont la responsabilité du laboratoire et fonction de la matrice.

Laboratoire agréé par le ministre chargé de l'environnement - se reporter à la liste des laboratoires sur le site internet de gestion des agréments du ministère chargé de l'environnement : http://www.labeau.ecologie.gouv.fr

Laboratoire agréé pour la réalisation des prélèvements et des analyses terrains et/ou des analyses des paramètres du contrôle sanitaire des eaux – portée détaillée de l'agrément disponible sur demande.

Laboratoire agréé par le ministre chargé des installations classées conformément à l'arrêté du 11 Mars 2010. Mention des types d'analyses pour lesquels l'agrément a été délivré sur : www.eurofins.fr ou disponible sur demande.

Pour les résultats issus d'une sous-traitance, les rapports émis par des laboratoires accrédités sont disponibles sur demande.

Clémence Brochard
Coordinateur Projets Clients

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

ACCREDITATION
N° 1- 1488
Site de saverne
Portée disponible sur
www.cofrac.fr

Annexe technique

Dossier N° : 16E076383

N° de rapport d'analyse :AR-16-LK-084199-01

Emetteur : Mme Karen Perronnet

Commande EOL : 00610514177688

Nom projet : EAUX

Référence commande :

Eau souterraine

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Unité	Incert.	Prestation réalisée sur le site de :
DN225	Mercure (Hg)	SFA / vapeurs froides (CV-AAS) [Minéralisation - Dosage par SFA] - NF EN ISO 17852	0.2	µg/l	30% (B)	Eurofins Analyse pour l'Environnement France
LS019	Titre Alcalimétrique (TA)	Volumétrie - NF EN ISO 9963-1	2	°F	5% (B)	
LS020	Titre Alcalimétrique Complet (TAC)		2	°F	5% (B)	
LS02I	Chlorures	Spectrophotométrie (UV/VIS) - NF ISO 15923-1	1	mg/l	30% (C)	
LS02L	Azote Nitrique / Nitrates (NO3)					
	Nitrates		1	mg NO3/l	35% (C)	
	Azote nitrique		0.2	mg N-NO3/l	35% (C)	
LS02Z	Sulfates (SO4)		5	mg SO4/l	20% (C)	
LS03C	Orthophosphates (PO4)		0.1	mg PO4/l	35% (C)	
LS101	Aluminium (Al)	ICP/AES - NF EN ISO 11885	0.05	mg/l	30% (B)	
LS109	Fer (Fe)		0.01	mg/l	20% (B)	
LS112	Zinc (Zn)	ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	5	µg/l		
LS128	Calcium (Ca)	ICP/AES - NF EN ISO 11885	1	mg/l	25% (B)	
LS132	Lithium (Li)		0.005	mg/l		
LS133	Magnésium (Mg)		0.01	mg/l	30% (B)	
LS138	Potassium (K)		0.1	mg/l	25% (B)	
LS142	Silicium (Si)		0.02	mg/l	16% (A)	
LS143	Sodium (Na)		0.05	mg/l	25% (B)	
LS151	Antimoine (Sb)	ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	0.2	µg/l	30% (B)	
LS152	Argent (Ag)		0.5	µg/l	25% (B)	
LS153	Arsenic (As)		0.2	µg/l	20% (B)	
LS158	Cadmium (Cd)		0.2	µg/l	20% (B)	
LS162	Cuivre (Cu)		0.5	µg/l	20% (B)	
LS177	Manganèse (Mn)		0.5	µg/l	25% (B)	
LS184	Plomb (Pb)		0.5	µg/l	25% (B)	
LS198	Tungstène (W)		5	µg/l		

Tous les éléments de traçabilité sont disponibles sur demande
Méthodes de calcul de l'incertitude (valeur maximisée) : (A) : Eurachem (B) : XP T 90-220 (C) : NF ISO 11352 (D) : ISO 15767 (e) : Méthode interne

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

Annexe de traçabilité des échantillons

Cette traçabilité recense les flaconnages des échantillons scannés dans EOL sur le terrain avant envoi au laboratoire

Dossier N° : 16E076383

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-084199-01

Emetteur : Mme Karen Perronnet

Commande EOL : 00610514177688

Nom projet : EAUX

Référence commande :

Eau souterraine

Référence Eurofins	Référence Client	Date&Heure Prélèvement	Code-barre	Nom flacon
16E076383-001	EB_ESO11			
16E076383-002	EF_ESO11			
16E076383-003	EB_ESO12			
16E076383-004	EF_ESO12			

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

GEODERIS
Madame Karen PERRONNET
INERIS Parc Technologique ALATA
BP2
60550 VERNEUIL EN HALATTE

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E076925 Version du : 03/11/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-087041-02 Date de réception : 23/09/2016

Annule et remplace la version AR-16-LK-087041-01, qui doit etre détruite ou nous être renvoyée

Référence Dossier : N° Projet : 3

Nom Projet : VEGETAUX

Référence Commande :

Coordinateur de projet client : Stéphanie André / StephanieAndre@eurofins.com / +33 3 88 02 33 85

N° Ech	Matrice		Référence échantillon
001	Végétaux	(VEG)	SB45_HER
002	Végétaux	(VEG)	SB46_HER
003	Végétaux	(VEG)	SB47_HER

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E076925 Version du : 03/11/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-087041-02 Date de réception : 23/09/2016

Annule et remplace la version AR-16-LK-087041-01, qui doit etre détruite ou nous être renvoyée

Référence Dossier : N° Projet : 3

Nom Projet : VEGETAUX

Référence Commande :

N° Echantillon		001	002	003
Référence client :		SB45_HER	SB46_HER	SB47_HER
Matrice :		VEG	VEG	VEG
Date de prélèvement :		21/09/2016	21/09/2016	21/09/2016
Date de début d'analyse :		23/09/2016	23/09/2016	23/09/2016
Sous-traitance | Eurofins WEJ Contaminants GmbH (Hamburg)				
J1041 : **Chrome (ICP-OES)**	mg/kg	<0.2 *	<0.2 *	<0.2 *
B0112 : **Lithium (ICP-AES)**	mg/kg	2.9	<0.5 *	<0.5 *
JJ0CX : **Antimoine (ICP-MS, aliments)**	mg/kg	<0.05 *	<0.05 *	<0.05 *
JC00M : **Arsenic (ICP-MS, LQ basse)**	mg/kg	0.53	0.13	0.11
JCM04 : **Cadmium (ICP-MS, LQ basse)**	mg/kg	0.019	0.018	0.027
JJW2B : **Cuivre**	mg/kg	1.1	1.1	1.2
J8306 : **Plomb (Pb)**	mg/kg	0.28	0.07	0.05
JJ0CR : **Zinc (ICP-MS, aliments)**	mg/kg	7.2	7.3	10
J1001 : **Préparation échantillon**		blank value/Imported	blank value/Imported	blank value/Imported

Observations	N° Ech	Réf client

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 5 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai.

D : détecté / ND : non détecté

L'information relative au seuil de détection d'un paramètre n'est pas couverte par l'accréditation Cofrac.

Les résultats précédés du signe < correspondent aux limites de quantification, elles sont la responsabilité du laboratoire et fonction de la matrice.

Laboratoire agréé par le ministre chargé de l'environnement - se reporter à la liste des laboratoires sur le site internet de gestion des agréments du ministère chargé de l'environnement : http://www.labeau.ecologie.gouv.fr

Laboratoire agréé pour la réalisation des prélèvements et des analyses terrains et/ou des analyses des paramètres du contrôle sanitaire des eaux – portée détaillée de l'agrément disponible sur demande.

Laboratoire agréé par le ministre chargé des installations classées conformément à l'arrêté du 11 Mars 2010. Mention des types d'analyses pour lesquels l'agrément a été délivré sur : www.eurofins.fr ou disponible sur demande.

Pour les résultats issus d'une sous-traitance, les rapports émis par des laboratoires accrédités sont disponibles sur demande.

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E076925 Version du : 03/11/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-087041-02 Date de réception : 23/09/2016

Annule et remplace la version AR-16-LK-087041-01, qui doit etre détruite ou nous être renvoyée
Référence Dossier : N° Projet : 3
Nom Projet : VEGETAUX
Référence Commande :

Stéphanie André
Coordinateur de Projets Clients

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

Annexe technique

Dossier N° : 16E076925 N° de rapport d'analyse :AR-16-LK-087041-02

Emetteur : Mme Karen Perronnet Commande EOL : 00610514177987

Nom projet : N° Projet : 3
VEGETAUX Référence commande :

Végétaux

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Unité	Incert.	Prestation réalisée sur le site de :
B0112	Lithium (ICP-AES)	ICP/AES - adaptée de NF EN ISO 11885	0.5	mg/kg	0.4% (e)	Prestation soustraitée à Eurofins WEJ Contaminants GmbH
J1001	Préparation échantillon	Digestion micro-ondes - §64 LFGB L 00.00-19/1				
J1041	Chrome (ICP-OES)	ICP/AES - adaptée de NF EN ISO 11885	0.2	mg/kg	0.16% (e)	
J8306	Plomb (Pb)	ICP/MS - EN 15763:2009	0.05	mg/kg	0.04% (e)	
JC00M	Arsenic (ICP-MS, LQ basse)		0.05	mg/kg	0.04% (e)	
JCM04	Cadmium (ICP-MS, LQ basse)		0.005	mg/kg	0.004% (e)	
JJ0CR	Zinc (ICP-MS, aliments)	ICP/MS - EN ISO 17294-2-E29	0.5	mg/kg	0.4% (e)	
JJ0CX	Antimoine (ICP-MS, aliments)		0.05	mg/kg	0.04% (e)	
JJW2B	Cuivre		0.1	mg/kg	0.08% (e)	

Tous les éléments de traçabilité sont disponibles sur demande
Méthodes de calcul de l'incertitude (valeur maximisée) : (A) : Eurachem (B) : XP T 90-220 (C) : NF ISO 11352 (D) : ISO 15767 (e) : Méthode interne

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

Annexe de traçabilité des échantillons

Cette traçabilité recense les flaconnages des échantillons scannés dans EOL sur le terrain avant envoi au laboratoire

Dossier N° : 16E076925

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-087041-02

Emetteur : Mme Karen Perronnet

Commande EOL : 00610514177987

Nom projet : N° Projet : 3
VEGETAUX

Référence commande :

Végétaux

Référence Eurofins	Référence Client	Date&Heure Prélèvement	Code-barre	Nom flacon
16E076925-001	SB45_HER			
16E076925-002	SB46_HER			
16E076925-003	SB47_HER			

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

GEODERIS
Madame Karen PERRONNET
INERIS Parc Technologique ALATA
BP2
60550 VERNEUIL EN HALATTE

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E079085

Version du : 11/10/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-088214-01

Date de réception : 29/09/2016

Référence Dossier : N° Projet : ____3
Nom Projet : SOLS
Référence Commande : commande N° 2016/109

Coordinateur de projet client : Stéphanie André / StephanieAndre@eurofins.com / +33 3 88 02 33 85

N° Ech	Matrice		Référence échantillon
001	Sol	(SOL)	S35_0_5
002	Sol	(SOL)	S36_0_5
003	Sol	(SOL)	S37_0_10
004	Sol	(SOL)	S38_0_10
005	Sol	(SOL)	S39_0_10
006	Sol	(SOL)	S40_0_10
007	Sol	(SOL)	S41_0_10
008	Sol	(SOL)	S42_0_10
009	Sol	(SOL)	S43_0_5
010	Sol	(SOL)	S44_0_10
011	Sol	(SOL)	SJ18_0_30
012	Sol	(SOL)	SB45_0_10
013	Sol	(SOL)	S46_0_10
014	Sol	(SOL)	S47_0_10
015	Sol	(SOL)	SB48_0_10
016	Sol	(SOL)	SB49_0_10
017	Sol	(SOL)	SB50_0_10
018	Sol	(SOL)	S51_0_5
019	Sol	(SOL)	S52_0_5
020	Sol	(SOL)	SB53_0_10
021	Sol	(SOL)	SB54_0_10
022	Sol	(SOL)	SB55_0_10 RD
023	Sol	(SOL)	SB56_0_5
024	Sol	(SOL)	S57_0_2
025	Sol	(SOL)	S58_0_5
026	Sol	(SOL)	S59_0_5
027	Sol	(SOL)	S60_0_10
028	Sol	(SOL)	S61_0_10
029	Sol	(SOL)	S62_0_10
030	Sol	(SOL)	S103_0_5

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

ACCREDITATION
N° 1- 1488
Site de saverne
Portée disponible sur
www.cofrac.fr

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E079085

Version du : 11/10/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-088214-01

Date de réception : 29/09/2016

Référence Dossier : N° Projet : ____3

Nom Projet : SOLS

Référence Commande : commande N° 2016/109

N° Echantillon		001	002	003	004	005	006
Référence client :		S35_0_5	S36_0_5	S37_0_10	S38_0_10	S39_0_10	S40_0_10
Matrice :		SOL	SOL	SOL	SOL	SOL	SOL
Date de prélèvement :		20/09/2016	20/09/2016	20/09/2016	20/09/2016	20/09/2016	20/09/2016
Date de début d'analyse :		05/10/2016	30/09/2016	30/09/2016	30/09/2016	30/09/2016	30/09/2016
Préparation Physico-Chimique							
XXS07 : **Refus Pondéral à 2 mm**	% P.B.	* 10.0	* 12.7	* 19.9	* 17.5	* 11.5	* 12.8
XXS06 : **Séchage à 40°C**		* -	* -	* -	* -	* -	* -
Métaux							
XXS01 : **Minéralisation eau régale - Bloc chauffant**		* -	* -	* -	* -	* -	* -
LS862 : **Aluminium (Al)**	mg/kg MS	14500	21300	17500	19500	20700	16600
LS863 : **Antimoine (Sb)**	mg/kg MS	2.33	25.0	314	136	114	719
LS864 : **Argent (Ag)**	mg/kg MS	<5.00	<5.00	<5.09	<5.00	<5.00	<5.20
LS865 : **Arsenic (As)**	mg/kg MS	* 93.0	* 58.1	* 76.5	* 73.6	* 33.3	* 795
LS870 : **Cadmium (Cd)**	mg/kg MS	* 0.46	* <0.40	* <0.41	* <0.40	* <0.40	* <0.42
LS871 : **Calcium (Ca)**	mg/kg MS	4060	2040	2000	890	1470	2090
LS874 : **Cuivre (Cu)**	mg/kg MS	* 38.4	* 28.0	* 21.1	* 23.1	* 20.4	* 16.9
LS876 : **Fer (Fe)**	mg/kg MS	16900	36200	29100	29000	31400	79500
LS877 : **Lithium (Li)**	mg/kg MS	142	37.1	31.3	53.6	29.9	43.0
LS878 : **Magnésium (Mg)**	mg/kg MS	3300	4040	3570	3630	3460	3240
LS879 : **Manganèse (Mn)**	mg/kg MS	730	1260	659	2120	609	2040
LS883 : **Plomb (Pb)**	mg/kg MS	* 91.6	* 28.4	* 25.9	* 31.6	* 24.8	* 45.8
LS884 : **Potassium (K)**	mg/kg MS	5260	3360	2560	2170	3460	2800
LS886 : **Silicium (Si)**	mg/kg MS	222	269	285	365	150	754
LS887 : **Sodium (Na)**	mg/kg MS	103	59.0	56.4	72.6	55.4	70.8
LS892 : **Tungstène (W)**	mg/kg MS	222	20.1	<10.2	<10.0	<10.0	<10.4
LS894 : **Zinc (Zn)**	mg/kg MS	* 70.9	* 82.7	* 71.6	* 102	* 68.7	* 63.5
LSA09 : **Mercure (Hg)**	mg/kg MS	* 0.13	* <0.10	* <0.10	* <0.10	* <0.10	* <0.10

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E079085

Version du : 11/10/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-088214-01

Date de réception : 29/09/2016

Référence Dossier : N° Projet : ____3

Nom Projet : SOLS

Référence Commande : commande N° 2016/109

N° Echantillon		007	008	009	010	011	012
Référence client :		S41_0_10	S42_0_10	S43_0_5	S44_0_10	SJ18_0_30	SB45_0_10
Matrice :		SOL	SOL	SOL	SOL	SOL	SOL
Date de prélèvement :		20/09/2016	20/09/2016	20/09/2016	20/09/2016	20/09/2016	28/09/2016
Date de début d'analyse :		30/09/2016	30/09/2016	30/09/2016	30/09/2016	30/09/2016	30/09/2016
Préparation Physico-Chimique							
XXS07 : **Refus Pondéral à 2 mm**	% P.B.	* 4.22	* 5.70	* 11.5	* 7.58	* 25.1	* 13.2
XXS06 : **Séchage à 40°C**		* -	* -	* -	* -	* -	* -
Analyses immédiates							
LS902 : **pH H2O**							
pH extrait à l'eau						* 7.7	
Température de mesure du pH	°C					20	
Métaux							
XXS01 : **Minéralisation eau régale - Bloc chauffant**		* -	* -	* -	* -	* -	* -
LS862 : **Aluminium (Al)**	mg/kg MS	20600	17000	18400	22400	22100	9550
LS863 : **Antimoine (Sb)**	mg/kg MS	6.03	5.23	19.0	168	6.05	3.31
LS864 : **Argent (Ag)**	mg/kg MS	<5.00	<5.18	<5.00	<5.34	<5.16	<5.00
LS865 : **Arsenic (As)**	mg/kg MS	* 26.8	* 17.5	* 101	* 185	* 46.2	* 43.2
LS870 : **Cadmium (Cd)**	mg/kg MS	* <0.40	* <0.41	* <0.40	* <0.43	* <0.41	* <0.40
LS871 : **Calcium (Ca)**	mg/kg MS	2660	3880	3050	1460	8130	1070
LS874 : **Cuivre (Cu)**	mg/kg MS	* 22.8	* 22.0	* 28.6	* 35.6	* 34.8	* 13.9
LS876 : **Fer (Fe)**	mg/kg MS	35800	26300	29700	36400	26400	15200
LS877 : **Lithium (Li)**	mg/kg MS	24.1	<20.7	33.1	43.1	39.2	46.6
LS878 : **Magnésium (Mg)**	mg/kg MS	4360	3820	3570	4560	3040	2880
LS879 : **Manganèse (Mn)**	mg/kg MS	1200	797	1180	1130	835	435
LS883 : **Plomb (Pb)**	mg/kg MS	* 25.6	* 25.5	* 30.9	* 33.9	* 73.2	* 25.8
LS884 : **Potassium (K)**	mg/kg MS	2720	3760	3040	3570	3380	2640
LS886 : **Silicium (Si)**	mg/kg MS	245	308	439	290	137	128
LS887 : **Sodium (Na)**	mg/kg MS	89.9	73.9	62.3	56.1	95.9	48.9
LS892 : **Tungstène (W)**	mg/kg MS	<10.0	<10.4	<10.0	<10.7	<10.3	18.2
LS894 : **Zinc (Zn)**	mg/kg MS	* 76.1	* 74.4	* 82.8	* 95.2	* 146	* 44.0
LSA09 : **Mercure (Hg)**	mg/kg MS	* <0.10	* 0.27	* <0.10	* <0.11	* <0.10	* <0.10

