

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 ENVIRONNEMENTALE ET SANITAIRE DETAILLEE
DES ANCIENNES EXPLOITATIONS MINIERES
DU BASSIN VERSANT DE L'OUVEZE (07)

RAPPORT S 2015/006DE - 15RHA24010



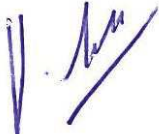
Date : 19/01/2015

ÉTUDE ENVIRONNEMENTALE ET SANITAIRE DÉTAILLÉE
DES ANCIENNES EXPLOITATIONS MINIÈRES
DU BASSIN VERSANT DE L'OUVEZE (07)

RAPPORT N 2015/006DE - 15RHA24010

Diffusion :

Aurélien LOUIS	B3S
Jehan GIROUD	Pôle Après-Mine Sud
Carole CHRISTOPHE	DREAL Rhône-Alpes
Rafik HADADOU	GEODERIS
Nicolas ZORNETTE	GEODERIS

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	J. ALBRECHT	Ph. BARANGER	C. VACHETTE
Visa			

Liste des personnes ayant participé à cette étude :

- GEODERIS : S. YART (investigations de terrain) ;
- INERIS : C. HULOT et F. RICHEZ (étude sanitaire et investigations de terrain) ;
- BRGM : F. BLANCHARD (expertise technique) et P. AUGER (Campagne de mesures Niton) ;
- Intervenant extérieur : A. GARIVET (investigations de terrain).

SOMMAIRE

1	Introduction	11
1.1	Contexte général de l'étude	11
1.1.1	<i>Origine de la demande</i>	11
1.1.2	<i>Emprise de la zone d'étude</i>	11
1.2	Méthodologie générale de l'étude	13
1.2.1	<i>Rappel sur la réglementation</i>	13
1.2.2	<i>Démarche d'interprétation de l'état des milieux</i>	14
1.2.3	<i>Démarche IEM appliquée à l'évaluation des risques sanitaires</i>	16
1.3	Démarche proposée par GEODERIS	19
2	Etude historique	21
2.1	Démarche de recueil d'informations	21
2.2	Exploitation minière	21
2.2.1	<i>Secteur de Chaliac</i>	22
2.2.2	<i>Secteur de Privas</i>	31
2.2.3	<i>Secteur de Chamée</i>	34
2.3	Photographies aériennes	35
3	Etude documentaire	37
3.1	Démarche de recueil d'informations	37
3.2	Contexte général	38
3.2.1	<i>Géographie</i>	38
3.2.2	<i>Climatologie</i>	39
3.2.3	<i>Géologie</i>	41
3.2.4	<i>Hydrographie</i>	43
3.2.5	<i>Zones environnementales du bassin de l'Ouvèze</i>	45
3.3	Contexte de la zone d'étude	45
3.3.1	<i>Secteur de Flaviac</i>	46
3.3.2	<i>Secteur de Privas</i>	50
3.3.3	<i>Contextes communs aux secteurs de Privas et de Flaviac</i>	53
3.4	Usages et enjeux	55
3.4.1	<i>Population locale</i>	55
3.4.2	<i>Eaux souterraines</i>	56
3.5	Observations de terrain	58
3.5.1	<i>Eaux de surface</i>	58
3.5.2	<i>Sols</i>	59

4	Sources de pollution et vecteurs de transfert potentiels	63
4.1	Sources	63
4.2	Vecteurs de transfert	67
5	Schéma conceptuel préliminaire	69
6	Investigations	73
6.1	Préambule	73
6.2	Plan d'échantillonnage	74
6.2.1	<i>Présentation</i>	74
6.2.2	<i>Environnement local témoin</i>	74
6.3	Matériels et méthodes	77
6.3.1	<i>Laboratoire</i>	77
6.3.2	<i>Protocoles de prélèvement</i>	77
6.3.3	<i>Protocole de mesures Niton</i>	78
6.4	Localisation des points de prélèvement	81
6.4.1	<i>Résidus</i>	81
6.4.2	<i>Sols</i>	81
6.4.3	<i>Eaux</i>	81
6.4.4	<i>Sédiments</i>	81
6.4.5	<i>Végétaux</i>	81
7	Résultats bruts	87
7.1	Sol et résidus	87
7.1.1	<i>Résultats bruts</i>	87
7.1.2	<i>Synthèse des données</i>	87
7.1.3	<i>Figures</i>	91
7.1.4	<i>Autres paramètres analysés</i>	94
7.2	Lixiviats	95
7.3	Eaux de surface et sédiments	96
7.3.1	<i>Résultats bruts</i>	96
7.3.2	<i>Synthèse des données</i>	96
7.4	Végétaux potagers	104
7.5	Caractérisation semi-quantitative par mesures <i>in situ</i> NITON®	104
7.5.1	<i>Mesures et analyses Niton</i>	104
7.5.2	<i>Orientation des échantillonnages sur site</i>	105
7.5.3	<i>Confrontation mesures - analyses</i>	105
8	Interprétation de l'état des milieux en termes sanitaires	107
8.1	Introduction	107
8.2	Schéma conceptuel	107

8.2.1	<i>Schéma conceptuel préliminaire</i>	107
8.2.2	<i>Schéma conceptuel révisé</i>	108
8.2.3	<i>Investigations de terrain</i>	110
8.3	Interprétation des résultats	111
8.3.1	<i>Synthèse</i>	111
8.3.2	<i>Comparaison des teneurs analysées</i>	111
8.3.3	<i>Calculs de risques sanitaires</i>	113
9	Interprétation de l'état des milieux en termes environnementaux	121
9.1	Sédiments	121
9.1.1	<i>Ouvèze</i>	121
9.1.2	<i>Lagau</i>	123
9.1.3	<i>Erries et Vendèze</i>	123
9.2	Eaux de surface	124
9.2.1	<i>Données règlementaires</i>	124
9.2.2	<i>Comparaison aux environnements locaux témoins</i>	126
9.2.3	<i>Qualité et usages</i>	126
9.3	Faune et flore protégées	128
9.4	Sols	129
9.5	Cas particuliers des résidus de la petite laverie et du filon Juliette	130
9.5.1	<i>Petite laverie</i>	130
9.5.2	<i>« Filon Juliette »</i>	131
10	Incertitudes	133
10.1	Echantillonnage	133
10.2	Caractérisation de l'environnement local témoin	134
10.3	Analyses chimiques	135
10.4	Caractérisation des risques sanitaires	135
11	CONCLUSIONS et RECOMMANDATIONS	137
11.1	Conclusions de l'impact des anciennes exploitations minières sur le bassin versant de l'Ouvèze	137
11.1.1	<i>Sources primaires de contamination</i>	137
11.1.2	<i>Conclusions de l'étude sanitaire</i>	138
11.1.3	<i>Conclusions de l'étude environnementale</i>	139
11.2	Recommandations	139
11.2.1	<i>Localisation des zones</i>	140
11.2.2	<i>Mesures prioritaires</i>	142
	Bibliographie	145

GLOSSAIRE

AEP	Alimentation en eau potable
ARS	Agence régionale de santé
As	Arsenic
BE	Basses eaux
BRGM	Bureau de recherche géologique et minière
BSS	Base du sous-sol
Cd	Cadmium
COT	Carbone organique total
CSP	Code de santé publique
Cu	Cuivre
DDE	Direction départementale de l'équipement
DCE	Directive cadre sur l'eau
DJE	Dose journalière d'exposition
DMA	Drainage minier acide
DREAL	Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement
ELT	Environnement local témoin
EQRS	Evaluation quantitative des risques sanitaires
ERI	Excès de risque individuel
Fe	Fer
HAP	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
HCT	Hydrocarbures totaux
HE	Hautes eaux
ICP/AES	Inductively coupled plasma / Atomic emission spectroscopy
IEM	Interprétation de l'état des milieux
INERIS	Institut national de l'environnement industriel et des risques
INSEE	Institut nationale de la statistique et des études économiques
LOD	Limit of detection
LQ	Limite de quantification
MB	Matière brute
MEDDE	Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie
NQE	Normes de qualité environnementales
Pb	Plomb
PLU	Plan local d'urbanisme
PNR	Parc naturel régional
PPM	Partie par million
PPRi	Plan de prévention des risques naturels d'inondation
QD	Quotient de danger
SDAGE	Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux
SEBP	Syndicat des eaux du bassin de Privas
SI	Site inscrit
SIC	Site d'intérêt communautaire
SPCGD	Service de prévention des crues du grand delta
VTR	Valeurs toxicologiques de référence
ZICO	Zone importantes pour la conservation des oiseaux
Zn	Zinc
ZNIEFF	Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique

TABLEAUX

Tableau 1	: Communes du bassin versant de l'Ouvèze concernées par des concessions minières.....	13
Tableau 2	: Paramètres conditionnant une EQRS réfléchie.....	18
Tableau 3	: Synthèse du recueil d'informations de l'étude historique.....	21
Tableau 4	: Données de production de la concession de Chaliac entre 1899 et 1908.....	24
Tableau 5	: Récapitulatif des dates de service des laveries de la concession de Chaliac [4] [5] ...	24
Tableau 6	: Statuts juridiques des concessions du secteur de Privas.....	31
Tableau 7	: Synthèse du recueil d'informations de l'étude documentaire.....	37
Tableau 8	: Historique des crues du bassin versant de l'Ouvèze.....	44
Tableau 9	: Sources potentielles de contamination primaires et secondaires d'origine minière identifiées dans le bassin de l'Ouvèze.....	66
Tableau 10	: Vecteurs de transfert eaux identifiés dans le bassin de l'Ouvèze.....	67
Tableau 11	: Détail des échantillons prélevés durant les investigations de terrain.....	73
Tableau 12	: Description des points définissant les environnements locaux témoins (HE : hautes eaux).....	76
Tableau 13	: Teneurs maximales en métaux et métalloïdes dans les environnements témoins du bassin de l'Ouvèze.....	77
Tableau 14	: Protocoles de prélèvements des échantillons.....	79
Tableau 15	: Teneurs relevées dans l'écoulement provenant de la paroi du Filon Juliette.....	103
Tableau 16	: Comparaison des gammes de valeurs entre mesures Niton et analyses en laboratoire sur la concession de Chaliac.....	106
Tableau 17	: Concentrations dans les sols de surface retenues pour les calculs de risques sanitaires (scénario ingestion de sol) en mg/kg de matière sèche.....	108
Tableau 18	: Localisation des prélèvements et résultats analytiques par matrice.....	110
Tableau 19	: Types de végétaux prélevés.....	110
Tableau 20	: Comparaison des teneurs relevées dans les différentes matrices à l'environnement local témoin et les teneurs réglementaires.....	112
Tableau 21	: Limites de qualité pour les substances chimiques dans les eaux destinées à la consommation humaine.....	113
Tableau 22	: Synthèse des VTR sélectionnées.....	113
Tableau 23	: Valeurs des paramètres d'exposition pour l'enfant.....	114
Tableau 24	: Valeurs des paramètres d'exposition pour l'adulte.....	115
Tableau 25	: Synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (Quotient de Danger- QD) pour les différents scénarios et zones étudiés.....	116
Tableau 26	: Synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets sans seuil (ERI) pour les différents scénarios et zones étudiés.....	117
Tableau 27	: Résultats des calculs de risques pour les hydrocarbures (n.c. = non concerné pour un calcul de risque en l'absence de VTR).....	118
Tableau 28	: Synthèse des résultats des calculs de risques pour la zone de Chaliac.....	119

Tableau 29	: Synthèse des résultats des calculs de risques pour la zone de Chamée	120
Tableau 30	: NQE définies par l'arrêté du 25 janvier 2010.....	124
Tableau 31	: Synthèse de l'étude sur la qualité et les usages du Lagau et de l'Ouvèze	127
Tableau 32	: Evaluation de la vulnérabilité des zones environnementales aux contaminations dues aux anciennes exploitations minières.....	129
Tableau 33	: Gammes d'incertitudes sur les métaux et métalloïdes dans les différentes matrices investiguées	135
Tableau 34	: Synthèse des concentrations maximales et minimales des sources de contamination primaires identifiées et analysées	137
Tableau 35	: Synthèse des conclusions de l'étude sanitaire.....	138
Tableau 36	: Synthèse de la compatibilité des sites avec les usages, du point de vue environnemental	139
Tableau 37	: Mesures simples à mettre en œuvre en priorité	142
Tableau 38	: Plan de gestion des résidus recommandé comme mesure prioritaire	143
Tableau 39	: Etudes et mesures à mener si nécessaire et à moyenne échéance.....	144

FIGURES

Figure 1	: Emprise de la zone d'étude	12
Figure 2	: Démarches de gestion de sites pollués (source : MEDDE 2007)	14
Figure 3	: Principe d'élaboration d'un schéma conceptuel dans une IEM.....	15
Figure 4	: Schéma conceptuel général d'exposition des personnes à un site pollué (source : INERIS).....	15
Figure 5	: Intervalles de gestion donnés par la grille de calculs de l'IEM (source : MEDD, 2007)	17
Figure 6	: Localisation des secteurs décrits dans les historiques miniers	22
Figure 7	: Localisation des ouvrages de la concession de Chaliac	24
Figure 8	: Photographie des tables de Likenbach dans la grande laverie de Chaliac.....	26
Figure 9	: Emplacement des bassins de décantation	27
Figure 10	: Stratifications du dépôt de la petite laverie	27
Figure 11	: Localisation actuelle des dépôts de résidus de la concession de Chaliac.....	28
Figure 12	: Schéma des installations de surface de la concession de Chaliac [6].....	29
Figure 13	: Photographie de la grande laverie de Chaliac vers l'ouest (vers 1907).....	30
Figure 14	: Localisation de la zone d'infiltration de l'Ouvèze dans les travaux souterrains	33
Figure 15	: Localisation des ouvrages dans le secteur de Privas.....	33
Figure 16	: Plan des travaux miniers de la concession de Flaviac	35
Figure 17	: Carte topographique de l'Ardèche (source : site internet cartes-topographiques.fr)....	38
Figure 18	: Relevé des températures à Montélimar en 2012 et 2013	40
Figure 19	: Précipitations moyennes-station de Chomérac entre janvier 2012 et juin 2013 (source Météo France).....	40
Figure 20	: Contexte géologique du bassin versant de l'Ouvèze (sources : Infoterre-BRGM et BRGM).....	42
Figure 21	: Variations du débit de l'Ouvèze au Pouzin (source : Banque hydro du ministère de l'écologie et du développement durable, station du Pouzin)	43
Figure 22	: Extrait des cartes géologiques du Crest (feuille n° 842) et de Privas (feuille n° 841, version projet) au 1/50 000e.....	47
Figure 23	: Extrait du PLU de Flaviac – 2006	49
Figure 24	: Extrait du PLU de Flaviac-exploitation de Chamée – 2006.....	50
Figure 25	: Coupe schématique N-S du secteur de Privas [7].....	50
Figure 26	: Extrait de la carte géologique de Privas au 1/50 000e (feuille n°841, version projet)..	51
Figure 27	: Situation paléogéographique du minerai de fer de Privas. Source [8]	52
Figure 28	: Direction des vents station de Montélimar, Ardèche (source : données Météo France).....	53
Figure 29	: Extrait du rapport d'Iris consultants (2011) indiquant les concentration en métaux du bassin.....	54

Figure 30	: Répartition de la population de la commune de Flaviac entre 1968 et 2009	55
Figure 31	: Répartition des établissements publics de la commune de Flaviac au 31-12-10	55
Figure 32	: Recensement des captages AEP portés à connaissance dans les communes du bassin de l'Ouvèze (source : ARS Rhône-Alpes, août 2012).....	56
Figure 33	: Localisation des captages AEP du bassin de l'Ouvèze.....	57
Figure 34	: Localisation des prélèvements d'eau observés dans le Lagau	58
Figure 35	: Localisation des usages à proximité des sources potentiellement contaminantes de Chaliac	60
Figure 36	: Localisation des usages à proximité des sources potentiellement contaminantes de Chamée.....	61
Figure 37	: Localisation des usages à proximité des sources potentiellement contaminantes du filon Juliette	61
Figure 38	: Départ de résidus depuis les grands bassins vers le Lagau	63
Figure 39	: Localisation des prélèvements de résidus.....	82
Figure 40	: Localisation des prélèvements de sols	83
Figure 41	: Localisation des prélèvements d'eau de surface.....	84
Figure 42	: Localisation des prélèvements de sédiments.....	85
Figure 43	: Localisation des prélèvements de végétaux.....	86
Figure 44	: Travertin (image de gauche) et résidus dans l'Erries (image de droite).....	88
Figure 45	: Teneurs (mg/kg de matière sèche) en antimoine, arsenic, cuivre, cadmium, zinc et plomb dans les sols de surface de Chaliac en comparaison à l'environnement local témoin (représenté par les barres horizontales).....	89
Figure 46	: Teneurs (mg/kg de matière sèche) en antimoine, arsenic, cuivre, cadmium, zinc et plomb dans les sols profonds de Chaliac en comparaison à l'environnement local témoin (représenté par les barres horizontales).....	89
Figure 47	: Teneurs (mg/kg de matière sèche) en antimoine, arsenic, cuivre, cadmium, zinc et plomb dans les sols de l'Ouvèze en comparaison à l'environnement local témoin (représenté par les barres horizontales).....	90
Figure 48	: Teneurs (mg/kg de matière sèche) en antimoine, arsenic, cuivre, cadmium, zinc et plomb dans les sols de surface de Chamée en comparaison à l'environnement local témoin (représenté par les barres horizontales).....	90
Figure 49	: Répartition des teneurs en métaux et métalloïdes dans les sols de surface (0-2 cm) de Chaliac.....	92
Figure 50	: Répartition des teneurs en métaux et métalloïdes dans les sols profonds (2-10 cm et 0-1 m) de Chaliac	93
Figure 51	: Drainage minier acide du Terril de Pansier	95
Figure 52	: Répartition des teneurs en métaux et métalloïdes dans les eaux (éléments totaux) et dans les sédiments du Lagau	98
Figure 53	: Répartition des teneurs en métaux et métalloïdes dans les eaux du Lagau (éléments dissous).....	99
Figure 54	: Répartition des concentrations en métaux et métalloïdes dans les eaux (éléments totaux) et les sédiments de l'Ouvèze.....	101
Figure 55	: Répartition des concentrations en métaux et métalloïdes dans les eaux (éléments dissous) de l'Ouvèze.....	102
Figure 56	: Localisation des mesures Niton au sein du bassin versant de l'Ouvèze.....	105

Figure 57	: Localisation des zones décrites dans le Tableau 17	109
Figure 58	: Représentation des concentrations (mg/kg de matière sèche) en fer, plomb, zinc, antimoine, arsenic cuivre et cadmium dans les sédiments de l'Ouvèze.....	121
Figure 59	: Localisation des résidus et bassins de décantation sur la zone de Chaliac	140
Figure 60	: Schéma (sans échelle) de la zone de la petite laverie	140
Figure 61	: Localisation des zones de Chamée concernées par les recommandations de GEODERIS	141
Figure 62	: Localisation de l'écoulement issu de la paroi du Filon Juliette	141

Mots clés : Ouvèze, interprétation de l'état des milieux, étude sanitaire, mesures Niton, plomb

1 INTRODUCTION

1.1 Contexte général de l'étude

1.1.1 Origine de la demande

Afin de se conformer aux exigences de l'article 20 de la directive européenne 2006/21/CE du 15 mars 2006 et aux décisions associées 2009/337/CE, 2009/359/CE et 2009/360/CE, le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement (MEDDTL) a confié à GEODERIS la mission d'inventaire des résidus miniers présents sur le territoire français.

Les résultats de cet inventaire, publiés au printemps 2012, comprennent une liste de secteurs susceptibles de présenter un risque significatif pour la santé humaine et l'environnement et qui nécessitent donc une étude environnementale détaillée concluant sur des mesures de gestion, si nécessaire.

Parmi ces secteurs a été identifié celui de Chaliac, comprenant le bassin versant de l'Ouvèze. L'inventaire a conclu à un classement en D¹ du secteur, signifiant qu'au moins l'un des dépôts de ce secteur est susceptible de « *présenter un risque significatif pour la santé humaine et l'environnement. Le secteur nécessite donc une étude environnementale détaillée permettant d'apprécier le degré de gravité éventuelle vis-à-vis des enjeux* » [1]. Le dépôt à l'origine du classement en D est situé sur la concession de Chaliac, il est connu sous le nom de « Terril de Pansier ».

L'Ouvèze est un cours d'eau notoirement contaminé, diverses industries et anciennes exploitations minières le jalonnent. Ainsi, l'étude des seuls dépôts de la concession de Chaliac ne suffit pas à évaluer l'impact des anciennes exploitations minières du secteur, c'est pourquoi l'emprise de la zone d'étude comprend la totalité du bassin versant de l'Ouvèze et des anciennes concessions minières situées en bordure ou à proximité de celui-ci.

Sur demande de la DREAL Rhône-Alpes (cf. annexe 1), une étude environnementale détaillée a donc été prévue au programme 2012 de GEODERIS (cf. fiche programme n° RHA 2.4.10). Cette étude doit viser à établir la compatibilité des sites avec les usages qui en sont faits. L'étude se base sur les méthodologies ministérielles de 2007 et plus particulièrement sur celle de l'interprétation de l'état des milieux (IEM).

Ce rapport concerne les investigations de terrain de 2012 et 2013 et les données collectées en 2013. Il se base sur les documents et données antérieurs à 2014.

1.1.2 Emprise de la zone d'étude

La zone d'étude se situe dans la partie est du département de l'Ardèche, en région Rhône-Alpes. Son emprise comprend l'ensemble du bassin versant de l'Ouvèze, qui s'étend d'ouest en est, depuis le Col de l'Escrinet jusqu'au Pouzin où l'Ouvèze se jette dans le Rhône. Le bassin versant s'étend sur une surface de 125 km² environ et concerne seize communes (cf. Figure 1).

¹ Sur une échelle de A (secteurs ne présentant pas de risques significatifs) à E (secteurs susceptibles de présenter des risques pour la santé humaine et l'environnement et nécessitant une étude détaillée urgente).

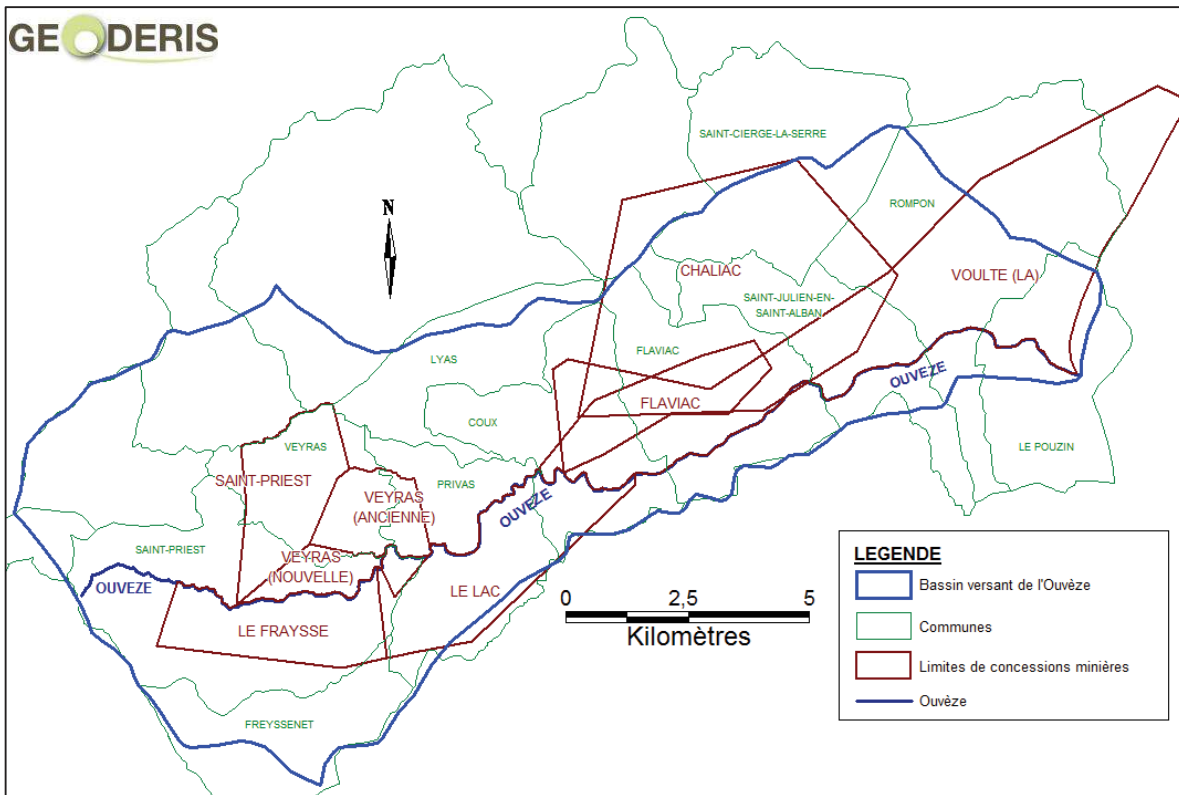


Figure 1: Emprise de la zone d'étude

Huit concessions minières sont présentes dans le bassin versant de l'Ouvèze, concédées pour des exploitations de fer carbonaté, de plomb argentifère et de pyrite. Elles intersectent diverses communes listées dans le Tableau 1.

Concessions minières	Substances exploitées	Communes concernées
St-Priest	Fer	St-Priest et Veyras
Veyras (Ancienne)	Fer	Veyras et Privas
Veyras (Nouvelle)	Fer	Veyras, St-Priest et Privas
Flaviac	Pyrite	Flaviac et Coux
Chaliac	Plomb	Flaviac, St-Julien-en-St-Alban, Rompon, Coux, St-Vincent-de-Durfort et St-Cierge-la-Serre
Le Fraysse	Fer	St-Priest et Freyssenet
Le Lac	Fer	Privas, St-Priest et Coux
La Voulte	Fer	Rompon, Le Pouzin, St-Julien-en-St-Alban, Flaviac et Coux

Tableau 1: Communes du bassin versant de l'Ouvèze concernées par des concessions minières

1.2 Méthodologie générale de l'étude

1.2.1 Rappel sur la réglementation

La législation encadrant les sites et sols pollués et les outils de gestion afférant sont issus d'une note ministérielle du 8 février 2007 intitulée « Sites et sols pollués – Modalités de gestion et de réaménagement des sites et sols pollués » [2] (Bulletin officiel du Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie-MEDDE, n° 13 du 15 juillet 2007).

L'annexe 2 de cette note donne des directives quant à la gestion d'un site pollué, directives suivies pour l'étude des problématiques sanitaires et environnementale du bassin de l'Ouvèze.

En cohérence avec les dispositifs de gestion sanitaire et environnementale, et en application des principes de la politique de gestion des risques suivant l'usage, deux démarches de gestion ont été définies par le ministère (voir Figure 2) :

- La démarche d'**Interprétation de l'état des milieux (IEM)**
Elle vise à s'assurer que l'état des milieux est compatible avec des usages déjà fixés ;
- **Le plan de gestion**
Il est mis en place lorsque la situation permet d'agir aussi bien sur l'état du site (par des aménagements ou des mesures de dépollution) que sur les usages qui peuvent être choisis ou adaptés.

L'interprétation de l'état des milieux repose sur un bilan factuel de l'état du site au moment de l'étude. Elle identifie les enjeux et définit les risques aux moyens de collectes de données et d'investigations de terrain.

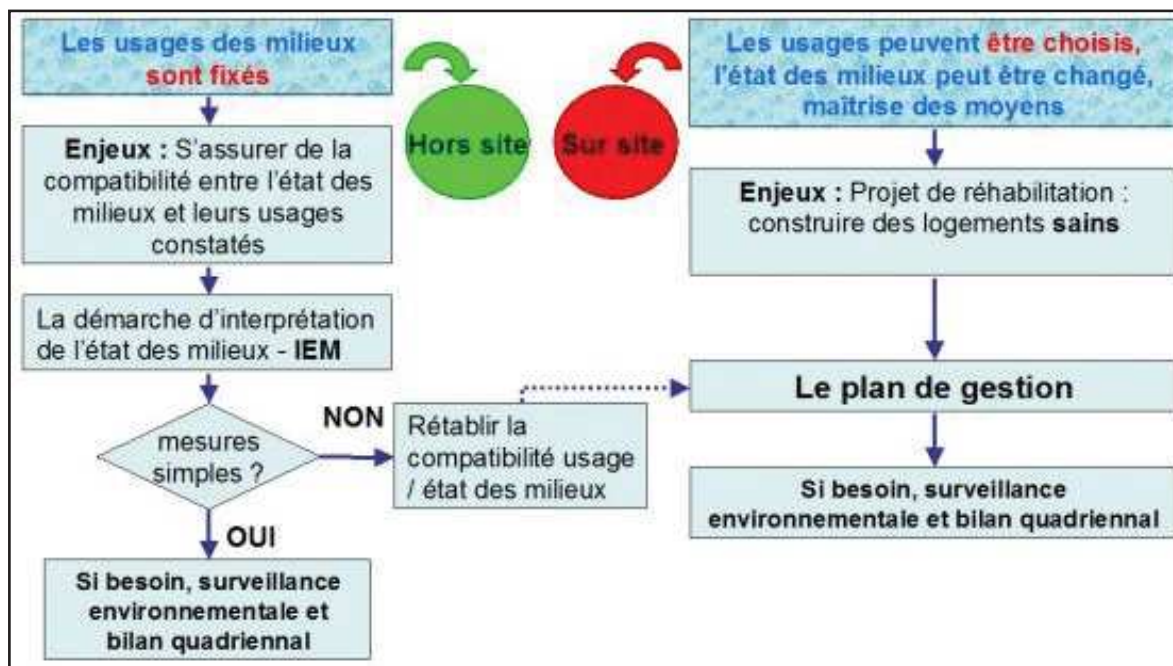


Figure 2: Démarches de gestion de sites pollués (source : MEDDE 2007)

1.2.2 Démarche d'interprétation de l'état des milieux

La démarche d'IEM a pour objectif de différencier trois types de situation :

- les milieux qui ne nécessitent aucune action particulière ;
- les milieux qui peuvent faire l'objet d'actions simples de gestion pour rétablir la compatibilité entre l'état des milieux et les usages constatés ;
- les milieux qui nécessitent la mise en œuvre d'un plan de gestion.

La définition de ces situations se fait au regard de l'état de contamination des sites, des vecteurs de transfert, des modes d'exposition identifiés et des usages constatés sur les sites et dans leur environnement. Cette méthode repose sur l'établissement d'un schéma conceptuel qui précise les relations entre les sources de pollution primaires et secondaires, les milieux de transfert et leurs caractéristiques, l'étendue des pollutions, les usagers des sites et les ressources naturelles à protéger.

Ce schéma repose sur (cf. Figure 3) :

- des études historiques qui visent à déterminer les usages et événements passés (stockage de matériaux contaminants, accidents etc.) ;
- des études documentaires ; elles permettent d'identifier les études pertinentes pour l'IEM ;
- des études de vulnérabilité dont le but est d'identifier les usages ;
- des visites de sites qui permettent d'identifier les sources de contamination, les vecteurs de transfert, les modes d'exposition et les usages ;
- des diagnostics dont le but est d'évaluer l'état du site.

A ce stade est dressé un schéma conceptuel préliminaire guidant les investigations de terrain.

Le schéma conceptuel préliminaire est ensuite revu et corrigé en fonction des résultats des analyses de terrain.

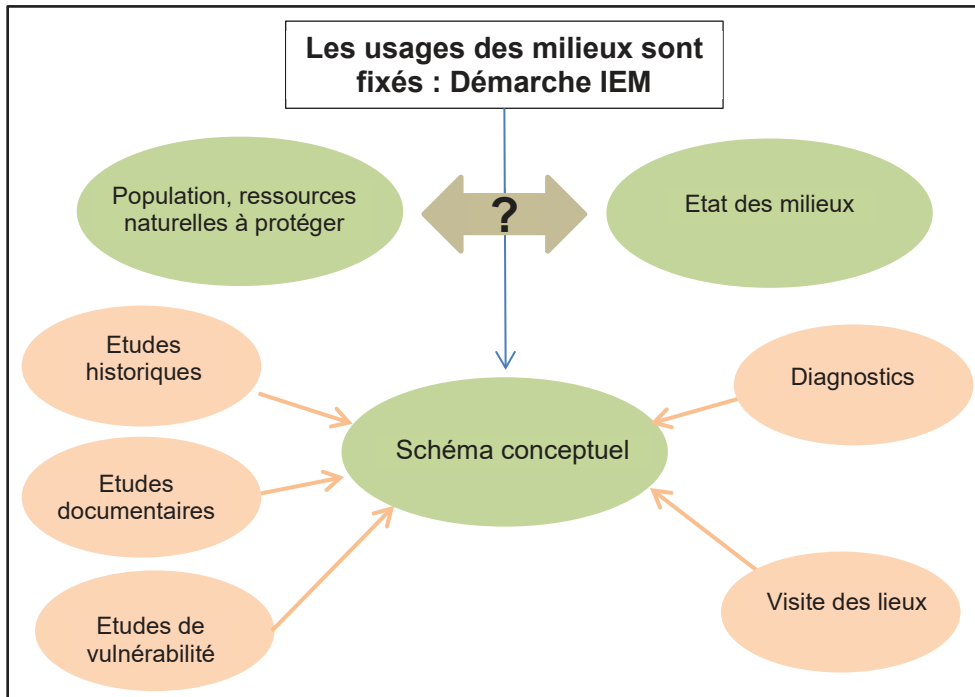


Figure 3: Principe d'élaboration d'un schéma conceptuel dans une IEM

Le schéma de principe permettant de déterminer un risque pour les enjeux est une approche source-vecteur-cible. La présence d'une source de contamination, de voies de transfert et de modes d'exposition permettant la mise en contact de cette source avec les enjeux, sont trois paramètres qui doivent exister simultanément pour que soit défini un risque (cf. Figure 4).

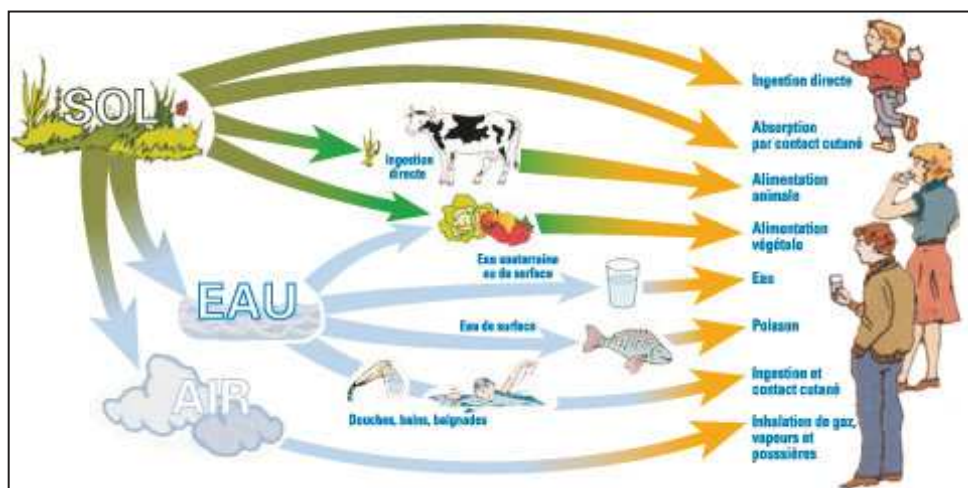


Figure 4: Schéma conceptuel général d'exposition des personnes à un site pollué (source : INERIS)

Les campagnes de terrain ont alors pour but d'évaluer le potentiel contaminant des sources, les capacités de transfert des milieux intermédiaires (eaux, végétaux, air etc.) voire d'évaluer l'impact réel sur les enjeux (prélèvements sanguins etc.). Ces évaluations se font au moyen de prélèvements :

- Source primaire : dépôts de résidus, sols contaminés etc. ;
- Source secondaire : sédiments, jardins potagers etc. ;
- Milieux de transfert et milieux d'exposition : eaux superficielles et/ou souterraines, air/poussières, végétaux, sols de promenade, sols cultivés etc.
- Environnement local témoin : échantillons témoins de comparaison.

Les concentrations relevées lors des investigations de terrain sont ensuite comparées :

- aux concentrations de l'**environnement local témoin (ELT)** ;
- aux **valeurs réglementaires de gestion** en cohérence avec les voies et les scénarios d'exposition identifiés dans le schéma conceptuel. Ces valeurs sont les suivantes pour la présente étude :
 - o Eaux potables
Limites de qualité des eaux destinées à la consommation humaine à l'exclusion des eaux conditionnées, reprises dans l'article R1321-2 du Code de la Santé Publique (CSP) modifié par l'article 1^e du décret n°2007-49, repris dans l'annexe I de l'arrêté du 11-01-2007. Par défaut, elles seront utilisées pour tout usage de ces eaux : une eau potable est réputée saine pour la consommation humaine et pour tous les autres usages domestiques ou assimilés ;
 - o Végétaux consommés
Règlement CE précité règlement européen (CE n° 1881/2006 de la Commission du 19 décembre 2006, modifié pour l'année 2011 par le règlement CE n°835/2011 du 19 août 2011 et le règlement CE n°1259/2011 du 2 décembre 2011) relatif aux denrées alimentaires.
 - o Environnement
Les Normes de qualité environnementales (NQE) définies dans le cadre de la directive Cadre sur l'eau (DCE) définie par l'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, chimique et du potentiel écologique des eaux de surface

1.2.3 Démarche IEM appliquée à l'évaluation des risques sanitaires

a. Généralités

Lorsque la comparaison à l'état des milieux naturels du site montre une dégradation et que des valeurs de gestion ne sont pas disponibles, une Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) est réalisée en dernier recours. Elle est basée sur les scénarios et les modes d'exposition identifiés dans le schéma conceptuel, et apporte alors des éléments de jugement. Une grille de calculs des risques, à laquelle sont associés des intervalles de gestion des risques, est adossée à la méthodologie d'IEM et permet la réalisation d'une EQRS pour chacune des substances et modes d'exposition étudiés.

b. Evaluation de la toxicité

L'évaluation des risques sanitaires se fait suivant les deux étapes suivantes :

- **Identification du potentiel dangereux des substances**
C'est-à-dire les effets indésirables (locaux, systémiques, non cancérigènes, cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques) qu'une substance peut provoquer chez l'homme ;

- **Définition des relations dose-effets et dose-réponse**

C'est-à-dire la relation quantitative entre la dose ingérée ou la concentration inhalée et l'incidence de l'effet délétère. Cette relation se traduit par la valeur toxicologique de référence (VTR) :

- VTR « à seuil de dose » : substances provoquant, au-delà d'une certaine dose, des dommages dont la gravité augmente avec la dose absorbée ;
- VTR « sans seuil de dose » : substances pour lesquelles l'effet apparaît quelle que soit la dose reçue et où la probabilité de survenue augmente avec la dose.