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

ACCREDITATION
N° 1- 1488
Site de saverne
Portée disponible sur
www.cofrac.fr

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E079085

Version du : 11/10/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-088214-01

Date de réception : 29/09/2016

Référence Dossier : N° Projet : ____3

Nom Projet : SOLS

Référence Commande : commande N° 2016/109

N° Echantillon		013	014	015	016	017	018
Référence client :		S46_0_10	S47_0_10	SB48_0_10	SB49_0_10	SB50_0_10	S51_0_5
Matrice :		SOL	SOL	SOL	SOL	SOL	SOL
Date de prélèvement :		28/09/2016	28/09/2016	28/09/2016	28/09/2016	28/09/2016	28/09/2016
Date de début d'analyse :		30/09/2016	30/09/2016	30/09/2016	30/09/2016	30/09/2016	30/09/2016
Préparation Physico-Chimique							
XXS07 : **Refus Pondéral à 2 mm**	% P.B.	* 6.38	* 3.02	* 4.21	* 8.13	* 4.86	* 18.2
XXS06 : **Séchage à 40°C**		* -	* -	* -	* -	* -	* -
Métaux							
XXS01 : **Minéralisation eau régale - Bloc chauffant**		* -	* -	* -	* -	* -	* -
LS862 : **Aluminium (Al)**	mg/kg MS	24000	22400	12500	6770	13300	9530
LS863 : **Antimoine (Sb)**	mg/kg MS	4.17	6.09	4.33	2.15	3.53	2.95
LS864 : **Argent (Ag)**	mg/kg MS	<5.52	<5.19	<5.00	<5.00	<5.00	<5.03
LS865 : **Arsenic (As)**	mg/kg MS	* 186	* 167	* 55.8	* 34.9	* 64.2	* 48.1
LS870 : **Cadmium (Cd)**	mg/kg MS	* <0.44	* <0.42	* <0.40	* <0.40	* 0.43	* <0.40
LS871 : **Calcium (Ca)**	mg/kg MS	2370	1930	1490	882	2490	1100
LS874 : **Cuivre (Cu)**	mg/kg MS	* 38.5	* 50.9	* 17.4	* 11.1	* 19.8	* 12.8
LS876 : **Fer (Fe)**	mg/kg MS	34400	33300	20700	11700	20800	16000
LS877 : **Lithium (Li)**	mg/kg MS	124	193	55.6	36.2	46.5	41.0
LS878 : **Magnésium (Mg)**	mg/kg MS	5630	5520	3730	2020	3980	2870
LS879 : **Manganèse (Mn)**	mg/kg MS	1150	1130	536	327	694	395
LS883 : **Plomb (Pb)**	mg/kg MS	* 48.0	* 40.9	* 22.8	* 12.4	* 23.5	* 20.1
LS884 : **Potassium (K)**	mg/kg MS	4980	6870	3750	1980	4990	2390
LS886 : **Silicium (Si)**	mg/kg MS	403	335	376	134	123	286
LS887 : **Sodium (Na)**	mg/kg MS	90.4	110	98.5	58.2	85.4	132
LS892 : **Tungstène (W)**	mg/kg MS	466	992	129	46.0	56.5	209
LS894 : **Zinc (Zn)**	mg/kg MS	* 106	* 102	* 68.3	* 37.7	* 69.7	* 53.6
LSA09 : **Mercure (Hg)**	mg/kg MS	* <0.11	* <0.10	* <0.10	* <0.10	* <0.10	* <0.10

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E079085

Version du : 11/10/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-088214-01

Date de réception : 29/09/2016

Référence Dossier : N° Projet : ____3

Nom Projet : SOLS

Référence Commande : commande N° 2016/109

N° Echantillon		019	020	021	022	023	024
Référence client :		S52_0_5	SB53_0_10	SB54_0_10	SB55_0_10 RD	SB56_0_5	S57_0_2
Matrice :		SOL	SOL	SOL	SOL	SOL	SOL
Date de prélèvement :		28/09/2016	28/09/2016	28/09/2016	28/09/2016	28/09/2016	28/09/2016
Date de début d'analyse :		30/09/2016	30/09/2016	30/09/2016	30/09/2016	30/09/2016	30/09/2016
Préparation Physico-Chimique							
XXS07 : **Refus Pondéral à 2 mm**	% P.B.	* 6.06	* 3.10	* 3.80	* 16.2	* 3.03	* 27.3
XXS06 : **Séchage à 40°C**		* -	* -	* -	* -	* -	* -
Métaux							
XXS01 : **Minéralisation eau régale - Bloc chauffant**		* -	* -	* -	* -	* -	* -
LS862 : **Aluminium (Al)**	mg/kg MS	14500	11800	27800	8750	11200	9470
LS863 : **Antimoine (Sb)**	mg/kg MS	3.82	2.58	3.13	1.95	3.78	2.42
LS864 : **Argent (Ag)**	mg/kg MS	<5.00	<5.02	<5.00	<5.27	<5.00	<5.00
LS865 : **Arsenic (As)**	mg/kg MS	* 74.6	* 45.1	* 16.2	* 55.7	* 54.5	* 176
LS870 : **Cadmium (Cd)**	mg/kg MS	* <0.40	* <0.40	* <0.40	* <0.42	* <0.40	* <0.40
LS871 : **Calcium (Ca)**	mg/kg MS	2220	1080	2410	1310	1110	743
LS874 : **Cuivre (Cu)**	mg/kg MS	* 23.6	* 14.7	* 24.5	* 11.1	* 16.8	* 41.3
LS876 : **Fer (Fe)**	mg/kg MS	25000	17300	45000	16700	17100	14200
LS877 : **Lithium (Li)**	mg/kg MS	109	56.6	42.8	41.6	58.2	127
LS878 : **Magnésium (Mg)**	mg/kg MS	4040	3230	6110	2460	3020	1640
LS879 : **Manganèse (Mn)**	mg/kg MS	703	478	1470	618	434	462
LS883 : **Plomb (Pb)**	mg/kg MS	* 26.1	* 16.9	* 28.9	* 49.3	* 44.2	* 97.1
LS884 : **Potassium (K)**	mg/kg MS	4520	3090	6180	1750	2750	3170
LS886 : **Silicium (Si)**	mg/kg MS	283	85.2	120	379	340	271
LS887 : **Sodium (Na)**	mg/kg MS	167	59.3	101	33.2	90.7	66.0
LS892 : **Tungstène (W)**	mg/kg MS	329	53.3	<10.0	<10.5	192	247
LS894 : **Zinc (Zn)**	mg/kg MS	* 87.9	* 51.1	* 88.9	* 56.6	* 49.2	* 50.2
LSA09 : **Mercure (Hg)**	mg/kg MS	* <0.10	* <0.10	* <0.10	* <0.11	* <0.10	* <0.10

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

ACCREDITATION
N° 1- 1488
Site de saverne
Portée disponible sur
www.cofrac.fr

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E079085

Version du : 11/10/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-088214-01

Date de réception : 29/09/2016

Référence Dossier : N° Projet : ____3

Nom Projet : SOLS

Référence Commande : commande N° 2016/109

N° Echantillon		025	026	027	028	029	030
Référence client :		S58_0_5	S59_0_5	S60_0_10	S61_0_10	S62_0_10	S103_0_5
Matrice :		SOL	SOL	SOL	SOL	SOL	SOL
Date de prélèvement :		28/09/2016	28/09/2016	28/09/2016	28/09/2016	28/09/2016	28/09/2016
Date de début d'analyse :		30/09/2016	30/09/2016	30/09/2016	30/09/2016	30/09/2016	30/09/2016
Préparation Physico-Chimique							
XXS07 : **Refus Pondéral à 2 mm**	% P.B.	* 15.3	* 24.6	* 29.6	* <1.00	* 5.81	* 16.5
XXS06 : **Séchage à 40°C**		* -	* -	* -	* -	* -	* -
Métaux							
XXS01 : **Minéralisation eau régale - Bloc chauffant**		* -	* -	* -	* -	* -	* -
LS862 : **Aluminium (Al)**	mg/kg MS	17400	18600	15800	13000	16400	19300
LS863 : **Antimoine (Sb)**	mg/kg MS	6.01	6.56	2.47	2.17	4.65	19.2
LS864 : **Argent (Ag)**	mg/kg MS	<5.17	<5.00	<5.48	<5.00	<5.29	<5.00
LS865 : **Arsenic (As)**	mg/kg MS	* 237	* 822	* 216	* 115	* 176	* 60.0
LS870 : **Cadmium (Cd)**	mg/kg MS	* 0.63	* 3.83	* 1.51	* 0.41	* 0.51	* <0.40
LS871 : **Calcium (Ca)**	mg/kg MS	3390	880	2220	1760	4190	2410
LS874 : **Cuivre (Cu)**	mg/kg MS	* 90.7	* 308	* 32.3	* 25.5	* 21.9	* 29.0
LS876 : **Fer (Fe)**	mg/kg MS	29100	40400	22400	18500	13400	29700
LS877 : **Lithium (Li)**	mg/kg MS	250	43.8	85.1	44.8	93.3	39.1
LS878 : **Magnésium (Mg)**	mg/kg MS	3100	3190	3950	2430	1410	4110
LS879 : **Manganèse (Mn)**	mg/kg MS	806	630	850	562	1200	1270
LS883 : **Plomb (Pb)**	mg/kg MS	* 139	* 36.2	* 122	* 98.4	* 754	* 33.6
LS884 : **Potassium (K)**	mg/kg MS	7300	3620	3950	2960	3100	4140
LS886 : **Silicium (Si)**	mg/kg MS	766	136	330	152	410	281
LS887 : **Sodium (Na)**	mg/kg MS	175	60.2	65.0	44.4	79.8	54.5
LS892 : **Tungstène (W)**	mg/kg MS	970	<10.0	284	10.3	79.3	<10.0
LS894 : **Zinc (Zn)**	mg/kg MS	* 101	* 190	* 192	* 105	* 72.7	* 91.7
LSA09 : **Mercure (Hg)**	mg/kg MS	* <0.10	* <0.10	* <0.11	* <0.10	* <0.11	* <0.10

Observations	N° Ech	Réf client

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 16E079085

Version du : 11/10/2016

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-088214-01

Date de réception : 29/09/2016

Référence Dossier : N° Projet : ____3

Nom Projet : SOLS

Référence Commande : commande N° 2016/109

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 9 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai.

Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole *.

D : détecté / ND : non détecté

L'information relative au seuil de détection d'un paramètre n'est pas couverte par l'accréditation Cofrac.

Les résultats précédés du signe < correspondent aux limites de quantification, elles sont la responsabilité du laboratoire et fonction de la matrice.

Laboratoire agréé par le ministre chargé de l'environnement - se reporter à la liste des laboratoires sur le site internet de gestion des agréments du ministère chargé de l'environnement : http://www.labeau.ecologie.gouv.fr

Laboratoire agréé pour la réalisation des prélèvements et des analyses terrains et/ou des analyses des paramètres du contrôle sanitaire des eaux – portée détaillée de l'agrément disponible sur demande.

Laboratoire agréé par le ministre chargé des installations classées conformément à l'arrêté du 11 Mars 2010. Mention des types d'analyses pour lesquels l'agrément a été délivré sur : www.eurofins.fr ou disponible sur demande.

Pour les résultats issus d'une sous-traitance, les rapports émis par des laboratoires accrédités sont disponibles sur demande.

Gwendoline Juge
Coordinateur Projets Clients

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

ACCREDITATION
N° 1- 1488
Site de saverne
Portée disponible sur
www.cofrac.fr

Annexe technique

Dossier N° : 16E079085

N° de rapport d'analyse :AR-16-LK-088214-01

Emetteur : Mme Karen Perronnet

Commande EOL : 00610514177689

Nom projet : N° Projet : ____3
SOLS

Référence commande : commande N° 2016/109

Sol

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Unité	Incert.	Prestation réalisée sur le site de :
LS862	Aluminium (Al)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B	5	mg/kg MS	23% (A)	Eurofins Analyse pour l'Environnement France
LS863	Antimoine (Sb)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B (Sol)	1	mg/kg MS		
LS864	Argent (Ag)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885	5	mg/kg MS		
LS865	Arsenic (As)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B	1	mg/kg MS	45% (B)	
LS870	Cadmium (Cd)		0.4	mg/kg MS	40% (B)	
LS871	Calcium (Ca)		50	mg/kg MS		
LS874	Cuivre (Cu)		5	mg/kg MS	20% (B)	
LS876	Fer (Fe)		5	mg/kg MS	25% (C)	
LS877	Lithium (Li)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885	20	mg/kg MS		
LS878	Magnésium (Mg)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B	5	mg/kg MS		
LS879	Manganèse (Mn)		1	mg/kg MS	30% (C)	
LS883	Plomb (Pb)		5	mg/kg MS	15% (B)	
LS884	Potassium (K)		20	mg/kg MS		
LS886	Silicium (Si)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885	10	mg/kg MS		
LS887	Sodium (Na)		20	mg/kg MS		
LS892	Tungstène (W)		10	mg/kg MS		
LS894	Zinc (Zn)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B	5	mg/kg MS	15% (B)	
LS902	pH H2O	Potentiométrie - NF ISO 10390				
	pH extrait à l'eau				15% (B)	
	Température de mesure du pH			°C	15% (B)	
LSA09	Mercure (Hg)	SFA / vapeurs froides (CV-AAS) [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN 13346 Méthode B (Sol) - NF ISO 16772 (Sol) - Adaptée de NF ISO 16772 (Boue, Sédiments)	0.1	mg/kg MS	25% (B)	
XXS01	Minéralisation eau régale - Bloc chauffant	Digestion acide - NF EN 13346 Méthode B				
XXS06	Séchage à 40°C	Séchage - NF ISO 11464				
XXS07	Refus Pondéral à 2 mm	Gravimétrie - NF ISO 11464	1	% P.B.		

Tous les éléments de traçabilité sont disponibles sur demande
Méthodes de calcul de l'incertitude (valeur maximisée) : (A) : Eurachem (B) : XP T 90-220 (C) : NF ISO 11352 (D) : ISO 15767 (e) : Méthode interne

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

Annexe de traçabilité des échantillons

Cette traçabilité recense les flaconnages des échantillons scannés dans EOL sur le terrain avant envoi au laboratoire

Dossier N° : 16E079085

N° de rapport d'analyse : AR-16-LK-088214-01

Emetteur : Mme Karen Perronnet

Commande EOL : 00610514177689

Nom projet : N° Projet : ____3
SOLS

Référence commande : commande N° 2016/109

Sol

Référence Eurofins	Référence Client	Date&Heure Prélèvement	Code-barre	Nom flacon
16E079085-001	S35_0_5			
16E079085-002	S36_0_5			
16E079085-003	S37_0_10			
16E079085-004	S38_0_10			
16E079085-005	S39_0_10			
16E079085-006	S40_0_10			
16E079085-007	S41_0_10			
16E079085-008	S42_0_10			
16E079085-009	S43_0_5			
16E079085-010	S44_0_10			
16E079085-011	SJ18_0_30			
16E079085-012	SB45_0_10			
16E079085-013	S46_0_10			
16E079085-014	S47_0_10			
16E079085-015	SB48_0_10			
16E079085-016	SB49_0_10			
16E079085-017	SB50_0_10			
16E079085-018	S51_0_5			
16E079085-019	S52_0_5			
16E079085-020	SB53_0_10			
16E079085-021	SB54_0_10			
16E079085-022	SB55_0_10 RD			
16E079085-023	SB56_0_5			
16E079085-024	S57_0_2			
16E079085-025	S58_0_5			
16E079085-026	S59_0_5			
16E079085-027	S60_0_10			
16E079085-028	S61_0_10			
16E079085-029	S62_0_10			
16E079085-030	S103_0_5			

Eurofins Analyses pour l'Environnement - Site de Saverne
5, rue d'Otterswiller - 67700 Saverne
Tél 03 88 911 911 - fax 03 88 916 531 - site web : www.eurofins.fr/env
SAS au capital de 1 632 800 € - APE 7120B - RCS SAVERNE 422 998 971

maîtriser le risque
pour un développement durable

Institut national de l'environnement industriel et des risques

Parc Technologique Alata
BP 2 - 60550 Verneuil-en-Halatte

Tél. : +33 (0)3 44 55 66 77 - Fax : +33 (0)3 44 55 66 99

E-mail : ineris@ineris.fr - **Internet** : http://www.ineris.fr

ANNEXE 8 :

METHODES D'ANALYSE, INCERTITUDES ANALYTIQUES ET LIMITE DE QUANTIFICATION

Méthode de calcul de l'incertitude (valeur maximisée) :

(A) : Eurachem
(B) : XP T 90-220
(C) : NF ISO 11352
(e) : Méthode interne

Eau de surface

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Unité	Incert.	Prestation réalisée sur le site de :
DN225	Mercure (Hg)	SFA / vapeurs froides (CV-AAS) [Minéralisation - Dosage par SFA] - NF EN ISO 17852	0.2	µg/l	30% (B)	Eurofins Analyse pour l'Environnement France
LS019	Titre Alcalimétrique (TA)	Volumétrie - NF EN ISO 9963-1	2	°F	5% (B)	
LS020	Titre Alcalimétrique Complet (TAC)		2	°F	5% (B)	
LS02I	Chlorures	Spectrophotométrie (UV/VIS) - NF ISO 15923-1	1	mg/l	30% (C)	
LS02Z	Sulfates (SO4)		5	mg SO4/l	20% (C)	
LS03C	Orthophosphates (PO4)		0.1	mg PO4/l	35% (C)	
LS101	Aluminium (Al)	ICP/AES - NF EN ISO 11885	0.05	mg/l	30% (B)	
LS109	Fer (Fe)		0.01	mg/l	20% (B)	
LS112	Zinc (Zn)	ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	5	µg/l		
LS128	Calcium (Ca)	ICP/AES - NF EN ISO 11885	1	mg/l	25% (B)	
LS132	Lithium (Li)		0.005	mg/l		
LS133	Magnésium (Mg)		0.01	mg/l	30% (B)	
LS138	Potassium (K)		0.1	mg/l	25% (B)	
LS142	Silicium (Si)		0.02	mg/l	16% (A)	
LS143	Sodium (Na)		0.05	mg/l	25% (B)	
LS151	Antimoine (Sb)	ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	0.2	µg/l	30% (B)	
LS152	Argent (Ag)		0.5	µg/l	25% (B)	
LS153	Arsenic (As)		0.2	µg/l	20% (B)	
LS158	Cadmium (Cd)		0.2	µg/l	20% (B)	
LS162	Cuivre (Cu)		0.5	µg/l	20% (B)	
LS165	Etain (Sn)		1	µg/l	30% (B)	
LS177	Manganèse (Mn)		0.5	µg/l	25% (B)	
LS184	Plomb (Pb)		0.5	µg/l	25% (B)	
LS198	Tungstène (W)		5	µg/l		
LS199	Uranium (U)		2	µg/l		

Eau souterraine

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Unité	Incert.	Prestation réalisée sur le site de :
DN225	Mercure (Hg)	SFA / vapeurs froides (CV-AAS) [Minéralisation - Dosage par SFA] - NF EN ISO 17852	0.2	µg/l	30% (B)	Eurofins Analyse pour l'Environnement France
LS019	Titre Alcalimétrique (TA)	Volumétrie - NF EN ISO 9963-1	2	°F	5% (B)	
LS020	Titre Alcalimétrique Complet (TAC)		2	°F	5% (B)	
LS02I	Chlorures	Spectrophotométrie (UV/VIS) - NF ISO 15923-1	1	mg/l	30% (C)	
LS02Z	Sulfates (SO4)		5	mg SO4/l	20% (C)	
LS03C	Orthophosphates (PO4)		0.1	mg PO4/l	35% (C)	
LS101	Aluminium (Al)	ICP/AES - NF EN ISO 11885	0.05	mg/l	30% (B)	
LS109	Fer (Fe)		0.01	mg/l	20% (B)	
LS112	Zinc (Zn)	ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	5	µg/l		
LS128	Calcium (Ca)	ICP/AES - NF EN ISO 11885	1	mg/l	25% (B)	
LS132	Lithium (Li)		0.005	mg/l		
LS133	Magnésium (Mg)		0.01	mg/l	30% (B)	
LS138	Potassium (K)		0.1	mg/l	25% (B)	
LS142	Silicium (Si)		0.02	mg/l	16% (A)	
LS143	Sodium (Na)		0.05	mg/l	25% (B)	
LS151	Antimoine (Sb)	ICP/MS - NF EN ISO 17294-2	0.2	µg/l	30% (B)	
LS152	Argent (Ag)		0.5	µg/l	25% (B)	
LS153	Arsenic (As)		0.2	µg/l	20% (B)	
LS158	Cadmium (Cd)		0.2	µg/l	20% (B)	
LS162	Cuivre (Cu)		0.5	µg/l	20% (B)	
LS165	Etain (Sn)		1	µg/l	30% (B)	
LS177	Manganèse (Mn)		0.5	µg/l	25% (B)	
LS184	Plomb (Pb)		0.5	µg/l	25% (B)	
LS198	Tungstène (W)		5	µg/l		
LS199	Uranium (U)		2	µg/l		

Sédiments

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Unité	Incert.	Prestation réalisée sur le site de :
LS862	Aluminium (Al)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B	5	mg/kg MS	23% (A)	Eurofins Analyse pour l'Environnement France
LS863	Antimoine (Sb)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B (Sol)	1	mg/kg MS		
LS864	Argent (Ag)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885	5	mg/kg MS		
LS865	Arsenic (As)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B	1	mg/kg MS	22% (A)	
LS870	Cadmium (Cd)		0.4	mg/kg MS	35% (B)	
LS871	Calcium (Ca)		50	mg/kg MS		
LS874	Cuivre (Cu)		5	mg/kg MS	15% (A)	
LS875	Etain (Sn)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885	5	mg/kg MS	30% (C)	
LS876	Fer (Fe)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B	5	mg/kg MS	25% (C)	
LS877	Lithium (Li)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885	20	mg/kg MS	25% (C)	
LS878	Magnésium (Mg)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B	5	mg/kg MS		
LS879	Manganèse (Mn)		1	mg/kg MS	30% (C)	
LS883	Plomb (Pb)		5	mg/kg MS	40% (B)	
LS884	Potassium (K)		20	mg/kg MS		
LS886	Silicium (Si)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885	10	mg/kg MS		
LS887	Sodium (Na)		20	mg/kg MS		
LS892	Tungstène (W)		10	mg/kg MS		
LS894	Zinc (Zn)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B	5	mg/kg MS	21% (A)	
LS975	Uranium (U)	ICP/MS [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 17294-2 (sol, ou adaptée sur séd&boue) - NF EN 13346 Méthode B (Sol)	0.1	mg MS/kg	25% (C)	
LSA09	Mercure (Hg)	SFA / vapeurs froides (CV-AAS) [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN 13346 Méthode B (Sol) - NF ISO 16772 (Sol) - Adaptée de NF ISO 16772 (Boue, Sédiments)	0.1	mg/kg MS	20% (B)	
XXS01	Minéralisation eau régale - Bloc chauffant	Digestion acide - NF EN 13346 Méthode B				
XXS06	Séchage à 40°C	Séchage - NF ISO 11464				
XXS07	Refus Pondéral à 2 mm	Gravimétrie - NF ISO 11464	1	% P.B.		

Sol

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Unité	Incert.	Prestation réalisée sur le site de :
LS862	Aluminium (Al)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B	5	mg/kg MS	23% (A)	Eurofins Analyse pour l'Environnement France
LS863	Antimoine (Sb)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B (Sol)	1	mg/kg MS		
LS864	Argent (Ag)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885	5	mg/kg MS		
LS865	Arsenic (As)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B	1	mg/kg MS	45% (B)	
LS870	Cadmium (Cd)		0.4	mg/kg MS	40% (B)	
LS871	Calcium (Ca)		50	mg/kg MS		
LS874	Cuivre (Cu)		5	mg/kg MS	20% (B)	
LS875	Etain (Sn)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885	5	mg/kg MS	30% (C)	
LS876	Fer (Fe)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B	5	mg/kg MS	25% (C)	
LS877	Lithium (Li)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885	20	mg/kg MS		
LS878	Magnésium (Mg)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B	5	mg/kg MS		
LS879	Manganèse (Mn)		1	mg/kg MS	30% (C)	
LS883	Plomb (Pb)		5	mg/kg MS	15% (B)	
LS884	Potassium (K)		20	mg/kg MS		
LS886	Silicium (Si)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885	10	mg/kg MS		
LS887	Sodium (Na)		20	mg/kg MS		
LS892	Tungstène (W)		10	mg/kg MS		
LS894	Zinc (Zn)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B	5	mg/kg MS	15% (B)	
LS975	Uranium (U)	ICP/MS [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 17294-2 (sol, ou adaptée sur séd&boue) - NF EN 13346 Méthode B (Sol)	0.1	mg MS/kg		
LSA09	Mercure (Hg)	SFA / vapeurs froides (CV-AAS) [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN 13346 Méthode B (Sol) - NF ISO 16772 (Sol) - Adaptée de NF ISO 16772 (Boue, Sédiments)	0.1	mg/kg MS	25% (B)	
XXS01	Minéralisation eau régale - Bloc chauffant	Digestion acide - NF EN 13346 Méthode B				
XXS06	Séchage à 40°C	Séchage - NF ISO 11464				
XXS07	Refus Pondéral à 2 mm	Gravimétrie - NF ISO 11464	1	% P.B.		

Végétaux

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Unité	Incert.	Prestation réalisée sur le site de :
B0112	Lithium (ICP-AES)	ICP/AES - adaptée de NF EN ISO 11885	0.5	mg/kg	0.4% (e)	Prestation soustraitée à Eurofins WEJ Contaminants GmbH
J1001	Préparation échantillon	Digestion micro-ondes - §64 LFGB L 00.00-19/1				
J1041	Chrome (ICP-OES)	ICP/AES - adaptée de NF EN ISO 11885	0.2	mg/kg	0.16% (e)	
J8306	Plomb (Pb)	ICP/MS - EN 15763:2009	0.05	mg/kg	0.04% (e)	
JC00M	Arsenic (ICP-MS, LQ basse)		0.05	mg/kg	0.04% (e)	
JCM04	Cadmium (ICP-MS, LQ basse)		0.005	mg/kg	0.004% (e)	
JJ0CR	Zinc (ICP-MS, aliments)	ICP/MS - EN ISO 17294-2-E29	0.5	mg/kg	0.4% (e)	
JJ0CX	Antimoine (ICP-MS, aliments)		0.05	mg/kg	0.04% (e)	
JJW2B	Cuivre		0.1	mg/kg	0.08% (e)	

ANNEXE 9 :

RAPPORT D'ETUDE GEO-ECH-01
Contexte d'étude, Résultats et Conclusions

« Mesures de la bioaccumulation et de la toxicité en amont et en aval d'un rejet minier à partir d'un biocapteur transplanté par encagement *in situ* »

BIOMÆ
5 rue de la Doua
69100 Villeurbanne

GEODERIS
Antenne SUD
PIST Oasis 3, Bât. A
Rue de la Bergerie
30 319 Alès Cedex

RAPPORT D'ETUDE **GEO-ECH-01**

Contexte d'étude, Résultats et Conclusions

Titre :

« Mesures de la bioaccumulation et de la toxicité en amont et en aval d'un rejet minier à partir d'un biocapteur transplanté par encagement *in situ* »

CONFIDENTIEL

Date : 19/07/2017

Numéro de version : GEO-ECH-01.01

Référence client

Numéro de devis : D170314

Liste des versions et suivi des modifications :

N° Version	Date	Modification(s)
GEO-ECH-01.01	19 Juillet 2017	Première version

Liste des auteurs :

Rédaction		
Thibaut HOMBERT Ingénieur d'étude		19/07/2017
Validation		
Guillaume JUBEAUX Directeur technique		19/07/2017

©BIOMÆ 2017. Ce document a été rédigé par Biomae.

Biomae ne le diffusera pas à des tiers. L'ensemble des résultats des analyses est la propriété exclusive du client. Le client peut librement exploiter ou faire exploiter tous les résultats. Toutefois, ce document ne peut être modifié sans l'accord écrit de Biomae.

Sommaire du rapport d'étude

1. Cadre de l'étude 4

a. Objectif de l'étude 4

b. Choix des points de mesure 4

c. Choix des biotests 4

2. Résultats des experimentations *in situ* 5

a. Rapport d'expérimentation des stations de mesure (*cf. annexe*) 5

b. Tableau de synthèse des conditions physico-chimiques sur l'ensemble des stations 6

3. Analyses des tests de toxicité 7

a. Grille de synthèse des résultats 7

b. Interprétation et discussion des résultats 7

4. Analyses des tests de bioaccumulation 8

a. Résultats d'analyse : métaux 8

b. Interprétation et discussion des résultats 9

5. Conclusions de l'étude et perspectives 11

a. Impact toxique 11

b. Contamination biodisponible métallique 11

Liste des figures

Figure 1 : Géolocalisation des points de mesure 4

Figure 2 : Vues des stations de mesure 5

Figure 3 : Exemple de fiche « station » du rapport d'expérimentation 5

Figure 4 : Synthèse des résultats des tests de toxicité 7

Liste des tableaux

Tableau 1 : Synthèse des paramètres physico-chimiques (température, conductivité, oxygène et pH) 6

Tableau 2 : Résultats – Micropolluants métalliques avec seuil de contamination 8

Tableau 3 : Résultats – Micropolluants métalliques sans seuil de contamination 9

Documents « annexe »

- Rapport d'expérimentations
- Guide technique

1. CADRE DE L'ETUDE

a. Objectif de l'étude

L'étude vise à **évaluer la contamination et la toxicité de rejets miniers sur le milieu récepteur**. La campagne de mesure a été mise en place sur la commune d'Echassières (dans l'Allier), elle a été lancée le **25 avril 2017** sur deux points de mesure : en amont et en aval de la confluence entre la Bouble et le ru transportant les rejets miniers. Des gammares ont été transplantés via notre méthode d'encagement pendant sept jours sur chaque station de mesure : fin des expérimentations le **2 mai 2017**.

b. Choix des points de mesure

Point n°1 : Un point de mesure sur la Bouble en amont de la confluence avec le ru.

Point n°2 : Un point de mesure sur la Bouble en aval de la confluence avec le ru.

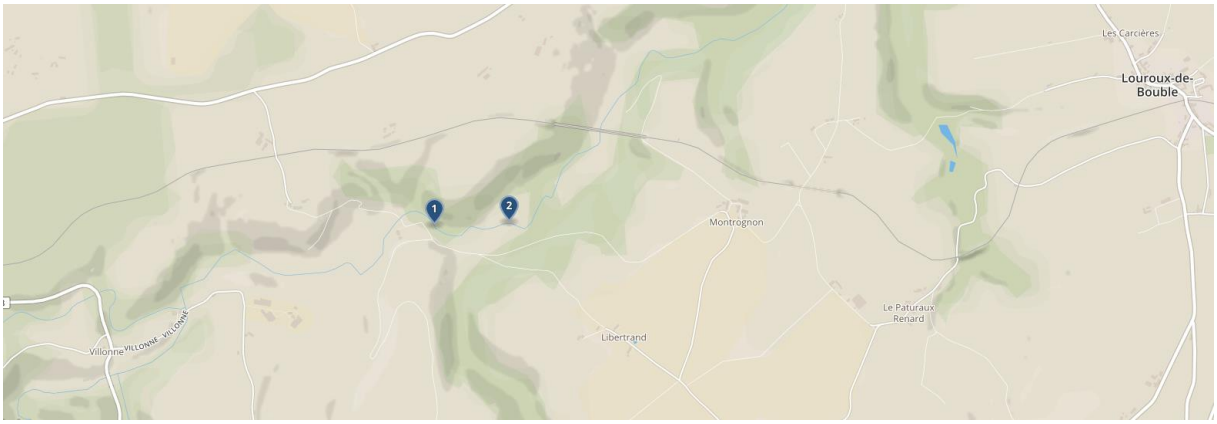


Figure 1 : Géolocalisation des points de mesure

c. Choix des biotests

Deux types de bioessais de toxicité ont été réalisés par point de mesure :

- Un **bioessai d'alimentation** qui permet d'analyser la toxicité générale du milieu.
- Un **bioessai de bioaccumulation** qui permet de mesurer la biodisponibilité des molécules métalliques du milieu récepteur.

Pour le bioessai de bioaccumulation, il a été convenu avec le client de réaliser des triplicats d'analyse sur chaque point de mesure dans le but de faire des tests statistiques et comparer les niveaux de bioaccumulation mesurés en amont et en aval. Ces mesures spécifiques ont été notamment mise en place pour le tungstène, élément pour lequel BIOMÆ n'a pas développé de valeur seuil de contamination à partir d'une base de données nationale.

2. RESULTATS DES EXPERIMENTATIONS *IN SITU*

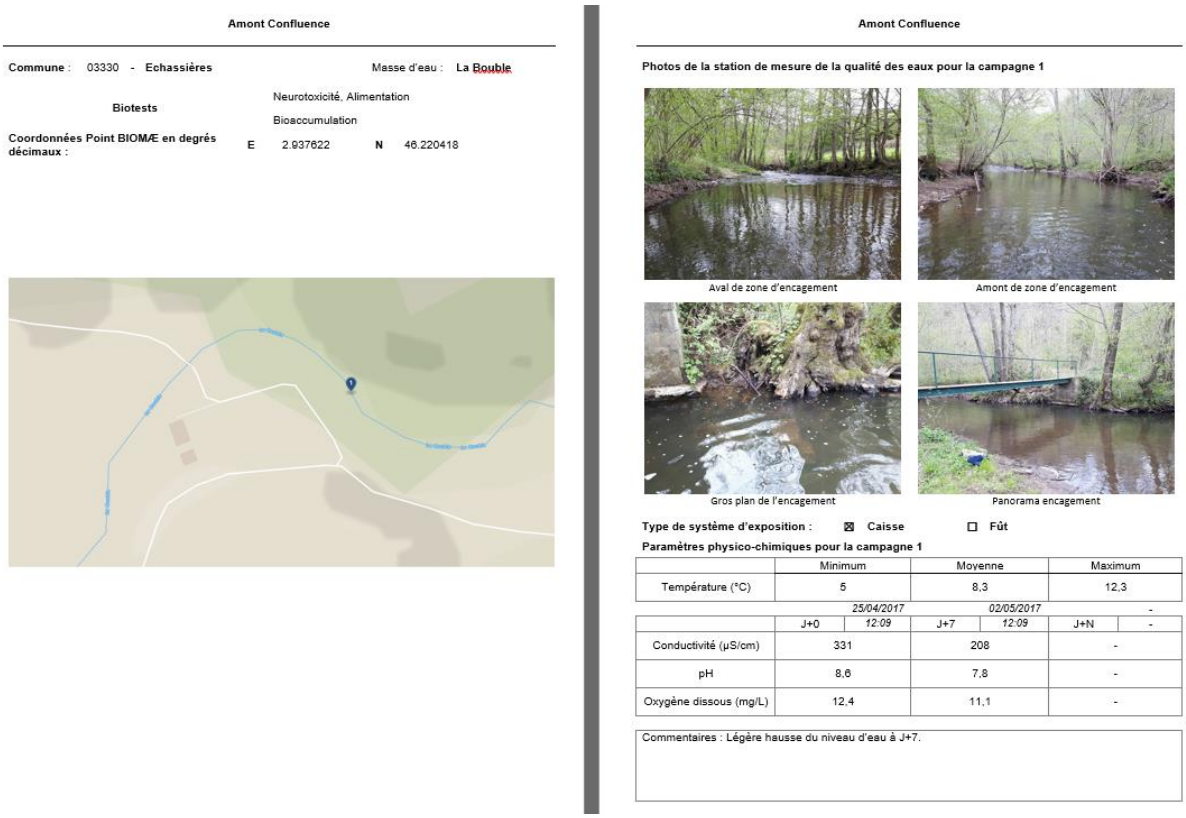
a. Rapport d'expérimentation des stations de mesure (*cf. annexe*)

Point n°1 : La Bouble, en **amont** de la confluence

Point n°2 : La Bouble, en **aval** de la confluence

Figure 2 : Vues des stations de mesure

Pour plus d'informations, consulter le rapport d'expérimentations (*cf.* document annexe)



Amont Confluence

Commune : 03330 - **Echassières** Masse d'eau : **La Bouble**

Biotests Neurotoxicité, Alimentation
Bioaccumulation

Coordonnées Point BIOMÆ en degrés décimaux : **E** 2.937622 **N** 46.220418

Amont Confluence

Photos de la station de mesure de la qualité des eaux pour la campagne 1

Aval de zone d'encagement

Amont de zone d'encagement

Gros plan de l'encagement

Panorama encagement

Type de système d'exposition : ☒ **Caisse** ☐ **Fût**

Paramètres physico-chimiques pour la campagne 1

	Minimum	Moyenne	Maximum
Température (°C)	5	8,3	12,3

	25/04/2017		02/05/2017		-	
	J+0	12:09	J+7	12:09	J+N	-
Conductivité (µS/cm)	331		208		-	
pH	8,6		7,8		-	
Oxygène dissous (mg/L)	12,4		11,1		-	

Commentaires : Légère hausse du niveau d'eau à J+7.