Les intervalles de gestion définis par le MEDDE sont présentés dans la Figure 5 suivante. Ils sont évalués pour chaque substance et voie d'exposition étudiés.

Intervalle de gestion des risques		Interprétation des résultats	Actions à engager Dans tous les cas, il convient de s'assurer que la source de pollution est maîtrisée	
Substances à Effets de seuil	Substances sans Effets de seuil		Sur les milieux	Sur les usages
< 0,2	< 10 ⁻⁶	L'état des milieux est compatible avec les usages constatés	S'assurer que la source de pollution est maîtrisée	La mémorisation des usages peut être nécessaire pour s'assurer de la pérennité des usages actuels qui sont compatibles avec l'état des milieux
Entre 0, 2 et 5	Entre 10 ⁻⁶ et 10 ⁻⁴	Zone d'incertitude nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion	<ul style="list-style-type: none"> - Recours à une argumentation appropriée, au retour d'expérience ; - Mise en œuvre de mesures de gestion simples et de bon sens ; - Réalisation d'une évaluation quantitative des risques réfléchie ; Mis en œuvre de restrictions d'usage accompagnées d'une surveillance des milieux - Mémorisation des usages pouvant être nécessaire pour s'assurer de la pérennité des usages actuels 	
> 5	> 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	

Figure 5: Intervalles de gestion donnés par la grille de calculs de l'IEM (source : MEDD, 2007)

ZONE D'INTERPRETATION

Lorsque les résultats des calculs de risques pour les substances à effet de seuil et sans effet de seuil, sont compris dans les intervalles suivants :

- $0,2 < QD^2 < 5$;
- $10^{-6} < ERI^3 < 10^{-4}$,

une EQRS réfléchie peut être engagée avec les niveaux de référence et les règles d'additivité du Tableau 2 ci-après :

² Quotient de Danger (QD)
³ Excès de risque individuel (ERI)

Niveaux de référence		Règles d'additivité	
QD Effets à seuil	ERI Effets sans seuil	QD Effets à seuil	ERI Effets sans seuil
QD _{théorique} < 1 (si >1, la possibilité d'apparition d'un effet toxique ne peut être exclue)	ERI < 10 ⁻⁵	Sommation des QD de toutes les substances étudiées	Sommant des ERI de toutes les substances étudiées.

Tableau 2: Paramètres conditionnant une EQRS réfléchie

c. Evaluation des expositions

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.

L'évaluation de l'exposition consiste, d'un côté, à identifier les personnes exposées et les modes 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 et est exprimée par une dose moyenne journalière.

L'exposition à une substance chimique dépend :

- de sa concentration dans les milieux ;
- de son comportement physico-chimique ;
- des modes 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 via la dose journalière d'exposition (DJE).

d. Caractérisation des risques

Le risque est quantifié suivant les règles de calcul suivantes :

- Pour les effets à seuils : $QD = \frac{DJE}{VTR (ingestion)}$
- Pour les effets sans seuil $ERI = DJE * VTR (ingestion)$

e. Interprétation des résultats et recommandations

Comme indiqué précédemment, la démarche d'IEM permet de distinguer :

- les milieux ne nécessitant pas d'action particulière et permettant une libre jouissance des usages constatés sans risque ;
- les milieux pouvant faire l'objet d'actions simples pour rétablir la compatibilité entre l'état des milieux et les usages constatés (« zone d'interprétation ») ;
- les milieux nécessitant la mise en œuvre d'un plan de gestion.

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

- d'élaborer des propositions d'actions simples de gestion ;
- le cas échéant, d'identifier des premières mesures de protection sanitaires ;
- de recourir aux outils de conservation de la mémoire et de restriction d'usage.

Lorsqu'il est acquis que les milieux nécessitent un plan de gestion, il est nécessaire d'identifier le plus rapidement possible les premières mesures de protection sanitaires et les restrictions d'usage nécessaires, en attendant la mise en œuvre du plan de gestion.

1.3 Démarche proposée par GEODERIS

L'étude présentée dans ce rapport s'appuie sur la démarche d'interprétation de l'état des milieux précédemment décrite. L'objectif de ce projet est d'évaluer l'impact des activités minières sur les milieux, **au moment des investigations de terrain**, et d'en déduire si les usages constatés sont compatibles avec leur état.

La démarche suivie par GEODERIS ne vise en aucun cas à établir un diagnostic complet des contaminations diverses du bassin versant de l'Ouvèze. Seuls les impacts liés aux anciennes exploitations minières sont évalués.

Pour la réalisation de cette étude environnementale et sanitaire détaillée, GEODERIS s'est adjoint les services :

- de l'INERIS, pour la réalisation d'une étude sanitaire dont les résultats sont détaillés dans la partie 8 ;
- du BRGM, pour une mission de mesures de terrain menée à l'aide d'un Niton® XRF, dont les résultats sont présentés dans le paragraphe 7.5.

2 ETUDE HISTORIQUE

2.1 Démarche de recueil d'informations

La consultation des archives nécessaires à la rédaction de cette partie historique s'est déroulée entre juin et août 2012. Le détail des consultations est indiqué dans le Tableau 3 suivant :

Service consulté	Identifiant série	Données collectées
Archives DREAL Rhône-Alpes (Villeurbanne-69)	Bordereau de versement n°1347	Plans miniers et données administratives sur les concessions du bassin versant de l'Ouvèze
Archives départementales (Privas-07)	Séries 8S et 63J (fonds issert)	
Archives du SGR (Lyon-69)	Boîte n°841 et divers rapports	Données de géochimie, géologie et d'hydrogéologie de l'Ardèche
Archives privées	AGN	Données détaillées sur les installations de surface de la concession de Chaliac. Photographies et articles de presse. Informations sur le fonctionnement général de l'exploitation.
Syndicat Ouvèze vive (Lyas-07)	-	Photographies aériennes entre 1946 et 1991

Tableau 3: Synthèse du recueil d'informations de l'étude historique

Par ailleurs, les données administratives détaillées dans cette étude historique sont, en partie, issues de la phase informative réalisée dans le cadre de l'évaluation détaillée des aléas [3]. Ces données ont été confrontées et complétées par les documents disponibles aux archives départementales et aux archives de la DREAL.

L'annexe 2 synthétise les documents principaux consultés.

2.2 Exploitation minière

Les historiques miniers des concessions du bassin de l'Ouvèze seront traités par secteurs regroupant les travaux miniers ainsi que les installations de surface (points jaunes sur la Figure 6) de concessions minières géographiquement proches et dont les substances exploitées sont identiques. Les secteurs, matérialisés sur la Figure 6 suivante sont Chaliac, Chamée et Privas.

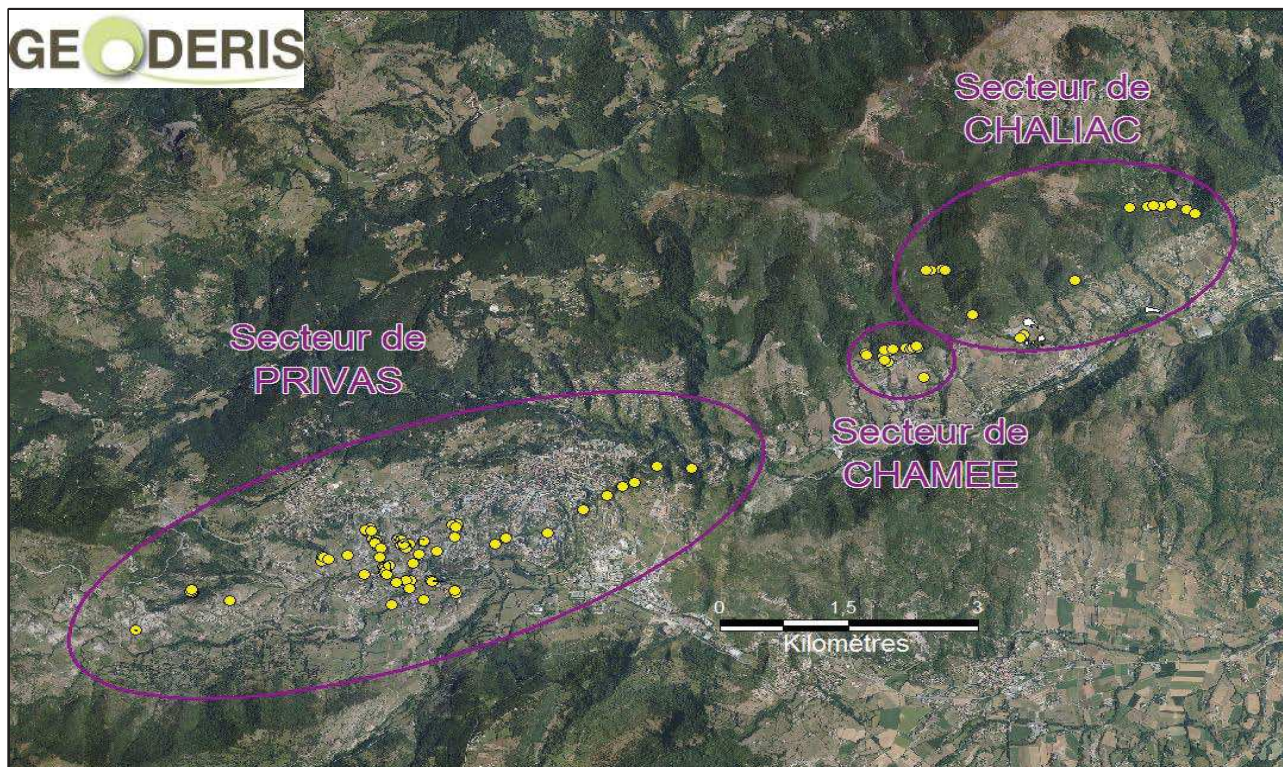


Figure 6: Localisation des secteurs décrits dans les historiques miniers

2.2.1 Secteur de Chaliac

a. Historique minier

Concession	Date d'institution	Concessionnaire	Date de renonciation
Chaliac	18 août 1890	Mr Radisson	Arrêt des travaux : 1914 Renonciation : 3 février 1934

Historique

Des exploitations anciennes ont débuté dès 1854 sur de petits indices minéralisés. Elles ont été poursuivies jusqu'en 1889 et ont porté sur les affleurements cuivreux de Pargirand et la Charderie (cf. Figure 7).

En 1889, des travaux importants sont concentrés dans la partie est de la concession, au niveau du filon Juliette.

La concession de Chaliac est alors instituée pour l'exploitation du plomb, de l'antimoine, du zinc, du cuivre et d'autres métaux, par décret du 18 août 1890 au profit de M. Radisson. Elle porte sur une superficie de 2,51 ha, étendue à 2,56 ha par décret du 15 juin 1891.

Suite à la demande de concession, les travaux portent sur le filon Juliette et un des filons du groupe Malleval, le filon Chaliac. En 1892, les travaux du filon Juliette sont abandonnés.

En juillet 1894, la société Vieille Montagne prend la succession de M. Radisson, puis vient, en 1896, la société métallurgique et minière des Cévennes (SMMC). Un an plus tard, le 5 juin 1895, les travaux sont suspendus à cause de l'insuffisance des moyens d'extraction et d'épuisement.

Divers travaux ont ensuite eu lieu, le minerai étant traité dans des laveries situées sur la concession (cf. 2.2.1.b.).

Les travaux ont cessé en 1914, l'exploitation a été vendue le 22 novembre 1928 à la compagnie des mines de Malons (décret du 5 juillet 1930).

La renonciation de la concession est obtenue par décret du 3 février 1934.

Exploitation

Les travaux ont été réalisés à flanc de coteau en suivant les filons de quartz minéralisés, par galeries et dépilages verticaux. Les documents d'archive et les plans miniers ne permettent pas de replacer les filons avec précision, seuls quelques ouvrages ont pu l'être grâce aux plans et aux observations de terrain effectuées lors de la phase informative de l'étude détaillée des aléas [3].

Le filon Juliette

Les travaux ont été exécutés à l'ouest du ruisseau le Vendèze, le long de son affluent, l'Erries. Ils comprennent trois niveaux : un niveau de base, un niveau intermédiaire à 105 m au-dessus et un niveau supérieur à 130 m au-dessus du niveau de base, dit niveau Juliette.

L'exploitation se faisait par galeries (7 au total) en suivant le filon qui, dans le niveau intermédiaire et le niveau Juliette, a été reconnu sur une centaine de mètres, et accusait une puissance utile d'environ 15 cm.

Les filons de Malleval

- Le filon Combechaude a fait l'objet de recherches par galeries en 1906 dans le ravin. Il serait ennoyé ;
- Le filon Chaliac a fait l'objet de travaux importants à partir d'une descenderie. Il fait 1 km de longueur et a été dépilé sur plus de 120 m de profondeur. Les travaux communiqueraient avec le filon Alice situé plus au sud ;
- Le filon Alice a été exploité sur environ 700 mètres. La totalité de la partie du filon encaissée dans les micaschistes était exploitable, mais toutes les tentatives de recherches faites dans les granites ont démontré que le filon était très peu minéralisé.

Après l'arrêt des travaux en 1914, tout l'aval pendage de la mine a été ennoyé.

Le site de la Charderie

Ce site de recherche n'a pas donné lieu à des travaux d'exploitation proprement dits. Seule une petite descenderie de 5 m vers le nord est signalée dans la BSS (Banque de données du Sous-Sol).

Production

Les filons Juliette et du groupe Malleval, exploités de 1890 à 1908, ont permis la production de 204 867 t de minerai brut à 10 % de plomb et 24 360 t de concentré de laverie à 50-65 % de plomb avec 750 à 925 g d'argent à la tonne de plomb. Quelques données de tonnages bruts extraits et lavés sont données dans le Tableau 4 suivant :

DATE	TONNAGE BRUT	TONNAGE LAVE
1899	1 200	-
1900	3 255	54
1906	34 598	4 007
1908	26 118	3 232

Tableau 4: Données de production de la concession de Chaliac entre 1899 et 1908.

Plan des ouvrages

La Figure 7 suivante indique l'emplacement des puits, galeries, résidus et laveries de la concession de Chaliac.

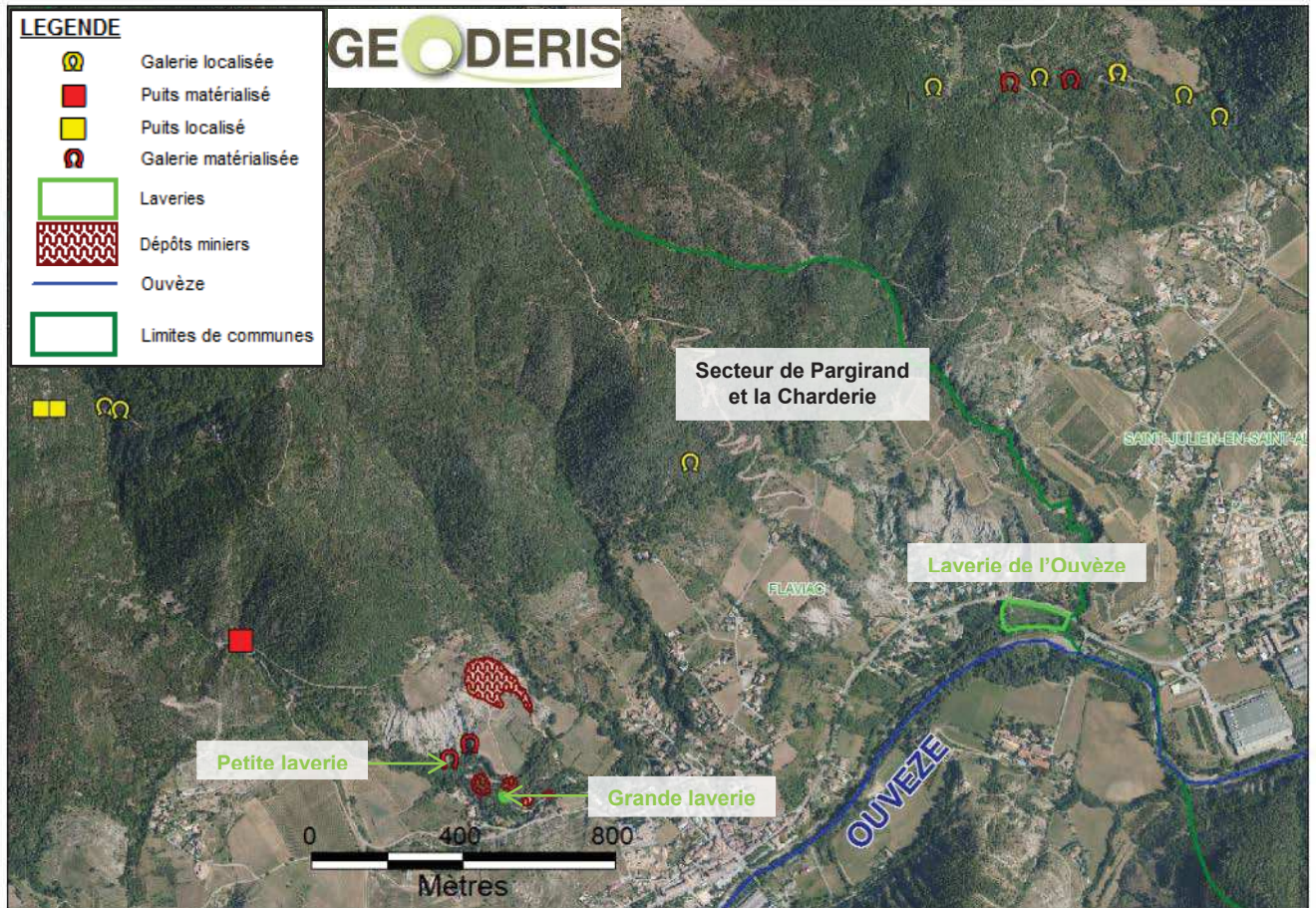


Figure 7: Localisation des ouvrages de la concession de Chaliac

b. Les laveries

Trois usines de traitement (ou laveries) se sont succédées sur la concession de Chaliac (cf. Tableau 5 suivant) :

LAVERIE	MISE EN SERVICE	ARRÊT DE L'UTILISATION
Laverie d'Ouvéze	29 juin 1889	Avril 1898
Petite laverie	Novembre-décembre 1899	Fin 1901 – début 1902
Grande laverie	Autorisation : 5 décembre 1901 Mise en service : 1 ^{er} février 1902	1914

Tableau 5: Récapitulatif des dates de service des laveries de la concession de Chaliac [4] [5]

Les éléments en mauve dans les trois paragraphes suivants sont reportés sur la Figure 12.

- « Laverie de l'Ouvèze »

Elle se trouvait en contrebas de la nationale 104, en bordure immédiate de l'Ouvèze (cf. Figure 7). Elle a été autorisée par le préfet le 29 juin 1889 mais a été démontée puis démolie en avril 1898 ;

- « Petite laverie »

De par la nécessité de se rapprocher des filons Malleval, elle a été érigée en bordure du Lagau, au sud des travaux d'exploitation. Il semble qu'elle n'ait pas fait l'objet d'une autorisation. La mise en place de murs de soutènement a permis de créer une surface plane sur laquelle ont été construits, en plusieurs étages, les organes de la laverie. L'ensemble, achevé en 1898, était composé d'une **laverie**, d'un ensemble ateliers-hangar, de bureaux, d'une forge, d'une **cheminée-1**, d'une remise, d'écuries et de magasins.

Les premiers sacs de minerai ont été traités fin 1899, cette date pouvant ainsi être considérées comme celle du démarrage de la laverie.

L'eau qui sert au lavage provient de l'exploitation via la **galerie d'écoulement** et une **dérivation**. Un aqueduc, construit en février 1899, conduisait les eaux en surplus vers des **petits bassins de décantation**. Les **haldes** (cf. Figure 11) issues d'un tri mécanique ont été déposées à proximité.

- « Grande laverie »

La petite laverie se révélant rapidement insuffisante, une grande laverie a été autorisée par arrêté préfectoral du 5 décembre 1901. Sa mise en service est néanmoins considérée comme effective le 1^{er} février 1902. Grâce à cette laverie, la production passe de 110 t de minerai lavé en 1901, à 1 700 t en 1902 puis 4 007 t en 1906.

L'usine comprenait deux corps principaux de bâtiments, et un troisième, plus petit, comprenant une **cheminée-2** :

- le premier bâtiment **(1)** comprenait les ateliers de concassage, triage (sous courant d'eau avec récupération des particules fines), broyage et la salle des cribles. Beaucoup de postes travaillaient à l'eau, la consommation quotidienne étant de 500 m³, l'usine était alors alimentée par l'exhaure de la mine ;
- le second bâtiment **(2)** correspondait à la salle des trois tables de Likenbach (cf. Figure 8), qui traitaient le minerai broyé et le séparaient des débris de gangue. Divers bacs de récupération permettaient, d'une part, la récupération du minerai, et d'autre part, l'évacuation des boues vers des bassins de décantation ;



Figure 8: Photographie des tables de Likenbach dans la grande laverie de Chaliac

- Le troisième bâtiment (3) abritait les salles de la dynamo, des machines, de la chaudière et de la soute à charbon occupée en partie par la cheminée de l'usine (25 m de hauteur).

Par ailleurs, un **parc à minerai**, probablement construit durant l'été 1902, était disposé dans un bâtiment situé au sud de la grande laverie. A proximité de celui-ci se dressait un **hangar d'embarquement** des stériles, dans lequel étaient déversés ces derniers après leur sortie de la grande laverie, pour être acheminés vers le dépôt de résidus situé plus au nord, appelé Terril de Pansier.

Un atelier de fabrication de moellons et de briques façonnés à partir des sables de la laverie était installé dans un hangar devant la petite laverie. Le devenir de ces briques n'est pas connu.

La construction de cette grande laverie a nécessité la couverture du ruisseau de Lagau sur 150 m de long.

c. Les dépôts et bassins de résidus miniers

BASSINS DE DECANTATION

Comme indiqué dans le paragraphe 2.2.1.b, des bassins de décantation étaient utilisés du temps de fonctionnement de la petite laverie pour séparer les résidus de traitement de l'eau de lavage. Inadaptés pour la grande laverie, **une dizaine de petits bassins de décantation** supplémentaires, attenants les tables de likenbach, ont donc été construits en même temps que la grande laverie. Après décantation, les eaux retournaient au Lagau. Les boues, quant à elles, étaient transportées vers les **grands bassins de décantation**.

La Figure 9 suivante indique l'emplacement de ces bassins. Les petits et grands bassins ont été replacés grâce au plan de la Figure 12, le tracé de la dizaine de petits bassins est issu d'observations de terrain.

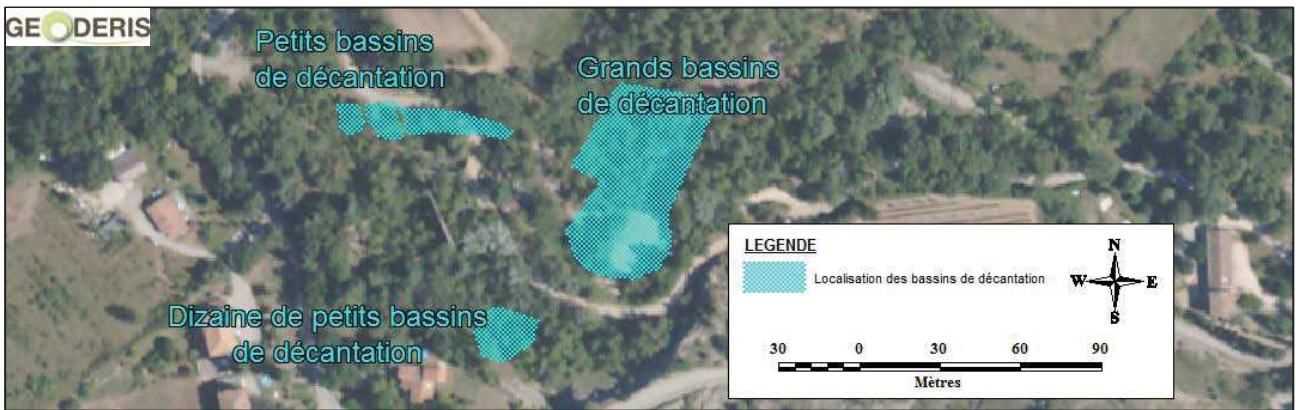


Figure 9: Emplacement des bassins de décantation

Dépôts de résidus

Les résidus de la petite laverie étaient déposés dans la zone notée « **haldes** » sur la Figure 12. Ils ont été déposés en quatre étapes comme le montre la Figure 10 suivante. Cet espace se révélant insuffisant pour la grande laverie, les résidus de celle-ci ont tout d'abord été stockés au nord des bassins de décantation (**dépôt**), puis aux lieux dits Pansier et Bois-du-Champ, plus au nord (Terril de Pansier).

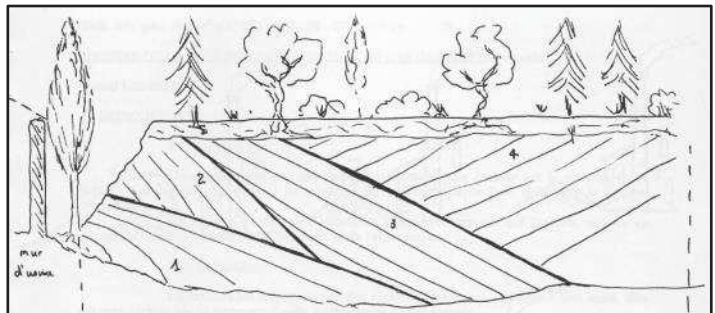


Figure 10: Stratifications du dépôt de la petite laverie
(Source : George Naud, schéma réalisé à partir d'observations de 1989)

La Figure 11 suivante indique l'emplacement actuel des dépôts de résidus tels que vus durant les visites du site.

Les archives consultées mentionnent la vente de « sables » et « schlamms » dans un document du 21 août 1917 dont le devenir n'est pas mentionné.

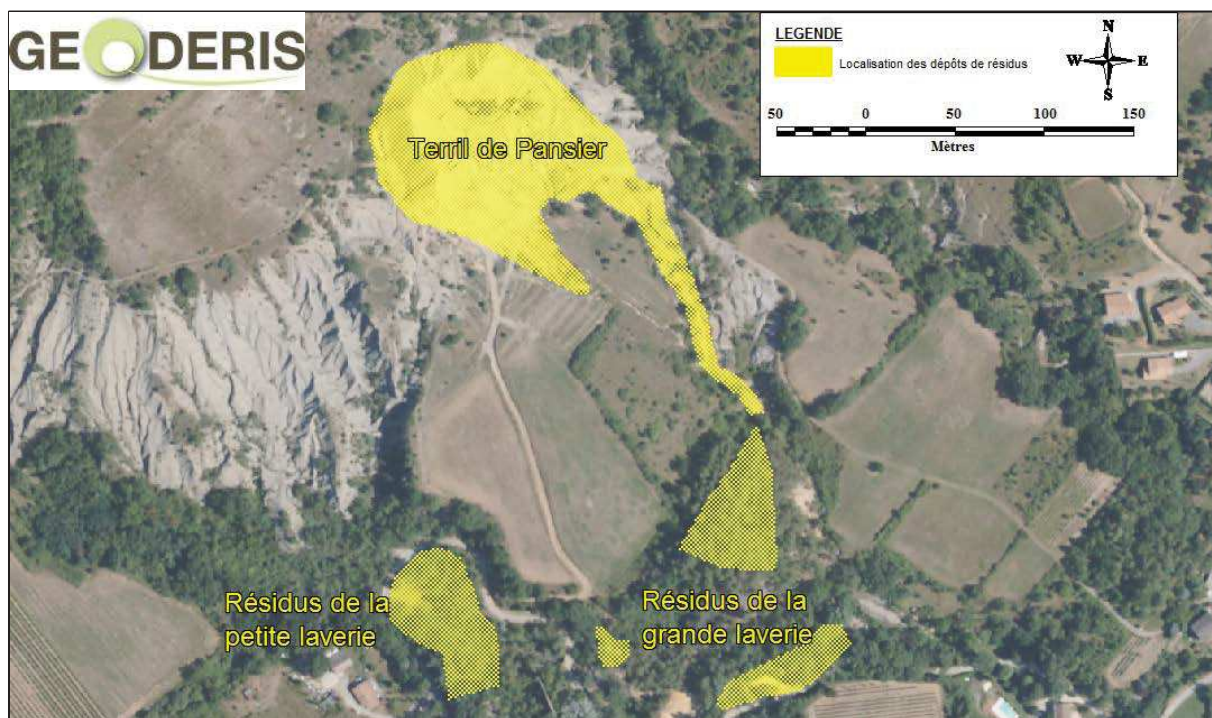


Figure 11: Localisation actuelle des dépôts de résidus de la concession de Chaliac

d. Accidentologie

Plusieurs plaintes ont été déposées en ce qui concerne la pollution générée par le fonctionnement de l'usine :

- Juin 1908 : le propriétaire des champs situés au sud du Terril de Pansier demande la construction d'un canal permettant l'écoulement des sables car ceux-ci détériorent ses plantations (blé, vignes et murier) ;
- En 1908, l'exploitant fait installer un épurateur qui devait neutraliser l'acide sulfurique par de la chaux. Mais, entre le 24 décembre 1911 et le 16 janvier 1912 et suite à la rencontre d'une importante poche d'eau dans les travaux souterrains, des eaux ont été déversées sans décantation préalable, entraînant des plaintes des communes situées en aval. Le premier document à ce sujet date du 16 mars 1912, la commune de St-Julien-en-St-Alban indique que « les résidus et acides apportés dans la rivière d'Ouvèze par les écoulements des mines de Flaviac rendent les eaux impropres aux usages domestiques, les poissons ne peuvent pas y vivre, la rivière se dépeuple rapidement malgré les alevins relâchés et elle nuit à l'industrie de la soie. ». Un rapport d'analyse des eaux de l'Ouvèze du 28 mai 1912, effectué par les Eaux et Forêts conclut que les minerais disposés dans le lit de l'Ouvèze n'étant pas solubles, il n'y a aucun danger pour les poissons.

Le 22 janvier 1915, une autre plainte est déposée par les habitants de St-Julien-en-St-Alban car, depuis l'arrêt des travaux en 1914, les eaux de l'Ouvèze sont continuellement chargées de déchets, la rendant impropre aux usages domestiques et agricoles.

Suite à cela, aucun document n'a été retrouvé en ce qui concerne d'éventuelles mesures.

e. Plan de l'exploitation

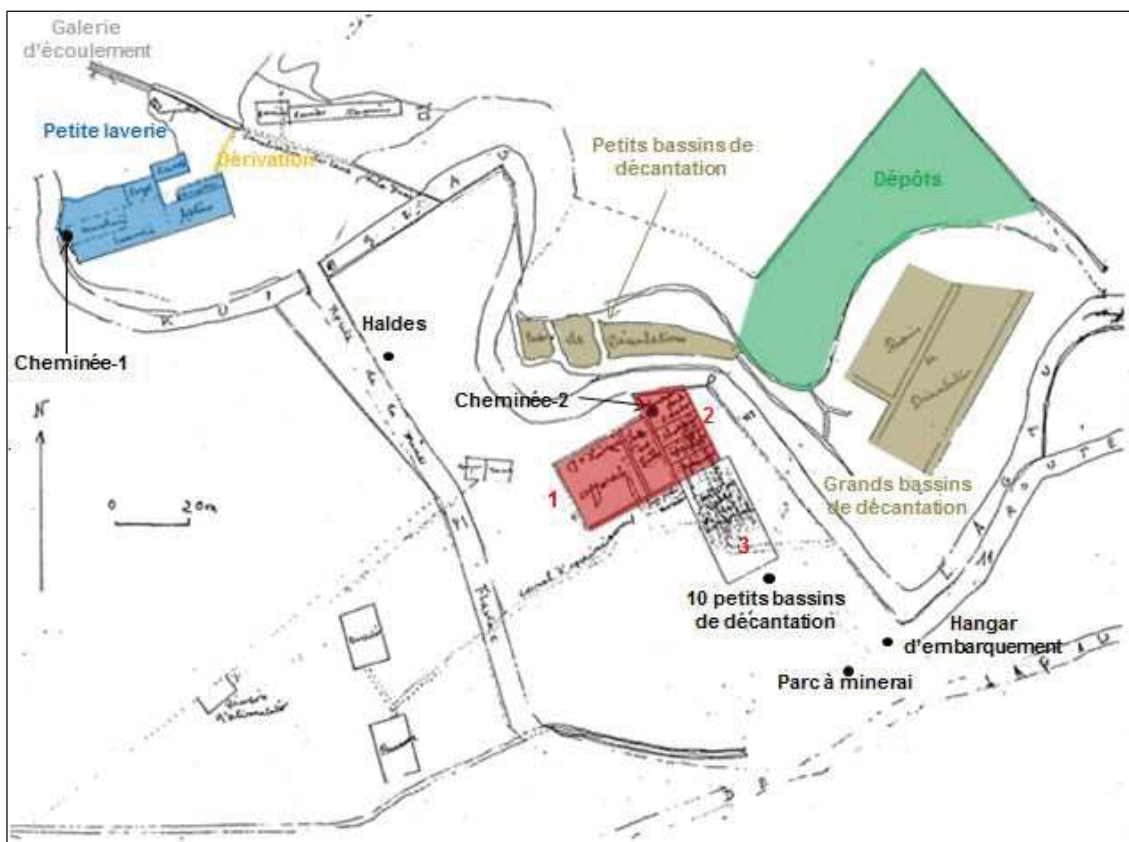


Figure 12: Schéma des installations de surface de la concession de Chaliac [6]

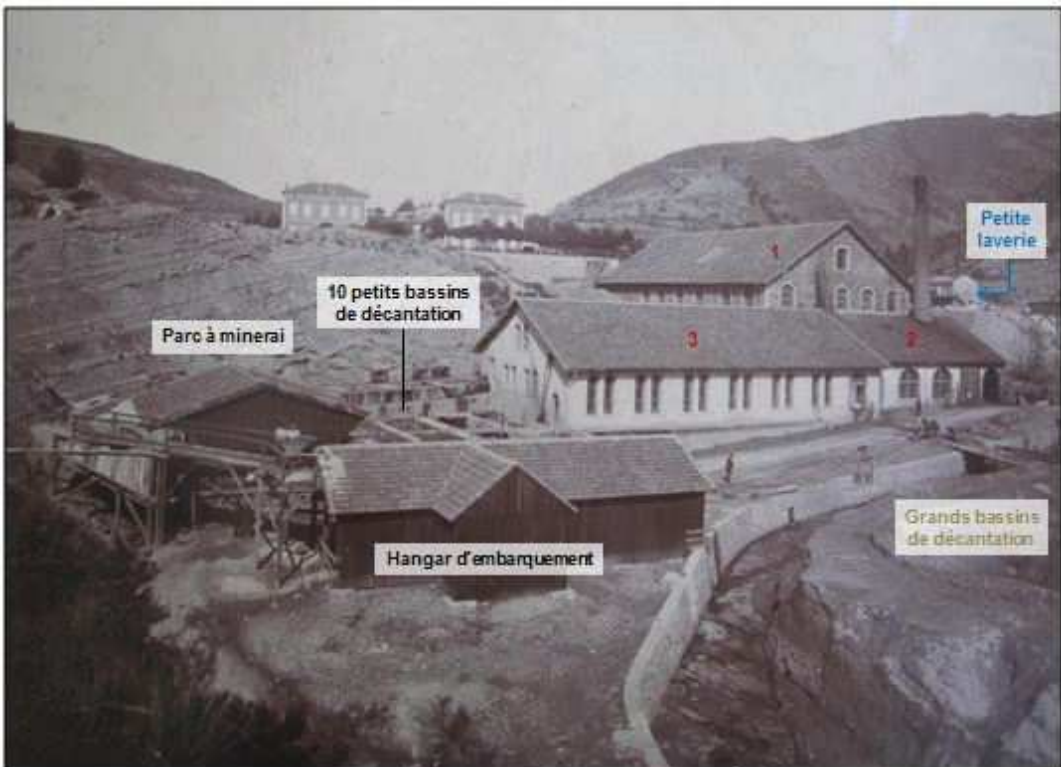


Figure 13: Photographie de la grande laverie de Chaliac vers l'ouest (vers 1907)

2.2.2 Secteur de Privas

a. Historique de l'exploitation minière

HISTORIQUE

Le secteur de Privas, exploité pour le fer, comprend les titres miniers de Veyras (Ancienne), Veyras (Nouvelle), Saint-Priest, Le Lac et Fraysse dont les statuts juridiques sont détaillés dans le Tableau 6 suivant.

CONCESSION	DATE D'INSTITUTION	CONCESSIONNAIRE	DATE DE RENONCIATION/ANNULATION
Veyras (ancienne)	22 août 1843	M. Ardaillon	Partiellement renoncées 8 mars 1940 (le reste fera partie de Veyras (nouvelle))
Saint-Priest	10 février 1849	M. Revol	
Le Lac	9 mai 1853	S.A. des fonderies et forges de la Loire et de l'Ardèche	
Le Fraysse	16 août 1859	M. Granger-Veyron	Renonciation 23 juillet 1921
Veyras (nouvelle)	8 mars 1940	Ets Lefranc	Renonciation 8 mars 1955

Tableau 6: Statuts juridiques des concessions du secteur de Privas

Depuis l'institution de la première concession, divers travaux ont été entrepris sur chacune d'entre elles avec mise en commun des zones de travaux, notamment sur les concessions de Saint-Priest et Fraysse. Une machine d'épuisement unique était installée dans les travaux souterrains de la concession du Lac.

En 1883, l'investison⁴ situé entre les concessions de Veyras (ancienne) et du Lac est attaqué, il se trouve sous le lit de l'Ouvèze. La communication est faite en 1890, l'investison est ensuite défilé.

Les concessions de Saint-Priest et de Fraysse ne sont plus exploitées après 1884 (à l'exception de près de 1 600 t extraits sur la concession de Saint-Priest en 1887).

En 1887, les compagnies de l'Horme et de Terre Noire entreprennent la construction d'une galerie d'écoulement de 3 325 m dont l'exutoire se trouve en amont du village de Coux, en rive droite de l'Ouvèze. Cette galerie, percée de 7 puits, permet d'évacuer l'eau de plusieurs exploitations, supprimant la pompe d'épuisement. Le creusement générant beaucoup de déblais, la Cie des fonderies et forges de l'Horme est autorisée, le 20 décembre 1887, à les déverser dans l'Ouvèze. La galerie est achevée le 20 janvier 1890.

En 1940, le gisement était défilé en amont pendage de la grande galerie d'écoulement (cf. Figure 15).

Le décret du 8 mars 1940 accepte la renonciation d'une partie des trois concessions de Saint-Priest, Veyras (ancienne) et du Lac, et la création par fusion de ce qui reste de ces concessions, d'une « nouvelle concession de Veyras », sur 872 ha, au profit des Ets Lefranc.

⁴ Barrière réalisée dans une exploitation de mine souterraine et destinée à séparer deux mines contiguës appartenant à deux concessionnaires différents.

EXPLOITATION

La méthode d'exploitation utilisée pour les travaux anciens (avant 1900) est celle des tailles droites progressant dans le sens des avancements et remblayées au fur et à mesure. L'exploitation a ensuite été réalisée par la méthode des chambres et piliers ou par grandes tailles remblayées d'environ 15 m de large. Les travaux n'ont toutefois été que partiellement remblayés grâce aux stériles de creusement des travaux et à des carrières ouvertes à proximité des zones d'exploitation.

Les travaux souterrains étaient peu profonds dans la partie nord où ils débutaient à l'affleurement. Ils s'approfondissaient ensuite régulièrement vers le sud-ouest. L'exploitation du secteur de Privas atteignait au maximum 120 m de profondeur et 76 m dans la zone de Saint-Priest. Une grande partie du minerai a été dépilée et de fortes émergences minières, dues en partie aux fuites des ruisseaux de surface, sont à noter.

PRODUCTION

Le minerai a été plus particulièrement exploité entre 1850 et 1900. À partir des années 1930 et jusqu'en 1953, il n'a plus été exploité que pour la fabrication du minium.

Des trois concessions (Saint-Priest, le Lac et Veyras), environ 10 000 000 t ont été extraits avant 1930, dont la moitié provenait de la concession de Veyras puis de celle de Saint-Priest et de celle du Lac. La totalité de ce tonnage provenait de la couche hématitique car la couche oolithique n'a pas fait l'objet d'une exploitation [3].

b. Les installations de surface

Des galeries, des puits et des ouvrages miniers sont encore visibles aujourd'hui dans le secteur de Privas (chevalement, entrées de galeries, entrées de puits etc.). Aucune laverie n'est mentionnée dans les documents consultés mais Privas était doté d'une usine de minium qui concassait et cuisait le minerai pour la fabrication de poudres pour peintures.

La phase informative réalisée par GEODERIS en 2010 [3] indique des entrées de dynamitières. Aucun indice de contamination visuel ou organoleptique n'a toutefois été retrouvé à proximité de celles-ci.

Des témoignages oraux indiquent une infiltration de l'Ouvèze dans les travaux souterrains des exploitations du secteur de Privas. Il semble, en effet, que l'exploitation et le dépilage de l'investison aient créé une ouverture qui ait débouché dans le lit de l'Ouvèze. Ces mêmes témoignages affirment que ces eaux se retrouvent en aval de l'Ouvèze, en sortie de la galerie d'écoulement. La Figure 14 localise la zone indiquée comme lieu d'infiltration (étoile jaune ; localisation approximative).

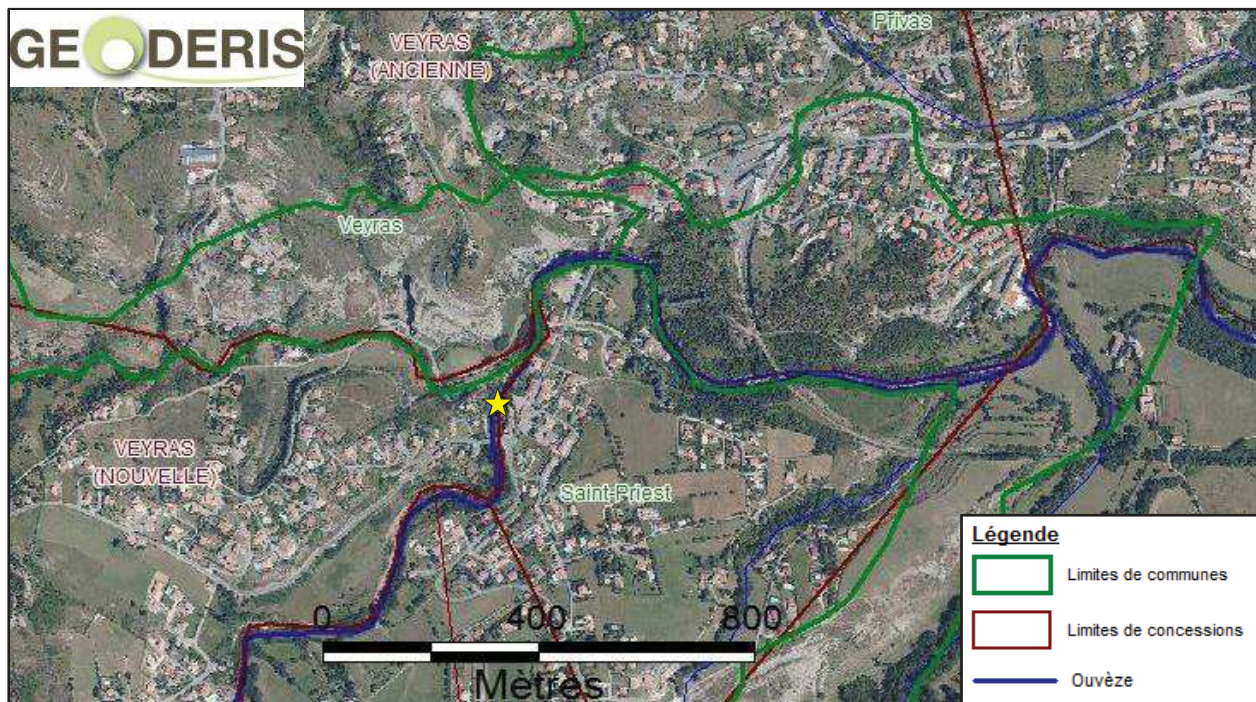


Figure 14: Localisation de la zone d'infiltration de l'Ouvéze dans les travaux souterrains

c. Les dépôts

Dans le cadre de l'inventaire sur les déchets de l'industrie extractive [1], aucun dépôt de résidus miniers n'a été identifié sur les concessions du secteur de Privas. En effet, il semble que les résidus issus du creusement des travaux souterrains aient été réutilisés comme remblais. Il est également envisageable que ces résidus aient été réutilisés pour des travaux de terrassement et/ou de construction mais aucun document ne signale de tels emprunts.

Par ailleurs, les besoins de comblement des galeries et la pénurie de stériles de creusement ont poussé les exploitants à ouvrir des carrières à proximité de Privas.

d. Plan de l'exploitation

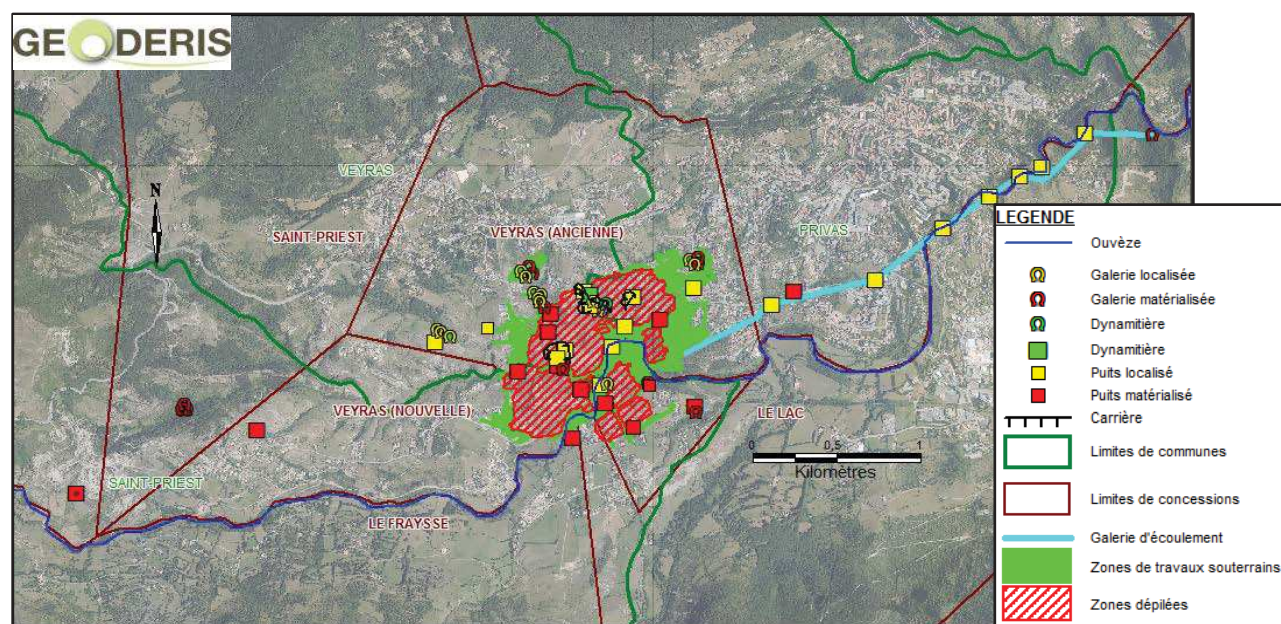


Figure 15: Localisation des ouvrages dans le secteur de Privas

2.2.3 Secteur de Chamée

a. Historique minier

HISTORIQUE

La concession pour pyrite de Flaviac a été attribuée par ordonnance royale du 29 août 1837 en faveur de Mr Durand Mouline aîné et Cie, pour une superficie de 427 ha.

L'exploitation s'est concentrée dans la zone de Chamée, exploitée pour la fabrication de couperose (sulfate de fer), par plusieurs galeries et à ciel ouvert.

En 1862, la mine était signalée comme abandonnée depuis plusieurs années. Le minerai était trop pauvre et friable.

Ayant fait retour à l'État, après la mise en déchéance des concessionnaires par arrêté du 19 décembre 1894, la concession est annulée le 24 mars 1939.

Exploitation

Le minerai a été exploité à l'ouest du bourg de Chamée, à proximité de l'usine de couperose, bien que des travaux de recherche aient été entrepris de part et d'autre du secteur. Le site a été exploité par la méthode de chambres et piliers, la zone d'exploitation principale a été défilée jusqu'au jour, formant une vaste cuvette (cf. Figure 16). Celle-ci montre que les niveaux supérieurs renferment de l'hématite mais que les niveaux inférieurs sont surtout riches en pyrite, qui remplit les nombreuses failles hachant le gisement.

Production

Entre 1820 et 1857, 4 000 t de minerai auraient été extraits.

b. Les installations de surface

Peu d'installations sont encore visibles sur la zone de Chamée. L'étude des aléas de GEODERIS (2010) [3] recense 3 puits et 11 galeries. Dans la zone principale d'exploitation, seule une galerie est encore visible, elle est aujourd'hui ouverte et utilisée comme espace de stockage privé.

Une partie des murs de l'ancienne usine de couperose est également visible. Les archives consultées n'indiquent pas les produits utilisés par cette usine. Est aujourd'hui également visible l'habitation située au sud de la galerie d'entrée.

Des traces de l'ancienne mine à ciel ouvert sont encore visibles de par les dépressions qu'elle forme, mais la végétation l'a entièrement recouverte.

c. Plan de l'exploitation

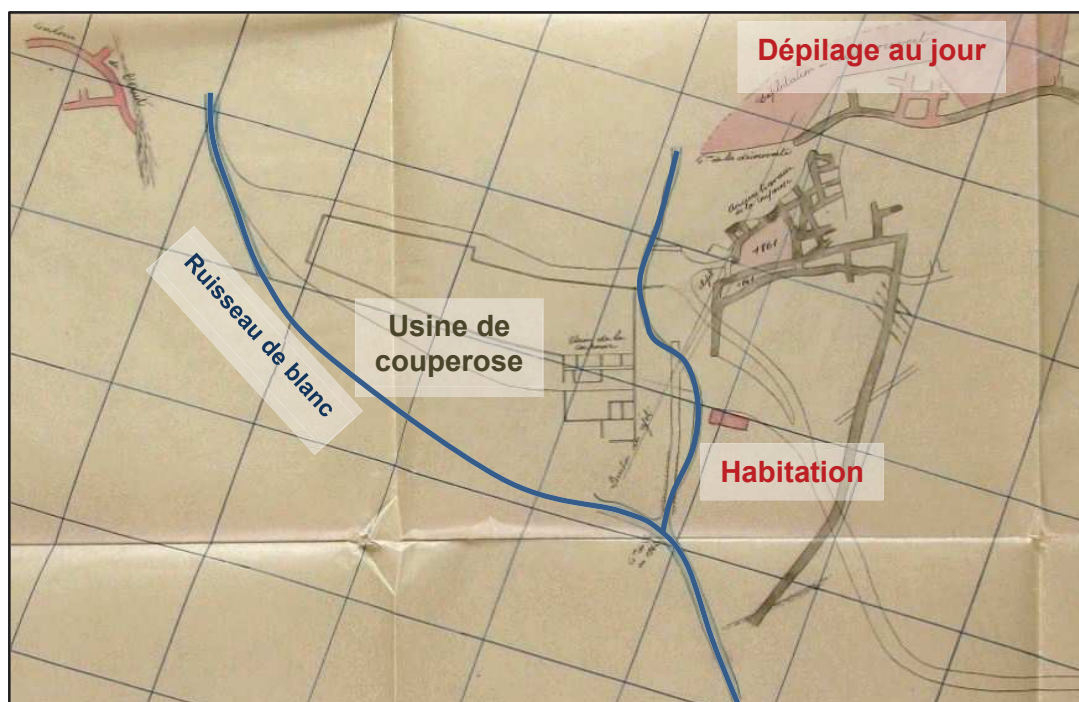


Figure 16: Plan des travaux miniers de la concession de Flaviac

2.3 Photographies aériennes

Les photographies aériennes disponibles sont postérieures à la fin des travaux, ne laissant aucune indication quant à l'activité qui était celle de l'exploitation. L'annexe 3 regroupe des photographies aériennes de 1946 à nos jours. Elles laissent entrevoir les délimitations des dépôts et bassins et montrent que le Terril de Pansier a peu évolué depuis 1946, les emprunts majeurs semblent être antérieurs à cette date. A Chamée, elles laissent entrevoir les ruines de l'ancienne usine de couperose.

3 ETUDE DOCUMENTAIRE

3.1 Démarche de recueil d'informations

Les documents et services consultés ayant permis la rédaction de l'étude documentaire sont synthétisés dans le Tableau 7 suivant :

THEME	SERVICE OU DOCUMENTS CONSULTES	DONNEES COLLECTEES
Géographie	www.cartes-topographiques.fr	Topographie du département de l'Ardèche
Climatologie	DREAL Rhône-Alpes (service ressources, énergie, milieux et prévention des pollutions) Données Météo France	Cumul des précipitations à la station pluviométrique de Chomérac (n°07066001)
	Données Météo France	Direction des vents dominants à Montélimar
	www.infoclimat.fr	Relevé des températures à Montélimar en 2012 et 2013
Hydrogéologie	BSS eau d'Infoterre - BRGM	Ouvrages et profondeur d'eau
Géologie	Infoterre - BRGM	Feuille de Crest (n°842) au 1/50 000 ^e
	BRGM	Feuille de Privas (n°841) au 1/50 000 ^e version projet
Hydrographie	Banque hydro du ministère de l'écologie	Variations de débit de l'Ouvèze relevée à la station V4305010 du Pouzin entre novembre 2012 et juillet 2013.
	Syndicat Ouvèze vive Rapport SPCGD (2007) Rapport DDE Ardèche (2003)-PPRi	Informations sur les crues de l'Ouvèze
Zones environnementales	CARMEN et Infoterre	Détail des zones environnementales et espèces protégées
Occupation des sols	Mairie de Flaviac	PLU 2006 de Flaviac
Eaux de surface	Rapport Iris consultants sur la qualité des cours d'eau du bassin de l'Ouvèze (2000 et 2011)	Concentrations en métaux dans les cours d'eau du bassin de l'Ouvèze
Usages et enjeux	Recensement INSEE	Données de recensement de la commune de Flaviac
Eaux souterraines	ARS Rhône-Alpes	Données sur les captages AEP des communes du bassin de l'Ouvèze

Tableau 7: Synthèse du recueil d'informations de l'étude documentaire

3.2 Contexte général

3.2.1 Géographie

La zone d'étude se situe dans la partie centre-est du département de l'Ardèche, dans l'arrondissement de Privas.

La géographie départementale est marquée, au nord-ouest, par les collines et moyennes montagnes du massif central, le haut-Vivarais. Le centre du département comprend les basaltes du plateau du Coiron et les marno-calcaires du moyen-Vivarais. Le sud du département, ou bas-Vivarais, est creusé par de profondes gorges. L'est du département est délimité par le Rhône et sa vallée.

La Figure 17 suivante est une représentation de la topographie du département, dans lequel s'inscrit le bassin versant de l'Ouvèze.

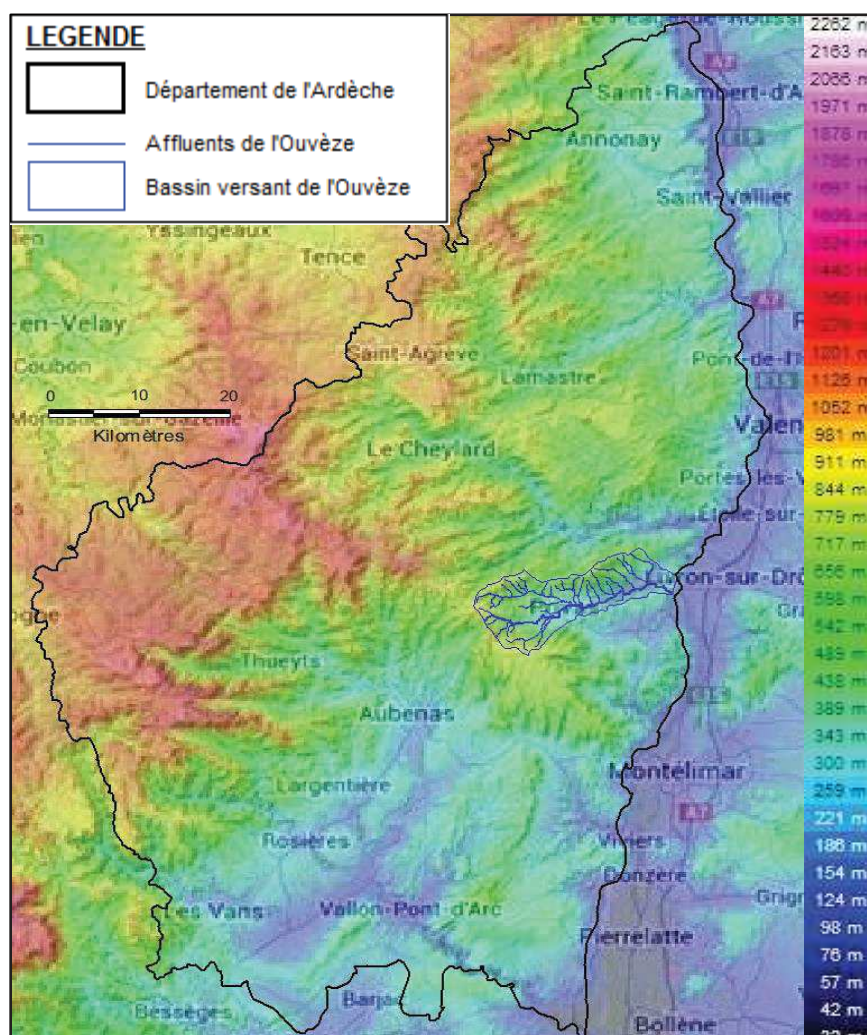


Figure 17: Carte topographique de l'Ardèche (source : site internet cartes-topographiques.fr)

3.2.2 Climatologie

Le climat du bassin de l'Ouvèze est de type « méditerranéen occidental », avec une sécheresse estivale marquée.

La Figure 18 indique les températures relevées à Montélimar (station la plus proche dont les données sont disponibles) entre janvier 2012 et juillet 2013.

La Figure 19, quant à elle, est issue des données brutes de cumuls de hauteurs de précipitations relevées à la station pluviométrique de Chomérac (station n°07066001) par Météo France et fournies par le service Ressources, Energie, Milieux et Prévention des Pollutions de la DREAL Rhône-Alpes.

Les droites correspondent aux périodes d'échantillonnage :

- BE pour les basses eaux (juillet 2012) et fin septembre-début octobre 2012 ;
- HE pour hautes eaux, début mars 2013.

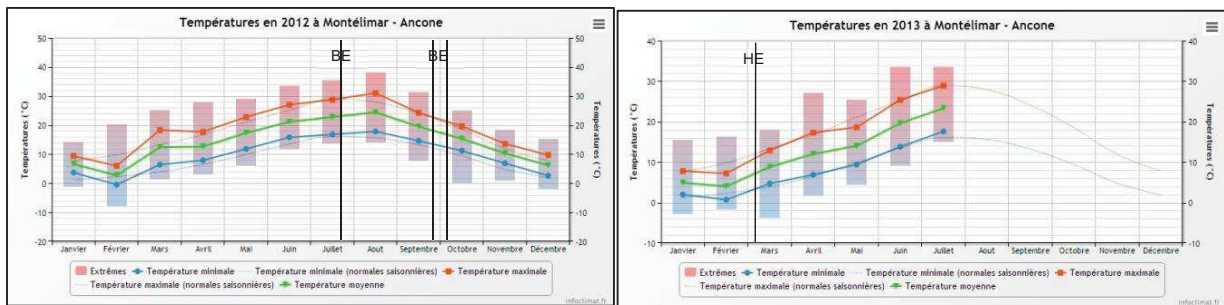


Figure 18: Relevé des températures à Montélimar en 2012 et 2013

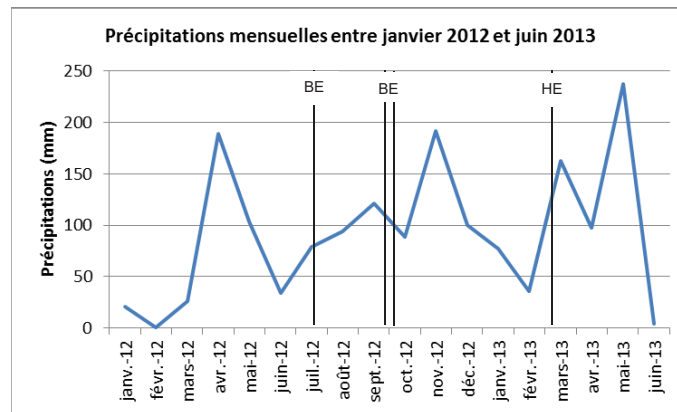


Figure 19: Précipitations moyennes-station de Chomérac entre janvier 2012 et juin 2013 (source Météo France)

3.2.3 Géologie

La géologie ardéchoise est représentée par les structures générales suivantes:

- Le haut Vivarais, plateau granitique de la bordure sud-est du massif central ;
- Le Moyen Vivarais marno-calcaire, il comprend la vallée de l'Ouvèze ;
- Les formations volcaniques du plateau du Coiron ;
- La bordure est des Cévennes cristallines ou schisteuses, recouvertes de dépôts lacustres et continentaux ;
- Le bas-Vivarais, marno-calcaire, creusé d'importantes gorges.

La géologie du bassin versant de l'Ouvèze est marquée par une morphologie très tranchée. La faille de Privas-La Voulte forme une délimitation mettant en contact le socle métamorphique du Massif central au nord et une couverture sédimentaire marno-calcaire jurassique au sud :

- Le socle métamorphique est constitué de micaschistes et d'intrusions de massifs granitiques. Cette formation est le siège de la minéralisation métallique exploitée ;
- Le bassin sédimentaire consiste en une alternance marno-calcaire du Bathonien inférieur et du Bajocien inférieur dans laquelle sont encaissés les gisements de fer stratiforme.

La carte géologique de la Figure 20 est issue des feuilles de CREST (n°842, carte géologique au 1/50 000^e) et de PRIVAS (feuille n°841, carte géologique au 1/50 000^e, **version projet**) pour les parties situées respectivement à l'est et à l'ouest de Flaviac (des détails de ces cartes ainsi que leurs légendes sont présentés dans les paragraphes 3.3.1.a et 3.3.2.a).

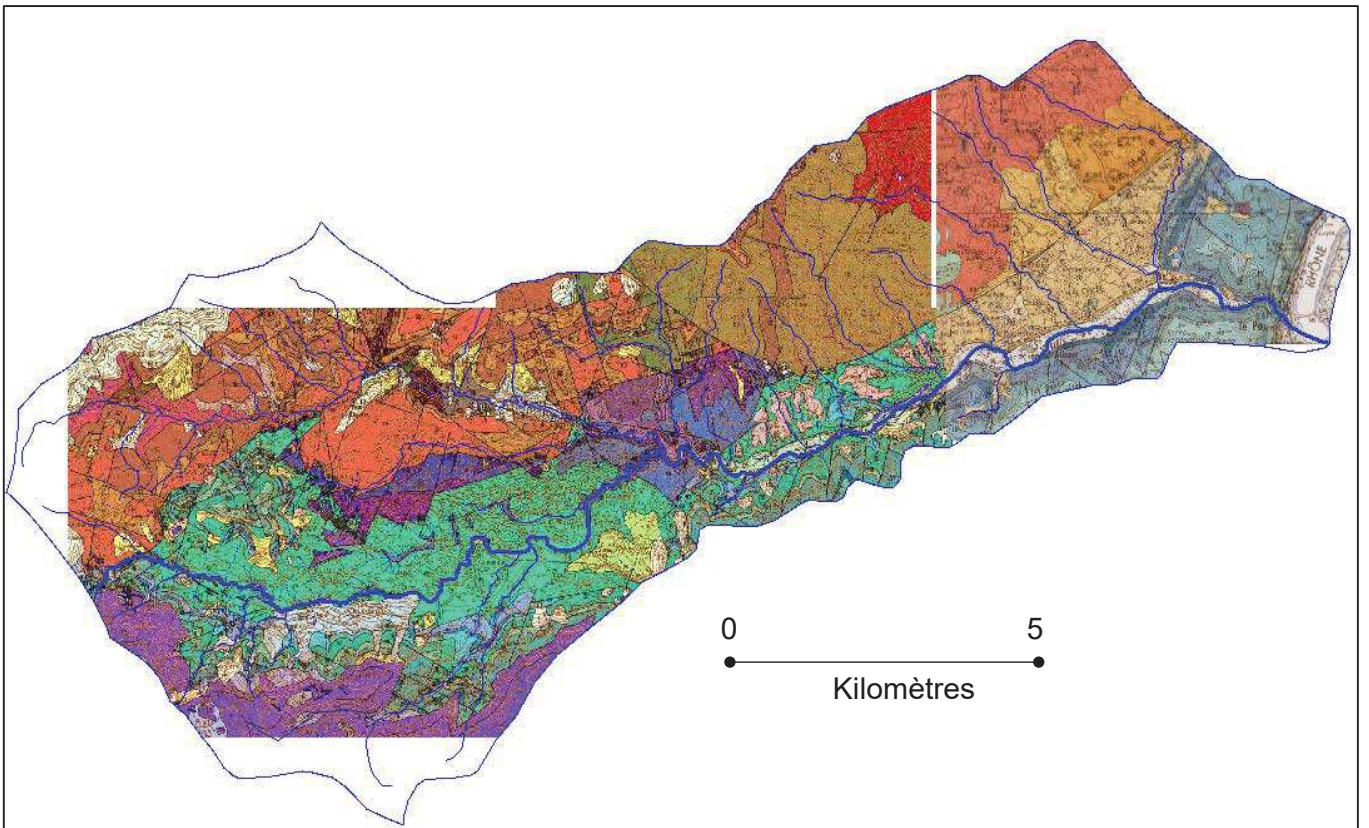


Figure 20: Contexte géologique du bassin versant de l'Ouveze (sources : Infoterre-BRGM et BRGM)

3.2.4 Hydrographie

a. Généralités

Le bassin versant de l'Ouvèze s'étend sur une surface de 125 km² environ, depuis le Col de l'Escrinet jusqu'au Pouzin où l'Ouvèze se jette dans le Rhône. L'Ouvèze fait l'objet d'un contrat de rivière depuis 2009.

Son réseau hydrographique est dissymétrique entre l'amont et l'aval d'une part, et entre rive droite et rive gauche d'autre part. En amont, de sa source jusqu'à la confluence avec le Mézayon (son affluent principal), le chevelu hydrographique est assez peu développé. Après la confluence, les affluents se multiplient en rive gauche. Il s'agit de cours d'eau relativement modestes mais dont l'envergure augmente vers le Rhône. Le régime de ces affluents est torrentiel, à l'origine d'apports de matériaux en périodes de fortes crues.

La plus grande partie du bassin de l'Ouvèze se trouve dans la couverture jurassique (calcaires plus ou moins argileux). La partie amont des affluents rive gauche, à partir de Privas, s'écoule sur le socle cristallin (granites, migmatites) alors que l'amont du Mézayon traverse la couverture triasique (grès).

b. Débits

La Figure 21 est issue de données brutes fournies par la Banque hydro du ministère de l'écologie. Elle indique les variations de débit de l'Ouvèze relevées à la station V4305010 du Pouzin entre novembre 2012 (date des premiers relevés de la station installée en juin 2012) et juillet 2013.

Comme le montre cette figure, l'Ouvèze présente un débit modeste avec un maximum de 158,68 m³/s relevé le 18 mai 2013 et une moyenne globale de 3,5 m³/s.

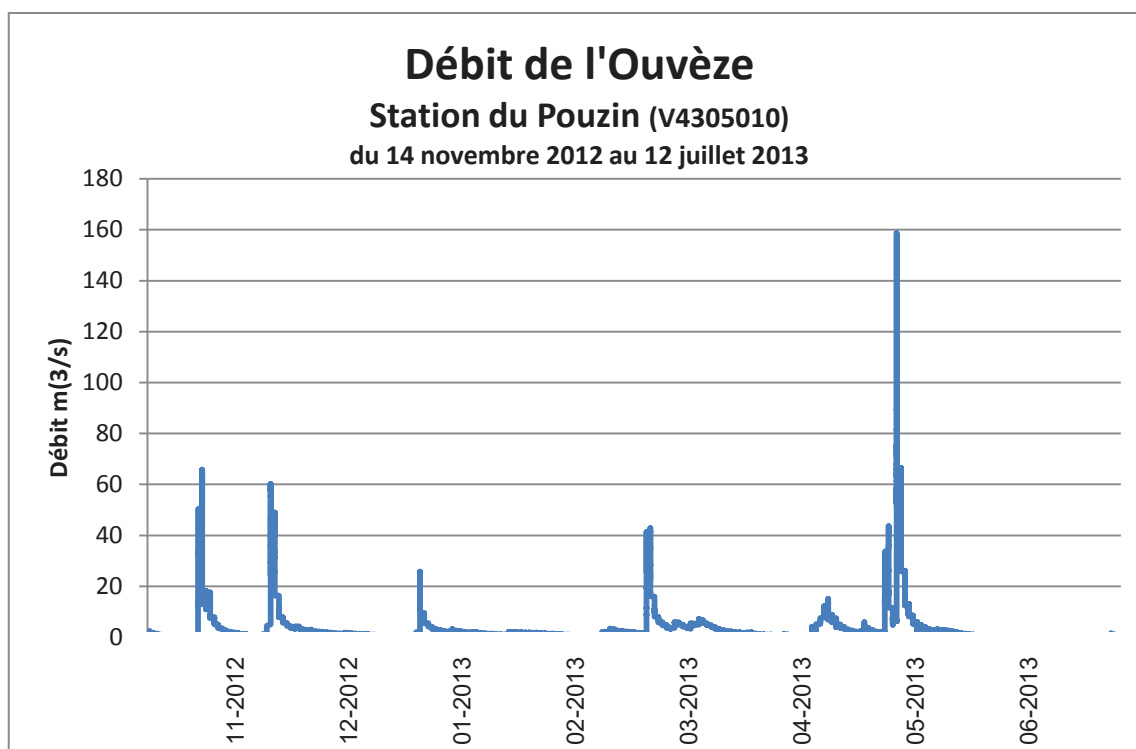


Figure 21: Variations du débit de l'Ouvèze au Pouzin (source : Banque hydro du ministère de l'écologie et du développement durable, station du Pouzin)

c. Crues

La faible dimension du bassin versant de l'Ouvèze l'inclut dans la catégorie des bassins à crues rapides. Le service de prévention des crues du grand delta (SPCGD) identifie trois faciès sur le bassin versant de l'Ouvèze [11] :

- Une moitié amont (de l'Escrinet jusqu'à Privas), présentant un faciès de vallée étroite de moyenne montagne. Ce tronçon ne présente que très peu de secteurs débordants ;
- Une petite moitié aval présentant un faciès alluvionnaire, bien délimitée latéralement, où l'Ouvèze marque assez nettement son lit majeur, en rive gauche notamment. Celui-ci est strictement bordé par les massifs du Coiron au sud et du Vivarais au nord. Les principales zones de débordement sont sur ce tronçon ;
- L'extrémité aval du bassin est formée d'un resserrement entre les deux massifs, formant un verrou particulièrement marqué sur le Pouzin.

Les crues de référence de l'Ouvèze sont :

DATE	PLUVIOMETRIE	DEBIT ESTIME AU RHONE (m ³ /s)	DEGATS
Janvier et septembre 1994	-	-	Quelques dégâts et aggravation des érosions occasionnées par la crue de 1990.
30 septembre 1990	266 mm en 7 h à Privas	350	Période de retour évaluée à 35-50 ans. Suite aux travaux de 1967, l'enveloppe de crue est inférieure à celle de 1967 alors que les intensités ont été estimées similaires. Nombreux dégâts dus aux affluents rive gauche sur les communes de Flaviac à Rompon.
8 octobre 1968	-	400	-
10 août 1967	163 mm en 12 h à Privas	400	Crue liée à un mauvais entretien de la rivière (végétation dense sur les berges et le lit mineur. Charriage DDE grandes quantités de matériaux faisant barrage et augmentant l'étendue des surfaces inondées. Deux morts dans un camping au Pouzin
Octobre 1907 (Crue de référence du bassin)	600 mm en 3 jours, dont 520 mm le 9 octobre à Privas	1 330	Nombreux mouvements de terrain sur le bassin versant, destruction de route et dommages majeurs sur les terrains de l'Ouvèze et des affluents. L'eau a atteint le parapet du pont de Coux. Le pont Romain du Pouzin a été obstrué, les eaux passant en rive gauche.

Tableau 8: Historique des crues du bassin versant de l'Ouvèze

D'après des informations obtenues auprès du syndicat Ouvèze vive, dans les années 1970 et suite aux débordements de la crue de 1967, l'Ouvèze a été draguée. Environ 200 000 m³ de sédiments ont été retirés et placés sur ses berges. Ces sédiments ont été réutilisés par les riverains, mais aucun suivi n'ayant été effectué, leur destination est inconnue.

Lors de fortes pluies, les affluents jouent un rôle important, les pluies n'étant pas suffisamment fortes pour faire déborder l'Ouvèze mais suffisantes pour le débordement des ruisseaux, ravins et petits émissaires naturels. Ces débordements ne sont pas dus aux débits mais à un mauvais entretien des affluents [12].

Il est à noter que le ruissellement est important sur le bassin versant, dû à sa morphologie et sa géologie.