Figure 3 : Exemple de fiche « station » du rapport d'expérimentation

b. Tableau de synthèse des conditions physico-chimiques sur l'ensemble des stations

Le tableau ci-dessous présente (1) la **température mesurée en continu** (une mesure par heure) avec le minimum, la moyenne et le maximum enregistrés lors des expositions, et (2) **la conductivité, l'oxygène et le pH mesurés ponctuellement** au début et à la fin des expositions.

Tableau 1 : Synthèse des paramètres physico-chimiques (température, conductivité, oxygène et pH)

		Point 1 Amont	Point 2 Aval	Gamme optimale d'exposition des gammares	
				Minimum	Maximum
Température (°C) minimum ***moyenne*** maximum	Mesure en continu (une température par heure)	5 ***8,3*** 12,3	5 ***8,3*** 12,3	**7**	**20**
Conductivité (µS/cm)	Mesure à J0	331	312	100	1000
	Mesure à J7	208	243		
Oxygène (mg/L)	Mesure à J0	12,4	11,9	5	-
	Mesure à J7	11,1	11,2		
pH (unité pH)	Mesure à J0	8,6	8,5	6,3	8,9
	Mesure à J7	7,8	7,9		

L'ensemble des paramètres mesurés sont compris dans la gamme d'exposition optimale des organismes.

3. ANALYSES DES TESTS DE TOXICITE

a. Grille de synthèse des résultats

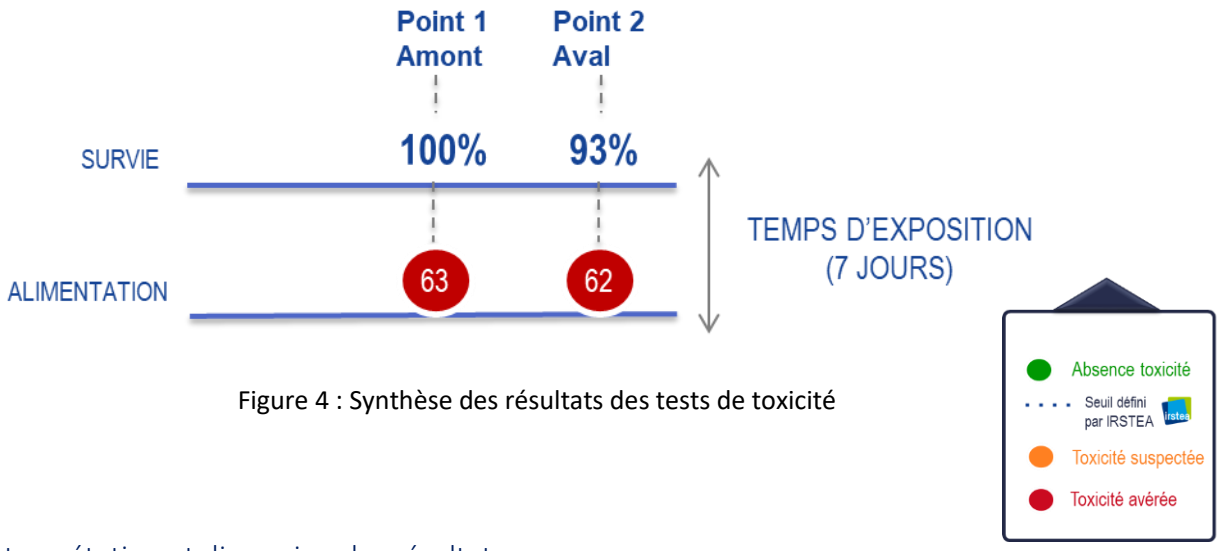


Figure 4 : Synthèse des résultats des tests de toxicité

b. Interprétation et discussion des résultats

Survie (toxicité aiguë)

- Les taux de survie sur les points 1 et 2 sont bons et respectivement de 100 et 93%, similaires à une condition contrôle. Aucun effet significatif sur la survie n'a été observé.

Alimentation (toxicité subaiguë, générale)

- On observe un impact sur l'alimentation chez les organismes exposés sur les points 1 et 2. Cet impact est semblable entre l'amont et l'aval de la confluence, avec 63 et 62% d'inhibition respectivement. Le rejet minier n'a pas d'effet significatif sur la toxicité du milieu.

4. ANALYSES DES TESTS DE BIOACCUMULATION

a. Résultats d'analyse : métaux

Le tableau 2 présente les résultats d'analyse pour 10 métaux disposant d'une valeur seuil. Les résultats des analyses chimiques sont présentés en microgrammes par gramme de poids sec dans le gammare (µg/g). La colonne « seuil » présente le seuil de contamination chimique défini à partir de notre base de données. La colonne « Maximum » présente la valeur maximale déjà enregistrée pour chaque élément dans notre base de données. Selon la conformité ou pas, un code couleur est attribué (cf. Guide Technique). La colonne *p* value indique la valeur de la *p* value du test statistique utilisé pour comparer les résultats obtenus à l'amont et à l'aval. Le test utilisé est le test t de Student (http://127.0.0.1:10911/library/stats/html/t.test.html). Le logiciel utilisé est R 3.3.2.

Tableau 2 : Résultats – Micropolluants métalliques avec seuil de contamination

	Site	Amont			Aval			Seuil	*p-value*	Maximum BDD
	Réplicat	1	2	3	1	2	3			
Paramètres	Argent	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0.45	**0,5**
	Arsenic	3,3	3,8	3,9	5,3	3,3	3,5	2,1	0.3	**9,2**
	Cadmium	0,06	0,07	0,06	0,07	0,07	0,06	0,3	0.35	**35**
	Chrome	0,6	0,8	0,8	1	0,5	0,6	1	0.55	**66**
	Cobalt	0,3	0,3	0,3	0,4	0,2	0,3	0,6	0.66	**4,8**
	Cuivre	52	55	53	48	48	46	84	0.99	**93**
	Mercure	0,05	0,07	0,05	0,06	0,05	0,06	0,1	0.52	**0,2**
	Nickel	0,5	0,6	0,6	0,7	0,5	0,5	1,2	0.61	**14**
	Plomb	0,4	0,6	0,5	0,6	0,3	0,4	0,8	0.66	**33**
	Zinc	49	61	55	60	55	54	76	0.44	**619**

BDD : Base De Données

Le tableau 3 présente les résultats d'analyse pour les métaux ne disposant pas d'une valeur seuil. Les résultats des analyses chimiques sont présentés en microgrammes par gramme de poids sec dans le gammare (µg/g).

Tableau 3 : Résultats – Micropolluants métalliques sans seuil de contamination

	Site	Amont			Aval			*p-value*	Maximum BDD
	Réplicat	1	2	3	1	2	3		
Paramètres	**Aluminium**	675	956	679	845	541	656	0.74	**2816**
	Antimoine	0,1	0,1	0,09	0,1	0,08	0,1	0.51	**0,6**
	Baryum	51	59	48	53	63	50	0.27	**227,1**
	Béryllium	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	NA	**0,13**
	Bore	2,3	2,6	2,3	2,5	2,2	2,3	0.66	**12**
	Etain	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0.48	**0,6**
	Fer	385	559	435	517	299	366	0.76	**3422**
	Lithium	1,6	2,3	1,6	2,6	1,6	1,7	0.39	**4,6**
	Manganèse	79	103	86	92	68	89	0.71	**483**
	Molybdène	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0.35	**0,6**
	Tellure	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	NA	**<0,1**
	Thallium	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	NA	**2**
	Titane	18,3	22,9	20,4	28,2	14,6	16,2	0.57	**122**
	Tungstène	0,1	0,1	0,3	0,3	0,7	0,4	0.07	**ND**
	Uranium	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0.33	**0,91**
	Vanadium	0,6	0,8	0,7	0,9	0,5	0,6	0.65	**ND**

BDD : Base De Données ; ND : Non Disponible

Afin de tester l'hypothèse que la biodisponibilité en substances métalliques est plus élevée au niveau du point de mesure aval, un test t de Student a été appliqué via le logiciel R 3.3.2. Ce qui signifie que si la *p* value est <0.1 (10% de risque) ; alors la **moyenne** des trois réplicats du point **amont** est significativement **plus petite** que la **moyenne** des trois réplicats du point **aval** pour une substance donnée.

b. Interprétation et discussion des résultats

Pour l'ensemble des métaux disposant d'un seuil de contamination (sauf pour l'arsenic), les concentrations mesurées dans les gammares en amont et en aval sont **inférieures à la valeur seuil**.

Pour l'**arsenic**, les concentrations mesurées sont supérieures au seuil de contamination mais reste éloignées des valeurs maximales enregistrées dans notre base de données nationale. Le contrôle témoin est supérieur au seuil de contamination pour l'arsenic ; ce qui rend l'interprétation vis-à-vis du seuil national plus délicate. Cependant, les tests statistiques réalisés à partir des triplicats montrent qu'il n'y a **pas**

d'apport significatif en aval de la confluence (*p* value=0.3) par rapport aux concentrations mesurées en amont.

Pour les autres métaux, nous avons réalisé des tests statistiques pour évaluer s'il y avait une différence de bioaccumulation entre l'amont et l'aval. Les résultats montrent des valeurs de *p* value fortes pour l'ensemble des éléments, **sauf le tungstène**, ce qui signifie qu'il n'y a aucun apport supplémentaire de contamination biodisponible de l'affluent minier en aval de la confluence. En revanche, pour le **tungstène**, on observe une augmentation significative au seuil de 10% (*p* value=0.07), ce qui signifie que les résultats montrent **un apport significatif de l'affluent en tungstène**, même si celle-ci n'est pas très forte.

5. CONCLUSIONS DE L'ETUDE ET PERSPECTIVES

a. Impact toxique

L'analyse du taux d'alimentation montre que le milieu récepteur présente une forte toxicité. Toutefois, **les effets sont les mêmes en amont et en aval de la confluence donc il n'y a pas d'apport lié à l'activité minière ou au rejet**.

b. Contamination biodisponible métallique

En regard avec la problématique de l'étude, les résultats montrent que l'affluent (ou les déchets miniers) ne présente pas une source de contamination en métaux pour les 27 éléments mesurés, **excepté pour le tungstène, où une concentration plus forte a été observée à l'aval par rapport à l'amont**, et pour **l'arsenic, où l'on observe des valeurs supérieures au seuil sur les deux points de mesure, toutefois, sans différence significative, ne permettant pas de conclure que les rejets miniers constituent une source de contamination supplémentaire**.

Contact

Biomae

Jusque fin 2017

✉ Hébergement Irstea Lyon-Villeurbanne, 5 rue de la Doua, 69100 Villeurbanne

☎ / 04.37.43.13.79

💻 / www.biomae.com

Ingénieur d'études

Thibaut Hombert

@ / thibaut.hombert@biomae.fr

☎ / 06.17.42.03.29

Directeur technique

Guillaume Jubeaux (PhD)

@ / guillaume.jubeaux@biomae.fr

☎ / 06.78.76.93.54

ANNEXE 10 :

FICHES SCENARIOS

ZONE INVESTIGUEE : ZONE I

SCENARIO N°1 : ACTIVITES DE JARDINAGE ET AUTOCONSOMMATION DES VEGETAUX POTAGERS

SITUATION GENERALE

Commune	**Echassières**	Dépôt minier le plus proche	03_0070_A_T1/ T7/ T9
Parcelle(s) cadastrale(s)	**ZD79_80**	Propriété privée	oui

Description

▪ Au lieu-dit La Bourse, propriété privée abritant plusieurs habitations, hangars ainsi que des jardins potagers avec élevage de volailles pour la consommation d'œufs et de lapins (non consommés).
L'autoconsommation des végétaux produits est élevée et considérée à 100% (conserve, congélation). Un premier jardin potager de 150 m^2 est situé à proximité du puits (Sj11_0_30), la serre et la bande dédiée aux pommes de terre (90 m^2) sont situées plus au sud (Sj12_0_30). Les betteraves et les fanes de carottes ne sont pas consommés par le jardinier mais destinés aux lapins.
Zone d'intérêt : jardins potagers dont une serre en pleine terre et un verger.
▪ Résidence permanente - un adulte (actif), entourée de parcelles agricoles cultivées (blé). Le blé est vendu à la coopérative agricole (prélèvement d'un échantillon de sol sur une aire localisée où le blé se développe différemment – S30_0_10).
▪ Souhait de développer une activité de chambre d'hôte à thème.
▪ Présence d'un puits de 7 m de profondeur servant à l'irrigation des végétaux potagers (pleine terre + serre). Stockage intermédiaire dans une cuve aérienne en polypropylène de 1 m^3, installée à côté de la serre.
▪ Le verger est constitué de plus de 600 arbres fruitiers. Le verger s'étendait sur 1 ha ; les pieds vieillissant sont arrachés au fur et à mesure. Surface actuelle de 2 000 m^2. Arrosage au goutte à goutte à partir du réseau de ville. Vente directe des fruits à la ferme (production annuelle comprise entre 1 000 et 6 000 t). Fabrication de jus de pomme et de cidre (autoconsommés).
▪ Présence d'une mare au nord-ouest de la parcelle (toujours en eau, avec poissons non pêchés) et d'un bassin de rétention au sud-ouest (à sec lors des investigations).
▪ A l'extrémité sud de la propriété, zone boisée avec couvert végétal sur anciens résidus miniers (sableux). Aucun usage sur cette zone. Une partie des parcelles cultivées en blé se situe entre la zone boisée et les jardins potagers.

Photographies *(la zone d'intérêt en haut avec jardin potager + verger, en bas : parcelle de blé et zone boisée)*

SCENARIO N°1 : ACTIVITES DE JARDINAGE ET AUTOCONSOMMATION DES VEGETAUX POTAGERS

SCENARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Principale(s) source(s) d'information(s)	◦ Propriétaire ◦ Réunion en Mairie le 12/09/2016	
Scénario d'exposition retenu (x2) et nombre de jours d'exposition retenus	▪ Adulte jardinier - Ingestion non intentionnelle de sols	52 jours / an[46]
	▪ Adulte jardinier - Ingestion de végétaux autoproduits	100% autarcie

CARTE DE SITUATION (COORDONNEES GEOGRAPHIQUES)

	Sj11	696843	6567111
	Sj12	696850	6567088
	Sj13	696873	6567158

PRELEVEMENTS

Caractérisation de(s) l'environnement(s) local (aux) témoin(s)		**Caractérisation des milieux d'exposition**	
Lithologie	ELTa1 - micaschistes à deux micas	Lithologie	micaschistes à deux micas
Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol de jardin potager	Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol de jardin potager
	SJ20_0_30 *(ECH-ZL61)* **SJ22_0_30** *(ECH-ZO141-115)*		**SJ11_0_30,** **SJ12_0_30 (serre, pomme de terre), SJ13_0_30 (verger)**
	Eaux souterraines		Eaux souterraines
	ESO7, ESO8, ESO10		**ESO4**
	Végétaux potagers		Végétaux potagers
	SJ20_*PRU_TOM_CA_HAR_SAL_POM (ECH-ZL61)* **SJ22**_*SAL_BETT_TOM_HAR_CA_FRAM_PDT_POM_COU (ECH-ZO141-115)*		**SJ11_BETT_CA_HAR_RAV** **SJ12_PDT_TOM** **SJ13_PRU_POM**

Scénario 1 - Activités de jardinage et autoconsommation des végétaux à Echassières (ZD79-80)										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micaschistes à deux micas – ELTa1)										
SJ20_0_30	2,47	<5.01	18,7	<0.40	52,2	21,7	<0.10	23,3	<10.0	114
SJ22_0_30	1,62	<5.00	57,9	<0.40	30,5	59,4	<0.10	34,8	<10.0	40,8
***Zones d'exposition* (micaschistes à deux micas)**										
SJ11_0_30	1,28	<5.00	24,1	<0.40	31,1	32,4	<0.10	27,7	<10.0	80,6
SJ12_0_30	1,65	<5.00	27,1	<0.40	26,6	36,2	<0.10	19,5	<10.0	72,8
SJ13_0_30	1,96	<5.00	32,5	<0.40	28,9	36,1	<0.10	21	<10.0	71,3
Ingestion de sol – adulte jardinier (52 jours d'exposition annuelle)										
QD adulte	n.c. **– aucun dépassement des concentrations ELT**									
ERI adulte	n.c. **– aucun dépassement des concentrations ELT**									

[46] A raison de 2 fois par semaine pendant 6 mois (mai à octobre)

Substances Référence de l'échantillon	*Cr*	*Li*	*Sb*	*As*	*Cd*	*Cu*	*Pb*	*Zn*
	Concentrations dans les végétaux (mg/kg MF)							
Environnement local témoin (micaschistes à deux micas – ELTa1)								
Carotte SJ20_CA	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,005	0,4	<0.05	4
Carotte SJ22_ CA	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,05	0,7	<0.05	3,2
Pomme de terre SJ22_ PDT	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,028	1,1	<0.05	2,4
Betterave SJ22_ BETT	<0.2	2,9	<0.05 *	0,05	0,011	0,7	<0.05	2
Haricot vert SJ20_HAR	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,7	<0.05	2,7
Haricot vert SJ22_ HAR	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	1	<0.05	3,1
Tomate SJ20_TOM	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,5	<0.05	1
Tomate SJ22_ TOM	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,011	0,6	<0.05	1,3
Prune SJ20_PRU	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	1,4	<0.05	1,9
Pomme SJ20_POM	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,5	<0.05	<0.5
Pomme SJ22_ POM	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,4	<0.05	<0.5
Raves RAV	Absence échantillon ELT							
Végétaux d'exposition (micaschistes à deux micas)								
Carottes SJ11_CA	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,021	0,6	<0.05	1,4
Pomme de terre SJ12_PDT	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,038	1	<0.05	2,9
Betterave SJ11_BETT[47]	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	**0,026**	**1,1**	<0.05	**3,2**
Haricot vert SJ11_HAR	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,8	<0.05	3,8
Tomate SJ12_TOM	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,016	0,5	<0.05	1,5
Prune SJ13_PRU	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,7	<0.05	0,9
Rave SJ11_RAV	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	**0,014**	**0,1**	<0.05	**1,7**
Pomme SJ13_POM[48]	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	**0,8**	<0.05	<0.5
Ingestion de végétaux autoproduits – adulte (100% autarcie, 365 jours d'exposition annuelle)								
QD adulte - RAV	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	1,5E-03	2,8E-05	n.c.	2,3E-04
ERI adulte - RAV	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)
	Non déroulée

Légende :

< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques), 2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes analytiques), ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols et les végétaux*
Concentration retenue dans les végétaux :	
	concentration supérieure à la valeur règlementaire (Cd, Pb)
Intervalles de gestion de l'IEM	
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6} — l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4} — zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4} — l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS	
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}

[47] Les betteraves sont uniquement destinées aux lapins élevés. Aucun calcul de risque sanitaire n'est réalisé.