3.2.5 Zones environnementales du bassin de l'Ouvèze

Bien que ne faisant pas partie des zones d'exploitation, les zones environnementales suivantes font partie du bassin de l'Ouvèze et sont donc susceptibles d'être impactées par les activités minières passées, par diffusion de la contamination via les eaux, l'air, le déplacement des sources primaires de contamination etc.

La liste suivante est issue de la base de données CARMEN et des données Infoterre (BRGM). Elle ne comprend que les zones qui se situent en aval de l'exploitation de Privas, ou à proximité de celle-ci:

- Parc naturel régional (PNR) des monts d'Ardèche : il se situe dans la partie nord du bassin versant et s'étend jusqu'à l'Ouvèze au niveau de la commune de Coux ;
- Zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF) de type I :
 - o les ruisseaux de Lyas, de l'Ubac et du Mézayon (chauves-souris, écrevisse à patte blanche, barbeau méridional, hibou, putois etc.);
 - o les grottes de la Jaubernie et du Meysset (chauves-souris) ;
 - o les plateaux des Gras et de Rompon (oiseaux, chauves-souris, castors, amphibiens etc.) ;
 - o la serre de Gouvernement (oiseaux et chauves-souris) ;
- Zone importante pour la conservation des oiseaux (ZICO) : le col de l'Escrinet comprenant landes et bosquets, important pour de nombreux rapaces ;
- Site inscrits (SI). Ils sont au nombre de sept dans le bassin (château, colline, grottes, chapelle, hameau, ferme et roc) ;
- Zone Natura 2000 d'intérêt communautaire (SIC) : les rivières de Rompon, Ouvèze et Payre (flore et grottes).

3.3 Contexte de la zone d'étude

Comme décrit dans le paragraphe 1.1.2, le périmètre de la zone d'étude, tel que défini dans la demande de la DREAL, est le bassin versant de l'Ouvèze.

Ce bassin s'étendant sur une superficie de 125 km², il n'a pu être analysé dans son intégralité, un maillage systématique n'étant pas envisageable. Les possibilités de contamination par des sédiments épandus et/ou des résidus réemployés ont été prises en compte. Néanmoins, la méconnaissance du devenir de ces éléments ne permettait pas d'envisager un échantillonnage systématique.

Ainsi, les zones d'étude comprennent les zones d'exploitations minières ainsi que les zones dont l'étude historique et documentaire a permis de déterminer une contamination potentielle par les activités minière passées. Elles comprennent également les points de prélèvement ayant permis la détermination d'environnements locaux témoins (cf. paragraphe 6.2.2.a).

Les zones d'étude n'ont pas de tracé précis, elles englobent des éléments divers tels que les zones d'activités minières (exploitation, traitement du minerai, stockage des déchets etc.), les sources de contamination secondaires (sédiments, résidus déplacés etc.), les jardins, lieux publics, chemins de promenade etc.

Dans le cadre de l'étude documentaire sur le bassin versant de l'Ouvèze, deux secteurs ont été définis :

- les secteurs de Chaliac et de Chamée (nommé **secteur de Flaviac** dans les paragraphes suivants), étudiés conjointement ;
- le **secteur de Privas**. Celui-ci ne comprenant ni dépôts de résidus, ni usines de traitement de minerais. L'étude de ce secteur concerne principalement l'impact des anciennes exploitations sur le réseau hydrographique principal, à savoir l'Ouvèze.

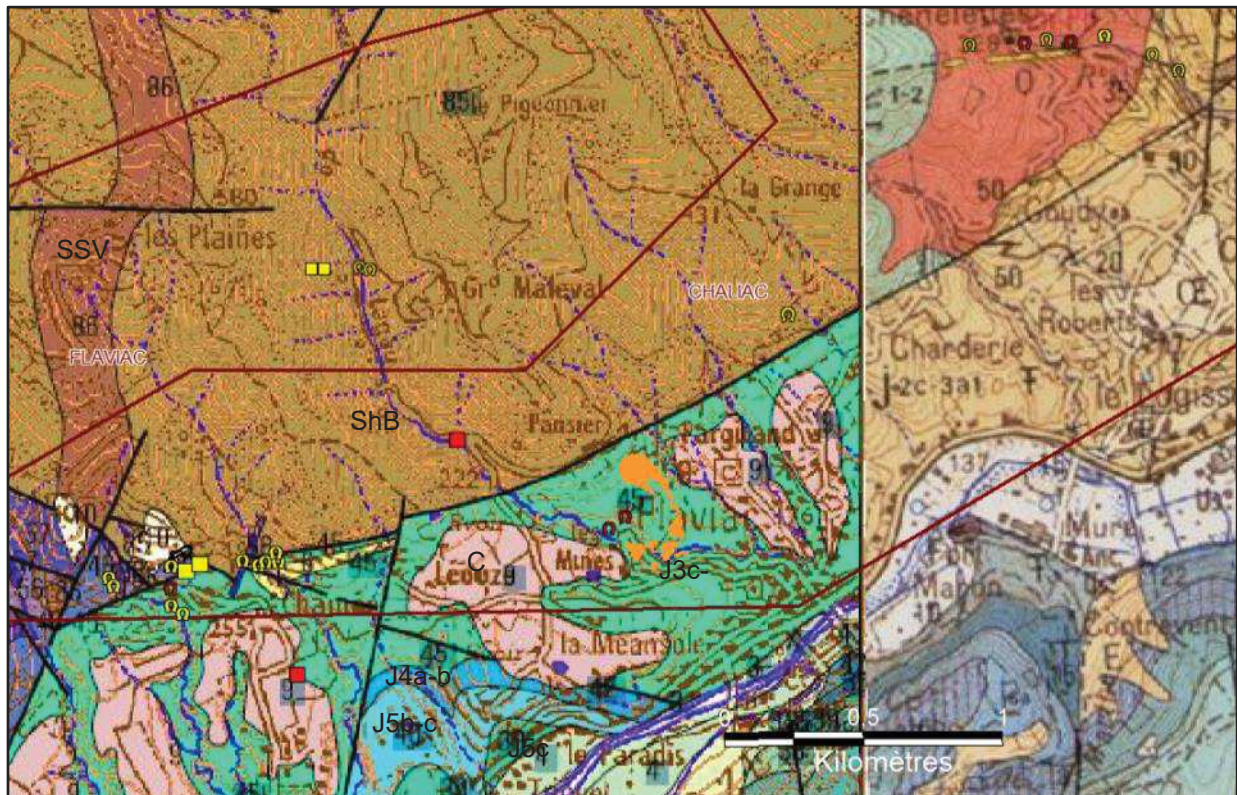
3.3.1 Secteur de Flaviac

a. Géologie

Le secteur de Flaviac se situe à cheval sur deux ensembles géologiques : au sud, le bassin sédimentaire marno-calcaire jurassique qui s'arrête brutalement contre la faille d'effondrement de Privas-La Voulte. Au nord, les terrains cristallins et métamorphiques anciens du Massif central.

L'exploitation de Flaviac, située au hameau de Chamée, a exploité la pyrite qui a rempli les accidents structuraux dus aux mouvements de la faille de Privas.

La Figure 22 suivante est issue des feuilles de CREST (n°842, carte géologique au 1/50 000^e) et de PRIVAS (feuille n°841, carte géologique au 1/50 000^e **version projet**) pour les parties situées respectivement à l'est et à l'ouest de Flaviac.



LEGENDE

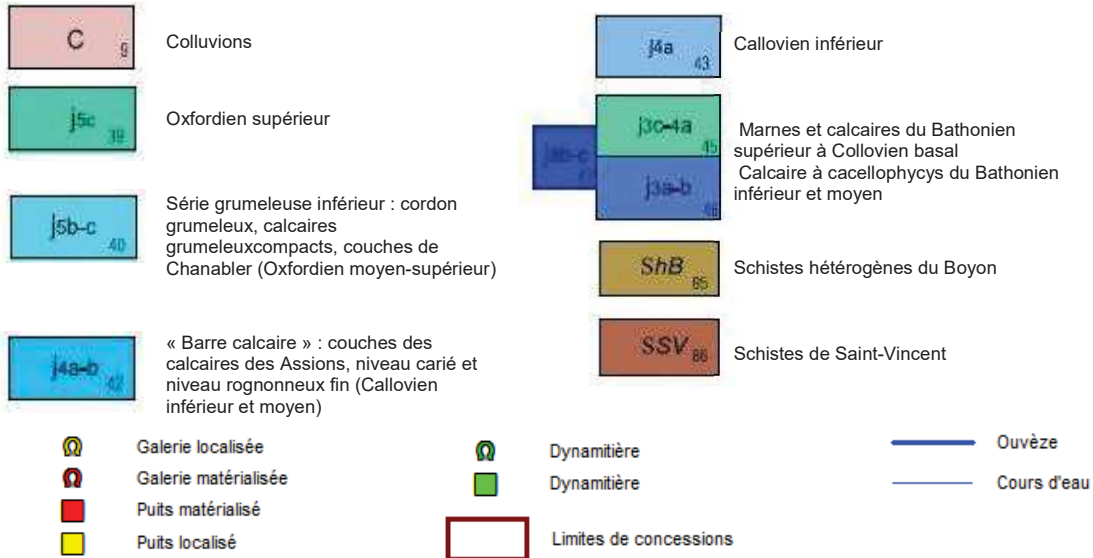


Figure 22: Extrait des cartes géologiques du Crest (feuille n°842) et de Privas (feuille n°841, version projet) au 1/50 000e

b. Cadre géologique

CONCESSION DE CHALIAIC

La concession de Chaliac couvre les terrains cristallins qui séparent les rivières de l'Eyrieux et de l'Ouvèze. La minéralisation se situe au sein des structures filoniennes encaissées dans le socle cristallin (micaschistes), au nord de la faille de Privas-La Voulte.

Deux zones filoniennes ont été exploitées : le filon Juliette et les filons du groupe de Malleval (composé du filon de Chaliac, du filon de Combechaude et du filon Alice). Un troisième groupe de filons a fait l'objet de recherches sans exploitation : les filons de Pargirand et de la Charderie.

Le filon le plus important est situé dans un massif de granite porphyroïde gris qui encaisse le filon de Chaliac sur lequel ont porté les travaux de recherche les plus importants, puis tous les travaux d'exploitation.

Le filon Juliette

Ce filon subvertical orienté est-ouest, encaissé dans les micaschistes, présente une épaisseur de 1 m à 1,5 m. Sa minéralisation est constituée de blende et de galène dans une gangue de quartz pyriteuse, la roche encaissante étant un granite à gros éléments. Il affleure entre les ruisseaux de Vendèze et de Lagau sur une distance de 3 km.

Les travaux ont porté sur trois niveaux, le niveau intermédiaire et le niveau supérieur (Juliette) présentaient une teneur moyenne de 14,8 % de zinc, 4,5 % de plomb et 80 g d'argent à la tonne de plomb.

Les filons de Malleval

Le pendage de ces filons est subvertical avec une tendance vers le sud. La minéralisation est constituée de galène, blende, chalcopryrite, pyrite, cuivre-gris, marcasite, chalcocite dans une gangue quartzreuse.

En 1893, une descenderie ouverte dans les filons Malleval donnait 14% de plomb et 1,3 kg d'argent à la tonne de plomb.

Trois filons ont été explorés : le filon Combechaude au nord, exploité en 1906, le filon Chaliac et le filon Alice, au sud.

Les sites de la Charderie et de Pargirand

La minéralisation est constituée de mispickel et de chalcopryrite avec un peu de chalcocite et de blende dans une gangue quartzreuse.

CONCESSION DE FLAVIAC – CHAMEE

Il semble qu'ont été exploités :

- la minéralisation ferrifère stratiforme située dans le prolongement de Privas, à la limite du Bajocien et du Bathonien supérieur. Au mur se trouvent des calcaires à entroques et au toit, des marnes siliceuses.
Le minerai stratiforme était constitué d'une alternance de passées rouges hématitiques et de passées noires avec de nombreux grains de quartz. La pâte est calcaro-marneuse et riche en hématite ;
- La pyrite issue du remplissage des accidents structuraux.

c. Hydrogéologie

Le socle micaschisteux peut présenter des réserves d'eau ponctuelles mais la présence d'une nappe continue de grande dimension est peu probable.

La BSS disponible sur Infoterre ne recense aucun ouvrage à proximité des zones d'exploitation ou des vestiges de celles-ci (bâtiments, dépôts, bassins etc.).

Les témoignages oraux indiquent qu'il n'y a pas de puits privés sur la commune de Flaviac. Toutefois, la présence de puits non recensés n'est pas exclue mais aucune information n'a permis d'en localiser. Pour la suite de l'étude, il sera donc considéré qu'aucune nappe d'eau souterraine utilisée pour l'alimentation en eau potable n'est présente au droit des sites étudiés du secteur.

d. Occupation des sols

Le plan local d'urbanisme (PLU) de la commune de Flaviac, approuvé le 26 juin 2006 [9], indique que (cf. Figure 23) :

- les zones des laveries, des dépôts et des bassins sont en zone naturelle (N), c'est-à-dire en zone naturelle et forestière, à protéger, de même que les champs situés au sud-est du Terril de Pansier.

Cette zone est constructible dès lors que les constructions ne portent pas atteinte aux intérêts protégés.

- Les champs situés au sud du Terril de Pansier et au nord des laveries sont en zone agricole, de même que ceux situés au sud-est du terril de Pansier ;
- Les marnes situées au nord de la petite laverie sont en zone naturelle à risque d'érosion (Nr).

Aucune extension de l'urbanisation n'est envisagée dans ces zones.



Figure 23: Extrait du PLU de Flaviac - 2006

L'exploitation de Chamée est, quant à elle, en zone peu dense à vocation d'habitat (UC) pour la partie comprenant l'habitation et la zone à l'est de l'ancienne usine de couperose. La partie ouest, comprenant les murs de l'ancienne usine et l'entrée de la galerie, sont en zone naturelle (N) (cf. Figure 24).

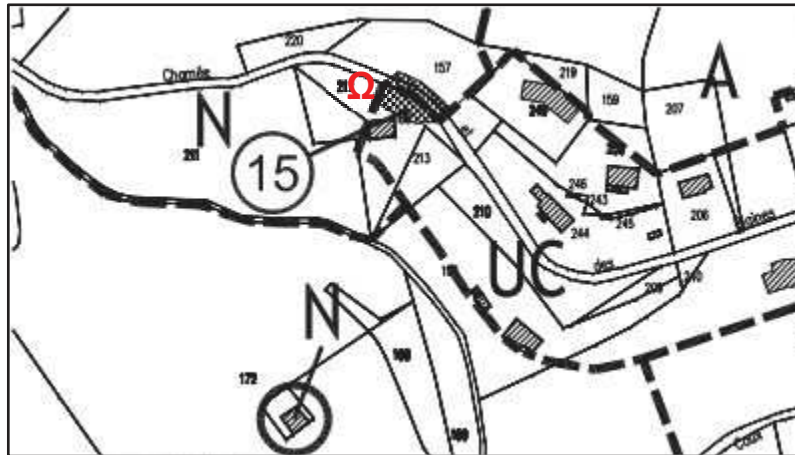


Figure 24: Extrait du PLU de Flaviac-exploitation de Chamée – 2006
Le symbole Ω indique la position approximative de la galerie d'écoulement

e. Contexte environnemental

Le secteur de Flaviac (ainsi que l'exploitation de Chamée) ne s'inscrit dans aucune zone environnementale recensée dans la base de données CARMEN ni dans les données visibles sur Infoterre du BRGM.

3.3.2 Secteur de Privas

a. Géologie

La géologie du secteur de Privas consiste en un bassin sédimentaire marno-calcaire daté du Dogger : marnes friables du Callovien et calcaires du Bathonien supérieur, extrêmement faillée dans la partie nord, à la limite avec le socle. Dans ce secteur, l'Ouvèze a creusé son lit dans le Lias.

La Figure 25 suivante schématise la structuration du secteur, depuis les plateaux du Coiron, jusqu'au socle micaschisteux, en passant par Privas et l'Ouvèze.

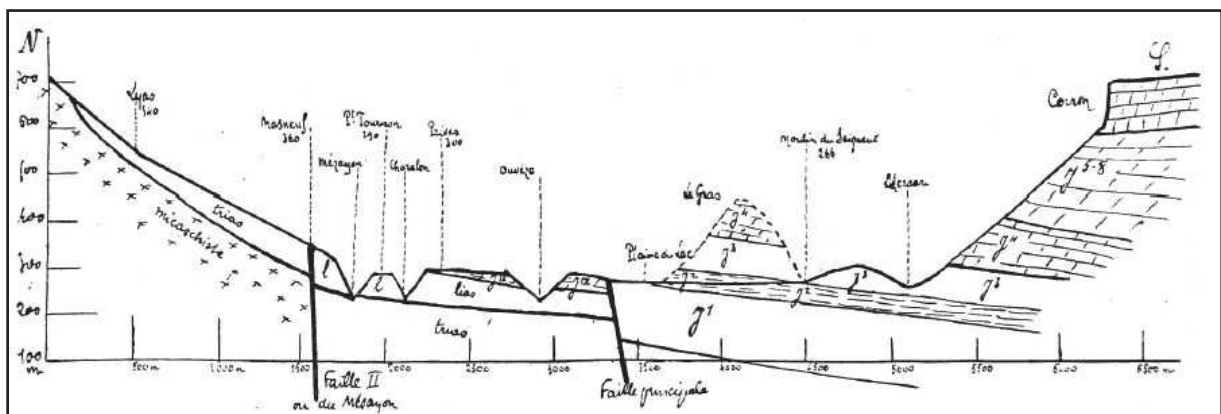


Figure 25: Coupe schématique N-S du secteur de Privas [7]

La Figure 26, est un extrait de la carte géologique de Privas (feuille n° 841, **version projet**).

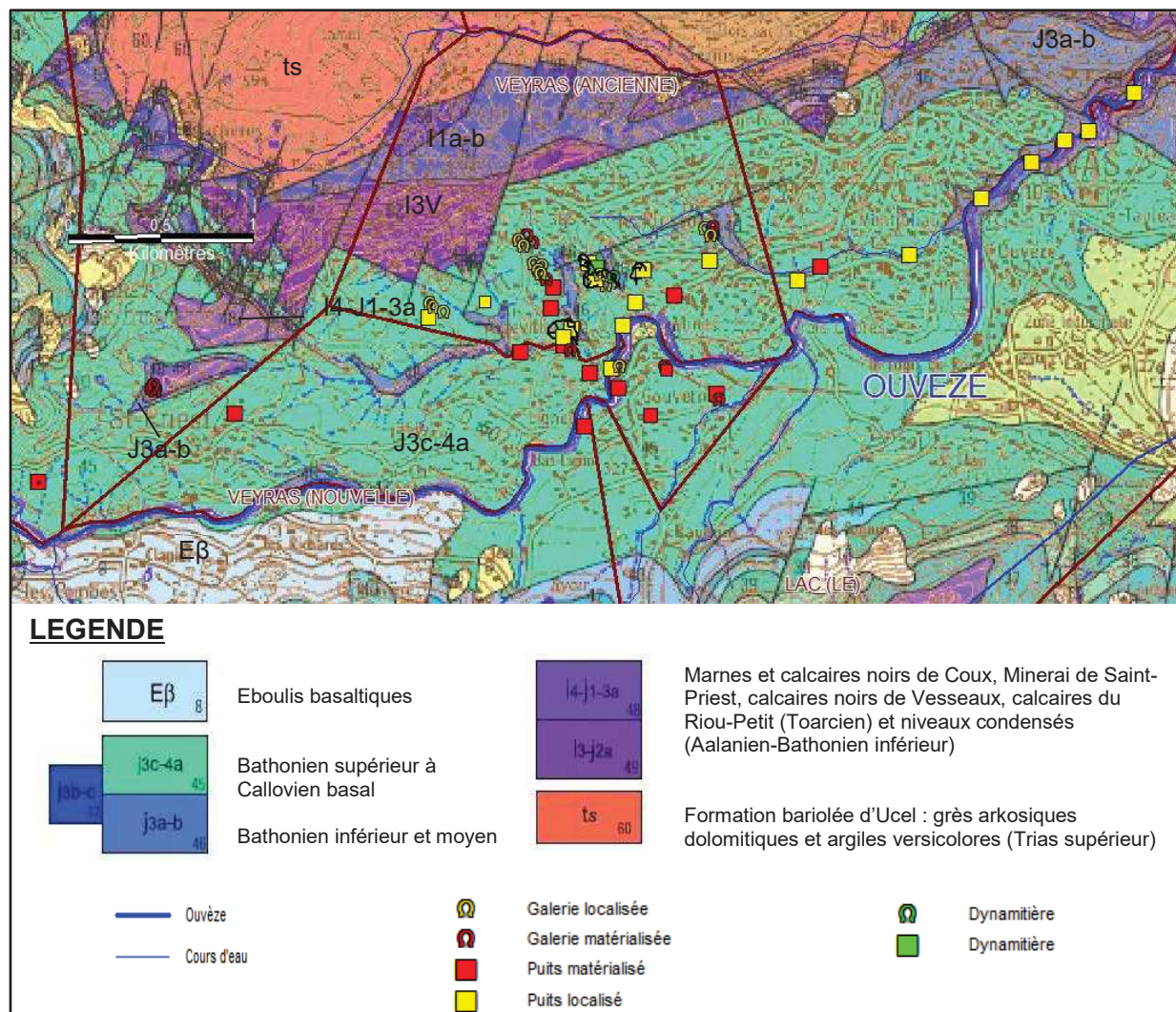


Figure 26: Extrait de la carte géologique de Privas au 1/50 000e (feuille n°841, version projet)

b. Cadre géologique

La concentration ferrifère stratiforme de Privas est connue sur 4,5 km de longueur en direction est-ouest, et 1,7 km dans le sens nord-sud. Le gisement est constitué d'une couche lenticulaire hématitique très aplatie plongeant vers le SSW avec une pente d'environ 30°. La puissance, qui est de 1,5 m aux affleurements, peut atteindre 7,5 m.

Le minerai ferrifère comprend deux couches stratiformes mais seule la couche supérieure, plus puissante, a fait l'objet d'une exploitation intensive. Il est constitué d'hématite et de limonite contenant environ 40 % de fer et 20 % de silice.

La couche exploitée est formée de deux bancs séparés par un intercalaire carbonaté de 20 à 70 cm de puissance. La structure du banc supérieur est feuilletée tandis que celle du banc inférieur est agatisée en boules. Ces deux bancs présentent une teneur en fer similaire même si celle du banc agatisé est sensiblement supérieure.

De nombreuses failles de directions variées découpent le gisement de Privas mais deux directions préférentielles sont à noter : N120° et sa conjuguée N30°. Ces failles induisent de faibles rejets allant de quelques dizaines de centimètres à quelques mètres, le sens étant variable.

La Figure 27 suivante schématise le banc minéralisé au sein du bassin sédimentaire.

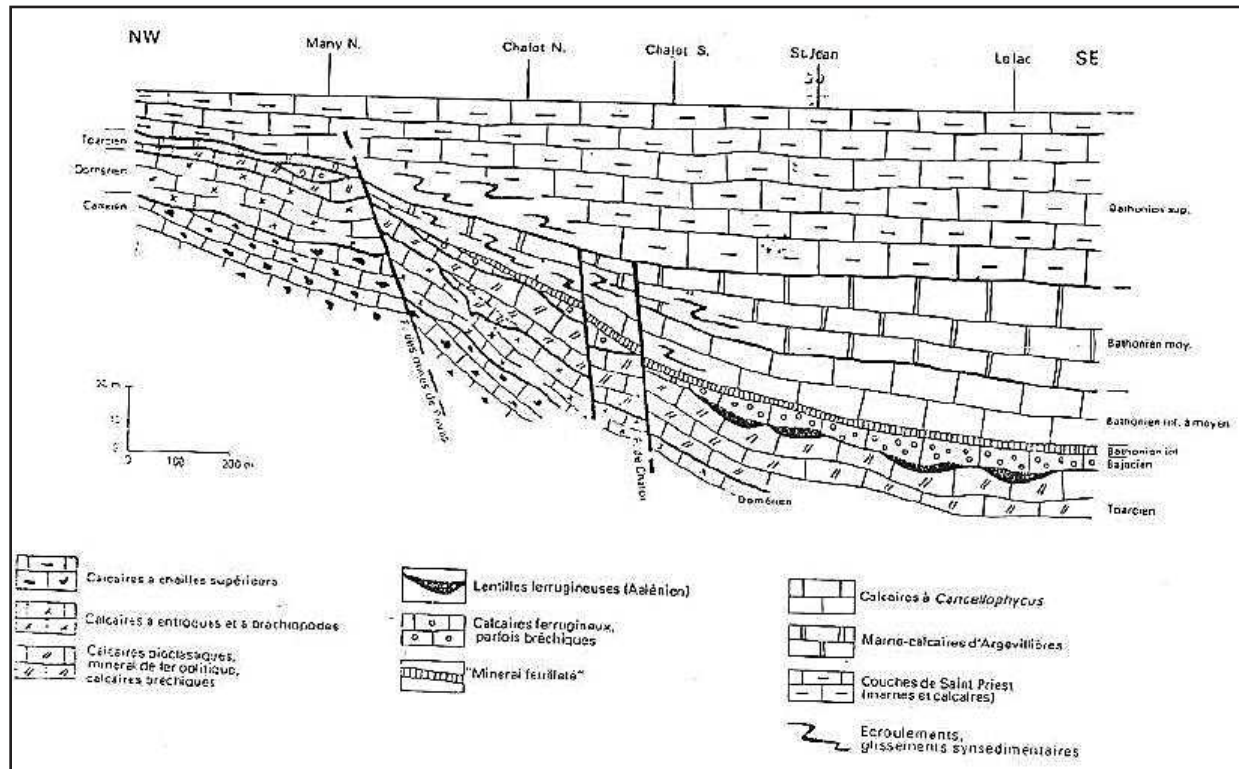


Figure 27: Situation paléogéographique du minerai de fer de Privas. Source [8]

c. Hydrogéologie

La BSS recense plusieurs ouvrages au sein de la commune de Privas. Les forages situés entre l'Ouvèze et le Mézayon indiquent un niveau d'eau à environ 20-30 m de profondeur, dans les calcaires gris liasiques. A St-Priest, un forage indique une masse d'eau à environ 125 m de profondeur, dans les calcaires gris également.

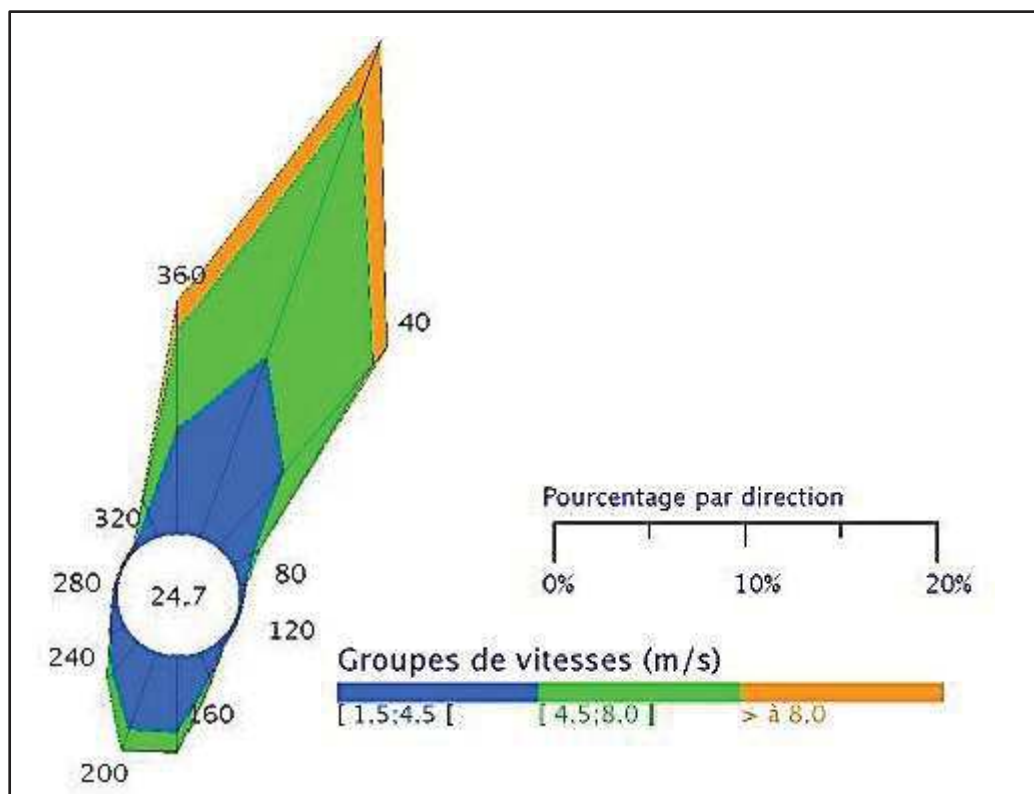
d. Contexte environnemental

Le secteur de Privas est concerné par la présence d'une Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF) de type II : « Plateau et contreforts du Coiron ». Il s'agit d'une table basaltique où abondent une faune et une flore d'intérêt (cytise à longs rameaux, écrevisse à patte blanche, alouette des champs etc.). Le Coiron est voué à l'élevage ovin et bovin. L'annexe 4 comprend la fiche descriptive de cette ZNIEFF II.

3.3.3 Contextes communs aux secteurs de Privas et de Flaviac

a. Climatologie

La station météorologique accessible la plus proche du bassin versant de l'Ouvèze est celle de Montélimar, située à environ 20 km au sud-ouest. La Figure 28 suivante, synthétise la direction des vents de 1991 à 2010 et indique une direction majeure des courants vers le nord-nord-est.



b. Qualité des eaux de surface

Une étude menée par Iris consultant sur l'initiative du syndicat Ouvèze vive, sur la qualité des cours d'eau du bassin de l'Ouvèze pour l'année 2010 conclut que « *la contamination métallique est significative pour le Lagau et le Vendèze, affluents de l'Ouvèze, dès l'amont, depuis Flaviac jusqu'au Rhône* », comme le montre la figure 30 [10].

Toutefois, la comparaison aux résultats d'une étude similaire réalisée en 2000 indique que cette contamination s'est stabilisée ou améliorée pour l'Ouvèze, le Lagau et le Mézayon aval tandis qu'elle s'est accentuée pour le Vendèze.

Il est à noter que cette étude s'est attachée à la caractérisation des cours d'eau, sans prise en compte des environnements locaux témoins, permettant de définir une qualité des cours d'eau exempt d'actions anthropiques.

L'Ouvèze fait l'objet de rejets de stations d'épuration en trois points, matérialisés à l'aide d'une étoile jaune sur la Figure 29 suivante.

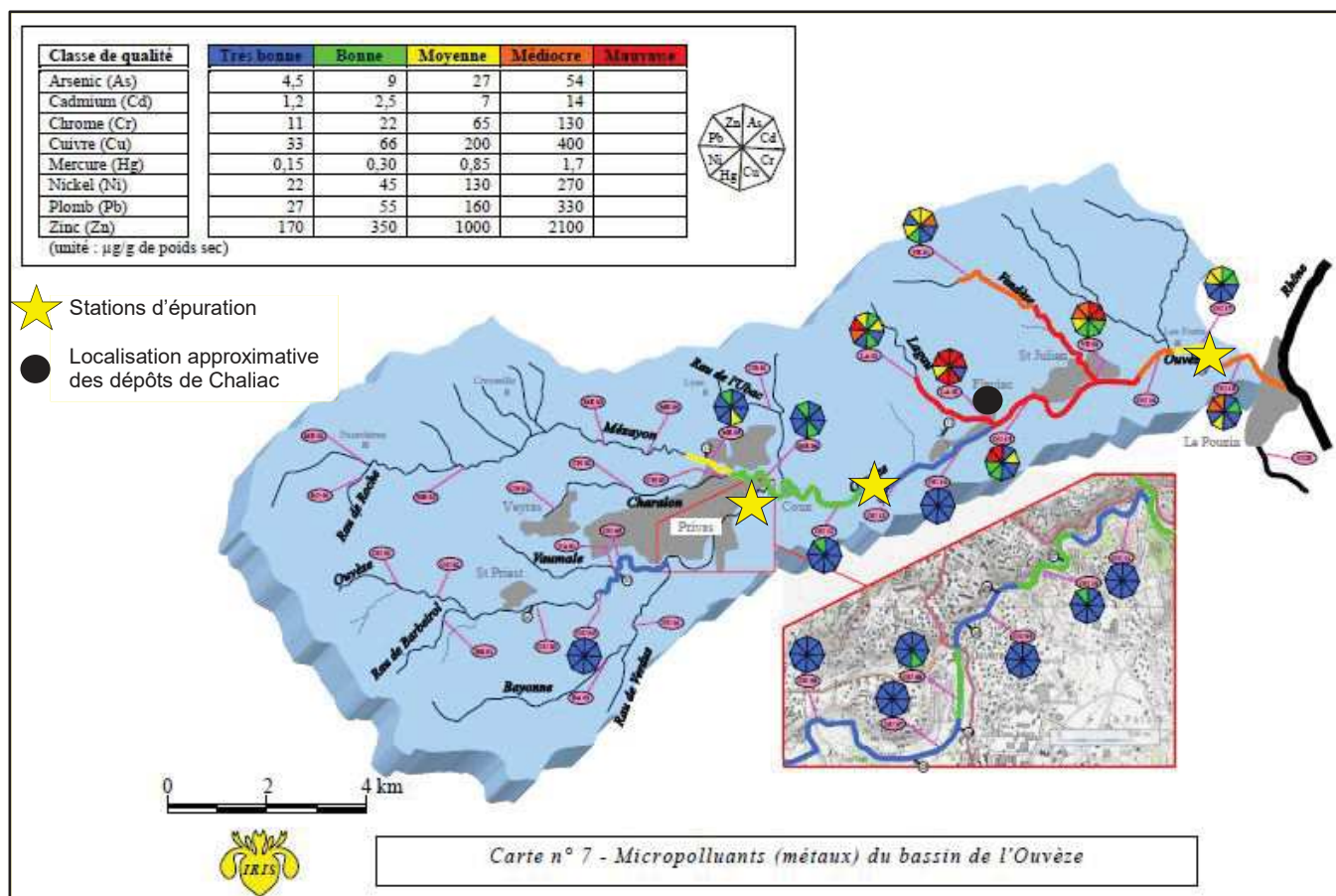


Figure 29: Extrait du rapport d'Iris consultants (2011) indiquant les concentrations en métaux du bassin

3.4 Usages et enjeux

3.4.1 Population locale

Les anciennes exploitations minières du secteur de Privas ne présentant pas d'installations de surface potentiellement impactantes au vue de l'étude historique et documentaire, seule la commune de Flaviac fera ici l'objet d'une étude administrative succincte. Elle englobe les exploitations de Chaliac et de Flaviac (Chamée).

En 2010, la commune de Flaviac comptait 1 113 habitants. D'après les informations de recensement de l'INSEE, en 2009, elle en comptait 1 104, dont une proportion d'enfants d'environ 17 % (0 à 14 ans). La tranche d'âge la plus importante, comprenant environ 25 % des habitants, est celle des 45 à 59 ans (cf. Figure 30 suivante).

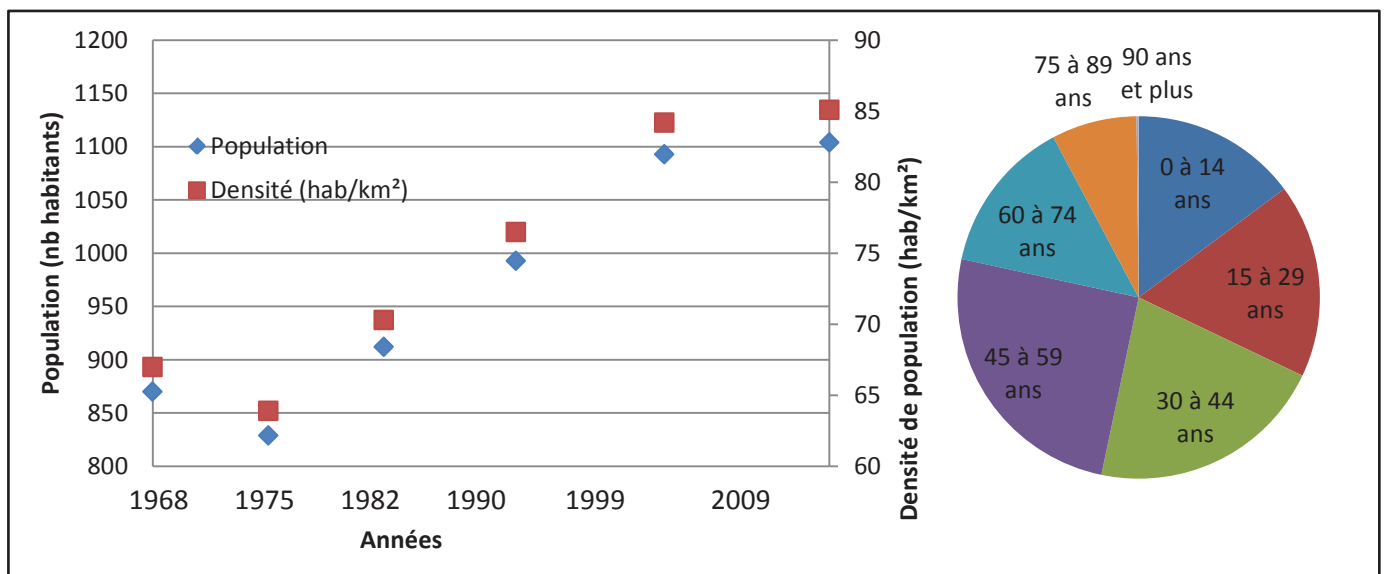


Figure 30: Répartition de la population de la commune de Flaviac entre 1968 et 2009

En 2009, la proportion de résidences secondaires, par rapport à l'ensemble des types résidentiels était de 4,6 %.