[48] Pour les pommes, aucun calcul de risque sanitaire car le verger, comme les légumes du potager est traité à la bouillie bordelaise (sulfate de cuivre). Il n'est pas possible de différencier le cuivre utilisé en tant que produit phytosanitaire, du cuivre en lien avec la paragénèse du minerai exploité.

ZONE INVESTIGUEE : ZONE I

SCENARIO N°2 : ACTIVITES DE JARDINAGE DANS LE VERGER

SITUATION GENERALE

Commune	**Echassières**	Dépôt minier le plus proche	03_0070_A_T1/ T7/ T9
Parcelle(s) cadastrale(s)	**ZD16**	Propriété privée	oui

Description

▪ Au lieu-dit La Bourse, propriété privée avec bâtiment datant de l'exploitation minière (ancien living-room). Seul un puits de profondeur inconnue est recensé (aucun usage rapporté). Un verger est identifié (prunes, noix, framboises, groseilliers) au nord-ouest de la propriété. Absence de baies lors des investigations.
Zone d'intérêt : verger.
▪ Résidence permanente - deux adultes (actifs).
▪ Propriétaire mettant à disposition une pâture pour des chevaux, sur la partie ouest et sud de la propriété (prélèvement d'un échantillon de sol sur la pâture – S32_0_10). Seule une partie de la pâture était broutée, à savoir la pente située au plus près des bâtiments. La partie située plus au sud (au-delà de la rigole matérialisée par quelques arbustes) était recouverte d'une végétation plus dense et haute.

Photographies *(la zone d'intérêt est le verger en bas à gauche)*

SCENARIO N°2 : ACTIVITES DE JARDINAGE DANS LE VERGER

SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Principale(s) source(s) d'information(s)	◦ Propriétaire	
Scénario d'exposition retenu (x1) et nombre de jours d'exposition retenus	▪ Adulte jardinier - Ingestion non intentionnelle de sols	12 jours / an[49]

CARTE DE SITUATION

	Sj33	696907	6567117

PRELEVEMENTS

Caractérisation de(s) l'environnement(s) local(aux) témoin(s)		**Caractérisation des milieux d'exposition**	
Lithologie	ELTa1 - micaschistes à deux micas	Lithologie	micaschistes à deux micas
Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol de jardin potager	Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol de jardin potager
	SJ20_0_30 *(ECH-ZL61)* **SJ22_0_30** *(ECH-ZO141-115)*		**SJ33_0_30** *(ECH-ZD16)*
	Eaux souterraines		Eaux souterraines
	⦸		⦸ - puits non investigué
	Végétaux potagers		Végétaux potagers
	⦸		⦸

[49] pour les travaux de jardinage 2 fois par mois pendant 6 mois, au vu du bon entretien de la parcelle

Scénario 2 - Activités de jardinage dans le verger à Echassières (ZD16)										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micaschistes à deux micas – ELTa1)										
SJ20_0_30	2,47	<5.01	18,7	<0.40	52,2	21,7	<0.10	23,3	<10.0	114
SJ22_0_30	1,62	<5.00	57,9	<0.40	30,5	59,4	<0.10	34,8	<10.0	40,8
***Zones d'exposition* (micaschistes à deux micas)**										
SJ33_0_30	1,57	<5.00	36,2	<0.40	48,2	34,6	<0.10	34,3	**21,8**	146
Ingestion de sol – adulte jardinier (12 jours d'exposition annuelle)										
QD adulte	n.c.*****								n.c.	n.c.*
ERI adulte	n.c.*****								n.c.	n.c.*

* pas de dépassement des concentrations ELT

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)
	Non déroulée

Légende :

< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*	
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques),* *2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes analytiques), ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*	
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols*	
Concentration retenue dans les végétaux :		
	concentration supérieure à la valeur règlementaire (Cd, Pb)	
Intervalles de gestion de l'IEM		
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS		
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}	

ZONE INVESTIGUEE : ZONE I

SCENARIO N°3 : RESIDENCE SECONDAIRE – AIRE DE JEUX EXTERIEURE DES ENFANTS

SITUATION GENERALE

Commune	**Echassières**	Dépôt minier le plus proche	03_0070_A_T1/ T7/ T9
Parcelle(s) cadastrale(s)	**ZD24**	Propriété privée	oui

Description

▪ Au lieu-dit La Bourse, propriété privée abritant un ancien corps de ferme présent lors de l'exploitation minière du Mazet et datant probablement du début du XX siècle.

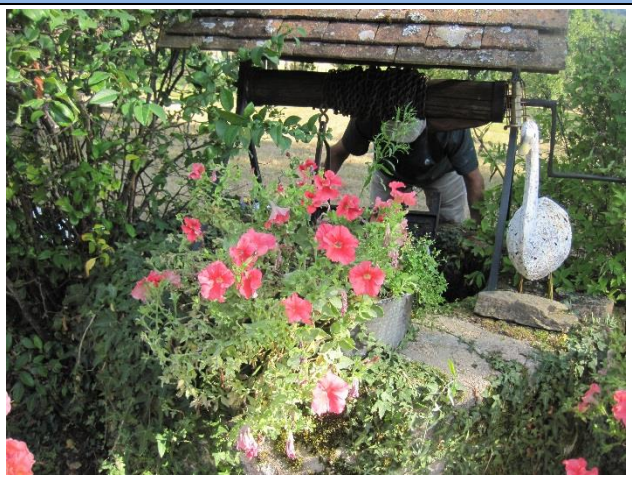
▪ Résidence secondaire occupée d'avril à novembre - adultes (retraités), petits enfants (à partir de 6 ans) et arrière-petits-enfants (1 à 6 ans). Une aire de jeux dédiée aux enfants est aménagée au centre du jardin ornemental. La zone de 50 m^2 environ abrite notamment une balançoire, un bac à sable. Les jeunes enfants fréquentent la maison familiale pendant les week-ends et les vacances scolaires (au maximum 30 jours/ an).

Zone d'intérêt : aire de jeux dédiée aux enfants.

▪ Deux zones de culture sont aménagées : 1/ un jardin dédié aux légumes et aux fraises, irrigué par le réseau de ville et 2/ des bandes de culture dédiées aux framboises et aux groseilliers, irriguées par l'eau du puits.

▪ Le puits à une profondeur de 11 m. Il est toujours en eau. Un prélèvement d'eau a été réalisé (ESO2).

Photographies *(la zone d'intérêt est l'aire de jeux en haut à droite ; puits en haut à gauche et jardins/bandes cultivés en bas)*



SCENARIO N°3 : RESIDENCE SECONDAIRE – AIRE DE JEUX EXTERIEURE DES ENFANTS

SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Principale(s) source(s) d'information(s)	◦ Propriétaire	
Scénario d'exposition retenu (x1) et nombre de jours d'exposition retenus	▪ Enfant en visite familiale (résidence secondaire) - Ingestion non intentionnelle de sols	30 jours / an

CARTE DE SITUATION

	Sj7	696977	6567194
	Sj8	696981	6567164
	S9	696974	6567154
	ESO2	696967	6567160

PRELEVEMENTS

Caractérisation de(s) l'environnement(s) local(aux) témoin(s)		**Caractérisation des milieux d'exposition**	
Lithologie	ELTa1 - micaschistes à deux micas	Lithologie	micaschistes à deux micas
Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol de jardin potager **SJ21_0_30** *(ECH-ZL61)* **SJ22_0_30** *(ECH-ZO141-115)*	Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol de jardin potager **SJ7_0_30** *(ECH-ZD24)* **SJ8_0_30** *(ECH-ZD24)*
	Sol de jardin ornemental **S19_0_10** *(ECH-ZL55)*		Aire de jeux dédiée dans jardin ornemental **S9_0_5**
	Eaux souterraines **ESO7, ESO8, ESO10**		Eaux souterraines **ESO2** sur bande SJ8 uniquement
	Végétaux potagers **SJ20**_*PRU_TOM_CA_HAR_SAL_POM* *(ECH-ZL61)* **SJ22**_*SAL_BETT_TOM_HAR_CA_FRAM_PDT_POM_COU* *(ECH-ZO141-115)*		Végétaux potagers **SJ7_HAR_TOM_PDT** **SJ8_FRAM**

Scénario 3 – résidence secondaire : aire de jeux extérieure dédiée aux enfants (ZD24)										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micaschistes à deux micas – ELTa1)										
S19_0_10	2,17	<5.00	31,8	<0.40	14,3	25,9	<0.10	20,5	<10.0	63,6
Zones d'exposition **(micaschistes à deux micas)**										
S9_0_5	1,64	<5.00	36,6	<0.40	**23,2**	27,2	<0.10	18,5	<10.0	57,9
Ingestion de sol – enfant de moins de 6 ans (30 jours d'exposition annuelle)										
QD enfant	n.c.*				9,53E-05	n.c.*				
ERI enfant	n.c.*				n.c.	n.c.*****				

* pas de dépassement des concentrations ELT

Scénario 3 – résidence secondaire : activités de jardinage (ZD24)										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micaschistes à deux micas – ELTa1)										
SJ20_0_30	2,47	<5.01	18,7	<0.40	52,2	21,7	<0.10	23,3	<10.0	114
SJ22_0_30	1,62	<5.00	57,9	<0.40	30,5	59,4	<0.10	34,8	<10.0	40,8
Zones d'exposition **(micaschistes à deux micas)**										
SJ7_0_30	1,62	<5.00	31,3	<0.40	33,8	22,8	<0.10	20,7	<10.0	93,5
SJ8_0_30	1,94	<5.00	38,3	<0.40	39,6	22,8	<0.10	23	<10.0	102
Ingestion de sol – adulte jardinier (12 jours d'exposition annuelle)										
QD adulte	n.c. **– pas de dépassement des concentrations ELT**									
ERI adulte	n.c. **– pas de dépassement des concentrations ELT**									

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)
	Non déroulée

Légende :

< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques),* *2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes analytiques),* *ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols*
Concentration retenue dans les végétaux :	
	concentration supérieure à la valeur règlementaire (Cd, Pb)
Intervalles de gestion de l'IEM	
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6} — l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4} — zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4} — l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS	
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}

ZONE INVESTIGUEE : ZONE I

SCENARIO N°4 : ACTIVITES DE JARDINAGE ET AUTOCONSOMMATION DES VEGETAUX POTAGERS

SCENARIO N°5 : JARDIN ORNEMENTAL LIE AU GITE

SITUATION GENERALE

Commune	**Echassières**	Dépôt minier le plus proche	03_0070_A_T1/ T7/ T9
Parcelle(s) cadastrale(s)	**ZD76, ZD42-43**	Propriété privée	oui

Description

▪ Au lieu-dit La Bourse, propriété privée sur la parcelle cadastrale ZD76 abritant un chalet et un jardin potager de petite taille (Sj5_0_30). L'arrosage du jardin est assuré par les eaux pluviales collectées sur le chalet et le gîte.
Zone d'intérêt du scénario 4 : jardin potager.
▪ Résidence permanente - un adulte (jeune retraité), propriétaire aussi des parcelles adjacentes (ZD42-43) dont 1/ un gîte et 2/ une habitation louée qui dispose d'un puits prélevé en 2013 (ESOUT SITE avec 7,6 µg/L en arsenic) dont aucun usage de l'eau n'est actuellement recensé (historiquement eau domestique), et d'un jardin potager abandonné (Sj4_0_30).
▪ L'installation permanente et la rénovation du gîte datent de 2000. Le gîte accueille les vacanciers, les passionnés de géologie/mine pour de courts séjours entre mai et octobre, avec une capacité de 8 personnes. Volonté de développer cette activité touristique. Aucune aire de jeux dédiée aux enfants n'est aménagée sur le terrain. Les enfants peuvent évoluer sur toute la propriété. Des matériaux extérieurs ont été apportés pour l'installation de la fosse septique, à l'est du gîte.
Zone d'intérêt du scénario 5 : jardin ornemental sur lequel jouent les enfants vacanciers.
▪ Un verger est identifié sur les parcelles ZD42-43 (noix, prune, mirabelle, poire, cerise, coing), des pommes ont été prélevées pendant la campagne d'investigations.

Photographies *(zones d'intérêt : jardin potager en haut à gauche et jardin ornemental en haut à droite ; verger et ancien jardin SJ4 en bas)*

SCENARIO N°4 : ACTIVITES DE JARDINAGE ET AUTOCONSOMMATION DES VEGETAUX POTAGERS
SCENARIO N°5 : JARDIN ORNEMENTAL LIE AU GITE

SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Principale(s) source(s) d'information(s)	◦ Propriétaire	
Scénario d'exposition retenu (x3) et nombre de jours d'exposition retenus	▪ Adulte jardinier - Ingestion non intentionnelle de sol	52 jours / an
	▪ Adulte jardinier - Ingestion de végétaux autoproduits	Autarcie CIBLEX
	▪ Enfant vacancier du gîte - Ingestion non intentionnelle de sol	15 jours / an

CARTE DE SITUATION

	Sj4	696697	6566686
	Sj5	696636	6566750
	S6	696645	6566745

PRELEVEMENTS

Caractérisation de(s) l'environnement(s) local(aux) témoin(s)		**Caractérisation des milieux d'exposition**	
Lithologie	ELTa1 - micaschistes à deux micas	Lithologie	micaschistes à deux micas
Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol de jardin potager	Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol de jardin potager
	SJ20_0_30 *(ECH-ZL61)* **SJ22_0_30** *(ECH-ZO141-115)*		**SJ4_0_30** (abandonné) **SJ5_0_30**
	Sol de jardin ornemental		Sol de jardin ornemental
	S19_0_10 *(ECH-ZL55)*		**S6_0_5**
	λ Eaux souterraines		λ Eaux souterraines
	⊘		⊘
	Végétaux potagers		Végétaux potagers
	SJ20_*PRU_TOM_CA_HAR_SAL_POM (ECH-ZL61)* **SJ22**_*SAL_BETT_TOM_HAR_CA_FRAM_PDT_POM_COU (ECH-ZO141-115)*		**SJ5_POM_SAL_HAR_TOM**

Scénario 4 - Activités de jardinage et autoconsommation des végétaux à Echassières (ZD76)										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa1)										
SJ20_0_30	2,47	<5.01	18,7	<0.40	52,2	21,7	<0.10	23,3	<10.0	114
SJ22_0_30	1,62	<5.00	57,9	<0.40	30,5	59,4	<0.10	34,8	<10.0	40,8
***Zones d'exposition* (micachistes à deux micas)**										
SJ4_0_30 (a)	3,34	<5.00	133	0,79	36,9	**92**	0,12	**58,2**	**73,9**	149
SJ5_0_30	**4,19**	<5.00	102	<0.40	28,3	62,5	<0.10	**87,3**	**26,7**	107
Ingestion de sol – adulte jardinier au droit de SJ5 (52 jours d'exposition annuelle)										
QD adulte	1,2E-03	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	1,6E-02	n.c.	n.c.
ERI adulte	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	6,4E-08	n.c.	n.c.

(a) jardin potager abandonné – concentrations présentées à titre indicatif

Substances **Référence de l'échantillon**	*Cr*	*Li*	*Sb*	*As*	*Cd*	*Cu*	*Pb*	*Zn*
	Concentrations dans les végétaux (mg/kg MF)							
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa1)								
Salade SJ20_SAL	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,009	0,3	<0.05	1,2
Salade SJ22_SAL	0,7	<0.5 *	<0.05 *	<0.05 *	0,038	0,5	<0.05	2,2
Haricot vert SJ20_HAR	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,7	<0.05	2,7
Haricot vert SJ20_ HAR	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	1	<0.05	3,1
Tomate SJ20_TOM	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,5	<0.05	1
Tomate SJ22_ TOM	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,011	0,6	<0.05	1,3
Pomme SJ20_POM	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,5	<0.05	<0.5
Pomme SJ22_ POM	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,4	<0.05	<0.5
Végétaux d'exposition (micachistes à deux micas)								
Haricot vert SJ5_HAR	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	1,4	<0.05	**5,8**
Tomate SJ5_TOM	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,006	0,4	<0.05	1,1
Salade SJ5_SAL	<0.2	<0.5	<0.05	0,06	0,028	0,5	0,06	**3,4**
Pomme SJ5_POM	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,6	<0.05	<0.5
Ingestion de végétaux autoproduits – adulte (autarcie CIBLEX, 365 jours d'exposition annuelle)								
QD adulte/ HAR	n.c.							3,86E-03
ERI adulte / HAR	n.c.							
QD adulte / SAL	n.c.							1,34E-03
ERI adulte / SAL	n.c.							