L'INSEE recense, au 31 décembre 2010, 71 établissements actifs à Flaviac (cf. Figure 31 suivante).

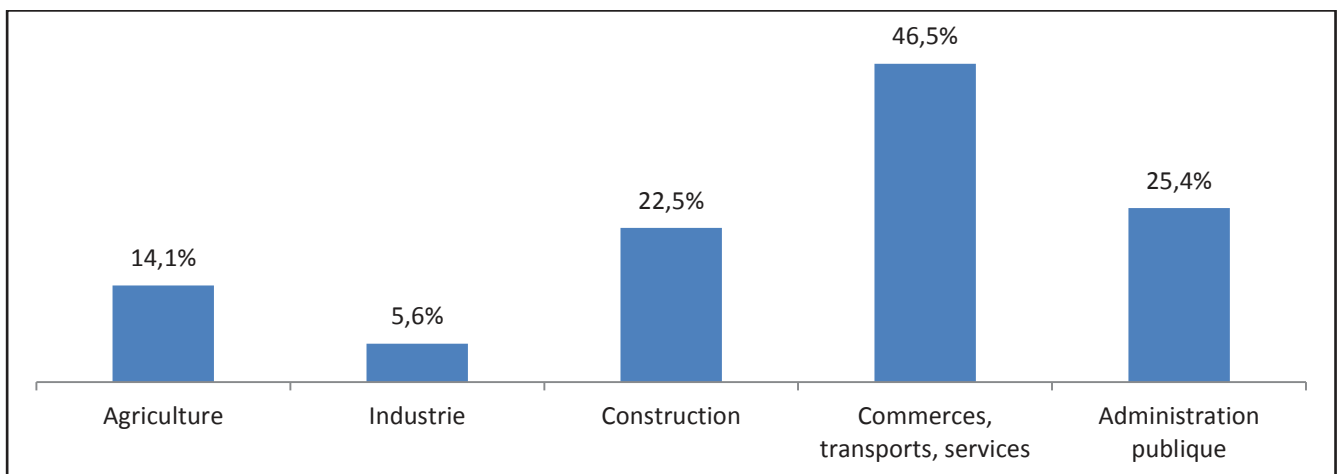


Figure 31: Répartition des établissements publics de la commune de Flaviac au 31-12-10

La commune compte un établissement accueillant des enfants, il se situe le long de la route menant à Privas et est éloigné de l'exploitation. Il ne semble pas qu'elle compte d'établissements accueillant des personnes malades ou âgées.

3.4.2 Eaux souterraines

L'alimentation en eau potable de Privas et des communes limitrophes provient de forages situés en tête de bassin (cours d'eau : Ouvèze, Charalon, Mézayon et Verdus ; cf. figure 33) et gérés par le Syndicat des eaux du bassin de Privas (SEBP). A partir de l'aval de Coux, l'eau potable des communes de Flaviac, St-Julien-en-St-Alban, Rompon et le Pouzin est gérée par le syndicat Ouvèze-Payre et provient de la nappe du Rhône.

L'agence régionale de santé (ARS) Rhône-Alpes recense 9 captages AEP sur les communes d'intérêt pour cette étude, à savoir (d'ouest en est) : Saint-Priest, Veyras, Lyas, Privas, Coux, Flaviac, Saint-Julien-en-Saint-Alban, Rompon et Le Pouzin.

Ces captages sont listés dans le tableau de la Figure 32 et localisés sur la Figure 33.

AGENCE REGIONALE DE SANTE RHONE ALPES		Délégation territoriale de L'Ardèche		Recensement des captages AEP									
		Service : Environnement et Santé											
PRO - Commune(s) des PP - Nom	UGE - Nom	PSV - Commune - Nom	INS - Type - Code	INS - Nom	CAP - BSS - Code	INS - Code	INS - Usage direct - Libellé	INS - Etat - Code	CAP - Type de ressource - Libellé	CAP - Type - Nom	PRO - Etat procédure - Libellé	PRO - Avis géologues - Date	PRO - D.U.P. - Date
LE POUZIN	OUVEZE PAYRE SYNDICALE	LE POUZIN	CAP	PAYRE	842-1X-20	001385	ADUCTION COLLECTIVE PUBLIQUE	ACT	PERMANENT	PUITS (NAPPE PEU PROFONDE)	Procédure terminée (captage public)	20/01/1997	12/08/1997
ROMPON	OUVEZE PAYRE SYNDICALE	LE POUZIN	CAP	PAYRE	842-1X-20	001385	ADUCTION COLLECTIVE PUBLIQUE	ACT	PERMANENT	PUITS (NAPPE PEU PROFONDE)	Procédure terminée (captage public)	20/01/1997	12/08/1997
ROMPON	ROMPON COMMUNALE	ROMPON	CAP	FONTAINE LA POSTE	842-1X-40	000572	ADUCTION COLLECTIVE PUBLIQUE	ACT	PERMANENT	SOURCE (CAPT D'UNE EMERGENCE)	Procédure terminée (captage public)	29/12/1997	04/06/1999
PRIVAS	SEBP SYNDICALE	FREYSSNET	CAP	BOUCHET	841-7X-15	001217	ADUCTION COLLECTIVE PUBLIQUE	ACT	PERMANENT	SOURCE (CAPT D'UNE EMERGENCE)	Procédure terminée (captage public)	22/07/2009	12/07/2011
PRIVAS	SEBP SYNDICALE	FREYSSNET	CAP	VERDUS	841-7X-15	001221	ADUCTION COLLECTIVE PUBLIQUE	ACT	PERMANENT	SOURCE (CAPT D'UNE EMERGENCE)	Procédure terminée (captage public)	22/07/2009	12/07/2011
PRIVAS	SEBP SYNDICALE	VEYRAS	CAP	LA BAREZE	841-3X-38	001564	ADUCTION COLLECTIVE PUBLIQUE	ACT	SECOURS ACTIF-UTILISATION NON CHRO.	FORAGE(EAU PROFONDE)	Procédure terminée (captage public)	20/01/1986	04/11/1988
VEYRAS	SEBP SYNDICALE	VEYRAS	CAP	LA BAREZE	841-3X-38	001564	ADUCTION COLLECTIVE PUBLIQUE	ACT	SECOURS ACTIF-UTILISATION NON CHRO.	FORAGE(EAU PROFONDE)	Procédure terminée (captage public)	20/01/1986	04/11/1988
VEYRAS	SEBP SYNDICALE	VEYRAS	CAP	LA SELVE	841-3X-37	001568	ADUCTION COLLECTIVE PUBLIQUE	AB0	SECOURS ACTIF-UTILISATION NON CHRO.	PUITS (NAPPE PEU PROFONDE)	Procédure terminée (captage public)	10/12/1986	05/12/1972
COUX	SEBP SYNDICALE	COUX	CAP	ONCLAIRE	841-4X-10	000159	ADUCTION COLLECTIVE PUBLIQUE	AB0	ABANDON	SOURCE (CAPT D'UNE EMERGENCE)	Procédure non poursuivie	14/12/1981	

Figure 32: Recensement des captages AEP portés à connaissance dans les communes du bassin de l'Ouvèze (source : ARS Rhône-Alpes, août 2012)

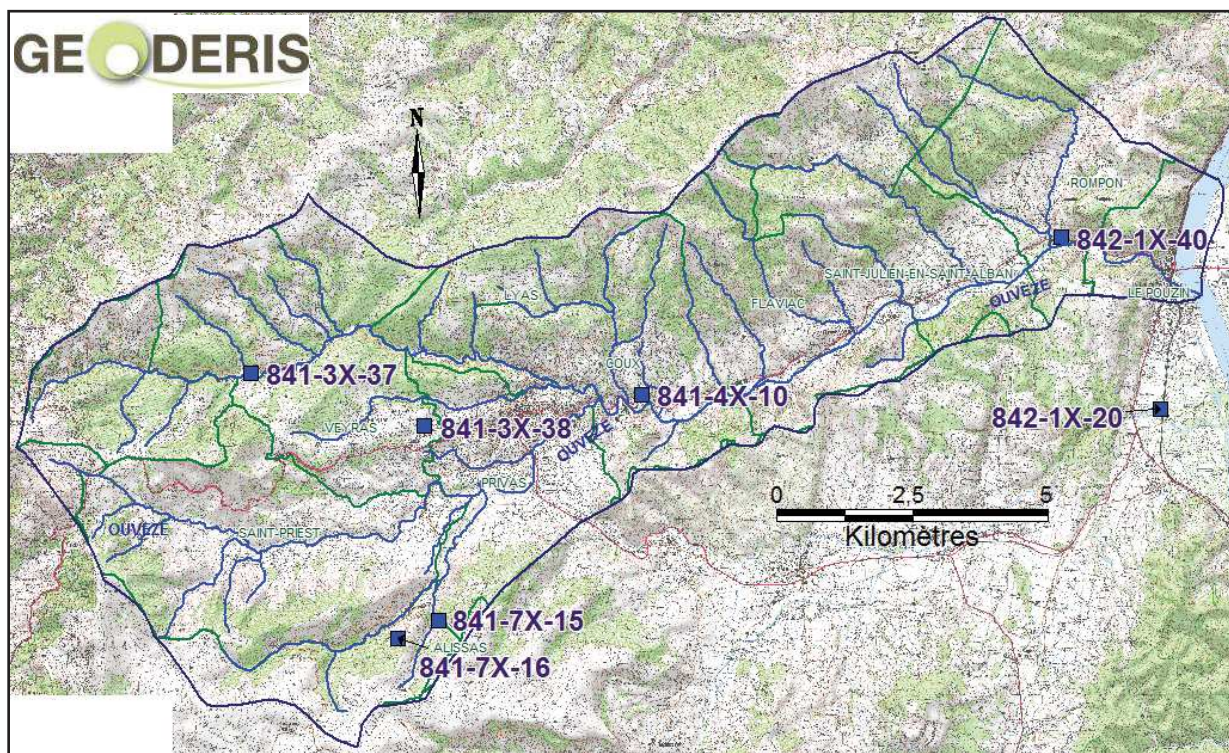


Figure 33: Localisation des captages AEP du bassin de l'Ouveze

Les captages 842-1X-20, 842-1X-40, 841-7X-15 et 841-7X-16 de 2009 à 2012 sont actifs tandis que les autres sont soit utilisés en cas de besoin (841-3X-37 et 841-3X-38), soit abandonnés (841-4X-10).

Les bilans qualité indiquent que les seuls captages actifs situés sur la commune de Privas présentent, aux périodes analysées, des concentrations en fer total nulles. Il en va de même pour les autres éléments métalliques (antimoine, arsenic, bore, cadmium, chrome, cuivre, nickel, plomb, sélénium, zinc et fluorures) exceptés une valeur de 1,5 µg/L pour le chrome dans un échantillon du captage 841-7X-16.

Un captage actif est situé en aval hydraulique de l'Ouveze, dans la commune de Rompon, le captage 842-1X-40. Le débit y est trop faible pour avoir permis l'analyse de tous les éléments dont les éléments métalliques. Toutefois, les mesures de pH indiquent une eau neutre à légèrement basique (entre 7,85 et 8,10). Ce captage est issu d'une émergence et au vu de l'éloignement des travaux miniers, il est peu probable qu'il soit impacté par l'exploitation minière.

Par ailleurs, les témoignages oraux du maire de Flaviac et de l'adjoint au maire de St-Julien-en-St-Alban, indiquent qu'il n'y a pas de puits privés non déclarés sur leurs communes. L'hypothèse qu'il en existe n'est cependant pas exclue, mais dans la mesure où ils ne sont pas connus, aucune analyse n'a pu être effectuée.

3.5 Observations de terrain

3.5.1 Eaux de surface

L'Ouvèze et ses affluents constituent une source d'eau importante pour la population de son bassin versant. Divers usages ont été constatés sur l'Ouvèze, le Lagau, le Vendèze et l'Erries, listés ci-dessous :

- **Abreuvement et irrigation** : en de nombreux points le long de l'Ouvèze, des tuyaux ont été observés, permettant le pompage de l'eau probablement pour l'abreuvement de bovins et l'irrigation de cultures ;
- **Irrigation de jardins potagers** : l'Ouvèze, le Vendèze et le Lagau font tous trois l'objet de prélèvement pour l'irrigation des jardins potagers mais le Lagau est le cours d'eau sur lequel la majorité des prélèvements ont été observés (cf. Figure 34).



Figure 34: Localisation des prélèvements d'eau observés dans le Lagau

- **Baignade** : la baignade n'est pas autorisée sur l'Ouvèze mais des témoignages oraux indiquent que riverains et estivants se baignent tout le long de l'Ouvèze. Des baigneurs ont été observés dans le Vendèze mais aucun indice n'a été relevé dans le Lagau. Toutefois, cet usage n'est pas exclu ;

- **Pêche** : l'étude réalisée par Iris consultants en 2010 indique que deux fédérations de pêche assurent la gestion piscicole du bassin. L'Ouvèze à l'amont de Privas et ses affluents sont en première catégorie piscicole mais, durant les visites de terrain, aucun indice de pêche n'a été relevé dans les affluents visités. Le guide 2013 de la pêche indique, par ailleurs, que l'Ouvèze est un parcours « no kill » mouche, signifiant que le poisson pêché n'est pas supposé être consommé ;
- **Rejet de stations d'épuration et communaux** : trois points de rejets de station d'épuration sont présents le long de l'Ouvèze (cf. Figure 29) et plusieurs communes possèdent des points de rejet, tel que celui situé en amont de la confluence Lagau-Ouvèze, sur le Lagau (cf. figure 35 ci-dessus).

3.5.2 Sols

La description des usages des sols se concentrera sur les zones proches des anciennes exploitations minières ou pouvant potentiellement être impactées par celles-ci.

Chaliac

Comme indiqué dans le paragraphe 3.3.1.d, les parcelles situées à proximité immédiate de l'exploitation sont enregistrées, dans le PLU de Flaviac de 2006, en tant que zones naturelles et zones agricoles, sans projets d'expansion de l'urbanisation.

Les berges du Lagau sont, quant à elles, considérées comme zone naturelle jusqu'à la confluence avec un ru longeant le Terril de Pansier, puis en zone urbaine jusqu'à l'Ouvèze.

La Figure 35 suivante indique les divers usages identifiés lors des visites de terrain, à proximité des zones de laveries, bassins et dépôts et des témoignages oraux collectés :

- Six logements permanents (dont deux anciens bâtiments administratifs de l'exploitation) ;
 - Deux points de prélèvements des eaux du Lagau à des fins d'irrigation de potagers ;
- Quatre jardins potagers :
- o fruits, légumes et vignes ;
 - o volailles, fruits et légumes.
- diverses activités de loisirs :
 - o promenades piétonnes ;
 - o promenades à vélo ;
 - o moto-cross sur le Terril de Pansier et les grands bassins ;
 - des zones de cultures qui sont probablement utilisées pour le fourrage. Aucune information n'a pu être collectée auprès de la mairie de Flaviac ni auprès des propriétaires quant à l'utilisation des produits de ces cultures.

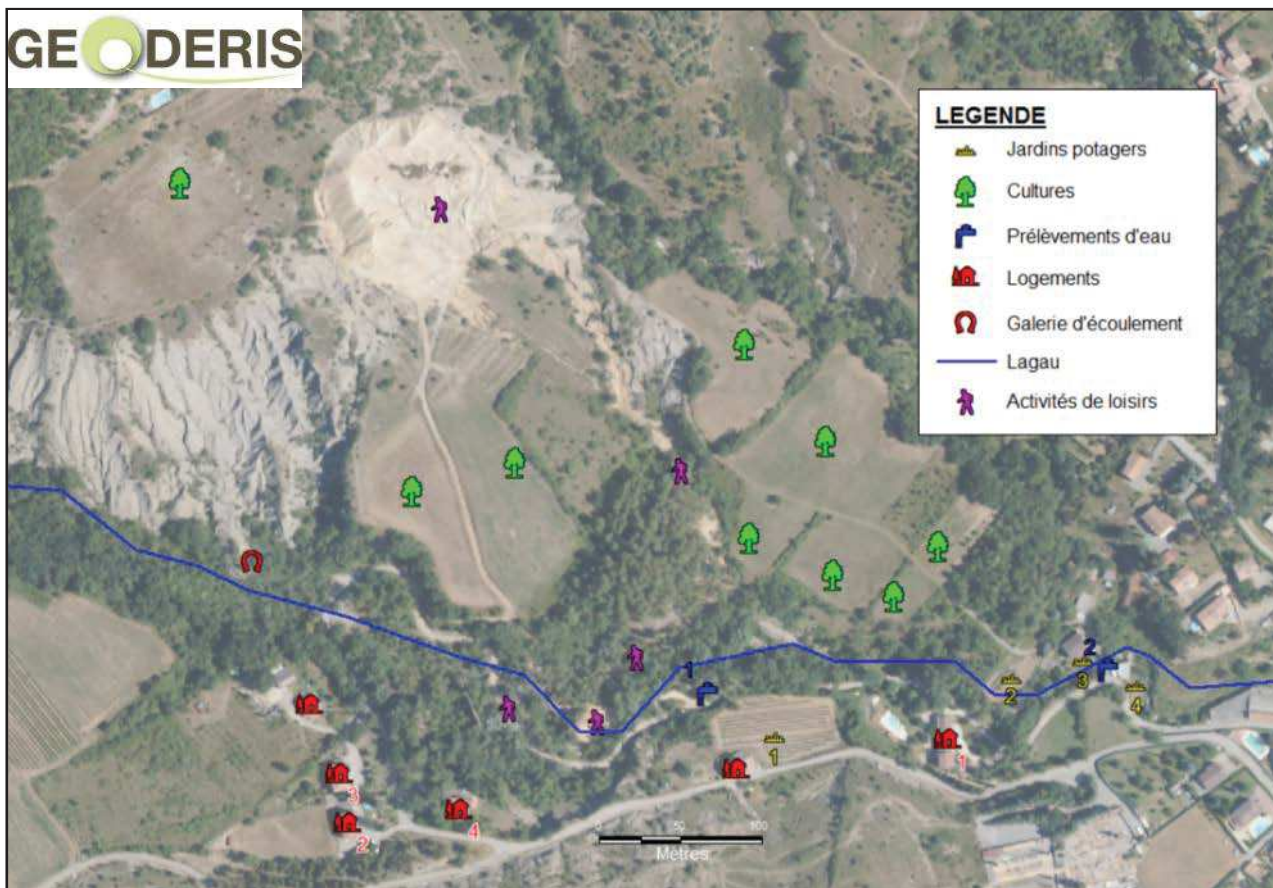


Figure 35: Localisation des usages à proximité des sources potentiellement contaminantes de Chaliac

Aucune activité de pêche n'a été observée dans le Lagau. Des témoignages oraux assurent qu'il n'y en a aucune, le Lagau étant notoirement contaminé et exempt de poissons.

Chamée

Sur l'ancienne exploitation de Chamée, les sources potentiellement contaminantes sont relativement restreintes et s'étendent sur six parcelles privées, recensées dans le PLU de Flaviac en zone urbaine peu dense et zone naturelle (cf. paragraphe 3.3.1.d).

Le cours d'eau situé au sud de l'exploitation est temporaire et son débit, même en période de hautes eaux, est très faible. De plus, les sources de contamination potentielles identifiées sont peu nombreuses. Les usages identifiés à l'aval de Chamée sont exclusivement des cultures et, au vu du débit, il est peu probable que ce cours d'eau soit utilisé pour l'irrigation.

Les usages constatés sont représentés sur la Figure 36 suivante, à savoir :

- Des logements permanents au nombre de quatre, à proximité des zones potentiellement contaminantes (logements 8, 9 et 10) ;
- Un logement temporaire (logement 7) ;
- Un jardin potager de fruits et légumes ;
- Un prélèvement d'eau souterraine pour l'irrigation du potager ;
- Une zone d'élevage de bovins : des chèvres paissent en aval hydraulique de la galerie d'écoulement ;
- Des zones cultivées, en aval hydraulique de la zone d'exploitation (seules les cultures les plus proches sont représentées sur la Figure 36).



Figure 36: Localisation des usages à proximité des sources potentiellement contaminantes de Chamée

Filon Juliette

Le seul usage recensé dans la zone du filon Juliette est un chemin de randonnée courant le long de l'Erries et passant devant la galerie identifiée dans cette zone. En aval, l'Erries rejoint le Vendèze le long duquel divers usages ont été constatés durant les visites de terrain dont un prélèvement d'eau pour l'irrigation d'un potager, un lieu de baignade, divers logements ainsi que des cultures (seuls quelques points représentant logements et cultures ont été reportés sur la Figure 37 suivante).

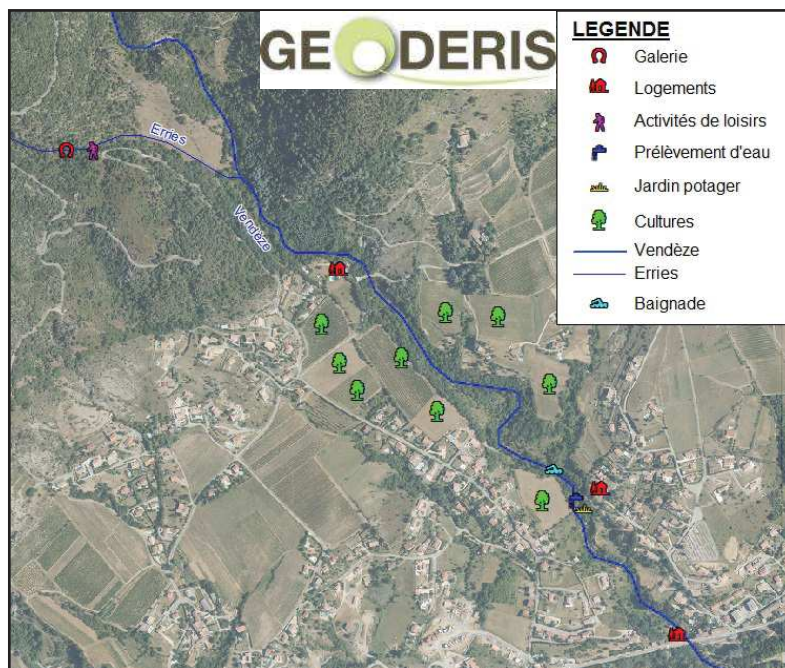


Figure 37: Localisation des usages à proximité des sources potentiellement contaminantes du filon Juliette

4 SOURCES DE POLLUTION ET VECTEURS DE TRANSFERT POTENTIELS

4.1 Sources

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

Les données de l'étude historique et documentaire, les visites de terrain ainsi que les témoignages oraux permettent d'identifier les sources primaires et les sources secondaires potentielles de contamination suivantes :

Sources primaires (en rouge dans le Tableau 9):

- Les trois zones de bassins de décantation ;
Il est à noter que des départ de particules vers le Lagau ont été observés (cf. figure 39) ;
- Les dépôts de résidus, à savoir le terril de Pansier et les dépôts des petite et grande laveries ;
- Les briques fabriquées à partir des résidus et les sables utilisés à diverses fins (non étudiées car les seules retrouvées forment le vestige d'un pilier de l'ancienne exploitation) ;
- Les stockages d'explosifs (dynamitières du secteur de Privas).

Sources secondaires (en bleu dans le Tableau 9) :

- Les sols situés aux alentours des laveries, des bassins, des dépôts, des lieux de transport du minerai et des résidus et les terrasses alluviales de l'Ouvèze ;
- Les sédiments du Lagau, de l'Ouvèze, de l'Erries et du Vendèze. Ayant été épandus dans diverses zones inconnues du bassin de l'Ouvèze, ils deviennent une source de contamination ;
- Le drainage minier acide (DMA) issu du Terril de Pansier ;
- Les concrétions du filon Juliette ;
- Les émergences minières.



Figure 38: Départ de résidus depuis les grands bassins vers le Lagau

Le Tableau 9 décrit ces sources ainsi que les éléments potentiellement contaminants qu'il est probable d'y trouver. Le terme d'« éléments métalliques » comprend les métaux et métalloïdes les plus susceptibles, de par le contexte métallogénique de l'exploitation, de composer les sources potentielles de contamination décrites dans le Tableau 9, à savoir le plomb, le zinc, l'arsenic, le cadmium, le cuivre et l'antimoine.

CONCESSION	SOURCE		DESSCRIPTIF	SUBST. ATTENDUES	
Chaliac	Bassins de décantation	Grands bassins de décantation	Bacs de décantation des résidus issus d'un traitement physique par tables de likenbach avec apport d'eau. Leur fonctionnement s'est probablement étendu entre février 1902 (mise en marche de la grande laverie) et 1914 (arrêt des travaux).	Plomb, zinc, arsenic, cuivre, cadmium et antimoine	
		Petits bassins de décantation	Ils accueilleraient les surplus d'eau de la galerie d'écoulement et ont vraisemblablement fonctionné entre février 1899 et février 1902.		
		Dizaine de petits bassins	Ils sont situés en sortie de la grande laverie et ont probablement fonctionné entre février 1902 et l'arrêt des travaux en 1914. L'eau était rejetée dans le Lagau tandis que les boues étaient envoyées vers les grands bassins de décantation.		
	Dépôts de résidus	Terril de Pansier	Les résidus y ont été stockés durant moins d'une dizaine d'années (1905-1914). Ils provenaient des grands bassins de décantation. Granulométrie millimétrique à centimétrique.		
		Résidus de la petite laverie	Résidus déposés sur une période d'1 an (1900-1901) et issus d'un tri mécanique. Granulométrie millimétrique à centimétrique avec gros éléments.		
		Résidus de la grande laverie	Peu d'information à leur sujet, probablement issus d'un dépôt en sortie de laverie, sans décantation. Granulométrie millimétrique avec quelques éléments centimétriques.		
		Briques	Les résidus du Terril de Pansier, notamment, ont autrefois servi à la fabrication de briques		
	Sols	Petite laverie	Les activités d'apport de minerai, de traitement et de transport des résidus ont probablement laissé des marques dans les sols aux alentours des laveries		
		Grande laverie			
		Transporteur vers le Terril de Pansier	Un pylône, visible aujourd'hui, marque le point de départ des résidus à destination du Terril de Pansier. Le tracé du pont passe par les champs situés au sud du Terril.		
		Alentours du Terril de Pansier	Via l'air, les particules du dépôt se sont probablement déposées à proximité immédiate de celui-ci. La surface semble aujourd'hui indurée.		
	Sédiments	Sédiments du Lagau	La grande laverie située en rive droite, les dépôts en rive gauche, des particules se sont certainement déposées dans le lit du Lagau. Par ailleurs, des traces de ruissellement depuis les dépôts jusqu'au Lagau sont observables.		
	Eaux	Emergence minière de la petite laverie	De la galerie d'écoulement située à proximité de la petite laverie s'écoulent les eaux des filons Combechaude et Mallevall. La galerie est aujourd'hui recouverte sous des marnes mais les écoulements, évidents.		Plomb, zinc, arsenic, cuivre, cadmium et antimoine dissous et particulaires
	Lixiviat	DMA issu du Terril de Pansier	Les pluies percolant à travers le dépôt créent un drainage minier acide qui descend par gravité vers l'aval, c'est-à-dire en direction du Lagau.		

CONCESSION	SOURCE		DESSCRIPTIF	SUBST. ATTENDUES
Flaviac (Chamée)	Sols	Sols au sud de la galerie, jusqu'au cours d'eau et autour de l'usine de couperose	La galerie draine les eaux des exploitations situées plus au nord et des traces d'écoulement sont visibles en sortie. La topographie laisse penser que ces eaux cheminent vers un cours d'eau temporaire situé environ 60 m plus bas. L'usine de couperose se situe à proximité de la galerie, le transport de minerai peut avoir contaminé les sols.	Fer + traces de plomb, zinc, arsenic, cuivre, cadmium et antimoine
	Sédiments	Sédiments dans le cours d'eau	Les écoulements depuis la galerie peuvent avoir entraîné des particules vers le cours d'eau et se retrouver dans les sédiments et en suspension dans les eaux.	
	Eaux	Emergence minière	Des indices d'écoulement d'eaux depuis la galerie ont été observés même si cet écoulement n'a pas été observé durant les visites de site.	Fer + traces de plomb, zinc, arsenic, cuivre, cadmium et antimoine
Chaliac (filon Juliette)	Résidus	Résidus de l'Erries	Les particules issues d'une eau provenant d'une émergence de la paroi ont formé une concrétion, puis des amas de résidus dans l'Erries.	Plomb, zinc, arsenic, cuivre, cadmium et antimoine
	Sédiments	Sédiments du Vendèze et de l'Erries	Les particules s'écoulant de la paroi située au-dessus de la galerie et de la galerie elle-même peuvent se retrouver piégées dans les sédiments.	
	Eaux	Emergence minière	Cette eau claire a creusé un sillon dans la roche, créé un dépôt blanc ainsi qu'une concrétion.	Plomb, zinc, arsenic, cuivre, cadmium et antimoine Sulfates
Privas	Sols	Dépôt d'explosif	Stockage à proximité des carrières de Privas.	RAS (dépôts non retrouvés)
Ouvèze	Sédiments	Sédiments de l'Ouvèze	Les apports des affluents peuvent être à l'origine de la contamination des sédiments bien que l'Ouvèze ait été draguée dans les années 1970, laissant actuellement peu de sédiments dans son lit.	Fer, plomb, zinc, arsenic, cuivre, cadmium et antimoine
		Sédiments épandus	Le dragage ayant laissé des sédiments sur les berges de l'Ouvèze, les riverains l'ont utilisé (épandage des champs et jardins etc.). Aucun suivi ne permet de connaître les lieux d'épandage.	
	Sols	Terrasses alluviales	Les crues importantes de l'Ouvèze peuvent avoir déposé des sédiments potentiellement contaminés sur les berges. Les zones en aval du Lagau sont celles qui sont le plus susceptibles d'être impactées.	Fer, plomb, zinc, arsenic, cuivre, cadmium et antimoine

Tableau 9: Sources potentielles de contamination primaires et secondaires d'origine minière identifiées dans le bassin de l'Ouvèze

4.2 Vecteurs de transfert

Les eaux de surface potentiellement contaminées par les activités de l'ancienne exploitation minière sont considérées comme des vecteurs de transfert de la contamination, listées dans le Tableau 10 suivant.

CONCESSION	DESCRIPTIF		SUBST. ATTENDUES
Chaliac	Eaux du Lagau	Les décharges de particules des dépôts peuvent être à l'origine de matériaux solubles potentiellement contaminants dans le Lagau.	Métaux et métalloïdes (notamment plomb, zinc, arsenic, cuivre, cadmium et antimoine dissous et particulaires)
Flaviac (Chamée)	Eaux dans le cours d'eau	Les écoulements depuis la galerie peuvent avoir entraîné des particules vers le cours d'eau et se retrouver dans les sédiments et en suspension dans les eaux.	RAS (débit très faible, cours d'eau temporaire)
	Eaux souterraines	De l'eau est prélevée dans une source située en aval des travaux miniers, elle est utilisée pour l'irrigation d'un potager.	Métaux et métalloïdes (notamment fer + traces de plomb, zinc, arsenic, cuivre, cadmium et antimoine)
Chaliac (filon Juliette)	Eaux de l'Erries	Les eaux des travaux souterrains peuvent être à l'origine de particules en suspension dans les eaux.	Métaux et métalloïdes (notamment plomb, zinc, arsenic, cuivre, cadmium et antimoine), sulfates
	Eaux du Vendèze		Peu à pas de pollution (dilution importante)
Privas	Eaux souterraines	L'aquifère minier est ennoyé par notamment les eaux de l'Ouvèze. Les eaux séjournent dans cet aquifère avant de rejoindre l'Ouvèze en aval de Coux, par la galerie d'écoulement.	Fer dissous et particulaire
Ouvèze	Eaux de l'Ouvèze	Des particules en suspension peuvent provenir des exploitations de Privas et de Chaliac (via le Lagau et le Vendèze)	Métaux et métalloïdes (notamment plomb, zinc, arsenic, cuivre, cadmium et antimoine dissous et particulaires)

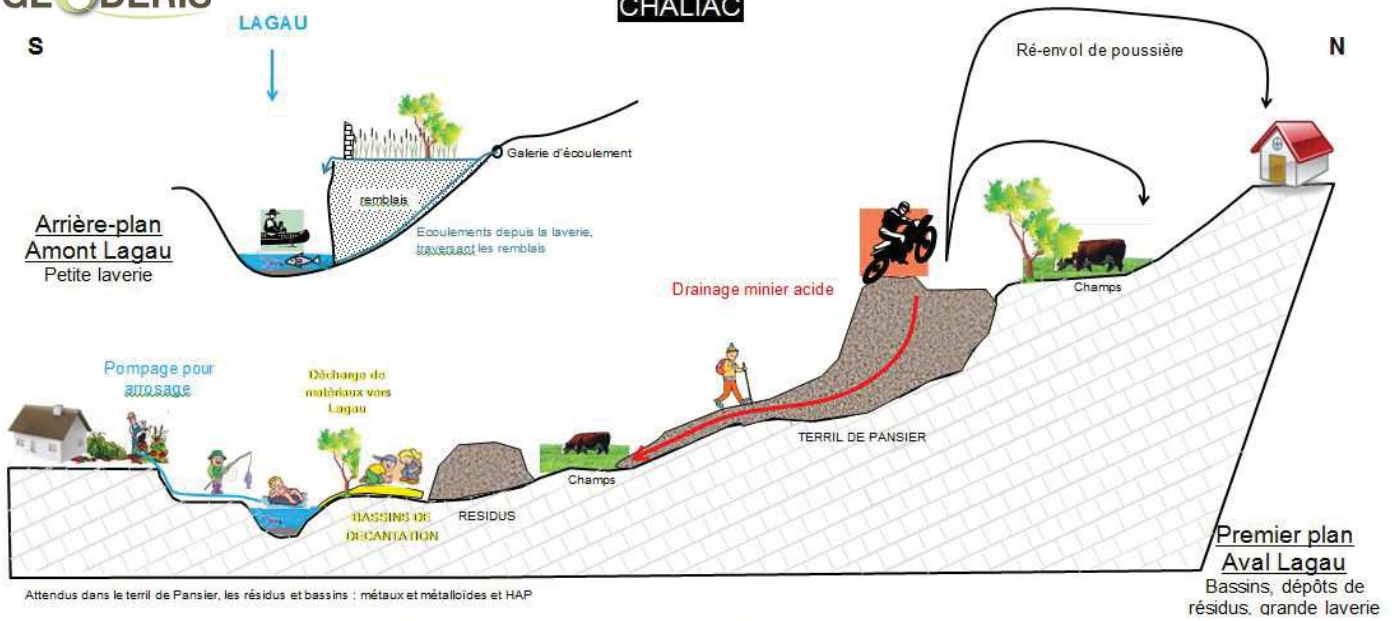
Tableau 10: Vecteurs de transfert eaux identifiés dans le bassin de l'Ouvèze

Le transport éolien est également considéré comme un vecteur de transfert. Il concerne les dépôts miniers de la concession de Chaliac et principalement le Terril de Pansier. Les particules emportées par les vents se sont probablement déposées sur les champs situés autour du dépôt, et plus particulièrement vers la direction nord-nord-est, comme l'indique la Figure 28.

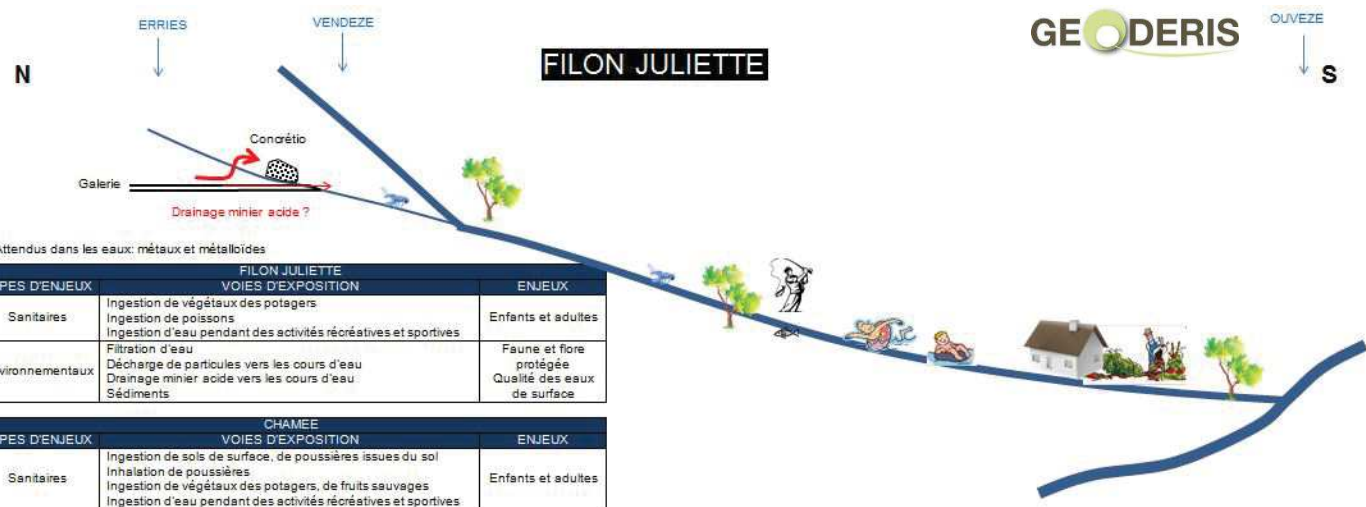
Les dépôts situés aux abords du Lagau font également probablement l'objet de transport de particules via les vents, mais leur situation au sein d'une zone arborée limite leur transport. Ces dernières se déposent probablement en partie dans le Lagau.

5 SCHEMA CONCEPTUEL PRELIMINAIRE

Les schémas conceptuels suivants détaillent les sources, vecteurs de transfert, modes d'exposition et cibles identifiés grâce aux études historique et documentaire et aux visites de terrain préliminaires.



CHALIAIC		
TYPES D'ENJEUX	VOIES D'EXPOSITION	ENJEUX
Sanitaires	Ingestion de sols de surface, de poussières issues du sol Inhalation de poussières Ingestion de végétaux des potagers, de fruits sauvages Ingestion de poissons Ingestion d'eau pendant des activités récréatives et sportives	Enfants et adultes
Environnementaux	Ingestion d'eau et de sédiments Filtration d'eau Dépôt de poussières sur les végétaux Décharge de particules vers les cours d'eau Drainage minier acide vers les cours d'eau Sédiments	Faune et flore protégée Qualité des eaux de surface

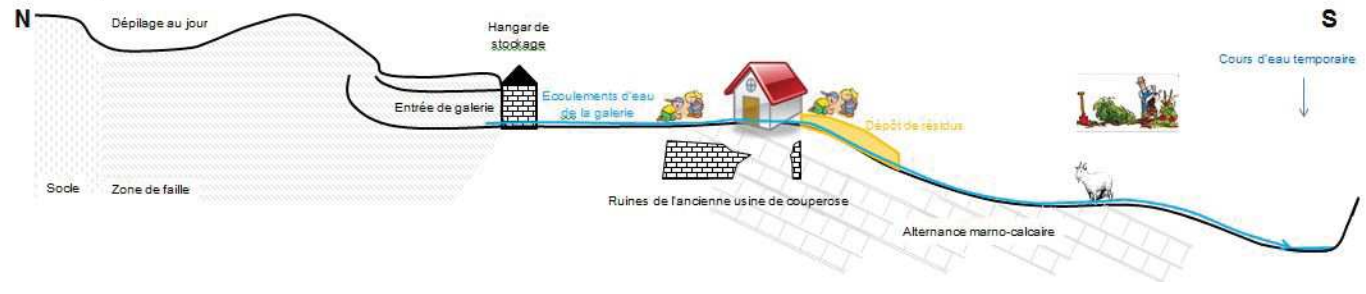


Attendus dans les eaux: métaux et métalloïdes

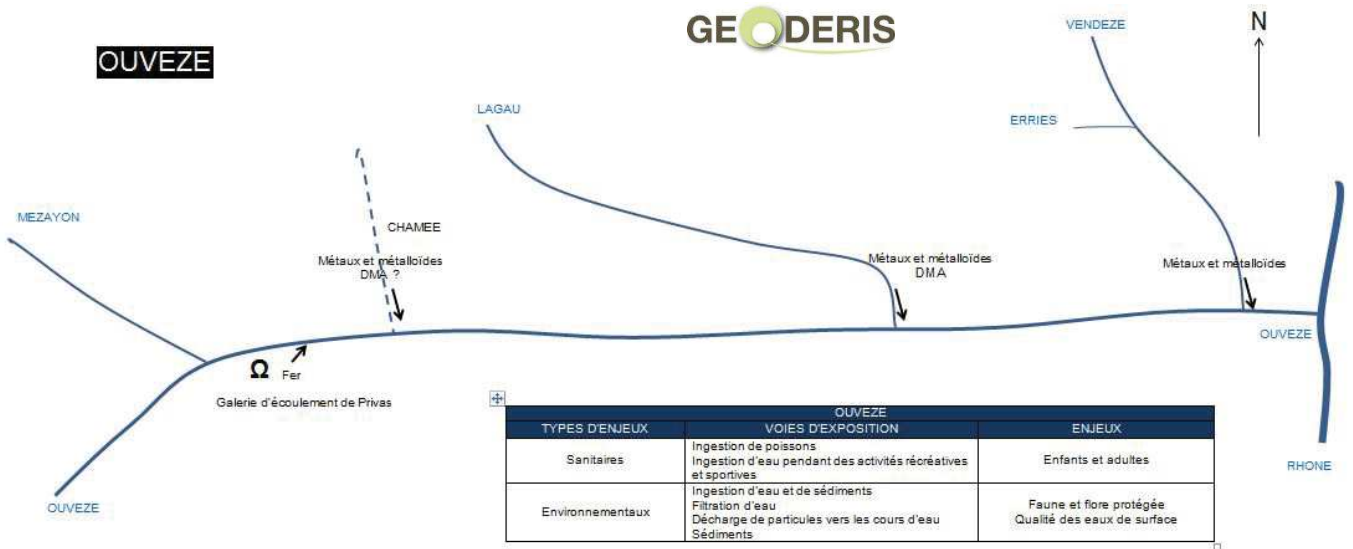
TYPES D'ENJEUX	FILON JULIETTE VOIES D'EXPOSITION	ENJEUX
Sanitaires	Ingestion de végétaux des potagers Ingestion de poissons Ingestion d'eau pendant des activités récréatives et sportives	Enfants et adultes
Environnementaux	Filtration d'eau Décharge de particules vers les cours d'eau Drainage minier acide vers les cours d'eau Sédiments	Faune et flore protégée Qualité des eaux de surface

TYPES D'ENJEUX	CHAMEE VOIES D'EXPOSITION	ENJEUX
Sanitaires	Ingestion de sols de surface, de poussières issues du sol Inhalation de poussières Ingestion de végétaux des potagers, de fruits sauvages Ingestion d'eau pendant des activités récréatives et sportives	Enfants et adultes
Environnementaux	Ingestion d'eau et de sédiments Filtration d'eau Dépôt de poussières sur les végétaux Décharge de particules vers les cours d'eau Drainage minier acide vers les cours d'eau Sédiments	Faune et flore protégée Qualité des eaux de surface

Attendus dans le dépôt, les sols et les eaux: métaux et métalloïdes



OUVEZE



6 INVESTIGATIONS

6.1 Préambule

Les investigations de terrain se sont déroulées durant l'été et au début de l'automne 2012 pour les échantillonnages en période d'étiage tandis que les campagnes de terrain en période de crue se sont déroulées en mars 2013.

L'INERIS et le BRGM étaient présents durant la première phase d'investigations (en période d'étiage) afin de réaliser respectivement les prélèvements nécessaires à l'étude sanitaire et la campagne de mesures Niton.

Les quatre campagnes de terrain ont permis le prélèvement de 203 échantillons et la mesure de 70 points grâce au Niton, détaillés dans le Tableau 11 suivant :

- Sols (dont jardins) : 49
- Résidus : 45
- Eaux de surface: 69
- Lixiviats : 2
- Sédiments : 20
- Végétaux : 18
- Mesures Niton : 70

DATES	MATRICE		NOMBRE DE PRELEVEMENTS
16 au 20 juillet 2012 (basses eaux)	Sols		32
	Sols de jardins		8
	Eaux de surface	Filtré	3
		Non filtré	10
	Résidus		43
Mesures Niton		70	
24 au 26 septembre 2012 (basses eaux)	Sédiments		10
	Végétaux		17
	Eaux de surface	Filtré	5
		Non filtré	11
Sédiments		2	
1 au 3 octobre 2012 (basses eaux)	Sols		3
	Eaux de surface	Filtré	5
		Non filtré	7
	Sédiments		2
Végétaux		1	
4 au 6 mars 2013 (hautes eaux)	Sols		6
	Résidus		2
	Lixiviats		2
	Eaux de surface	Filtré	14
		Non filtré	14
Sédiments		6	

Tableau 11: Détail des échantillons prélevés durant les investigations de terrain

L'analyse des échantillons prélevés a été réalisée par le laboratoire Wessling en respect des protocoles de prélèvement, de conservation et de transport des échantillons.

Les échantillons ont été prélevés dans des flacons et sachets adaptés aux matrices et substances à analyser, conservés dans des glacières à 4°C et envoyés au laboratoire, au maximum, le lendemain du jour de prélèvement.

6.2 Plan d'échantillonnage

6.2.1 Présentation

Le plan d'échantillonnage se base sur les schémas conceptuels préliminaires présentés dans le paragraphe 5, les contextes géologiques et géochimiques, les études documentaires et les observations faites durant les visites de terrain préliminaires aux investigations. Il vise à :

- Identifier les sources primaires de contamination (bassins, dépôts de résidus, lixiviats etc.) ;
- Identifier les sources secondaires de contamination (sédiments, sols, eaux etc.) ;
- Déterminer les vecteurs de transfert de la contamination (eaux de surface etc.) ;
- Déterminer les milieux susceptibles d'être en contact avec les enjeux (sols de promenade, sols des jardins potagers, végétaux consommés, eaux de baignade, de pêche, d'irrigation et d'abreuvement etc.) ;
- Sélectionner des points d'environnements locaux témoins.

Les points du plan d'échantillonnage sont ainsi placés en fonction des sources de contamination potentielles, des usages (milieux d'exposition) et des vecteurs potentiels identifiés. Le plan d'échantillonnage préliminaire est modifié ou agrémenté sur site en fonction des observations effectuées durant les investigations. La figure de l'annexe 5 indique le plan d'échantillonnage suivi pour les campagnes effectuées en période d'étiage et de crues.

Les échantillons d'eau ont quasiment tous fait l'objet d'un double prélèvement : l'un permettant l'analyse des métaux et métalloïdes totaux, l'autre permettant l'analyse de la fraction dissoute de ces éléments (par une filtration effectuée sur site).

Le tableau de l'annexe 5 liste l'ensemble des paramètres analysés pour les milieux échantillonnés et indique les abréviations utilisées dans les tableaux de résultats bruts.

6.2.2 Environnement local témoin

a. Définition

L'évaluation du degré de contamination d'un site se fait par comparaison entre son état actuel et son état initial (exempt d'impacts anthropiques) ou, si les données ne sont pas disponibles, l'état naturel des terrains environnants (sous réserve d'une géologie similaire). Dans le cadre de l'évaluation de la contamination d'un ancien site industriel, les concentrations relevées sont généralement confrontées aux données de fond géochimique.

Par définition, une exploitation minière se développe sur des zones d'extensions très variables (filons, amas, etc.) comprenant des anomalies géochimiques suffisamment fortes pour permettre une exploitation économique des substances. Dans ce cadre, la comparaison avec le fond géochimique n'est pas pertinente.

Par ailleurs, en contexte minier, les types de procédés utilisés pour extraire la substance utile est un paramètre important à prendre en compte. En effet, la quantité de déchets résultante peut être très importante et la chimie des résidus, différente de celle du minerai originel (en cause, notamment les étapes de concassage et de broyage). De plus, la mise en solution, dans les eaux, d'éléments métalliques est bien plus importante qu'avec le minerai d'origine, dans son contexte géologique.

De plus, les terrains encaissants les gisements, et donc les sols qui les recouvrent, peuvent présenter des teneurs élevées dans la ou les substances exploitées. Ils donnent une indication sur l'état initial du site (environnement local témoin) et l'extension de la zone présentant une anomalie géochimique. La connaissance détaillée du contexte géologique est donc primordiale dans ce contexte.

Chaque site minier aura donc, en fonction de sa géochimie/minéralogie, des procédés de traitement utilisés et de sa granulométrie, un potentiel spécifique de contamination de l'environnement.

Les valeurs disponibles dans les bases de données (SIGmines : Inventaire géochimique du BRGM à partir d'analyse de sédiments, par exemple) ne peuvent être utilisées qu'à titre indicatif et en connaissant notamment les conditions de prélèvement, les méthodes analytiques et les limites de détection.

Ainsi, l'environnement local témoin d'un échantillon de sol sera prélevé, dans la mesure du possible, dans un sol de même nature géologique et de même usage (champs, pâturage, chemin piéton etc.), dans une zone exempte de contamination (due à l'activité minière, dans le cas de cette étude) : dans la direction opposée des vents dominants, éloigné des sources de contamination primaires et secondaires etc.

Dans le cas des jardins potagers et des végétaux, il sera prélevé dans des jardins n'utilisant pas de sols potentiellement contaminés ou n'irriguant pas avec des eaux ayant pu être impactées. Dans le cas des eaux superficielles et souterraines, il sera prélevé en amont hydraulique du site minier (suffisamment éloigné pour ne pas être impacté par l'ancienne exploitation minière).

b. Choix des points de prélèvement

La collecte de données sur les environnements locaux témoins a été réalisée à l'aide de mesures in-situ par un analyseur à fluorescence X de type NITON[®] et des analyses en laboratoires d'échantillons prélevés sur site.

Le Tableau 12 ci-après liste les points de mesure ou d'échantillonnage constituant ces environnements locaux témoins.

Matrice	Identifiant	Secteur (commune)	Description	
			Cours d'eau	
Eaux	St-e1	Privas (St-Priest)	Ouvèze	Prélèvement en amont hydraulique de tous travaux miniers connus
	St-e1_HE			
	CHA_S39_e7	Privas (Privas)	Mézayon	Amont immédiat de la confluence avec l'Ouvèze
	CHA_S39_e2	Chaliac (Flaviac)	Lagau	Amont zone des bassins, dépôts et laverie
	CHA_S40_e5			
	CHA_e8_HE			
	CHA_S40_e4	Chaliac (Flaviac et St- Julien-en-St- Alban)	Mortevieille	Affluent rive gauche de l'Ouvèze en dehors de travaux miniers connus
CHA_e13_HE	Chaliac (St-Julien-en-St- Alban)	Erries	Amont des écoulements depuis la paroi et la galerie	
Sédiments	St_se1	Privas (St-Priest)	Ouvèze	Amont de l'Ouvèze, avant tous travaux miniers connus.
	St_SE1_n1			
	St_SE1_n2			
	CHA_SE1	Chaliac (Flaviac)	Affluent rive gauche du Lagau	Cours d'eau longeant le Terril de Pansier, échantillon prélevés en amont hydraulique et au nord du dépôt.
Sols	FLA-SO12	Chaliac (Flaviac- Chamée)	Plateforme située au sud-est de l'exploitation.	
	CHA_S40_SO1		Extrémité ouest des marnes grises situées à l'ouest du Terril de Pansier	
	CHA_SO_P55		Champ situé au nord du Terril de Pansier	
	CHA_SO13		Champ situé au sud-est du Terril de Pansier	
	n14			
	n15			
	n16			

Tableau 12: Description des points définissant les environnements locaux témoins (HE : hautes eaux)

Le Tableau 13 suivant indique les teneurs maximales relevées dans les zones identifiées ci-dessus. Ces maximums serviront de bases aux interprétations.

Les analyses et mesures dont les teneurs sont très différentes de celles des autres points ne sont pas considérées comme des environnements locaux témoins. Il s'agit de points de prélèvement pour lesquels sont suspectés des apports extérieurs, des amendements divers etc. modifiant les teneurs initiales et donc leur pertinence en tant que témoins.

L'incertitude quant à la qualité des jardins environnants a amené l'INERIS à ne pas prélever d'échantillons de végétaux en tant qu'environnements locaux témoins.

	Matrice	Unités	Substance						
			Antimoine	Arsenic	Cadmium	Cuivre	Fer	Plomb	Zinc
Chaliac	Eau de surface	µg/L	<5	<5	0,52	3,9	0,087	<5	95
	Sols	mg/kg	19	93	1,8	47	27 003	220	330
	Sédiments		6,9	78	1,4	45	26 000	120	250
Chamée	Eau de surface	µg/L	-	-	-	-	-	-	-
	Sols	mg/kg	27	77	0,93	42	23 000	220	340
	Sédiments		-	-	-	-	-	-	-
St-Julien-en-St-Alban	Eau de surface	µg/L	<5	13	<0,5	4,5	0,45	<5	90
	Sols et résidus	mg/kg	-	-	-	-	-	-	-
	Sédiments		-	-	-	-	-	-	-
Ouvèze	Eau de surface	µg/L	<5	<5	<0,5	6,9	0,12	<5	<10
	Sols	mg/kg	8,6	19	0,5	22	19 000	300	130
	Sédiments		<5	8,3	0,81	9,2	16 000	9,3	74

Tableau 13: Teneurs maximales en métaux et métalloïdes dans les environnements témoins du bassin de l'Ouvèze

6.3 Matériels et méthodes

6.3.1 Laboratoire

Le laboratoire sélectionné pour les analyses chimiques est le laboratoire Wessling qui a fourni à GEODERIS les flacons et une partie des glacières nécessaires au transport.

6.3.2 Protocoles de prélèvement

Les protocoles de prélèvement sont détaillés dans le Tableau 14.

Chaque échantillon a fait l'objet d'une fiche descriptive dont les caractéristiques sont synthétisées en annexe 6 (les échantillons prélevés pour l'étude sanitaire et ceux concernés par les mesures Niton sont décrits dans l'étude sanitaire du site [13] et le rapport sur les mesures Niton [14]). Ces fiches comprennent des indices organoleptiques, des paramètres physico-chimiques, des données météorologiques, de granulométrie etc. Chaque échantillon a été étiqueté durant le prélèvement (date, identifiant, nom du projet et nom de l'entreprise).

a. Sols et résidus

Dans le cadre de l'étude environnementale, les échantillons de sols ont été prélevés à deux profondeurs différentes en fonction des usages à évaluer : 0-2 cm et 2-15 cm. Pour la profondeur 0-2 cm, les éléments végétaux (mousse, herbe, branches etc.) ont été grattés afin de ne prélever que du sol. Dans le cadre de l'étude sanitaire, les sols ont été prélevés à 0-3 cm, 3-5 cm, 5-10 cm et 0-30 cm (cf. Tableau 14).

Les résidus ont, quant à eux, été prélevés à trois profondeurs: 0-2 cm, 2-15 cm, 0-1 m. La profondeur 0-1 m a plus particulièrement été utilisées pour caractériser les bassins de décantation.

Deux types de pelles ont été utilisés : une pelle en plastique (utilisée dans la majorité des prélèvements) et une pelle en inox. La tarière manuelle n'a été utilisée que pour les prélèvements profonds (0-1 m), caractérisés par tranches de 20 cm.

b. Eaux

Les eaux ont été prélevées à l'aide d'un bécher, rincé plusieurs fois dans le cours d'eau à échantillonner, légèrement en aval du point de prélèvement. Les eaux ont été filtrées une première fois de manière retirer les matériaux grossiers (feuilles, branches, mousses etc.). Les prélèvements à l'aide du bécher ont été effectués en remontant légèrement le cours d'eau au fur et à mesure des prises de manière à s'affranchir des turbulences créées par l'échantillonnage.

La filtration a été réalisée sur site à l'aide de seringues et de filtres (0.45 µm) à usage unique. Chaque flacon destiné au laboratoire a été rempli en totalité de manière à éviter la présence d'air susceptible d'altérer la composition de l'échantillon. Tous les flacons ont ensuite été refermés hermétiquement afin d'éviter les déversements dans les glaciers et les risques de contamination croisée.

c. Sédiments

Les sédiments ont été prélevés soit dans les cours d'eau (sédiment humide), soit dans les parties sèches du lit des cours d'eau (sédiment sec). Deux types ont été échantillonnés :

- Sédiments de granulométrie inframillimétrique : ils rendent compte de la fraction dissoute d'éléments potentiellement contaminants présents dans les cours d'eau ;
- Sédiments mixtes colloïdaux et sableux : étudiés dans le cadre de l'évaluation des risques sanitaires pour des scénarios d'exposition d'enfants principalement, durant les activités récréatives (baignade, promenade permettant la mise en contact avec des sédiments secs etc.).

Les sédiments sont toutefois présents en petites quantités dans le bassin de l'Ouvèze du fait, d'une part, des régimes torrentiels auxquels sont soumis les cours d'eau du bassin qui emportent les sédiments vers le Rhône et d'autre part, à cause du dragage de l'Ouvèze qui a eu lieu dans les années 1970.

d. Végétaux

Les prélèvements de végétaux ont été réalisés par l'INERIS dans le cadre de l'étude sur les risques sanitaires. Les protocoles de prélèvements sont détaillés dans le rapport sur l'analyse des risques sanitaires [13].

6.3.3 Protocole de mesures Niton

La campagne de mesure Niton s'est déroulée du 16 au 20 juillet 2012. Les protocoles et résultats sont présentés dans le rapport du BRGM intitulé « Campagne d'analyses de sol à l'aide du spectromètre de fluorescence X portable NITON® XLt 999 KQY sur les anciennes concessions minières du bassin versant de l'Ouvèze situées dans le département de l'Ardèche. Rapport d'essais. » de janvier 2013 [14].

Matrice	Type	Descriptif	Méthode de prélèvement	Conditionnement	Conservation
Sols et résidus	Sols de surface	Etude environnementale : 0-2 cm : tranche concernée par une exposition directe des enjeux.	Prélèvements effectués à l'aide d'une pelle en plastique, voire d'une bêche manuelle (nettoyés entre chaque prélèvement). Selon les cas, et en fonction de l'homogénéité de la matrice, les échantillons prélevés étaient unitaires (caractérisation des résidus) ou composites (caractérisation d'une large surface telle qu'un champ).	En fonction des exigences du laboratoire et des composés à analyser, les échantillons étaient prélevés dans des sacs plastiques de 500 ml et des bocaux en verre brun de 500 ml.	Sacs et flacons étaient conservés la journée dans des glacières hermétiques et opaques comprenant des pains de glace réfrigérés. Les glacières étaient conservées dans des chambres froides la nuit pour être transmises au laboratoire le lendemain matin.
		Etude sanitaire : 0-3, 5 ou 10 cm au regard de la lithologie, pour des sols non remaniés concernés par les modes d'exposition directes comme l'ingestion de sol. Concerne principalement les jardins d'agrément, zones de jeux d'enfants et des zones de promenade.	Prélèvements effectués à l'aide d'une spatule et/ou d'une bêche manuelle nettoyée à chaque nouveau lieu investigué.		
	Sols de subsurface	Etude environnementale : 2-10 cm : caractérisation des sols et résidus après retrait de la couche supérieure grossière.	Prélèvements effectués à l'aide d'une pelle en plastique ou, à moindre mesure, d'une pelle en inox (nettoyés entre chaque prélèvement).		
		Etude sanitaire : 0 – 30 cm : sols de surface remaniés. Cet échantillonnage concerne uniquement les jardins potagers.	Prélèvement réalisé au moyen d'une tarière manuelle ou à la bêche. Echantillons composites en fonction de la superficie de la zone étudiée.		
	Résidus profonds	0-1 m : échantillonnage des dépôts de résidus et des bassins de décantation.	Prélèvements à la tarière manuelle et les échantillons caractérisés à chaque remontée de matériel (qui équivaut à une profondeur de 20 cm ; nettoyé entre chaque prélèvement).		Les glacières étaient conservées dans des chambres froides la nuit pour être transmises au laboratoire le lendemain matin.
Eaux superficielles	Eaux d'arrosage	Prélèvements en sortie des tuyaux d'arrosage.	Prélèvements effectués directement dans les flacons.	En fonction des exigences du laboratoire et des composés à analyser, les échantillons étaient prélevés dans des flacons en plastique, des flacons en verre (type headspace) et des flacons en plastique acidifiés de différents volumes.	
	Eaux brutes	Prélèvements depuis la berge, en évitant les eaux stagnantes.	Prélèvement effectué à l'aide d'un bécier en plastique, permettant une filtration des éléments grossiers (feuilles, branches etc.) puis transfert dans les flacons. Le volume total du flacon était rempli.		
	Eaux filtrées		Echantillons débarrassés des éléments grossiers puis versés dans les flacons à l'aide d'une seringue avec filtration à 0,45 µm. Les flacons permettant l'analyse des métaux et métalloïdes étaient acidifiés au HNO ₃ .		
	Emergences minières	Prélèvement en sortie de galerie ou de paroi.	Echantillons prélevés à l'aide d'une seringue puis versés dans les flacons.		
	Source	Source alimentant un potager	Prélèvements effectués directement dans les flacons.		
Lixiviats	Drainage minier acide	Prélèvements sur le Terril de Pansier	Prélèvement effectué à l'aide d'une seringue et transfert vers le flacon. Volume total du flacon comblé.		
Sédiments	Sédiments fins	Sédiments de granulométrie inframillimétrique prélevés dans des zones de moindre turbulence et d'accumulation. Prélèvements unitaires.	Prélèvement depuis la berge à l'aide d'une pelle en plastique avec décantation sommaire pour retirer l'excès d'eau. Prélèvement de sédiments secs et humides.	Suivant les exigences du laboratoire : bocaux en verre brun de 500 ml.	
	Sédiments sableux	Sédiments de granulométrie millimétrique pour l'évaluation des risques sanitaires. Prélèvements unitaires.			
Végétaux	Fruits et légumes	Prélèvements effectués par l'INERIS dans des jardins potagers, de légumes racines, tubercules, feuilles, tiges, fruits, graines et fines herbes. Prélèvement de mirabelles sauvages dans un champ au sud du Terril de Pansier Prélèvement d'herbes de prairies.	Cf. rapport INERIS [13] : « Echantillons prélevés, non nettoyés à l'exception des particules de terre les plus grossières adhérentes aux racines ou aux parties aériennes. »	Cf. rapport INERIS [13] : « Les échantillons prélevés ont été conditionnés dans des sacs plastiques [...] »	« Les échantillons prélevés ont été [...] placés dans une glacière au frais et à l'abri de la lumière suivant les normes en vigueur. »

Tableau 14: Protocoles de prélèvements des échantillons

6.4 Localisation des points de prélèvement

6.4.1 Résidus

La Figure 39 indique la localisation des prélèvements de résidus du bassin versant de l'Ouvèze.

6.4.2 Sols

La Figure 40 indique la localisation des prélèvements de sols du bassin versant de l'Ouvèze.

6.4.3 Eaux

La Figure 41 indique la localisation des prélèvements d'eaux de surface du bassin versant de l'Ouvèze.

6.4.4 Sédiments

La Figure 42 indique la localisation des prélèvements de sédiments du bassin versant de l'Ouvèze.

6.4.5 Végétaux

La Figure 43 indique la localisation des prélèvements de végétaux du bassin versant de l'Ouvèze.

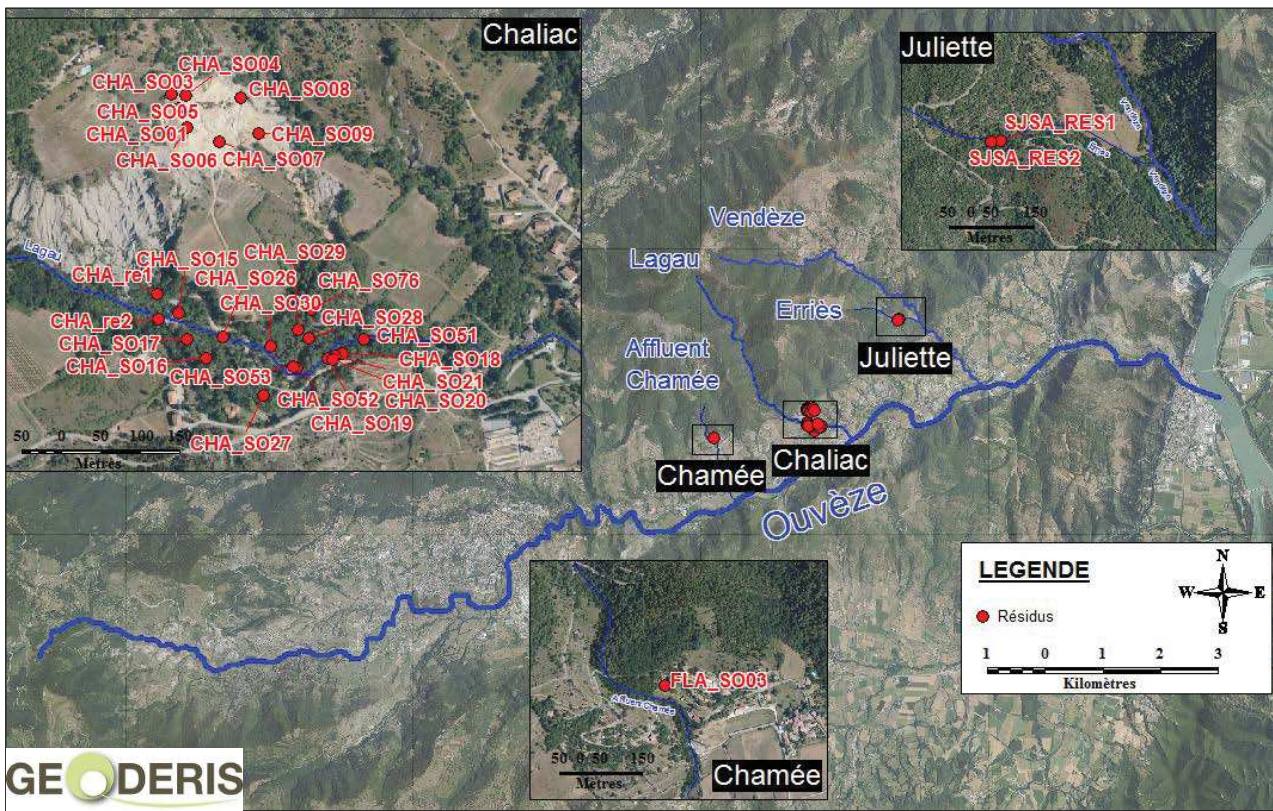


Figure 39: Localisation des prélèvements de résidus

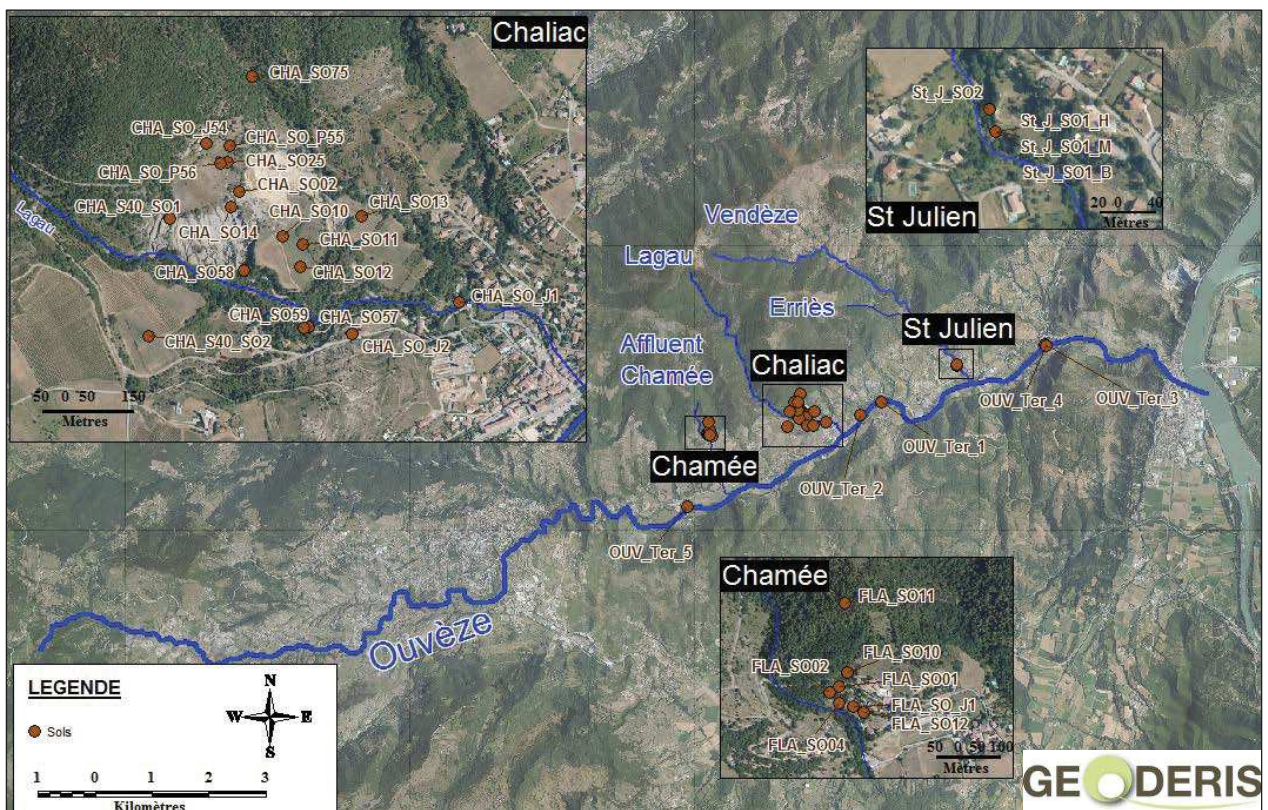


Figure 40: Localisation des prélèvements de sols

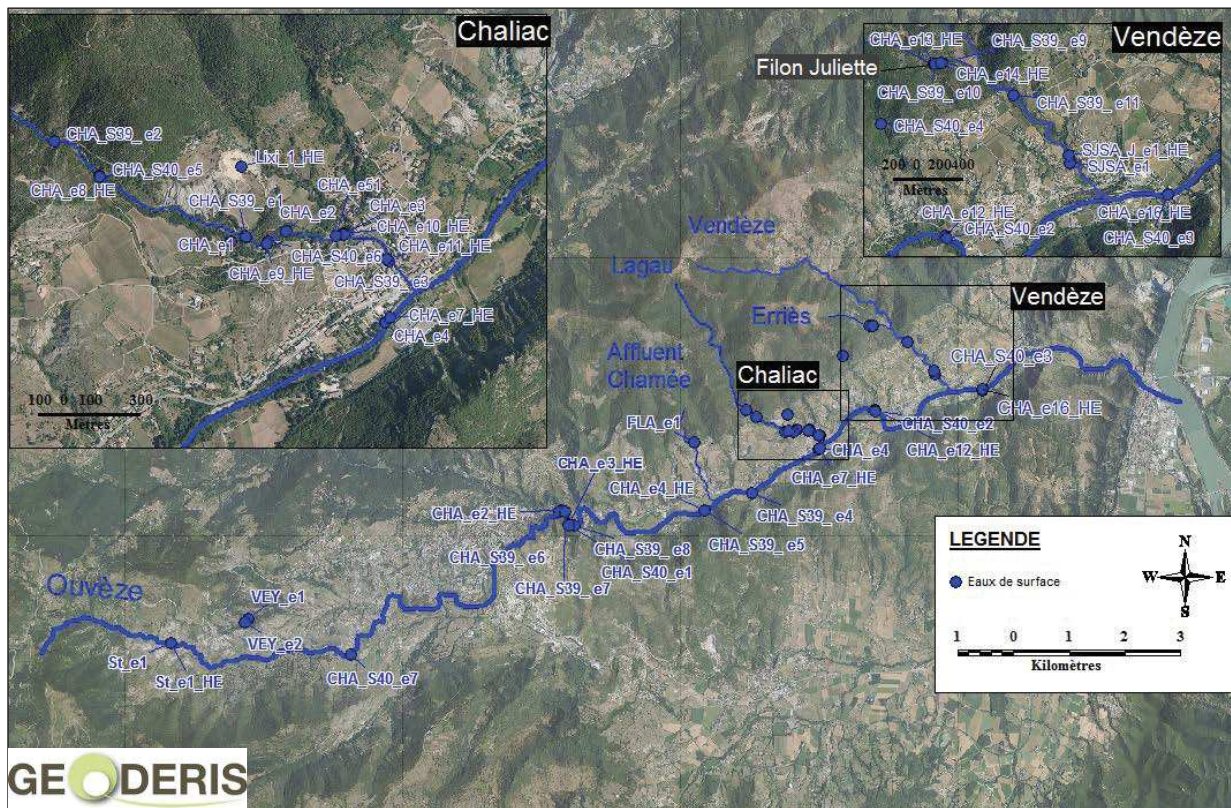


Figure 41: Localisation des prélèvements d'eau de surface

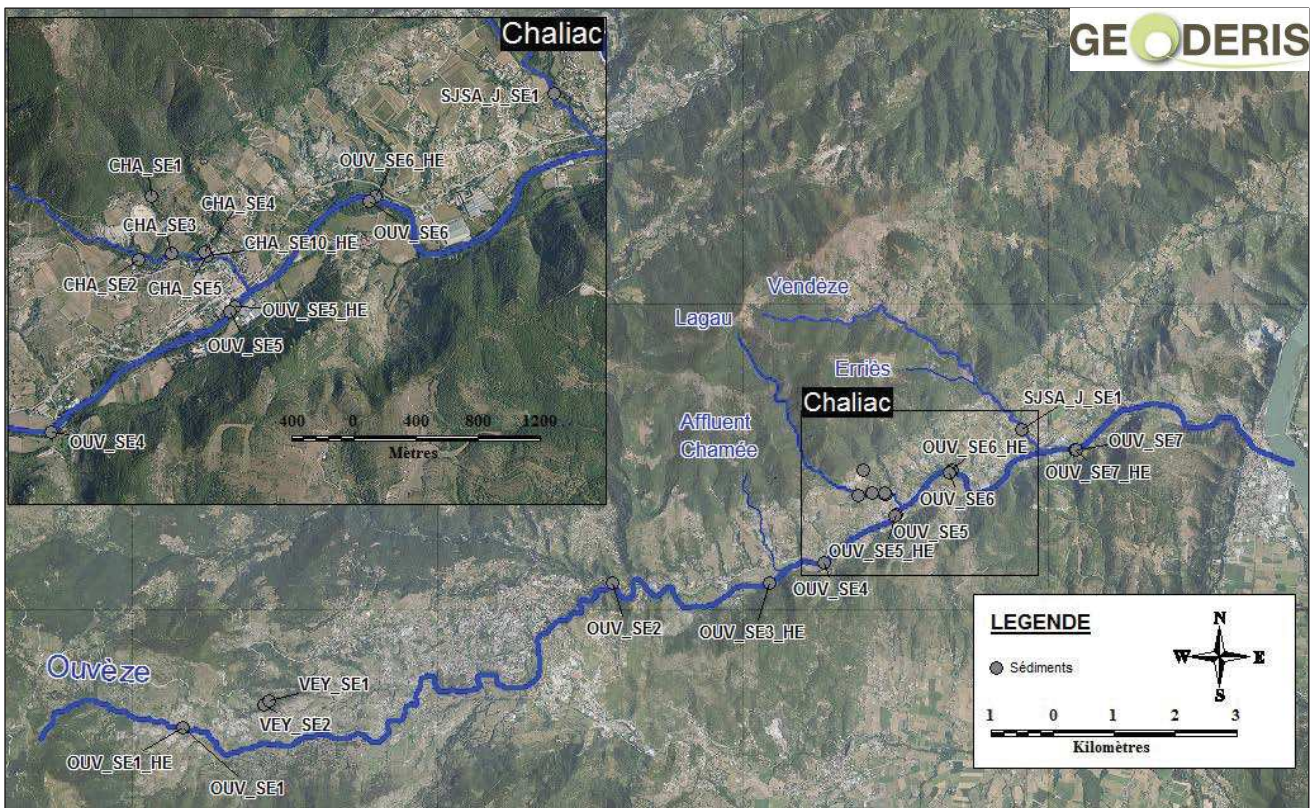


Figure 42: Localisation des prélèvements de sédiments

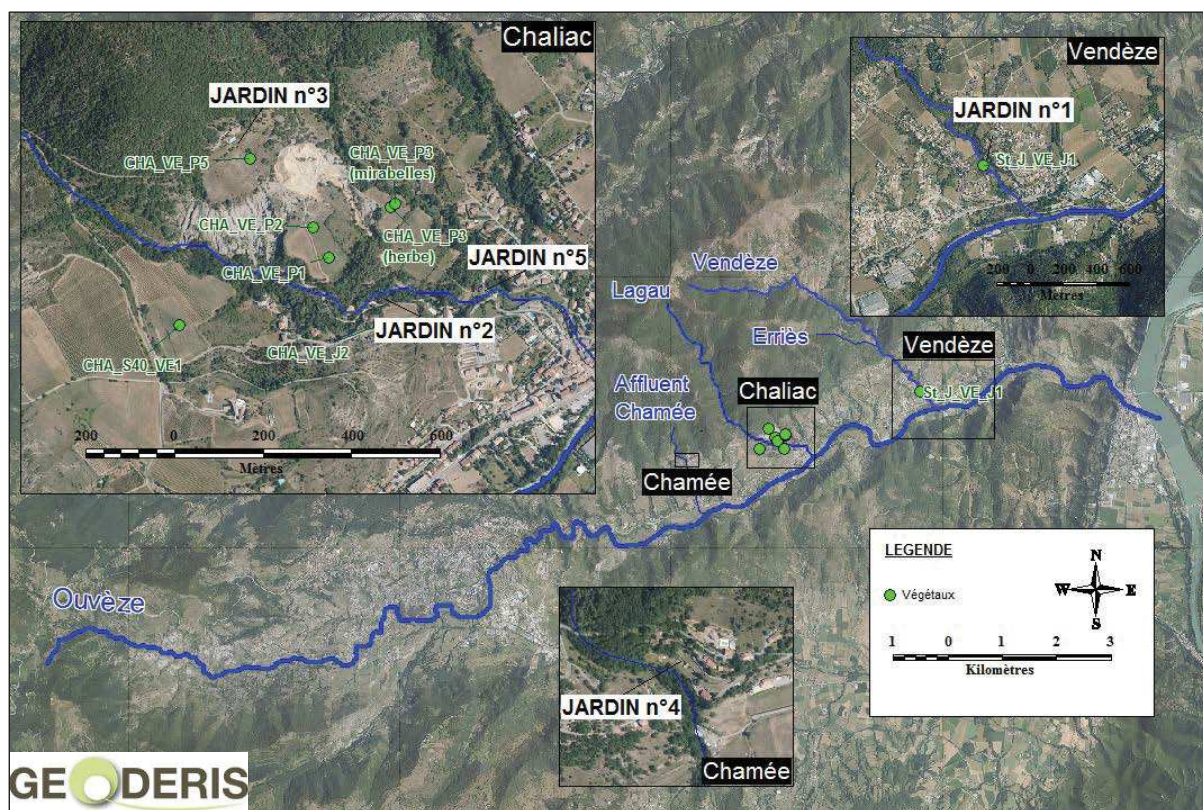


Figure 43: Localisation des prélèvements de végétaux

7 RESULTATS BRUTS

7.1 Sol et résidus

7.1.1 Résultats bruts

Les tableaux de résultats bruts sont présentés en annexe 7.