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)
	Non déroulée

Légende :

< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques), 2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes analytiques), ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols et les végétaux*
Concentration retenue dans les végétaux :	
	concentration supérieure à la valeur règlementaire (Cd, Pb)
Intervalles de gestion de l'IEM	
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6} — l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4} — zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4} — l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS	
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}

Scénario 5 – gîte : jardin ornemental (ZD76)										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa1)										
S19_0_10	2,17	<5.00	31,8	<0.40	14,3	25,9	<0.10	20,5	<10.0	63,6
***Zones d'exposition* (micachistes à deux micas)**										
S6_0_5	**3,15**	<5.00	**98,7**	<0.40	**32,6**	**77,7**	<0.10	**50,3**	**20,3**	**134**
Ingestion de sol – enfant vacancier de moins de 6 ans (15 jours d'exposition annuelle)										
QD enfant	2,3E-03	n.c.	6,3E-02	n.c.	6,7E-05	n.c.	n.c.	2,3E-02	n.c.	1,3E-04
ERI enfant	n.c.	n.c.	3,3E-06	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	9,7E-09	n.c.	n.c.

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)
Enfant de moins de 6 ans	QD_{total} = 0,09 et ERI_{total} = $3,4.10^{-6}$

Légende :

< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*	
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques),* *2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes analytiques),* *ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*	
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols*	
Concentration retenue dans les végétaux :		
	concentration supérieure à la valeur règlementaire (Cd, Pb)	
Intervalles de gestion de l'IEM		
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS		
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}	

ZONE INVESTIGUEE : ZONE I

SCENARIO N°5 MAZ : ACTIVITES EXTERIEURES DE LOISIRS

SITUATION GENERALE

Commune	**Echassières**	Dépôt minier le plus proche	03_0070_A_T1/ T7/ T9
Parcelle(s) cadastrale(s)	**ZD64-65**	Propriété privée	oui

Description

▪ Au lieu-dit Le Mazet, propriété privée abritant plusieurs bâtiments miniers en cours de rénovation et habitée (résidence permanente). Les terrains sont situés à proximité des anciens bassins de décantation.
Aucun jardin potager n'est aménagé. Les travaux de rénovation amènent le propriétaire à exercer des travaux en contact avec le sol environnant.
Zone d'intérêt : jardin ornemental.
▪ Résidence permanente - un adulte,
▪ Considération d'une activité extérieure de loisirs, en absence de jardin potager.

Photographies (à gauche prélèvement sol S104_0_5 ; à droite zone de prélèvement de S107_0_5)

SCENARIO N°5 MAZ : ACTIVITES EXTERIEURES DE LOISIRS

SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Principale(s) source(s) d'information(s)	◦ Propriétaire	
Scénario d'exposition retenu (x1) et nombre de jours d'exposition retenus	▪ Adulte - Ingestion non intentionnelle de sols	136 jours / an[50]

CARTE DE SITUATION

	S104	696793.58	6566713.17
	S105	696785.87	6566689.91
	S106	696817.64	6566702.17
	S107	696785.19	6566741.20

PRELEVEMENTS

Caractérisation de(s) l'environnement(s) local(aux) témoin(s)		**Caractérisation des milieux d'exposition**	
Lithologie	ELTa1 - micaschistes à deux micas	Lithologie	micaschistes à deux micas, en limite avec le granite porphyroïde à deux micas
Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol de jardin ornemental	Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol de jardin ornemental
	S19_0_10 *(ECH-ZL55)*		**S104_0_5 , S105_0_5 , S106_0_5 , S107_0_5** (prélèvements GEODERIS en avril 2017)
	Eaux souterraines		Eaux souterraines
	⊘		⊘
	Végétaux potagers		Végétaux potagers
	⊘		⊘

[50] En l'absence d'information, fréquentation retenue identique à celle d'un jardin potager (cf. note méthodologique GEODERIS, rapport N2015/014DE-15NAT24080). Durée d'exposition retenue : 53 ans.

Scénario 5 MAZ - Activités extérieures de loisirs à Echassières (ZD64-65)										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa1)										
	Pas de comparaison avec les valeurs ELT – présence de matériaux miniers									
***Zones d'exposition* (micachistes à deux micas)**										
S104_0_5	8,43	<5.00	190	1,33	89,2	86,5	0,26	327	3410	245
S105_0_5	21,5	<5.00	155	2,2	772	127	0,51	607	2100	996
S106_0_5	5,17	<5.00	165	0,79	97,8	184	0,19	106	1810	117
S107_0_5	3,42	<5.00	100	0,63	76,5	242	<0.10	163	2170	98,1
Ingestion de sol – adulte (136 jours d'exposition annuelle) – concentration maximale										
QD adulte	1,6E-02	n.c.	1,3E-01	1,8E-03	1,6E-03	n.c.	1,5E-03	2,9E-01	n.c.	9,9E-04
ERI adulte	n.c.	n.c.	6,4E-05	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	1,2E-06	n.c.	n.c.

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)
Adulte	*Pas mise en œuvre car ERI (As) = 6,4.10^{-5} et donc déjà > 10^{-5}*

Légende :

< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques),* *2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes analytiques),* *ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols et les végétaux*
Concentration retenue dans les végétaux :	
	concentration supérieure à la valeur règlementaire (Cd, Pb)
Intervalles de gestion de l'IEM	
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6} — l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4} — zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4} — l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS	
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}

ZONE INVESTIGUEE : ZONE I

SCENARIO N°6 (SCENARIO GENERIQUE) : GITE/RESIDENCE PERMANENTE : JARDIN ORNEMENTAL (ZD76)

SITUATION GENERALE

Commune	**Echassières**	Dépôt minier le plus proche	03_0070_A_T1/ T7/ T9
Parcelle(s) cadastrale(s)	**ZD76**	Propriété privée	oui

Description

▪ Au lieu-dit La Bourse, propriété privée sur la parcelle cadastrale ZD76 abritant un chalet et un jardin potager de petite taille (Sj5_0_30). L'arrosage du jardin est assuré par les eaux pluviales collectées sur le chalet et le gîte.
▪ Résidence permanente - un adulte (jeune retraité), propriétaire aussi des parcelles adjacentes (ZD42-43) dont 1/ un gîte et 2/ une habitation louée qui dispose d'un puits prélevé en 2013 (ESOUT SITE avec 7,6 µg/L en arsenic) dont aucun usage de l'eau n'est actuellement recensé (historiquement eau domestique), et d'un jardin potager abandonné (Sj4_0_30).
▪ L'installation permanente et la rénovation du gîte datent de 2000. Le gîte accueille les vacanciers, les passionnés de géologie/mine pour de courts séjours entre mai et octobre, avec une capacité de 8 personnes. Volonté de développer cette activité touristique. Aucune aire de jeux dédiée aux enfants n'est aménagée sur le terrain. Les enfants peuvent évoluer sur toute la propriété. Des matériaux extérieurs ont été apportés pour l'installation de la fosse septique, à l'est du gîte.
▪ Un verger est identifié sur les parcelles ZD42-43 (noix, prune, mirabelle, poire, cerise, coing), des pommes ont été prélevées pendant la campagne d'investigations.

Photographies *(zones d'intérêt : jardin potager en haut à gauche et jardin ornemental en haut à droite ; verger et ancien jardin SJ4 en bas)*

SCENARIO N°6 (SCENARIO GENERIQUE) : GITE/RESIDENCE PERMANENTE : JARDIN ORNEMENTAL (ZD76)

SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Principale(s) source(s) d'information(s)	◦ Scénario générique	
Scénario d'exposition retenu et nombre de jours d'exposition retenus	▪ Enfant résident permanent de moins de 6 ans. Ingestion non intentionnelle de sol.	234 jours / an

CARTE DE SITUATION

	S6	696645	6566745

PRELEVEMENTS

Caractérisation de(s) l'environnement(s) local(aux) témoin(s)		Caractérisation des milieux d'exposition	
Lithologie	ELTa1 - micaschistes à deux micas	Lithologie	micaschistes à deux micas
Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol de jardin ornemental	Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol de jardin ornemental
	S19_0_10 *(ECH-ZL55)*		**S6_0_5**

Scénario 6 – gîte/résidence permanente : jardin ornemental (ZD76) – scénario générique

Substances Référence de l'échantillon	Sb	Ag	As	Cd	Cu	Li	Hg	Pb	W	Zn
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa1)										
S19_0_10	2,17	<5.00	31,8	<0.40	14,3	25,9	<0.10	20,5	<10.0	63,6
***Zones d'exposition* (micachistes à deux micas)**										
S6_0_5	**3,15**	<5.00	**98,7**	<0.40	**32,6**	**77,7**	<0.10	**50,3**	**20,3**	**134**
Ingestion de sol – enfant résident permanent de moins de 6 ans (234 jours d'exposition annuelle)										
QD enfant	3,5E-02	n.c.	9,8E-01	n.c.	1,0E-03	n.c.	n.c.	3,6E-01	n.c.	2,0E-03
ERI enfant	n.c.	n.c.	5,2E-05	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	1,5E-07	n.c.	n.c.

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)
Enfant de moins de 6 ans	*Pas mise en œuvre car ERI (As) = 5,2.10^{-5} et donc déjà > 10^{-5}*

Légende :

< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour incertitudes analytiques), 2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les eff*
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques po*
	Intervalles de gestion de l'IEM
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6} — l'état des milieux est compatible a
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4} — zone d'interprétation nécessitant une réflexi situation avant de s'engager dans u
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4} — l'état des milieux n'est pas compatibl
	Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}

Scénario 6 – gîte/résidence permanente : jardin ornemental (ZD76) – scénario générique										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa1)										
S19_0_10	2,17	<5.00	31,8	<0.40	14,3	25,9	<0.10	20,5	<10.0	63,6
***Zones d'exposition* (micachistes à deux micas)**										
S6_0_5	**3,15**	<5.00	**98,7**	<0.40	**32,6**	**77,7**	<0.10	**50,3**	**20,3**	**134**
Ingestion de sol – enfant résident permanent de moins de 6 ans (234 jours d'exposition annuelle)										
QD enfant	3,5E-02	n.c.	9,8E-01	n.c.	1,0E-03	n.c.	n.c.	3,6E-01	n.c.	2,0E-03
ERI enfant	n.c.	n.c.	5,2E-05	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	1,5E-07	n.c.	n.c.

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)	
Enfant de moins de 6 ans	*Pas mise en œuvre car ERI (As) = 5,2.10^{-5} et donc déjà > 10^{-5}*	
Légende :		
< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*	
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour incertitudes analytiques),* *2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte d* *ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les eff*	
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques po*	
	Intervalles de gestion de l'IEM	
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible a
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexi situation avant de s'engager dans u
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatibl
	Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de	
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}	

ZONE INVESTIGUEE : ZONE I

SCENARII N°7 A 9 : PROMENADE SUR LES BERGES DE LA BOUBLE

SITUATION GENERALE

Commune	**Louroux de Bouble / Vernusse**	Dépôt minier le plus proche	Non concerné
Parcelle(s) cadastrale(s)	**AB11 / ZW7**	Propriété privée	non

Description

▪ Sur les communes de Louroux de Bouble et de Vernusse, le long de la Bouble, des sentiers de promenade sont identifiés mais non balisés. Ces sentiers observés autour du Bois de Mai sont en aval hydraulique de l'ancienne exploitation minière du Mazet (commune d'Echassières) dont les résidus miniers se sont historiquement déversés dans la Bouble.

▪ Trois aires ont été investiguées, elles sont facilement accessibles en voiture et des activités de loisirs sont visibles : construction de tipi (S51_0_5), feu de camp et étendue d'eau à proximité du Moulin Berthon (S52_0_5), et aire de stationnement à l'intersection de la Bouble et de la RD68 (S56_0_5). Toutefois aucun aménagement d'aire de jeux dédiée aux enfants n'est présent. Seule une table de pique-nique est présente sur l'aire de stationnement, mais elle est éloignée des berges.

▪ La Bouble est facile d'accès, la baignade est possible notamment au niveau de la retenue d'eau précédant la cascade (S52_0_5).

Zone d'intérêt : sols de berge (un scénario par aire investiguée).

Photographies *(zones d'intérêt : berge S51_0_5 en haut ; berge S52 en bas à droite ; S56_0_5 en bas à gauche)*

Tipi - prélèvement S51 à proximité

Feu de camp - prélèvement S52 à proximité

SCENARII N°7 A 9 : PROMENADE SUR LES BERGES DE LA BOUBLE

SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Principale(s) source(s) d'information(s)	◦ Mairie de Louroux de Bouble (entretien du 6/07/2016) + visite de terrain	
Scénario d'exposition retenu (x1) et nombre de jours d'exposition retenus	▪ Enfant permanent - Ingestion non intentionnelle de sol	52 jours / an[51]

CARTE DE SITUATION

	S51	698373.26	6571438.61
	S52	698470.12	6571627.28
	S56	697244.13	6570378.58

PRELEVEMENTS

Caractérisation de(s) l'environnement(s) local(aux) témoin(s)		**Caractérisation des milieux d'exposition**	
Lithologie	ELTc – migmatites sans cordiérites	Lithologie	migmatites sans cordiérites
Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	B Sol de berge **SB45_0_10** *(LOU)*	Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	B Sol de berge **S51_0_5** **S52_0_5**
Lithologie	ELTb – gneiss	Lithologie	ELTb – gneiss
Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	*B* Sol de berge **SB55_0_10 RD** **SB54_0_10**	Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	*B* Sol de berge **S56_0_5**

[51] Promenade/ activité de loisirs pour les enfants permanents : 1 fois par semaine, toute l'année (approche conservatoire)

Scenario 7 et 8 – berge de la Bouble : promenade (LOU- AB11)										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (migmatites sans cordiérites – ELTc)										
SB45_0_10	3,31	<5.00	43,2	<0.40	13,9	46,6	<0.10	25,8	18,2	44
Zones d'exposition **(migmatites sans cordiérites – ELTc)**										
S51_0_5	2,95	<5.03	48,1	<0.40	12,8	41	<0.10	20,1	**209**	53,6
S52_0_5	3,82	<5.00	74,6	<0.40	**23,6**	**109**	<0.10	26,1	**329**	**87,9**
Ingestion de sol – enfant de moins de 6 ans (52 jours d'exposition annuelle)										
QD enfant / S51	n.c.*								n.c.	n.c.*
ERI enfant / S51	n.c.*								n.c.	n.c.*
QD enfant / S52	n.c.*				1,68E-04	n.c.	n.c.*		n.c.	2,92E-04
ERI enfant / S52	n.c.*				n.c.	n.c.	n.c.*		n.c.	n.c.

* pas de dépassement des concentrations ELT

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)
	Non déroulée

Scénario 9 – berge de la Bouble : promenade (VER – ZW7)										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (gneiss – ELTc)										
SB55_0_10 RD	1,95	<5.27	55,7	<0.42	11,1	41,6	<0.11	49,3	<10.5	56,6
SB54_0_10	3,13	<5.00	16,2	<0.40	24,5	42,8	<0.10	28,9	<10.0	88,9
Zones d'exposition **(gneiss)**										
S56_0_5	3,78	<5.00	54,5	<0.40	16,8	**58,2**	<0.10	44,2	**192**	49,2
Ingestion de sol – enfant de moins de 6 ans (52 jours d'exposition annuelle)										
QD enfant	n.c.*					n.c.	n.c.*		n.c.	n.c.*
ERI enfant	n.c.*					n.c.	n.c.*		n.c.	n.c.*

* pas de dépassement des concentrations ELT

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)
	Non déroulée

Légende :

< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques), 2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols*

Intervalles de gestion de l'IEM

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

ZONE INVESTIGUEE : ZONE II

SCENARIO N°10 : ACTIVITES DE JARDINAGE ET AUTOCONSOMMATION DES VEGETAUX POTAGERS

SCENARIO N°11 : AIRE DE JEUX EXTERIEURE DES ENFANTS

SITUATION GENERALE

Commune	**Lalizolle**	Dépôt minier le plus proche	03_0070_B_T1
Parcelle(s) cadastrale(s)	**AB6 / AB5**	Propriété privée	oui

Description

▪ Au lieu-dit Carrefour de la Bosse, propriété privée contenant une habitation, un jardin ornemental et un jardin potager.
▪ Résidence permanente - adultes (actifs) et enfants âgés de 6 et 8 ans.
▪ Le jardin potager est de taille modérée et le taux d'autarcie n'est pas élevé (aucune congélation, aucune conserve des fruits et légumes cultivés). Des fanes de carottes sont prélevées car consommées en tant que salades ou incorporées dans des taboulés.
Zone d'intérêt : jardin potager.
▪ Aucun puits n'est recensé sur la propriété, présence d'un élevage de poules.
▪ Au droit du jardin environnemental, il y a une table et des jeux d'enfants.
Zone d'intérêt : aire de jeux extérieure au niveau du jardin ornemental.