7.1.2 Synthèse des données

a. Résidus

Zone des laveries, dépôts et bassins de décantation de Chaliac

Les paramètres physico-chimiques sont relativement hétérogènes. Le pH des résidus oscille entre 2,3 (Terril de Pansier au sein duquel un DMA a pu être observé) et 8,4 (bassins de décantation). Les données de granulométrie et de teneurs en COT sont, quant à elles, concordantes avec les observations de terrain et les attentes quant à la composition des résidus (faibles teneurs en COT dans les résidus, granulométrie fine des résidus des bassins).

Les concentrations maximales relevés dans cette zone sont de 5,7 % de plomb (bassin de décantation), 2,6 % de zinc (petite laverie), 6700 ppm d'arsenic (bassins de décantation), 3900 ppm de cuivre (dépôts), 110 ppm de cadmium (bassins de décantation), 6 600 ppm d'antimoine (bassins de décantation).

Les analyses des profils des résidus indiquent que les concentrations sont globalement plus importantes à 10 cm de profondeur qu'en surface et que les teneurs les plus élevées se retrouvent majoritairement dans les bassins de décantation.

Les matériaux prélevés dans la zone de la petite laverie (échantillons OUV_CHA_re1 et OUV_CHA_re2) sont considérés comme des résidus même s'ils ne proviennent ni de bassins de décantation ni de dépôts. Ils montrent des concentrations supérieures à l'environnement local témoin de Chaliac (teneurs maximales : 720 ppm d'antimoine, 250 ppm d'arsenic, 37 ppm de cadmium, 770 ppm de cuivre, 16 000 ppm de plomb et 26 000 ppm de zinc) avec toutefois une grande disparité entre les teneurs des deux échantillons prélevés.

Filon Juliette

Les eaux provenant de la paroi s'écoulent le long de la roche en créant un canal recouvert d'une pellicule blanchâtre. Cette eau présente un pH acide de l'ordre de 2,8. A la sortie de ce canal s'est créé un travertin composé de particules organiques (branches et feuilles) et de matériaux infra-millimétriques. Il ne présente pas d'organisation particulière puisqu'il semble qu'il se forme par agglomération de particules au fur et à mesure de l'écoulement des eaux. Ce travertin est de couleur orangée avec des passées blanchâtres. Ce même type de matériaux se retrouve dans l'Erries avec des zones blanchâtres et des accumulations de matériaux dont des éléments organiques formant une concrétion orangées, comme le montre la Figure 44.

La granulométrie de ces matériaux est hétérogène : ceux composant le liant du travertin sont très fins (probablement formés de colloïdes) tandis que les particules agglomérées sont de granulométrie millimétrique à pluri-millimétrique. Ils présentent des teneurs de l'ordre de 50 % en fer, 1,6 % d'arsenic, 400 ppm de plomb et 530 ppm d'antimoine. Les teneurs en zinc, cadmium et cuivre sont relativement faibles.



Figure 44: Travertin (image de gauche) et résidus dans l'Erries (image de droite)

Chamée

Le dépôt de stériles de Chamée est une verse, probablement issue de l'ouverture de la galerie. Sa granulométrie est hétérogène puisqu'elle présente des éléments millimétriques à centimétrique voire pluri-centimétriques. De couleur marron-jaune, elle ne présente pas d'organisation particulière.

Elle présente des teneurs élevées en arsenic : 400 ppm et en fer : 7,4 %.

b. Sols

Les paramètres physico-chimiques des sols du bassin de l'Ouvèze sont relativement homogènes, même si des pH acides ont pu être rencontrés dans les champs de Chaliac, au sud du Terril de Pansier (pH de 4,2) et au hameau de Chamée (pH de 4,3).

Zone des laveries, dépôts et bassins de décantation de Chaliac

Sols de surface

La comparaison des teneurs relevées dans les sols de surface aux valeurs de son environnement local témoin indique que la quasi-totalité de ces sols dépassent les teneurs de l'ELT en plomb, avec un maximum de 8 900 ppm. Les dépassements sont fréquents pour les autres métaux et métalloïdes étudiés (antimoine, arsenic, cadmium, cuivre, et zinc).

Le chemin situé entre la grande laverie et les grands bassins de décantation montrent des teneurs supérieures à l'ELT pour toutes les substances étudiées.

Sols profonds

Les éléments dont la divulgation serait susceptible de porter atteinte à la protection de la vie privée ou au secret médical ont été retirés du dossier mis à disposition du public. Ils peuvent être demandés, par les intéressés uniquement et sur justification, en écrivant à l'adresse pricae.drealara@developpement-durable.gouv.fr.

Les graphiques des

Figure 45 et Figure 46 suivantes montrent la répartition des teneurs en antimoine, arsenic, cuivre, cadmium, zinc et plomb dans les sols de surface et profonds de cette zone, en comparaison à leurs environnements locaux témoins respectifs.

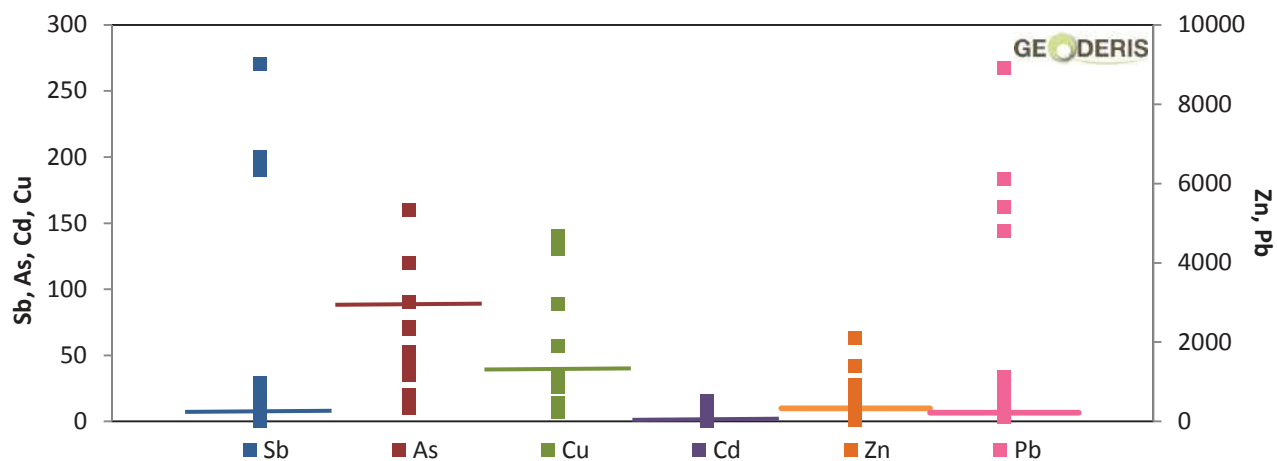


Figure 45: Teneurs (mg/kg de matière sèche) en antimoine, arsenic, cuivre, cadmium, zinc et plomb dans les sols de surface de Chaliac en comparaison à l'environnement local témoin (représenté par les barres horizontales)

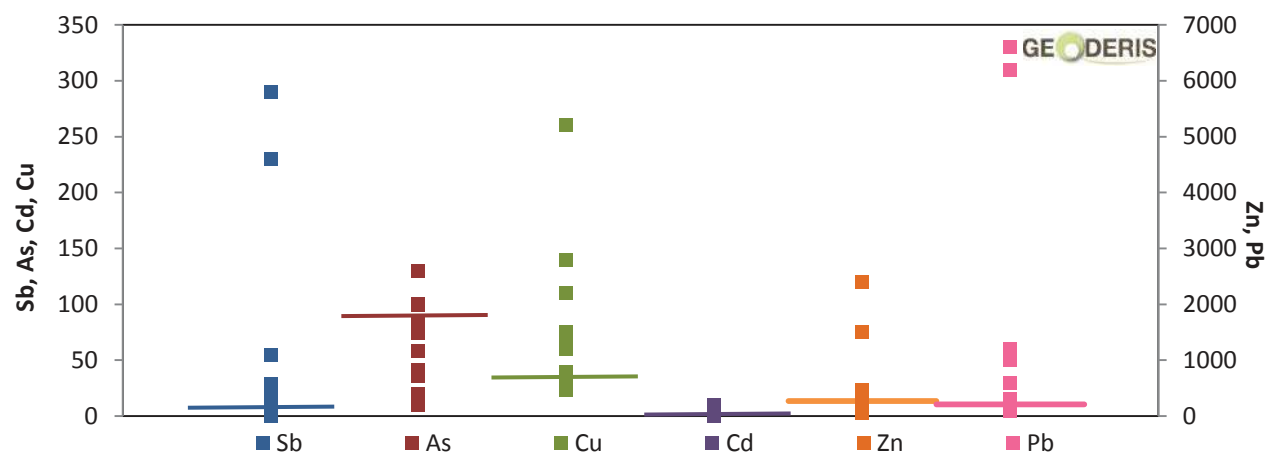


Figure 46: Teneurs (mg/kg de matière sèche) en antimoine, arsenic, cuivre, cadmium, zinc et plomb dans les sols profonds de Chaliac en comparaison à l'environnement local témoin (représenté par les barres horizontales)

Ouvèze

Les teneurs en métaux et métalloïdes sont relativement homogènes sur les terrasses de l'Ouvèze. Toutefois, une augmentation est visible après le Lagau pour toutes les substances étudiées (ces observations ne sont toutefois basées que sur un seul point d'environnement local témoin).

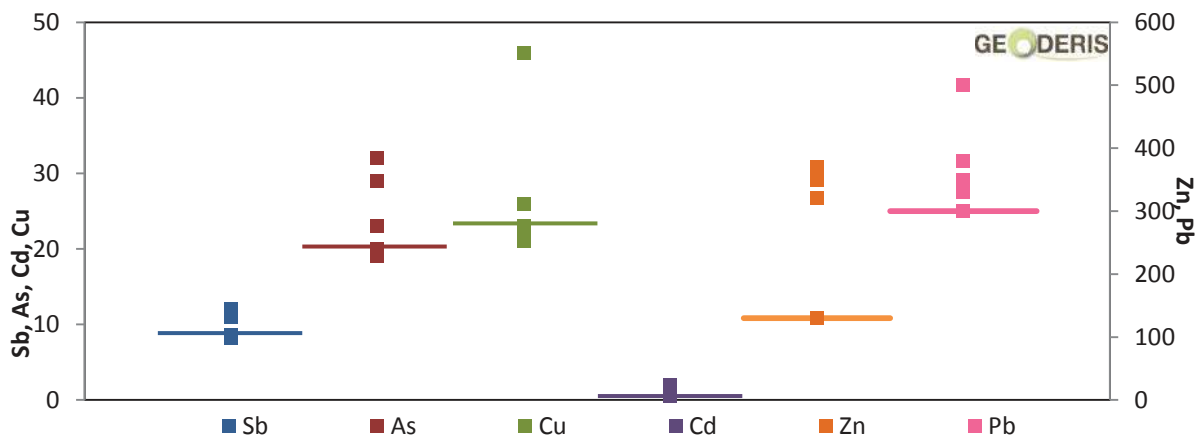


Figure 47: Teneurs (mg/kg de matière sèche) en antimoine, arsenic, cuivre, cadmium, zinc et plomb dans les sols de l'Ouvèze en comparaison à l'environnement local témoin (représenté par les barres horizontales)

Chamée

Les sols de surface situés dans la zone de l'ancienne exploitation et en aval hydraulique de celle-ci présentent tous des teneurs supérieures à l'ELT en arsenic (max : 860 ppm) et en antimoine (max : 63 ppm). Seules les teneurs cadmium et en cuivre ne montrent aucun dépassement.

Les éléments dont la divulgation serait susceptible de porter atteinte à la protection de la vie privée ou au secret médical ont été retirés du dossier mis à disposition du public. Ils peuvent être demandés, par les intéressés uniquement et sur justification, en écrivant à l'adresse pricae.drealara@developpement-durable.gouv.fr.

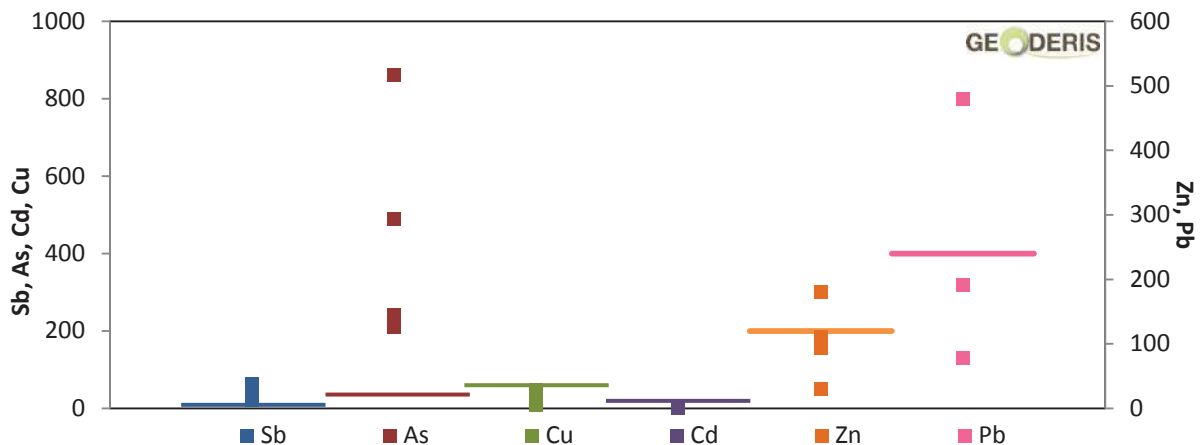


Figure 48: Teneurs (mg/kg de matière sèche) en antimoine, arsenic, cuivre, cadmium, zinc et plomb dans les sols de surface de Chamée en comparaison à l'environnement local témoin (représenté par les barres horizontales)

7.1.3 Figures

Les Figure 49 et Figure 50 présentent les concentrations en six métaux et métalloïdes (antimoine, arsenic, cadmium, cuivre, plomb et zinc) dans les sols de la zone des laveries et dépôts de Chaliac.

Les gammes ont été élaborées comme suit :

- Gamme basse (**vert**) : elle englobe les valeurs inférieures ou égales à l'environnement local témoin telles que définies dans la partie 6.2.2.b (cf. Tableau 13). Tout point montrant des valeurs anormales a été écarté ;
- Gamme haute (**rouge**) : Elle correspond à toutes les teneurs supérieures à la valeur de l'environnement local témoin ;
- Gamme très haute (**écarlate**) : Elle comprend les valeurs supérieures ou égales au 90^{ème} centile de tous les points de Chaliac. Cette donnée statistique a uniquement pour but de mettre en exergue les points présentant les teneurs les plus élevées du site.

Les teneurs des environnements locaux témoins des sols de surface et profonds ont été reportées, pour information, sur les deux figures.

Deux cartes sont présentées ci-après :

- Figure 49 : répartition des teneurs dans les sols de surface (0 à 2 cm) ;
- Figure 50 : répartition des teneurs dans les sols profonds (2 à 10 cm et 0 à 1 m).

a. Sols de surface

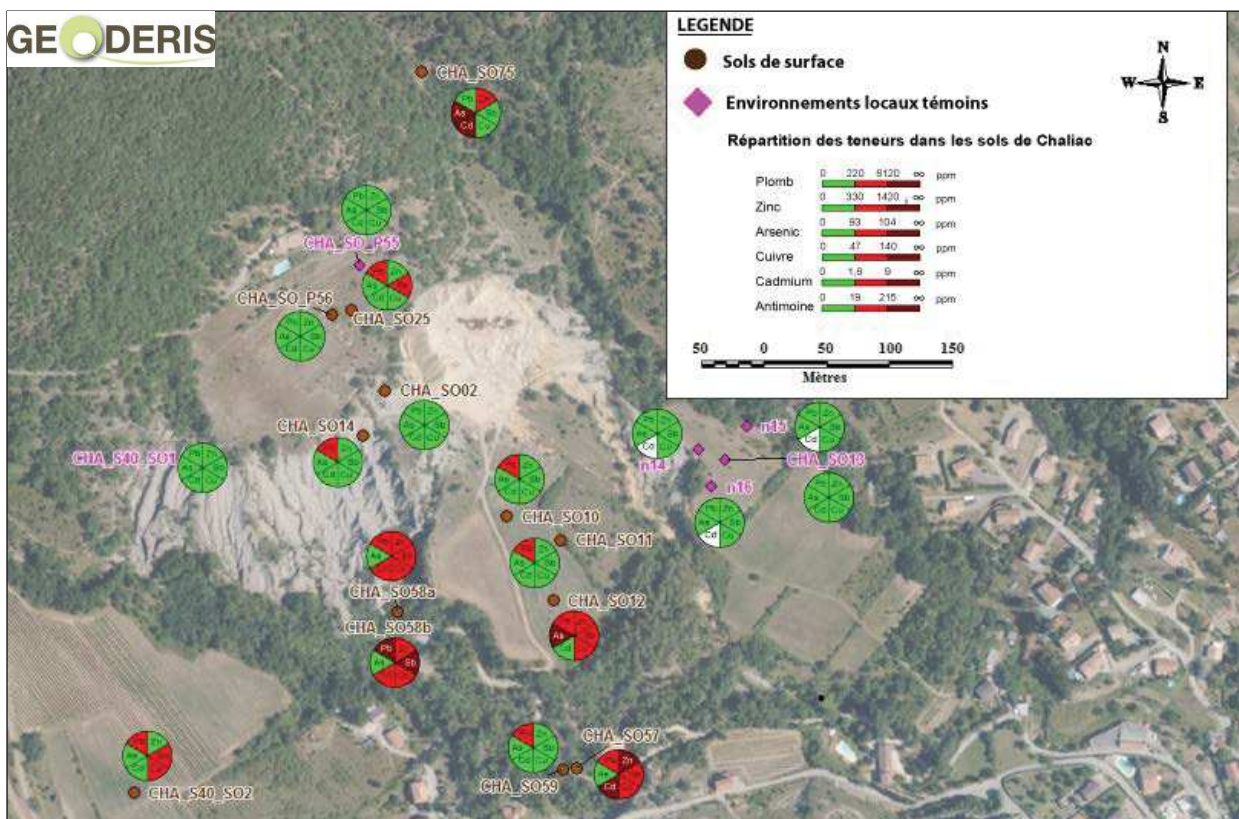


Figure 49: Répartition des teneurs en métaux et métalloïdes dans les sols de surface (0-2 cm) de Chaliac

b. Sols profonds

Les éléments dont la divulgation serait susceptible de porter atteinte à la protection de la vie privée ou au secret médical ont été retirés du dossier mis à disposition du public. Ils peuvent être demandés, par les intéressés uniquement et sur justification, en écrivant à l'adresse prca@drealara@developpement-durable.gouv.fr.

7.1.4 Autres paramètres analysés

Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et Hydrocarbures totaux (HCT)

Les HAP mesurés dans les sols et les résidus l'ont été uniquement lorsque des indices organoleptiques laissaient supposer leur présence dans le milieu. En effet, l'étude historique et documentaire n'indique pas l'utilisation d'hydrocarbures lors de l'exploitation, seul le charbon était utilisé dans les laveries.

Sept échantillons de sols et douze échantillons de résidus ont fait l'objet d'analyses de HAP et quinze échantillons de résidus ont fait l'objet d'analyses de HCT. Elles montrent que :

- Le naphthalène, l'acénaphthylène, l'acénaphthène, le fluorène et le dibenzo(a)anthracène ne sont présents dans aucun échantillon de résidus et de sols ;
- Les fractions C10-C12 et C12-C16 ne sont présentes que dans un seul échantillon de résidus : dans la partie est du grand bassin de décantation ;
- L'échantillon présentant la somme des HAP la plus élevée (2,4 mg/kg de matière sèche) a été prélevé dans les anciens bassins de décantation situés entre les deux laveries.

L'étude sanitaire, synthétisée dans le paragraphe 8, s'est attachée au calcul de QD et d'ERI pour les HAP.

Carbone organique total (COT)

La grande majorité des échantillons de résidus et de sols ont fait l'objet d'analyses de COT :

- Les sols présentent des teneurs en COT globalement plus importantes que les résidus ;
- Les échantillons de résidus présentant les teneurs les plus élevées en COT sont ceux dont les indices visuels indiquent une plus grande végétalisation : présence d'humus, d'arbres et de végétaux, à savoir le dépôt situé à l'est des grands bassins de décantation et la plateforme des dépôts de la petite laverie.

Granulométrie

Les analyses de granulométrie confirment les observations de terrain dans la zone de Chaliac :

- La composition des résidus des 10 petits bassins de décantation est plutôt argileuse ;
- Les fractions sableuses dominent dans les grands bassins de décantation ;
- Le Terril de Pansier est à dominante sableuse avec de rares passées argileuses ;
- Les résidus de la grande laverie sont à dominante sableuse ;
- Les sols présentent une répartition homogène entre sables et argiles.

Les terrasses de l'Ouvèze sont à dominante sableuse.

Les sols du secteur de Chamée sont à légère dominante sableuse.

7.2 Lixiviats

Des lixiviats ont été observés sur le Terril de Pansier comme le montre la Figure 51.



Figure 51: Drainage minier acide du Terril de Pansier

Ce drainage n'a pu être échantillonné qu'en période de crue, les volumes disponibles en période d'étiage étant trop faibles pour permettre un échantillonnage. En période de hautes eaux, il présente un pH acide de 3,3 ainsi que des teneurs de 14 µg/L d'antimoine, 21 µg/L d'arsenic, 2 300 µg/L de plomb, 1 300 µg/L de cadmium, 12 mg/L de fer, 5 800 µg/L de cuivre et 170 mg/L de zinc.

Comme le montre la Figure 51, ce drainage suit un chemin préférentiel, creusé dans les résidus, et qui rejoint probablement le Lagau environ 250 m en contrebas. En période de hautes eaux, le débit est très faible, estimé à environ 10 l/h.

7.3 Eaux de surface et sédiments

7.3.1 Résultats bruts

Les tableaux de résultats bruts sont présentés en annexes 8 et 9. :

Les éléments étudiés sont l'Antimoine, l'Arsenic, le Cadmium, le Cuivre, le Plomb et le Zinc. Le Fer a été étudié dans le cas de l'Ouvèze puisque le lit de ce cours d'eau s'écoule dans le bassin carbonaté exploité pour le fer. Il a également été analysé dans le cas de l'Erries et du Vendèze puisque ces cours d'eau présentent des teneurs élevées en cet élément.

Deux types d'analyses ont été effectuées sur les eaux : l'une sur les éléments totaux (eaux non filtrées), l'autre sur les éléments dissous (eaux filtrées). A noter que les eaux filtrées l'ont été à l'aide d'un filtre de 0,45 µm. Ainsi, le terme « éléments dissous » comprend les éléments effectivement dissous ainsi que la fraction colloïdale inférieure à 0,45 µm.

7.3.2 Synthèse des données

a. Lagau

SEDIMENTS

Les données indiquent que les sédiments du Lagau, en aval de la petite laverie, présentent, pour tous les points, des teneurs supérieures à celles de l'environnement local témoin. L'environnement local témoin considéré est un point prélevé dans un affluent du Lagau, en amont hydraulique des sources de contamination.

Les teneurs les plus élevées (à l'exception du zinc) ont été relevées en un même point : en aval immédiat de la confluence entre le Lagau et son affluent (qui longe le Terril de Pansier avant de se jeter dans le Lagau) : As : 180 ppm ; Cd : 50 ppm ; Cu : 420 ppm ; Pb : 12 000 ppm ; Sb : 390 ppm.

Les trois analyses de sédiments du Lagau présentent une granulométrie très hétérogène, mais ces points sont trop peu nombreux pour en tirer des conclusions.

EAUX

Les données physico-chimiques sont relativement homogènes, avec un pH moyen de 7,2.

Les teneurs en plomb, cadmium et zinc sont toutes supérieures à l'environnement local témoin (excepté un point pour le plomb) tandis que les teneurs en cuivre ne lui sont supérieures que par endroits. L'arsenic, quant à lui, est inférieur à la limite de quantification (LQ) pour tous les points tandis que l'antimoine ne présente qu'une valeur supérieure à cette LQ, au niveau du dernier point prélevé dans le Lagau. Ce dernier point cumule les maximums relevés dans le lagau pour tous les métaux et métalloïdes étudiés : 2800 µg/L de zinc, 180 µg/L de plomb, 7,3 µg/L d'antimoine, 28 µg/L de cuivre et 23 µg/L de cadmium.

Les cations étudiés (calcium, potassium, magnésium, sodium et silicium) présentent plusieurs dépassements en comparaison à l'environnement local témoin du Lagau. Les anions, quant à eux, dépassent l'ELT en ortho-phosphates, fluorures, mais principalement en sulfates avec une teneur maximale de 250 mg/L.

Les concentrations entre éléments dissous et éléments totaux sont similaires pour tous les éléments considérés.

Il est à noter que les échantillons CHA_e11 et CHA_S39_e3 sont situés en aval hydraulique des dépôts sur le Lagau, avant la confluence avec l'Ouvèze et en sortie d'une évacuation des eaux usées (nitrates, chlorures et azote) de la commune de Flaviac. Les concentrations en métaux et métalloïdes y sont les plus élevées du Lagau.

FIGURES

Les Figure 52 et Figure 53 représentent les répartitions des concentrations en métaux et métalloïdes relevées dans les eaux (éléments dissous et éléments totaux) et les sédiments du Lagau.

Les gammes ont été élaborées de la même manière que pour la cartographie de la répartition des teneurs en métaux et métalloïdes dans les sols de Chaliac (cf. 7.1.3).

La Figure 52 présente les données sur les métaux et métalloïdes dissous ainsi que les teneurs dans les sédiments relevées en période de basses eaux et en période de hautes eaux (identifiant comprenant « HE »). Les données sur les sédiments relevées en période de hautes eaux ne sont pas présentées afin de ne pas inclure les biais potentiels dus aux perturbations que les pluies peuvent avoir induit sur les sédiments en période de crue.

La Figure 53 présente les données sur les métaux et métalloïdes totaux relevées en période de basses eaux et en période de hautes eaux (identifiant comprenant « HE »).

Les points Lixi_1_HE, CHA_e1 et CHA_e51 ont été reportés sur la Figure 53 pour indiquer leur position uniquement.

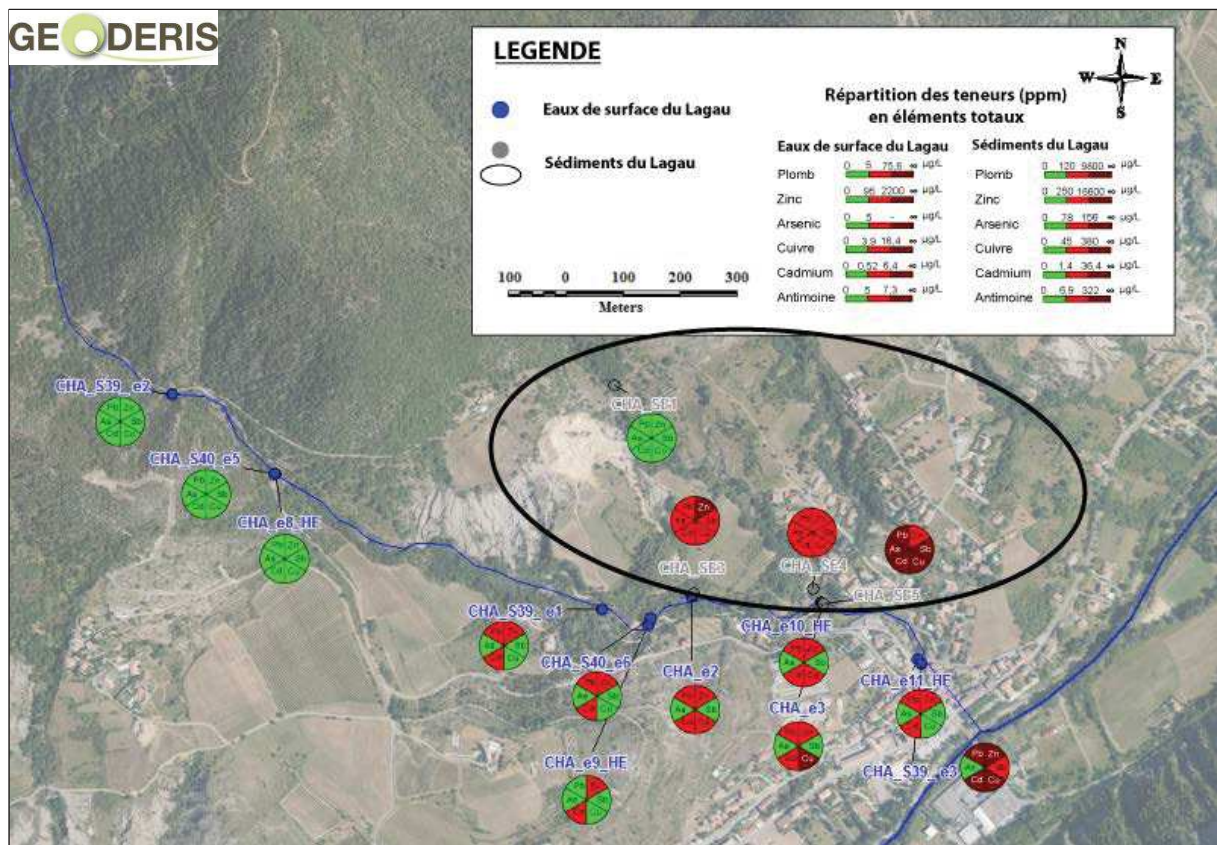


Figure 52: Répartition des teneurs en métaux et métalloïdes dans les eaux (éléments totaux) et dans les sédiments du Lagau

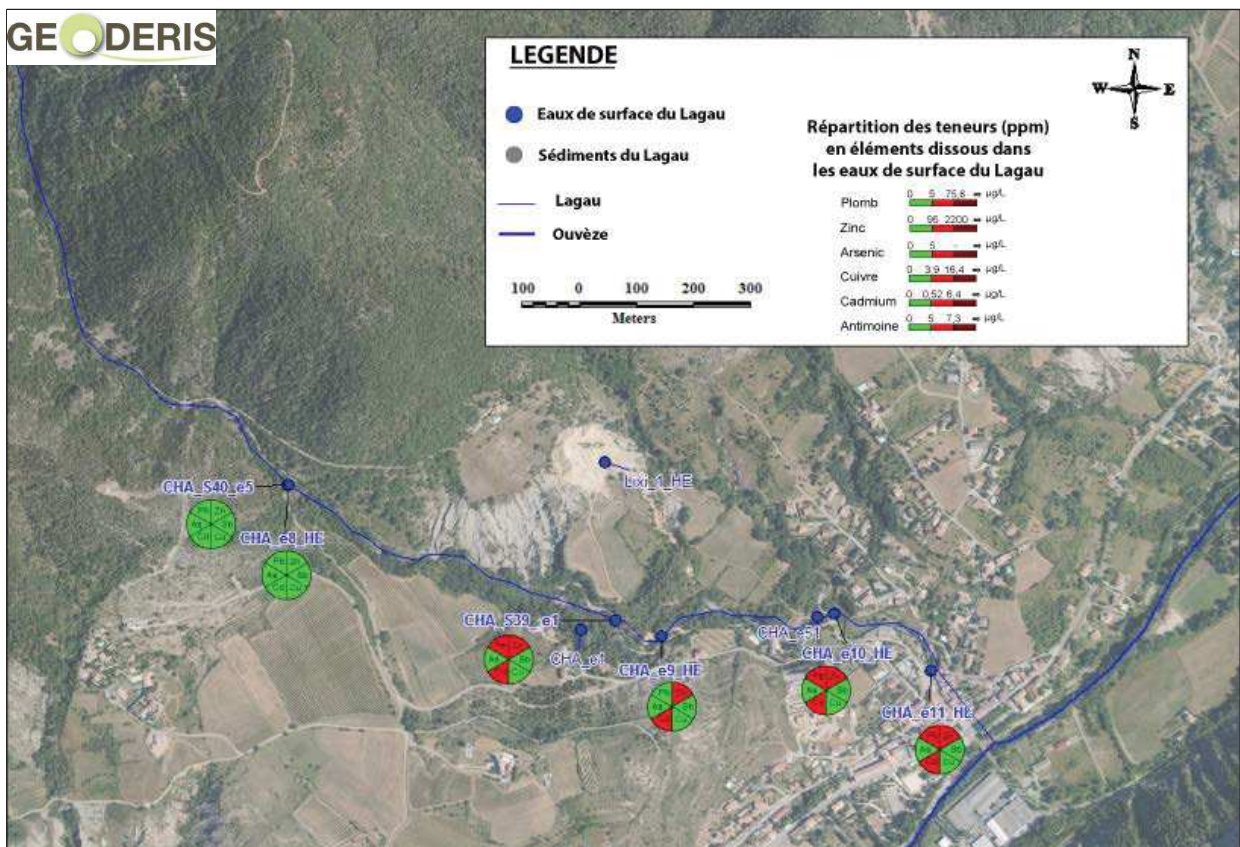


Figure 53: Répartition des teneurs en métaux et métalloïdes dans les eaux du Lagau (éléments dissous)

b. Ouvèze

EAUX

Les données physico-chimiques indiquent une eau légèrement basique (moyenne de 8,2) et une conductivité relativement homogène. Le carbone organique total est légèrement supérieur aux normes de potabilité pour les points situés à l'amont de l'Ouvèze.