Photographies *(les zones d'intérêt en haut avec jardin potager à gauche et jardin ornemental à droite))*

SCENARIO N°10 : ACTIVITES DE JARDINAGE ET AUTOCONSOMMATION DES VEGETAUX POTAGERS
SCENARIO N°11 : AIRE DE JEUX EXTERIEURE DES ENFANTS

SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Principale(s) source(s) d'information(s)	◦ Propriétaire	
Scénario d'exposition retenu (x4) et nombre de jours d'exposition retenus	▪ Adulte jardinier - Ingestion non intentionnelle de sol	122 jours / an[52]
	▪ Adulte jardinier - Ingestion de végétaux autoproduits	Autarcie CIBLEX
	▪ Enfant de plus de 6 ans - Ingestion de végétaux autoproduits	Autarcie CIBLEX
	▪ Enfant de plus de 6 ans - Ingestion non intentionnelle de sol	234 jours / an[53]

CARTE DE SITUATION

	Sj1	697153	6564102
	S2	697151	6564103

PRELEVEMENTS

Caractérisation de(s) l'environnement(s) local(aux) témoin(s)		**Caractérisation des milieux d'exposition**	
Lithologie	ELTa1 - micaschistes à deux micas	Lithologie	micaschistes à staurotide
Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol de jardin potager	Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol de jardin potager
	SJ20_0_30 *(ECH-ZL61)* **SJ22_0_30** *(ECH-ZO141-115)*		**SJ1_0_30**
	Sol de jardin ornemental		Aire de jeux dans jardin ornemental
	S19_0_10 *(ECH-ZL55)*		**S2_0_5**
	Eaux souterraines		Eaux souterraines
	⊘		⊘
	Végétaux potagers		Végétaux potagers
	SJ20_*PRU_TOM_CA_HAR_SAL_POM (ECH-ZL61)* **SJ22**_*SAL_BETT_TOM_HAR_CA_FRAM_PDT_POM_COU (ECH-ZO141-115)*		**SJ1_FCA_CA_HAR_COU_POI**

[52] Jardinage : tous les jours pendant 6 mois pondérés par 2/3 de beaux temps et 1/3 de mauvais temps.
[53] Cf. note méthodologique GEODERIS, rapport N2015/014DE-15NAT24080

Scénario 10 – résidence permanente : activités de jardinage et autoconsommation des végétaux à Lalizolle (AB6)										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa1)										
SJ20_0_30	2,47	<5.01	18,7	<0.40	52,2	21,7	<0.10	23,3	<10.0	114
SJ22_0_30	1,62	<5.00	57,9	<0.40	30,5	59,4	<0.10	34,8	<10.0	40,8
Zones d'exposition (micaschistes à staurotide)										
SJ1_0_30	**12,2**	<5.00	82,1	<0.40	53,9	**229**	**0,21**	**170**	**88,7**	**181**
Ingestion de sol – adulte jardinier (122 jours d'exposition annuelle)										
QD adulte	8,1E-03	n.c.*				n.c.	5,6E-04	7,2E-02	n.c.	1,6E-04
ERI adulte	n.c.	n.c.*				n.c.	n.c.	2,9E-07	n.c.	n.c.*

* pas de dépassement des concentrations ELT

Scénario 11 – résidence permanente : aire de jeux extérieure dans le jardin environnemental à Lalizolle (AB6)										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa1)										
S19_0_10	2,17	<5.00	31,8	<0.40	14,3	25,9	<0.10	20,5	<10.0	63,6
Zones d'exposition (micaschistes à staurotide)										
S2_0_5	**3,29**	<5.00	22,6	<0.40	17,4	**48,2**	<0.10	**39,5**	12,8	69,5
Ingestion de sol – enfant de plus de 6 ans (234 jours d'exposition annuelle)										
QD enfant > 6 ans	1,0E-02	n.c.*				n.c.	n.c.*	7,8E-02	n.c.*	
ERI enfant > 6 ans	n.c.	n.c.*				n.c.	n.c.*	7,2E-08	n.c.*	

Substances **Référence de l'échantillon**	*Cr*	*Li*	*Sb*	*As*	*Cd*	*Cu*	*Pb*	*Zn*
	Concentrations dans les végétaux (mg/kg MF)							
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa1) – présentation des végétaux identiques à la zone exposée								
Carotte SJ20_CA	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,005	0,4	<0.05	4
Carotte SJ22_ CA	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,05	0,7	<0.05	3,2
Haricot vert SJ20_HAR	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,7	<0.05	2,7
Haricot vert SJ22_ HAR	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	1	<0.05	3,1
Courgette SJ22_COU	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,8	<0.05	3,5
Fanes de carotte FCA, Poireau POI	Absence échantillon ELT							
Végétaux d'exposition (micachistes à staurotide)								
Carottes SJ1_CA	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,2	<0.05	1,2
Fanes de carottes SJ1_FCA	<0.2	<0.5	<0.05	**0,08**	**0,006**	**0,8**	**0,1**	**2,8**
Courgette SJ1_COU	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,4	<0.05	1,4
Haricot SJ1_HAR	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	1	<0.05	4,2
Poireau SJ1_POI	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	**0,4**	<0.05	**1,7**
Ingestion de végétaux autoproduits – adulte (autarcie CIBLEX, 365 jours d'exposition annuelle)								
QD adulte / FCA	n.c.	n.c.	n.c.	1,1E-02	9,9E-04	3,4E-04	9,4E-03	5,5E-04
ERI adulte / FCA	n.c.	n.c.	n.c.	5,3E-06	n.c.	n.c.	3,7E-08	n.c.
QD adulte / POI	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	1,7E-04		3,4E-04
ERI adulte / POI	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.			
Ingestion de végétaux autoproduits – enfant de plus de 6 ans (autarcie CIBLEX, 365 jours d'exposition annuelle)								
QD enfant / FCA	n.c.	n.c.	n.c.	9,9E-03	9,3E-04	3,2E-04	8,9E-03	5,2E-04
ERI enfant / FCA	n.c.	n.c.	n.c.	1,1E-06	n.c.	n.c.	8,1E-09	n.c.
QD enfant / POI	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	1,6E-04	n.c.	3,2E-04
ERI enfant / POI	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.

			Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)
Adultes (sol SJ1 et végétaux)			QD_{total} = 0,1 et ERI_{total} = 5,6E-06
Enfants de plus de 6 ans (sol S2 et végétaux)			QD_{total} = 0,1 et ERI_{total} = 1,2E-06
Légende :			
< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*		
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques), 2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*		
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols et les végétaux*		
Concentration retenue dans les végétaux :			
	concentration supérieure à la valeur règlementaire (Cd, Pb)		
Intervalles de gestion de l'IEM			
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages	
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion	
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages	
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS			
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}		

ZONE INVESTIGUEE : ZONE II

SCENARIO N°12 : AIRE DE PIQUE-NIQUE (MUSEE WOLFRAMINE)

SITUATION GENERALE

Commune	**Echassières**	Dépôt minier le plus proche	03_0070_B_T1
Parcelle(s) cadastrale(s)	**AN15**	Propriété privée	non

Description

▪ Au lieu-dit Le Carrefour de la Bosse, aire de pique-nique située à côté du Musée Wolframine.
▪ Le musée est actuellement fermé et sa reprise par la Mairie est à l'étude. Environ 7 000 visiteurs sur la période avril à septembre sont accueillis annuellement, y compris les groupes scolaires pour la partie exposition. Le musée organise des randonnées thématiques sur les chemins balisés tels que le parcours Wolframine organisé par le musée Wolframine avec un guide, dont le départ commence au musée. La randonnée, longue de 7,5 km de long, passe à côté des dépôts du Mazet 03_0070_B_T5 et 03_0070_A_T3. Le parcours traverse les lieux-dits les « Montmins » et les « Chaumes Molles ».
▪ L'aire de pique-nique compte 5 tables ; elle est enherbée et partiellement ombragée.
▪ De nombreux chemins de randonnées sont balisés et fléchés à partir de cette aire.

Zone d'intérêt : aire de pique-nique.

Photographies *(la zone d'intérêt est l'aire de pique-nique située derrière le musée)*

SCENARIO N°12 : AIRE DE PIQUE-NIQUE (MUSEE WOLFRAMINE)			
SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)			
Principale(s) source(s) d'information(s)	◦ Maires des communes d'Echassières (entretien du 5/07/2016) et de Louroux de Bouble (entretien du 6/07/2016)		
Scénario d'exposition retenu (x1) et nombre de jours d'exposition retenus	▪ Enfant vacancier- Ingestion non intentionnelle de sols	1 jour / an[54]	
CARTE DE SITUATION			
	S35	697078	6564131
PRELEVEMENTS			

Caractérisation de(s) l'environnement(s) local(aux) témoin(s)		Caractérisation des milieux d'exposition	
Lithologie	ELTa1 - micaschistes à deux micas	Lithologie	micaschistes à staurotide
Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol de jardin ornemental **S19_0_10** *(ECH-ZL55)*	Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol associé à une activité de loisirs **S35_0_5**

Scénario 12 – aire de pique-nique du musée Wolframine (AN15)										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa1)										
S19_0_10	2,17	<5.00	31,8	<0.40	14,3	25,9	<0.10	20,5	<10.0	63,6
Zones d'exposition (micaschistes à staurotide)										
S35_0_5	2,33	<5.00	**93**	0,46	**38,4**	**142**	0,13	**91,6**	**222**	70,9
Ingestion de sol – enfant de moins de 6 ans (1 jour d'exposition annuelle)										
QD enfant	n.c.*		4,0E-03	n.c.*	5,3E-06	n.c.	n.c.*	2,8E-03	n.c.	n.c.*
ERI enfant	n.c.*		2,1E-07	n.c.*	n.c.	n.c.	n.c.*	1,2E-09	n.c.	n.c.*

* pas de dépassement des concentrations ELT

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)
Enfant	Non déroulée

Légende :	
< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques), 2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols*

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

[54] Cf. note méthodologique GEODERIS, rapport N2015/014DE-15NAT24080

ZONE INVESTIGUEE : ZONE II

SCENARIO N°13 : CHEMIN DE RANDONNEE PR5

SITUATION GENERALE

Commune	**Lalizolle / Nades**	Dépôt minier le plus proche	03_0070_B_T1
Parcelle(s) cadastrale(s)	**AB211 / ZA21**	Propriété privée	non

Description

▪ Au lieu-dit Le Carrefour de la Bosse, plusieurs chemins de randonnées sont indiqués et balisés.
▪ Le sentier des minerais (PR5) débute derrière le musée de Wolframine et propose de découvrir le passé minier régional. La randonnée d'une distance 11,5 km (durée : 3 h) passe à proximité du dépôt minier de Servant (03_0070_C_T1 au lieu-dit Chaillat) ainsi que de ceux de la commune de Nades (03_0044_A_T2).
▪ Deux prélèvements de sol superficiel ont été réalisées sur le chemin de randonnée, au début du parcours, au plus près des résidus miniers disséminés au milieu du Bois des Communaux.

Zone d'intérêt : chemin de randonnée (PR5).

Photographies *(la zone d'intérêt est le chemin de randonnée)*

SCENARIO N°13 : CHEMIN DE RANDONNEE PR5

SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Principale(s) source(s) d'information(s)	◦ Visite de terrain	
Scénario d'exposition retenu (x1) et nombre de jours d'exposition retenus	▪ Enfant vacancier- Ingestion non intentionnelle de sols	1 jour / an[55]

CARTE DE SITUATION

	S57	696754.54	6563844.50
	S58	696959.19	6563933.41

PRELEVEMENTS

Caractérisation de(s) l'environnement(s) local(aux) témoin(s)		**Caractérisation des milieux d'exposition**	
Lithologie	ELTa1 - micaschistes à deux micas	Lithologie	micaschistes à staurotide
Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol de jardin ornemental	Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol associé à une activité de loisirs
	S19_0_10 *(ECH-ZL55)*		**S57_0_2** **S58_0_5**

Scénario 13 – Chemin de randonnée PR5 (ZA21 / AB211)										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa1)										
S19_0_10	2,17	<5.00	31,8	<0.40	14,3	25,9	<0.10	20,5	<10.0	63,6
Zones d'exposition (micaschistes à staurotide)										
S57_0_2	2,42	<5.00	**176**	<0.40	**41,3**	**127**	<0.10	**97,1**	**247**	50,2
S58_0_5	**6,01**	<5.17	**237**	0,63	**90,7**	**250**	<0.10	**139**	**970**	**101**
Ingestion de sol – enfant de moins de 6 ans (1 jour d'exposition annuelle) – concentration maximale										
QD enfant	2,9E-04	n.c.*	1,0E-02	n.c.*	1,2E-05	n.c.	n.c.*	4,2E-03	n.c.	6,5E-06
ERI enfant	n.c.	n.c.*	5,4E-07	n.c.*	n.c.	n.c.	n.c.*	1,8E-09	n.c.	n.c.

* pas de dépassement des concentrations ELT

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)
Enfant	Non déroulée

Légende :

< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques), 2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols*

Intervalles de gestion de l'IEM

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

Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS

	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}

[55] Cf. note méthodologique GEODERIS, rapport N2015/014DE-15NAT24080

ZONE INVESTIGUEE : ZONE III

SCENARIO N°14 : ACTIVITES DE JARDINAGE ET AUTOCONSOMMATION DES VEGETAUX POTAGERS

SITUATION GENERALE

Commune	**Nades**	Dépôt minier le plus proche	03_0044_A_T2
Parcelle(s) cadastrale(s)	**ZK13-21**	Propriété privée	oui

Description

▪ Lieu-dit Crépaille, propriété privée abritant un jardin potager de grande taille. Y sont cultivés haricots, carottes, pommes de terre, betteraves et poireaux. L'habitation (ZK47) n'est pas adossée au jardin, elle est située au lieu-dit Lachamp à quelques mètres au sud-est. Un second jardin potager est cultivé sur la parcelle ZK47 qui a servi d'environnement local témoin (Sj3_0_30).
L'autoconsommation des végétaux autoproduits est élevée et considérée à 100% (conserve de légumes). Seuls les fruits sont achetés à l'extérieur.
Zone d'intérêt : jardin potager.
▪ Résidence permanente - adulte (retraité).
▪ Aucun puits recensé sur la parcelle. Un arrosage est réalisé uniquement pour le semis si besoin avec le réseau de ville. Une fontaine communale, non utilisée, est située à proximité le long de la route. Il est rapporté qu'elle était jadis utilisée pour l'arrosage des jardins potagers au lieu-dit Crépaille.
▪ Une partie de la parcelle ZK13 n'est pas cultivée (friche).
▪ La bouillie bordelaise est pulvérisée sur tous les légumes.

Photographies

SCENARIO N°14 : ACTIVITES DE JARDINAGE ET AUTOCONSOMMATION DES VEGETAUX POTAGERS

SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Principale(s) source(s) d'information(s)	◦ Propriétaire	
Scénario d'exposition retenu (x2) et nombre de jours d'exposition retenus	▪ Adulte jardinier - Ingestion non intentionnelle de sols	91 jours / an[56]
	▪ Adulte jardinier - Ingestion de végétaux autoproduits	100% autarcie

CARTE DE SITUATION

	SJ17	697488	6561793

PRELEVEMENTS

Caractérisation de(s) l'environnement(s) local(aux) témoin(s)		**Caractérisation des milieux d'exposition**	
Lithologie	ELTa2 - micaschistes à deux micas	Lithologie	micaschistes à deux micas
Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol de jardin potager	Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol de jardin potager
	SJ3_0_30 *(NAD-ZK47)* **SJ18_0_30** *(NAD-ZK39)*		**SJ17_0_30**
	Eaux souterraines		Eaux souterraines
	ESO1 *(NAD-ZK47)*		⦸
	Végétaux potagers		Végétaux potagers
	SJ3_*CA_FCA_BETT_HAR_POI* *(NAD-ZK47)* **SJ18**_ *CA_ PDT (NAD-ZK39)*		**SJ17_HAR_CA_FCA[57]_PDT_BETT**

[56] A raison de 3 jours par semaine pendant 7 mois (avril à octobre)
[57] Les fanes de carottes ont été analysées mais ne sont pas consommés

Scénario 14 - Activités de jardinage et autoconsommation des végétaux à Nades (ZK13-21)										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa2)										
SJ18_0_30	6,05	<5.16	46,2	<0.41	34,8	39,2	<0.10	73,2	<10.3	146
SJ3_0_30	11,5	<5.00	32	0,53	142	29,9	<0.10	51,9	<10.0	205
Zones d'exposition **(micachistes à deux micas)**										
SJ17_0_30	**40,7**	<5.00	49,2	<0.40	60,1	28,5	<0.10	31,5	<10.0	106
Ingestion de sol – adulte jardinier (91 jours d'exposition annuelle)										
QD adulte	2,0E-02	n.c*. – aucun dépassement des concentrations ELT								
ERI adulte	n.c.	n.c.* **–** aucun dépassement des concentrations ELT								

Substances **Référence de l'échantillon**	*Cr*	*Li*	*Sb*	*As*	*Cd*	*Cu*	*Pb*	*Zn*
	Concentrations dans les végétaux (mg/kg MF)							
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa2)								
Carotte SJ3_CA	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,008	0,2	<0.05	1
Carotte SJ18_ CA	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,012	0,8	<0.05	2,8
Pomme de terre SJ3_ PDT	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,7	<0.05	1,8
Pomme de terre SJ18_ PDT	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,008	0,8	<0.05	2,5
Haricot vert SJ3_HAR	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	0,8	<0.05	4,5
Betterave SJ3_BET	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,011	1	<0.05	4,2
Végétaux d'exposition (micachistes à deux micas)								
Carottes SJ17_CA	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,011	0,6	<0.05	2,7
Pomme de terre SJ17_PDT	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,005	**1,7**	<0.05	3,4
Betterave SJ17_BETT[58]	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	0,015	0,9	<0.05	2,8
Haricot vert SJ17_HAR	<0.2	<0.5	<0.05	<0.05	<0.005	1,1	<0.05	3,2
Ingestion de végétaux autoproduits – adulte (100% autarcie, 365 jours d'exposition annuelle)								
QD adulte	n.c*.					1,6E-03	n.c*.	
ERI adulte	n.c*.					n.c.	n.c*.	

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)
	Non déroulée

Légende :

< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques),* *2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes analytiques),* *ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols et les végétaux*
Concentration retenue dans les végétaux :	
	concentration supérieure à la valeur règlementaire (Cd, Pb)
Intervalles de gestion de l'IEM	
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6} — l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4} — zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4} — l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS	
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}

[58] Les betteraves sont uniquement destinées aux lapins élevés. Aucun calcul de risque sanitaire n'est réalisé.

ZONE INVESTIGUEE : ZONE III

SCENARIO N°15 : RESIDENCE PERMANENTE – AIRE DE JEUX EXTERIEURE DES ENFANTS

SITUATION GENERALE

Commune	**Nades**	Dépôt minier le plus proche	03_0044_A_T2
Parcelle(s) cadastrale(s)	**ZC84**	Propriété privée	oui

Description

▪ A proximité du centre-ville, propriété privée contenant une habitation et un jardin ornemental. Il n'y a pas de jardin potager. Ancienneté de 10 ans.
▪ Résidence permanente - adultes (actifs) et enfants (8 et 10 ans). Le jardin ornemental (pelouse) abrite deux balançoires (portique, arbre) et un trampoline. Il surplombe le salon d'été.
Zone d'intérêt : aire de jeux dédiée aux enfants.
▪ Un puits est présent sur la propriété (10 m environ), aucun usage n'est rapporté. Il est envisagé d'utiliser l'eau du puits pour l'arrosage des plantes/fleurs. La chaine est visiblement rouillée.
▪ Les terres adossées à l'habitation ont été décaissées, un salon d'été est aménagé. Le sol est recouvert de sable blanc extrait sur le site de Beauvoir (kaolin).

Photographies

SCENARIO N°15 : RESIDENCE PERMANENTE – AIRE DE JEUX EXTERIEURE DES ENFANTS

SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Principale(s) source(s) d'information(s)	◦ Propriétaire	
Scénario d'exposition retenu (x1) et nombre de jours d'exposition retenus	▪ Enfant de plus de 6 ans - Ingestion non intentionnelle de sols	234 jours / an[59]

CARTE DE SITUATION

	S43	697426	6561983
	ESO11	697446	6561967

PRELEVEMENTS

Caractérisation de(s) l'environnement(s) local(aux) témoin(s)		Caractérisation des milieux d'exposition	
Lithologie	ELTa2 - micaschistes à deux micas	Lithologie	micaschistes à deux micas
	P Sol de pâture		Aire de jeux dédiée dans jardin ornemental
	S41_0_10 *(NAD-ZD60)* **S42_0_10** *(NAD-ZD47)*		**S43_0_5**
	Eaux souterraines		Eaux souterraines
	ESO1 *(NAD-ZK47)*		**ESO11**

Scénario 15 – résidence permanente : aire de jeux extérieure dédiée aux enfants (ZC84)

Substances Référence de l'échantillon	Sb	Ag	As	Cd	Cu	Li	Hg	Pb	W	Zn
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa2)										
S41_0_10	6,03	<5.00	26,8	<0.40	22,8	24,1	<0.10	25,6	<10.0	76,1
S42_0_10	5,23	<5.18	17,5	<0.41	22	<20.7	0,27	25,5	<10.4	74,4
***Zones d'exposition* (micachistes à deux micas)**										
S43_0_5	**19**	<5.00	**101**	<0.40	28,6	**33,1**	<0.10	30,9	<10.0	82,8
Ingestion de sol – enfant de plus de 6 ans (234 jours d'exposition annuelle)										
QD enfant	5,9E-02	n.c.*	2,8E	n.c.*	n.c.*	n.c.	n.c.*	n.c.*	n.c.	n.c.*
ERI enfant	n.c.	n.c.*	3,2E-05	n.c.*	n.c.*	n.c.	n.c.*	n.c.*	n.c.	n.c.*

* pas de dépassement des concentrations ELT

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)
	Pas mise en œuvre car ERI (As) = 3,2.10^{-5} et donc déjà > 10^{-5}

Légende :

< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques), 2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes analytiques), ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols*

Intervalles de gestion de l'IEM

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

Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS

	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}

[59] Cf. note méthodologique GEODERIS, rapport N2015/014DE-15NAT24080

ZONE INVESTIGUEE : ZONE III

SCENARIO N°16 : CAMPING CHEZ L'HABITANT

SCENARIO N°17 : RESIDENCE PERMANENTE – AIRE DE JEUX EXTERIEURE DES PETITS-ENFANTS

SITUATION GENERALE

Commune	**Nades**	Dépôt minier le plus proche	03_0044_A_T2
Parcelle(s) cadastrale(s)	**ZC92**	Propriété privée	oui

Description

▪ A proximité du centre-ville, propriété privée contenant une habitation, un jardin potager de taille réduite, un jardin ornemental et une pâture (un poney). Le jardin potager comprend 3 bacs de 2,5 m^2 chacun (la terre provient de la parcelle voisine ZC84, investiguée en 2016). Emploi de fumier de cheval sans traitement phytosanitaire chimique. Peu de végétaux sont cultivés (fraises, poireaux, oignons, salades, épinards). L'arrosage des végétaux est assuré par l'eau souterraine, pompée au droit du puits de 12 m de profondeur (parfois à sec). Aucun prélèvement n'a été réalisé sur ce puits, Toutefois, le puits voisin (parcelle ZC84) considéré comme captant la même nappe (puits géographiquement très proche, moins de 100 m, et de profondeur similaire) a fait l'objet d'un prélèvement (ESO11) et donc d'une analyse chimique de l'eau. Des arbres fruitiers sont présents sur la propriété (pomme, prune, cerise, noix) dont les rendements sont jugés assez faibles pour l'année 2016. Une table et des aménagements sont présents dans le jardin pour le confort des clients.

▪ Une activité de chambres d'hôtes et de camping est proposée au sein de cette propriété sous le nom de « Gîte les deux chevaux », respectivement depuis 2013 et depuis avril 2016. Le camping dispose de 6 emplacements, situés à l'extrémité sud de la propriété, au plus près de l'ancien dépôt minier. Les vacanciers sur la route des vacances (axe nord-sud) s'y arrêtent 1 à 2 jours, au maximum 7 jours sur la période de mai à début septembre, d'après le témoignage des propriétaires. La valeur de 7 jours est retenue pour les calculs des risques sanitaires et est jugée conservatrice.

Zone d'intérêt : aire de camping (enfants vacanciers).

▪ Résidence permanente - adultes et petits-enfants vivant à l'étranger (1 à 6 ans). Pendant les grandes vacances scolaires, les petits-enfants viennent séjourner une quinzaine de jours d'après le témoignage des propriétaires. La valeur de 15 jours est retenue pour les calculs des risques sanitaires et est jugée conservatrice.

Zone d'intérêt : aire de jeux dédiée aux petits-enfants.

Deux échantillons de sol ont été prélevés sur la propriété (SJ102_0_30 sur le jardin potager et S103_0_5 sur l'aire dédiée au camping). Seul S103_0_5 a été analysé.

Photographies *(photo en haut à gauche : aire de camping avec en arrière-plan le dépôt 03_0044_A_T2 boisé)*

SCENARIO N°16 : CAMPING CHEZ L'HABITANT
SCENARIO N°17 : RESIDENCE PERMANENTE – AIRE DE JEUX EXTERIEURE DES PETITS-ENFANTS

SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Principale(s) source(s) d'information(s)	◦ Propriétaire	
Scénario d'exposition retenu (x2) et nombre de jours d'exposition retenus	▪ Enfant de moins de 6 ans - Ingestion non intentionnelle de sols (vacanciers - camping)	7 jours / an
	▪ Enfant de moins de 6 ans - Ingestion non intentionnelle de sols (petits-enfants)	15 jours / an

CARTE DE SITUATION

	Sj102	697412	6562038
	S103	697376	6561995

PRELEVEMENTS

Caractérisation de(s) l'environnement(s) local(aux) témoin(s)		Caractérisation des milieux d'exposition	
Lithologie	ELTa2 - micaschistes à deux micas	Lithologie	micaschistes à deux micas
	P Sol de pâture		Aire de jeux dédiée dans jardin ornemental
	S41_0_10 *(NAD-ZD60)* **S42_0_10** *(NAD-ZD47)*		**SJ102_0_30** – non analysé **S103_0_5**
	Eaux souterraines		Eaux souterraines
	ESO1 *(NAD-ZK47)*		Non prélevée

Scénario 16 – camping chez l'habitant (ZC92)

Substances Référence de l'échantillon	Sb	Ag	As	Cd	Cu	Li	Hg	Pb	W	Zn
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa2)										
S41_0_10	6,03	<5.00	26,8	<0.40	22,8	24,1	<0.10	25,6	<10.0	76,1
S42_0_10	5,23	<5.18	17,5	<0.41	22	<20.7	0,27	25,5	<10.4	74,4
***Zones d'exposition* (micachistes à deux micas)**										
S103_0_5	**19,2**	<5.00	60	<0.40	29	**39,1**	<0.10	33,6	<10.0	91,7
Ingestion de sol – enfant de moins de 6 ans (7 jours d'exposition annuelle)										
QD enfant	6,4E-03	n.c.*				n.c.	n.c.*			
ERI enfant	n.c.	n.c.*				n.c.	n.c.*			

* pas de dépassement des concentrations ELT

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)
	Non déroulée

Légende :

< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques), 2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes analytiques), ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols*

Intervalles de gestion de l'IEM

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

Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS

	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}

Scénario 17 – résidence permanente : aire de jeux extérieure dédiée aux petits-enfants (ZC92)										
Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa2)										
S41_0_10	6,03	<5.00	26,8	<0.40	22,8	24,1	<0.10	25,6	<10.0	76,1
S42_0_10	5,23	<5.18	17,5	<0.41	22	<20.7	0,27	25,5	<10.4	74,4
Zones d'exposition **(micachistes à deux micas)**										
S103_0_5	**19,2**	<5.00	60	<0.40	29	**39,1**	<0.10	33,6	<10.0	91,7
Ingestion de sol – enfant de moins de 6 ans (15 jours d'exposition annuelle)										
QD enfant	1,4E-02	n.c.*				n.c.	n.c.*			
ERI enfant	**n.c.**	n.c.*				n.c.	n.c.*			

* pas de dépassement des concentrations ELT

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)
	Non déroulée

Légende :

< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*	
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques),* *2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes analytiques),* *ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*	
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols*	
Intervalles de gestion de l'IEM		
	QD < 0,2 ; ERI < 10^{-6}	l'état des milieux est compatible avec les usages
	0,2 < QD < 5 ; 10^{-6} < ERI < 10^{-4}	zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
	QD > 5 ; ERI > 1.10^{-4}	l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages
Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS		
	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}	

ZONE INVESTIGUEE : ZONE III

SCENARIO N°18 : SALLE POLYVALENTE COMMUNALE – AIRE DE JEUX EXTERIEURE DES ENFANTS

SITUATION GENERALE

Commune	**Nades**	Dépôt minier le plus proche	03_0044_A_T2
Parcelle(s) cadastrale(s)	**ZK108-110**	Propriété privée	non

Description

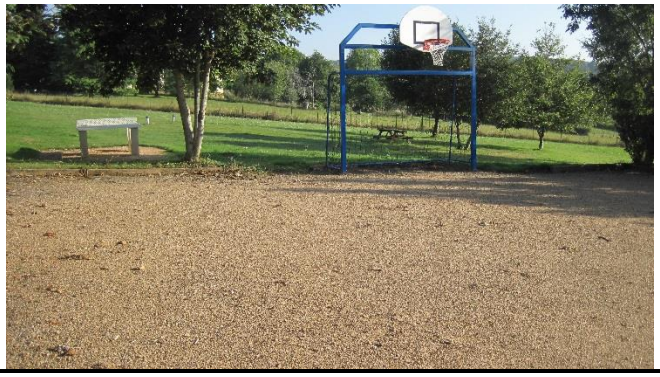
▪ A 170 m au sud-ouest du centre-ville, salle polyvalente communale mise à disposition par la mairie de Nades. La construction des deux bâtiments date respectivement de 2000 et 2014. Historiquement les parcelles étaient agricoles (pâture). La pelouse s'étend sur une superficie estimée à 1800-1 900 m^2.

▪ Des jeux sont aménagés pour les enfants et les adultes au sein du jardin ornemental : table de ping-pong, boulodrome/terrain de basket-ball. Deux tables de pique-nique sont installées (peu fréquentées).

Zone d'intérêt : aire de jeux dédiée aux enfants.

▪ Les salles sont louées pour des événements privés notamment pour des soirées, à raison de 3 à 15 fois/an.

Photographies



SCENARIO N°18 : SALLE POLYVALENTE COMMUNALE – AIRE DE JEUX EXTERIEURE DES ENFANTS

SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Principale(s) source(s) d'information(s)	◦ Mairie	
Scénario d'exposition retenu (x1) et nombre de jours d'exposition retenus	▪ Enfant de moins de 6 ans - Ingestion non intentionnelle de sols	52 jours / an[60]

CARTE DE SITUATION

	S36	697471	6561892

PRELEVEMENTS

Caractérisation de(s) l'environnement(s) local(aux) témoin(s)		**Caractérisation des milieux d'exposition**	
Lithologie	ELTa2 - micaschistes à deux micas	Lithologie	micaschistes à deux micas
Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	P Sol de pâture	Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Aire de jeux dédiée dans jardin ornemental
	S41_0_10 *(NAD-ZD60)* **S42_0_10** *(NAD-ZD47)*		**S36_0_5** *(ECH-ZD24))*
	Eaux souterraines		Eaux souterraines
	ESO1 *(NAD-ZK47)*		⦸

Scénario 18 – salle polyvalente communale : activités de plein-air (ZK108-110)

Substances **Référence de l'échantillon**	**Sb**	**Ag**	**As**	**Cd**	**Cu**	**Li**	**Hg**	**Pb**	**W**	**Zn**
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa2)										
S41_0_10	6,03	<5.00	26,8	<0.40	22,8	24,1	<0.10	25,6	<10.0	76,1
S42_0_10	5,23	<5.18	17,5	<0.41	22	<20.7	0,27	25,5	<10.4	74,4
***Zones d'exposition* (micachistes à deux micas)**										
S36_0_5	**25**	<5.00	58,1	<0.40	28	**37,1**	<0.10	28,4	**20,1**	82,7
Ingestion de sol – enfant de moins de 6 ans (52 jours d'exposition annuelle)										
QD enfant	6,2E-02	n.c.*				n.c.	n.c.*		n.c.	n.c.*
ERI enfant	**n.c.**	n.c.*				n.c.	n.c.*		n.c.	n.c.*

* pas de dépassement des concentrations ELT

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)
	Non déroulée

Légende :

< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques),* *2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes analytiques),* *ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols*

Intervalles de gestion de l'IEM

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

Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS

	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}

[60] Sur la base d'une fréquentation d'une fois par semaine

ZONE INVESTIGUEE : ZONE III

SCENARIO N°19 : CHEMIN DE RANDONNEE PR5

SITUATION GENERALE

Commune	**Servant**	Dépôt minier le plus proche	03_0070_C_T1
Parcelle(s) cadastrale(s)	**ZL19**	Propriété privée	non

Description

▪ Au lieu-dit Chaillat, le chemin de randonnée balisé PR5 longe le Bois du Roy ainsi que des exploitations avicoles, où les volailles sont élevées dans des bâtiments et ont accès à une zone en plein-air.
▪ Le sentier des minerais (PR5) débute derrière le musée de Wolframine et propose de découvrir le passé minier régional. La randonnée d'une distance 11,5 km (durée : 3 h) passe à proximité du dépôt minier de Servant (03_0070_C_T1 au lieu-dit Chaillat) ainsi que de ceux de la commune de Nades (03_0044_A_T2).
▪ Un prélèvement de sol superficiel a été réalisé sur le chemin de randonnée, à proximité des exploitations avicoles.

Zone d'intérêt : chemin de randonnée (PR5).

Photographies *(la zone d'intérêt est le chemin de randonnée, proche de l'exploitation avicole)*

SCENARIO N°19 : CHEMIN DE RANDONNEE PR5

SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Principale(s) source(s) d'information(s)	◦ Visite de terrain	
Scénario d'exposition retenu (x1) et nombre de jours d'exposition retenus	▪ Enfant vacancier- Ingestion non intentionnelle de sols	1 jour / an[61]

CARTE DE SITUATION

	S59	695928	6567151

PRELEVEMENTS

Caractérisation de(s) l'environnement(s) local(aux) témoin(s)		**Caractérisation des milieux d'exposition**	
Lithologie	ELTa2 - micaschistes à deux micas	Lithologie	micaschistes à deux micas
Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	P Sol de pâture **S41_0_10** *(NAD-ZD60)* **S42_0_10** *(NAD-ZD47)*	Référence(s) et parcelle(s) associée(s)	Sol associé à une activité de loisirs **S59_0_5**

Scénario 19 – Chemin de randonnée PR5 (chemin communal)

Substances / Référence de l'échantillon	Sb	Ag	As	Cd	Cu	Li	Hg	Pb	W	Zn
	Concentration dans les sols (mg/kg MS)									
Environnement local témoin (micachistes à deux micas – ELTa1)										
S41_0_10	6,03	<5.00	26,8	<0.40	22,8	24,1	<0.10	25,6	<10.0	76,1
S42_0_10	5,23	<5.18	17,5	<0.41	22	<20.7	0,27	25,5	<10.4	74,4
Zones d'exposition (micaschistes à deux micas)										
S59_0_5	6,56	<5.00	**822**	**3,83**	**308**	**43,8**	<0.10	**36,2**	<10.0	**190**
Ingestion de sol – enfant de moins de 6 ans (1 jour d'exposition annuelle)										
QD enfant	n.c.*	n.c.*	3,5E-02	2,0E-04	4,2E-05	n.c.	n.c.*	1,1E-03	n.c.*	1,2E-05
RI enfant	n.c.*	n.c.*	1,9E-06			n.c.	n.c.*	4,6E-10	n.c.*	

* pas de dépassement des concentrations ELT

	Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et voies et critères de risques de 1 (QD) et 10^{-5} (ERI)
Enfant	QD_{total} = 0,036 et ERI_{total} = $1,9.10^{-6}$

Légende :

< X	*résultat inférieur à la limite de quantification égale à X*
n.c.	*substance non concernée car 1/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les sols (tenant compte des incertitudes analytiques), 2/ concentration inférieure à la LQ ou à celle de l'ELT pour les végétaux (tenant compte des incertitudes ou 3/ substance non concernée par un ERI : absence de VTR pour les effets sans seuil*
X	*concentration retenue dans le calcul des expositions et des risques pour les sols*

Intervalles de gestion de l'IEM

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

Critères d'acceptabilité dans le cadre de la démarche d'approfondissement de l'EQRS

	QD > 1 ; ERI > 1.10^{-5}

[61] Cf. note méthodologique GEODERIS, rapport N2015/014DE-15NAT24080