Les teneurs en fer sont inférieures à l'ELT à l'exception de deux points : en aval de la galerie d'écoulement de Privas et en aval du Vendèze.

Les échantillons non filtrés présentent des teneurs en fer plus importantes, le fer étant en partie présent sous forme particulaire.

Les teneurs en plomb, antimoine, arsenic, cadmium et cuivre sont inférieures soit aux limites de détection, soit aux environnements témoins. Les teneurs en zinc dépassent celles de l'ELT dans la partie aval de l'Ouvèze avec un maximum de 34 µg/L au point le plus en aval de l'Ouvèze.

Aucune des teneurs relevées n'est supérieure aux normes de potabilité définie par l'Annexe 1 de l'arrêté du 11 janvier 2007.

La Figure 54 représente les répartitions en métaux et métalloïde totaux (As, Cd, Cu, Fe, Pb, Sb et Zn), le long de l'Ouvèze tandis que la Figure 55 montre la répartition des concentrations en éléments dissous.

SEDIMENTS

Les teneurs en métaux et métalloïdes des sédiments de l'Ouvèze sont toutes supérieures à l'ELT en aval de la confluence entre le Lagau et l'Ouvèze, avec des maximums de 13 ppm en arsenic, 5,2 ppm en cadmium, 31 ppm en cuivre, 560 ppm en plomb, 17 ppm en antimoine et 1 100 ppm en zinc en un point échantillonné à l'aval immédiat de la confluence. Elles diminuent ensuite jusqu'au Rhône, tout en restant supérieures à celles de l'ELT.

En amont de la confluence Lagau-Ouvèze, les teneurs sont globalement inférieures à celles de l'ELT, à l'exception :

- du plomb en amont immédiat de la confluence Ouvèze-Mézayon ;
- du plomb, du zinc et du cuivre en amont immédiat de la confluence Lagau-Ouvèze.

Les données sur les sédiments relevées en période de hautes eaux ne sont pas présentées afin de ne pas inclure les biais potentiels dus aux perturbations que les pluies peuvent avoir induit sur les sédiments en période de crue.

Les teneurs en fer, quant à elles, ne sont supérieures à l'ELT pour aucun point. Il est à noter qu'elles sont fortes en amont des mines de fer de Privas, puis diminuent jusqu'après la confluence Ouvèze-Lagau pour ensuite augmenter.

La Figure 54 indique les répartitions en métaux et métalloïde totaux (As, Cd, Cu, Fe, Pb, Sb et Zn), dans les sédiments de l'Ouvèze en période de basses eaux.

Les points CHA_S39_e7, CHA-e3_HE et CHA_S40_e1 ont été reportés sur la Figure 55 uniquement pour indiquer leur positionnement.

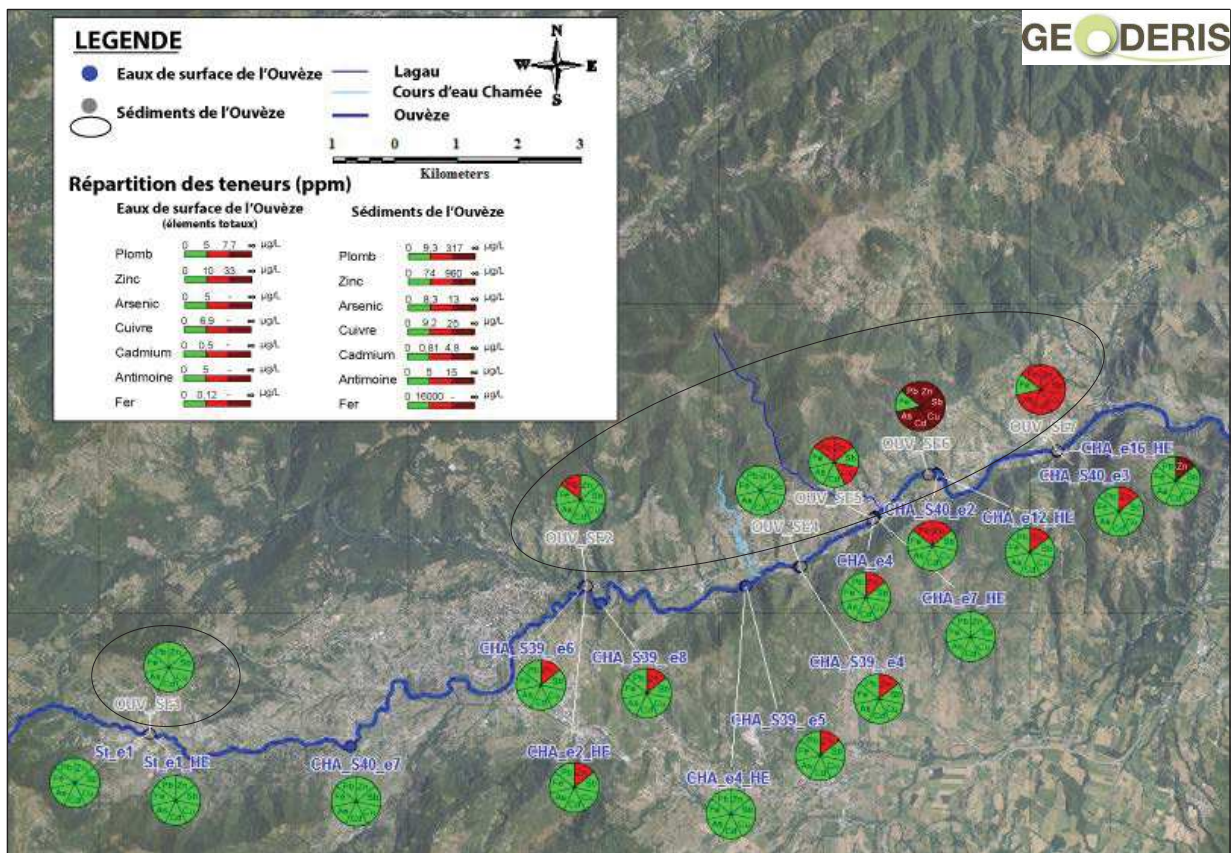


Figure 54: Répartition des concentrations en métaux et métalloïdes dans les eaux (éléments totaux) et les sédiments de l'Ouvèze.

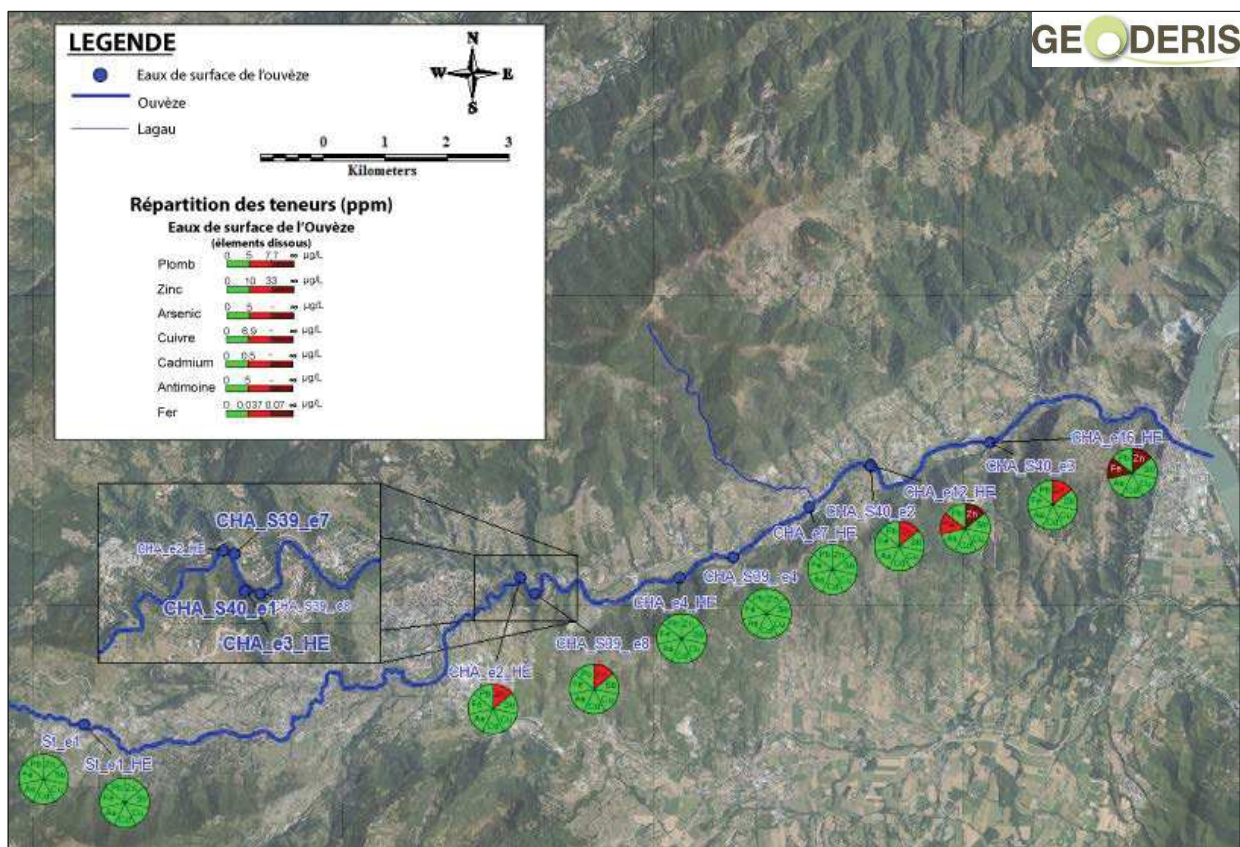


Figure 55: Répartition des concentrations en métaux et métalloïdes dans les eaux (éléments dissous) de l'Ouvèze.

c. Erries et Vendèze

Dans l'Erries s'écoulent des eaux provenant d'une paroi située à quelques mètres au-dessus d'une galerie. Ces eaux ont été analysées, de même que celles de l'Erries (affluent du Vendèze) et du Vendèze.

Écoulement de la paroi

L'écoulement provenant de la paroi présente un pH acide (pH de 3) et une conductivité élevée (920 µS/cm). La concentration en sulfates, dépasse la norme de potabilité : 320 mg/L (pour une norme de 250 mg/L). Les teneurs en antimoine, arsenic, plomb, cadmium, cuivre et zinc sont nettement supérieures à l'ELT et aux normes de potabilité, comme le montre le Tableau 15 suivant :

Echantillon	Elément	Antimoine	Arsenic	Plomb	Cadmium	Cuivre	Zinc	Fer
	Unité	µg/L						
Echantillon	ELT	<5	13	<5	<0,5	5,9	100	0,45
	Limites de potabilité	5	10	10	5	2000	-	0,2
CHA_S39_E10	Eléments totaux	47	780	230	24	8,3	4000	76
	Eléments dissous	44	610	160	25	7,1	4000	77

Tableau 15: Teneurs relevées dans l'écoulement provenant de la paroi du Filon Juliette

Erries

Après le passage des eaux provenant de la paroi, le pH de l'Erries passe de 6,2 à 3 (pH identique en périodes de hautes et basses eaux).

La concentration en sulfates, en période de crues, est multipliée par 15 (14 mg/L en amont, 220 mg/L en aval) entre l'amont et l'aval de l'écoulement. En période d'étiage, l'ELT a été prélevé dans un cours d'eau parallèle à l'Erries, les sulfates présentent une teneur de 330 mg/L tandis que l'ELT est de 23 mg/L.

Les métaux et métalloïdes étudiés présentent tous des dépassements de l'environnement local témoin (à l'exception de l'antimoine pour un échantillon filtré en période de hautes eaux). Les maximums sont de 5,3 µg/L d'antimoine, 170 µg/L d'arsenic, 180 µg/L de plomb, 30 µg/L de cadmium, 29 mg/L de fer, 18 µg/L de cuivre et 5 300 µg/L de zinc. La limite de potabilité est, quant à elles, dépassée pour le cuivre.

Vendèze

En aval de la confluence Erries-Vendèze, les pH augmentent jusqu'à une moyenne de 7,2. Les teneurs en sulfates diminuent après la confluence, puis passent sous l'ELT en hautes eaux au niveau du jardin investigué, situé plus en aval.

Le premier point échantillonné à l'aval de la confluence Erries-Vendèze dépasse les teneurs de l'ELT (cf. Tableau 15) en arsenic (14 µg/L), plomb (16 µg/L), cadmium (3,1 µg/L), fer (1,9 mg/L) et zinc (390 µg/L). De légers dépassements des normes de potabilité concernent l'arsenic, le plomb et le fer.

Le point d'eau prélevé plus en aval, au niveau du jardin potager investigué, ne présente aucun dépassement en comparaison aux valeurs de l'ELT et aux normes de potabilité que ce soit en période de crue ou d'étiage.

d. Autres

Veyras

Le secteur de Veyras a été investigué afin d'évaluer l'impact potentiel des eaux émergeant des galeries situées en bordure d'un affluent de l'Ouvèze. Les résultats ayant montré que ni les eaux, ni les sédiments ne présentaient de teneurs élevées, les données n'ont pas été traitées plus en détail. Les résultats sont disponibles en annexe 8 pour les eaux et en annexe 9 pour les sédiments.

7.4 Végétaux potagers

Les résultats sur les végétaux sont traités dans le rapport relatif aux risques sanitaires établi par l'INERIS [13].

7.5 Caractérisation semi-quantitative par mesures *in situ* NITON®

Ce paragraphe est basé sur le rapport de synthèse du BRGM [14].

7.5.1 Mesures et analyses Niton

GEODERIS a sollicité le BRGM pour la réalisation d'une campagne de mesures semi-quantitatives *in-situ* à l'aide d'un analyseur à fluorescence X NITON® de type XLt 999. Ces mesures ont été effectuées sur les sols, sédiments et résidus du bassin versant de l'Ouvèze. Les résultats sont indiqués en annexe 11, tels que fournis par le BRGM.

Parmi les 21 échantillons prélevés lors de la campagne de mesures Niton, 13 ont été analysés dans les laboratoires du BRGM. Les préparations diffèrent en fonction du type d'analyse :

- Fluorescence X :
 - o Mesures *in-situ* à l'aide d'un Niton® de sols et résidus: tamisage à 2 mm ;
 - o Analyse en laboratoire des sédiments après séchage à 40 °C et tamisage à 200 µm ;
- Spectrométrie ICP/AES ou absorption atomique : séchage à 105 °C et broyage à 80 µm.

Les comparaisons entre les mesures de terrain et les analyses en laboratoire sont présentées dans les graphiques de l'annexe 11 qui donnent des droites de calibration (pour le plomb, l'antimoine, le cuivre et le zinc) permettant de juger de la pertinence des résultats obtenus.

Le BRGM conclut que les droites de calibration montrent que:

- les mesures *in-situ* et les analyses en laboratoire sont comparables pour le plomb, le cuivre et le zinc ;
- la matrice (sédiment ou sol) joue un rôle important pour l'antimoine ;
- la valeur d'antimoine mesurée par le Niton dans les sols (tamisés à 2 mm) doit être doublée ;
- les teneurs en zinc supérieures à 1% sont surévaluées d'environ 25% par rapport à l'analyse.

7.5.2 Orientation des échantillonnages sur site

Dans le cadre de la présente étude, les mesures in-situ sont particulièrement utiles à l'orientation des échantillonnages sur le terrain. En effet, elles fournissent des données immédiates, permettant d'évaluer le niveau de contamination des terrains investigués et de délimiter géographiquement l'emprise des dépôts de résidus. Les résidus de la concession de Chaliac ont, en effet, été déposés avant 1914 et, en un siècle, leur morphologie initiale a évolué, notamment à cause des emprunts, des constructions diverses et des phénomènes météorologiques. Ainsi, la limite entre le résidu et le sol naturel est parfois diffuse et la mesure Niton permet de délimiter avec une précision plus fine qu'au seul moyen d'analyses de laboratoire, les contours des résidus.

La Figure 56 suivante localise les points mesurés par le BRGM sur le bassin versant de l'Ouvèze. Les résultats correspondant aux identifiants de cette figure sont disponibles en annexe 11.

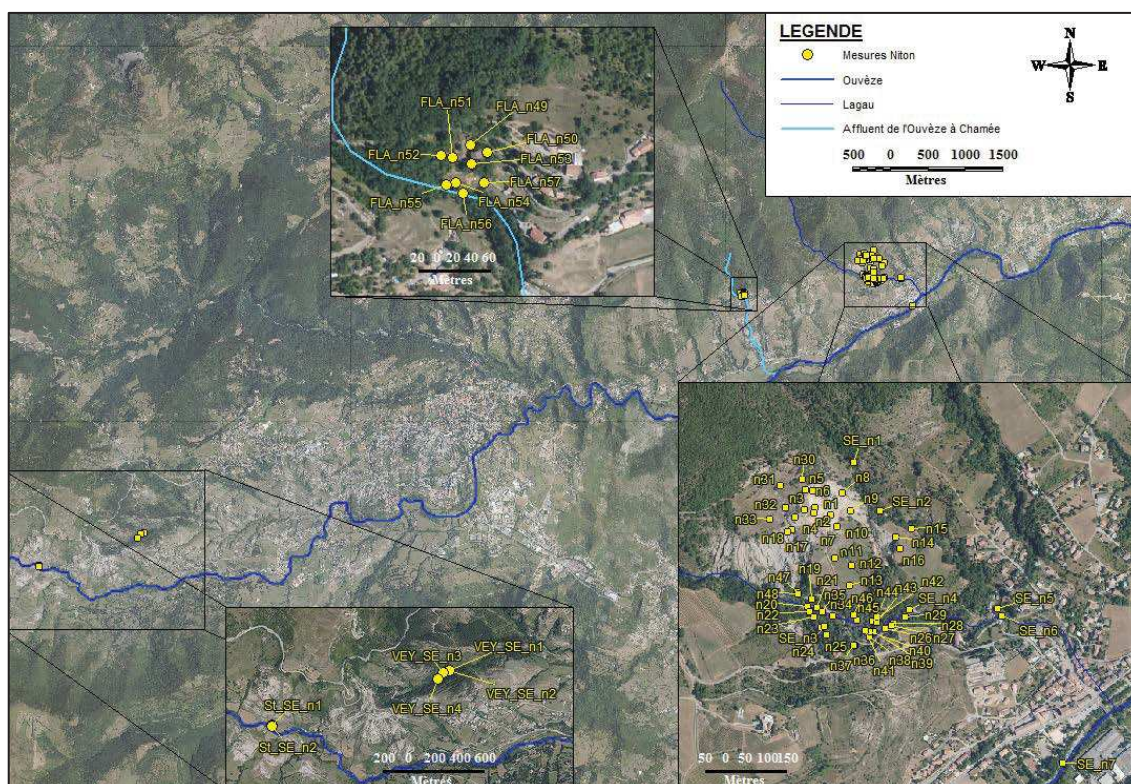


Figure 56: Localisation des mesures Niton au sein du bassin versant de l'Ouvèze

7.5.3 Confrontation mesures - analyses

Le Tableau 16 suivant est une comparaison des teneurs mesurées par le Niton sur une partie des résidus et sols de la concession de Chaliac. Il montre une cohérence globale entre mesures et analyses, confortant ces dernières et justifiant l'utilisation d'une partie d'entre elles pour la définition des teneurs de l'environnement local témoin (cf. partie 6.2.2. Environnement local témoin).

Les remarques suivantes peuvent toutefois être faites :

- Les mesures Niton sont légèrement inférieures aux analyses de laboratoire et certains éléments (comme le cadmium) ne sont pas détectés bien qu'ils présentent des concentrations analysées parfois non négligeables ;
- Pour de fortes teneurs en cuivre, plomb et zinc (bassins de décantation), les minimums et maximums mesurés par Niton sont plus importants que ceux analysés en laboratoire. ;
- Les mesures Niton surévaluent l'arsenic et le plomb dans les résidus, phénomène dû à la mesure (les pics majeurs d'arsenic et de plomb se confondant, l'analyseur peut surévaluer les teneurs en arsenic) ;
- Les mesures effectuées sur des matrices sableuses (résidus de dépôts) semblent plus en cohérence avec les analyses de laboratoire que celles réalisées sur des matrices argileuses (bassins de décantation), laissant supposer une influence de la matrice dans la mesure Niton.

Secteur de Chaliac	Substances	Gammes (ppm)	
		Niton	Laboratoire
Champs	Nb d'échantillons	9	12
	Sb	<LOD	[<5 – 55]
	As	<LOD	[15 – 88]
	Cd	-	[<0,4 – 1,8]
	Cu	[<LOD – 62]	[26 – 65]
	Pb	[54 – 894]	[93 – 1 000]
	Zn	[<LOD – 356]	[58 – 340]
Résidus - dépôts	Nb d'échantillons	18	29
	Sb	[142 – 2 295]	[27 – 3 000]
	As	[<LOD – 2 323]	[36 – 1 600]
	Cd	-	[0,59 - 87]
	Cu	[<LOD – 1 436]	[42 - 3 900]
	Pb	[5 418 – 52 446]	[950 – 57 000]
	Zn	[359 – 8 773]	[260 - 26 000]
Résidus – bassins de décantation	Nb d'échantillons	10	8
	Sb	[274 – 4 695]	[210 – 6 600]
	As	[511 – 7 126]	[390 – 2 100]
	Cd	-	[4,8 – 20]
	Cu	[170 - 4870]	[340 – 1 800]
	Pb	[2 993 – 89 819]	[4 300 – 44 000]
	Zn	[1 079 – 7 691]	[1 600 – 5 000]

Tableau 16: Comparaison des gammes de valeurs entre mesures Niton et analyses en laboratoire sur la concession de Chaliac

Remarques concernant le Tableau 16 :

- Les mesures et analyses effectuées sur les champs ne prennent pas en compte les points niton13 et CHA_SO12 car ils ont été effectués sur un point particulier, probablement situé sur l'ancien trajet du transbordeur et dont il est supposé que ce n'est pas un sol mais un résidu ;
- Les mesures Niton ne comprennent pas les mesures de cadmium car cet élément présente des teneurs inférieures à la limite de détection pour tous les points.

8 INTERPRETATION DE L'ETAT DES MILIEUX EN TERMES SANITAIRES

8.1 Introduction

La méthodologie employée pour cette étude sanitaire est décrite dans le paragraphe 1.2. Pour rappel, les grandes étapes sont les suivantes :

- Consultations de documents préexistants (archives et études antérieures) ;
- Détermination des usages des sites (usages de l'eau, des terres etc.) ;
- Réalisation d'un schéma conceptuel préliminaire ;
- Elaboration d'un plan d'échantillonnage prévisionnel ;
- Investigations de terrain. Plusieurs campagnes peuvent s'avérer nécessaire, notamment dans le cas où les premières investigations indiqueraient de nouvelles sources, vecteurs de transfert, modes d'exposition ou cibles ou que des points d'échantillonnages supplémentaires s'avèrent nécessaires ;
- Révision du schéma conceptuel préliminaire en fonction des données collectées lors des investigations ;
- Traitement des données analytiques ;
- Evaluation de la comptabilité entre les usages des populations et l'état du site ;
- Conclusions et recommandations.

8.2 Schéma conceptuel

8.2.1 Schéma conceptuel préliminaire

Un schéma conceptuel préliminaire est élaboré en premier lieu. Il permet d'orienter les opérations de terrain. Ce schéma est ensuite révisé et modifié en fonction des sources, vecteurs de transfert, modes d'exposition et cibles réellement identifiés sur le site.

Dans le cadre de cette étude sanitaire, les vecteurs de transfert et modes d'exposition, souvent similaires ou imbriqués, seront traités conjointement.

a. Sources

Les sources primaires et secondaires de contamination considérées sont celles définies dans le Tableau 9 de ce rapport (cf. 4.1 Sources).

b. Modes d'exposition

Les modes d'exposition aux éléments potentiellement contaminants identifiées dans cette phase préliminaire sont les suivantes:

- Ingestion de terre et de particules issues du sol ;
- Inhalation de poussières issues des résidus ;
- Ingestion de légumes potagers et de fruits sauvages ;
- Ingestion d'eau provenant du Lagau, de l'Ouvèze et du Vendèze ;
- Ingestion de sédiments ;
- Ingestion de poissons ;
- Ingestion de viande d'élevage ;
- Ingestion de viande de gibier.

8.2.2 Schéma conceptuel révisé

Les données issues des investigations de terrain ont permis de préciser les sources, vecteurs de transfert, modes d'exposition et cibles et de modifier le schéma conceptuel préliminaire en fonction des réalités du site d'étude. Ainsi, ces investigations ont notamment permis d'identifier le milieu « sol » comme source primaire principale de contamination.

a. Sources

Sols

Les sources de contamination considérées dans le cadre de l'étude sanitaire sont celles identifiées dans le Tableau 9 (à l'exception de la zone du dépôt d'explosif et des terrasses alluviales de l'Ouvèze qui ont été écartés suite aux investigations de terrain : la zone de dépôt d'explosif n'existe plus et aucune source de contamination potentielle n'a pu y être identifiée et les terrasses de l'Ouvèze ne présentent pas de teneurs permettant de les identifier comme sources de contamination).

Elles sont reprises dans le Tableau 17 suivant qui indique les maximums de concentration par zone (localisées sur la Figure 57 ci-dessous) ainsi que les valeurs des environnements locaux témoins (ELT) considérés.

CONCENTRATIONS dans les sols en mg/kg MS								
CHALIAIC							FLAVIAC (Chamée)	
	ELT	A Terril de Pansier	B Terril de Pansier	C résidu s de la petite laverie	D résidu s de la grande laverie	E grands bassins de décantation	F 10 petits bassins de décantation	ELT
As	36	1 100	240	360	150	680	90	210
Sb	25	3 000	860	630	590	240	190	63
Cd	15	22	29	nc	20	nc	11*	0,9
Cu	60	760	260	470	650	600	140	51
Pb	390	37 000	38 000	37 000	44 000	40 000	5 400	240
Zn	590	4 700	6 300	3 100	3 300	1 700	2 100	340

(*) Concentration retenue au regard des incertitudes analytiques dans le cadre d'une approche conservatrice mais dans la gamme de celle de l'environnement local témoin.
nc : substance non concernée car les concentrations sont inférieures à celles de l'environnement local témoin.

Tableau 17: Concentrations dans les sols de surface retenues pour les calculs de risques (scénario ingestion de sol) en mg/kg de matière sèche

Les éléments dont la divulgation serait susceptible de porter atteinte à la protection de la vie privée ou au secret médical ont été retirés du dossier mis à disposition du public. Ils peuvent être demandés, par les intéressés uniquement et sur justification, en écrivant à l'adresse pricae.drealara@developpement-durable.gouv.fr.

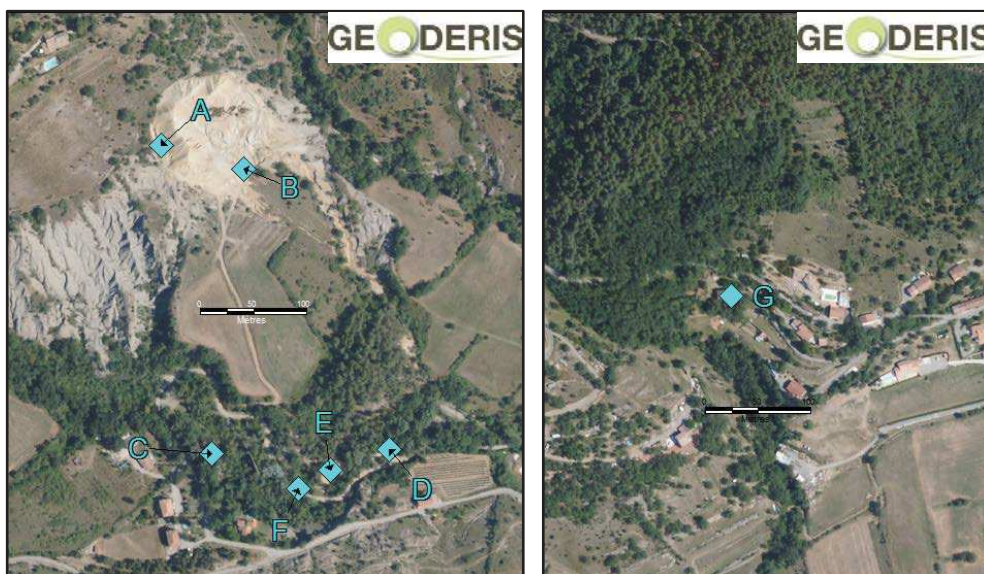


Figure 57: Localisation des zones décrites dans le Tableau 17

Végétaux potagers

Les végétaux potagers n'ont pas fait l'objet de prélèvements d'environnements locaux témoins, seules les valeurs réglementaires seront utilisées afin de définir la compatibilité entre l'usage des sites et l'état des milieux.

Les teneurs relevées dans les végétaux potagers sont disponibles en annexe 10. La comparaison aux valeurs réglementaires indique que les teneurs sont globalement faibles, à l'exception du plomb et du cadmium pour certains végétaux.

b. Vecteurs de transfert et modes d'exposition

Suite à l'étude des données issues des investigations de terrain, et notamment à l'identification du sol comme source principale de contamination primaire, les modes d'exposition retenus pour les calculs de risques sanitaires sont les suivantes :

- **l'ingestion de sol de surface** par les enfants ;
- **l'ingestion de végétaux potagers** : en raison de l'usage d'eaux de surface potentiellement contaminées pour l'arrosage des végétaux. En effet, l'Ouvèze, le Vendèze et le Lagau font tous trois l'objet de prélèvement pour l'irrigation des jardins potagers ;
- **Usage de loisirs des eaux de surface** : les risques sont l'ingestion d'une eau potentiellement contaminée lors de la baignade d'enfants. Aucun site de baignade autorisée n'est recensé dans l'Ouvèze mais des témoignages oraux indiquent que des estivants se baignent dans l'Ouvèze et des baigneurs ont été observés dans le Vendèze.

c. Cibles

Les enjeux considérés sont les populations (adultes et enfants) riveraines des sites ou de passage, comme des vacanciers et des randonneurs.

8.2.3 Investigations de terrain

Les prélèvements ont concerné les matrices suivantes :

- Sols ;
- Résidus ;
- Eaux de surface ;
- Sédiments ;
- Végétaux potagers ;
- Végétaux sauvages (mirabelles).

Le Tableau 18 suivant indique les figures et tableaux reprenant les localisations des points de prélèvements et les résultats analytiques.

Matrice	Localisation	Résultats analytiques
Résidus	Cf. Figure 39	Cf. annexe 7
Sols	Cf. Figure 40	Cf. annexe 7
Eaux de surface	Cf. Figure 41	Cf. annexe 8
Sédiments	Cf. Figure 42	Cf. annexe 9
Végétaux	Cf. Figure 43	Cf. annexe 10

Tableau 18: Localisation des prélèvements et résultats analytiques par matrice

Espèces végétales

- Végétaux potagers et fruits sauvages

L'objectif de prélèvements d'espèces végétales est d'estimer une éventuelle contamination et exposition des populations :

- par dépôts particuliers sur les feuilles via des émissions de particules issues des sols, notamment des dépôts de résidus, et via l'eau d'arrosage ;
- par transfert racinaire via une contamination des sols et/ou de l'eau d'arrosage ;
- par transfert foliaire via une contamination de l'eau d'arrosage.

Les prélèvements de végétaux ont été réalisés tenant compte de la disponibilité et de la variabilité de ces derniers et de l'autorisation d'accès des propriétaires.

- Herbes de prairies

Ce milieu ne correspond pas à un milieu d'exposition directe pour les populations humaines, mais il permet d'évaluer le transfert de métaux présents dans les sols vers les végétaux pouvant être consommés par des animaux d'élevages ou du gibier.

Le Tableau 19 suivant synthétise les types de végétaux prélevés :

Types de végétaux	Végétaux et fruits	Jardin n°1	Jardin n°2	Chaliac
Tubercule	pomme de terre	x	x	-
Légume racine	carotte	x	x	-
Légume feuille	laitue	x	-	-
	feuille de blette	x	x	-
	choux vert	x	-	-
Légume tige	tige/blanc de blette	x	x	-
Légume fruit	aubergine blanche	x	-	-
Fruit	Mirabelle	-	-	x
Plantes aromatiques		x	-	-
Herbes de prairie		-	-	x
Remarques en termes d'arrosage		Eaux de surface du Vendèze	Eaux de surface du Lagau	-

Tableau 19: Types de végétaux prélevés

8.3 Interprétation des résultats

8.3.1 Synthèse

Conformément à la démarche d'IEM, les concentrations ont été comparées aux valeurs de l'environnement local témoin, ce qui a indiqué une dégradation de la qualité des milieux au vu des usages constatés. Cette démarche indique ensuite que les teneurs doivent être comparées aux valeurs de gestion. En leur absence, des calculs de risques sanitaires ont été menés pour les modes d'exposition considérés, en prenant en compte les intervalles de gestion du risque de l'IEM. Lorsque les résultats des risques se situent dans la gamme d'interprétation des risques, une Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) a été conduite.

Au regard des valeurs de gestion disponibles (non disponibles pour les sols), l'analyse des concentrations indique :

- **Eaux de surface** : toutes les concentrations en arsenic relevées dans l'Erries sont supérieures à la valeur de gestion de 10 µg/l⁵ ;
- **Végétaux potagers** : le plomb présente des concentrations supérieures aux valeurs de gestion dans les denrées alimentaires⁶ pour les feuilles de blettes et les carottes.

8.3.2 Comparaison des teneurs analysées

a. Métaux et métalloïdes

Le Tableau 20 suivant indique, par matrice :

- les résultats des comparaisons des teneurs relevées lors des investigations aux valeurs de l'environnement local témoin ;
- les textes réglementaires ;
- les résultats de la comparaison entre les teneurs relevées lors des investigations et les teneurs règlementaires ;
- la nécessité ou non de réaliser des calculs de risques sanitaires.

Les jardins ayant fait l'objet de prélèvements de sols, d'eaux et/ou de végétaux se sont vus attribuer les nomenclatures suivantes (cf. Figure 43 pour leur localisation) :

- Jardin n° 1 : St-Julien-en-St-Alban (St_J_VE_J1) ;
- Jardin n° 2 : Chaliac (CHA_VE_J2) ;
- Jardin n° 3 : Chaliac (CHA_VE_P5), (pas de végétaux prélevés par manque de matière mais sol échantillonné : CHA_SO_J54) ;
- Jardin n° 4 : Chamée (pas de végétaux prélevés par manque de matière mais eau d'arrosage échantillonnée : FLA_e1) ;
- Jardin n° 5 : Chaliac (pas de végétaux prélevés par manque de matière mais eau d'arrosage : CHA_e51 et sol CHA_SO_J1).

⁵ Arrêté Ministériel du 11 janvier 2007, limite de qualité dans les eaux destinées à la consommation humaine.

⁶ Règlement CE n°1881/2006 avec dernières modifications du 2 décembre 2011.

Matrice	Comparaison à l'environnement local témoin	Comparaison aux données réglementaires		Réalisation de calculs de risques sanitaires
		Textes réglementaires	Résultats des comparaisons	
Sols		<p style="color: red; text-align: center;">Les éléments dont la divulgation serait susceptible de porter atteinte à la protection de la vie privée ou au secret médical ont été retirés du dossier mis à disposition du public. Ils peuvent être demandés, par les intéressés uniquement et sur justification, en écrivant à l'adresse pricae.drealara@developpement-durable.gouv.fr.</p>		Cf. Tableau 17 indiquant les concentrations considérées
Eaux de surface	Ouvèze	Pas de dépassement des teneurs		-
	Lagau	Dégradations en plomb, cadmium et zinc pour tous les points et en cuivre pour la plupart des points	Les valeurs réglementaires considérées sont celles de qualité des eaux destinées à la consommation humaine (Arrêté Ministériel du 11 janvier 2007, (cf. Tableau 21)	Des eaux d'irrigation de potagers présentent des dépassements de valeur en plomb (max : 95 µg/L), cadmium (max : 8,3 µg/L) et antimoine (max : 6,1 µg/L) principalement
	Erries	Dépassement pour tous les points et toutes les substances		La teneur maximale relevée indique une valeur en plomb de 230 µg/L. Elle se situe au niveau du filon Juliette et présente un pH de 3 et une conductivité de 920 µS/cm
	Vendèze	Pas de dépassement des teneurs.		-
	Chamée	Pas d'ELT pour comparaison		Les concentrations relevées sont inférieures aux seuils
Végétaux potagers	Pas de prélèvement d'environnements locaux témoins	Règlement fixant des teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires ⁷	<p style="color: red; text-align: center;">Les éléments dont la divulgation serait susceptible de porter atteinte à la protection de la vie privée ou au secret médical ont été retirés du dossier mis à disposition du public. Ils peuvent être demandés, par les intéressés uniquement et sur justification, en écrivant à l'adresse pricae.drealara@developpement-durable.gouv.fr.</p> <p>Toutes les concentrations en cadmium sont inférieures aux seuils Chaliac Les Mirabelles sauvages ne présentent pas de dépassement des valeurs seuils</p>	Un calcul de risque sanitaire sera réalisé pour le plomb

Tableau 20: Comparaison des teneurs relevées dans les différentes matrices à l'environnement local témoin et les teneurs réglementaires

⁷ Règlement CE n° 1881/2006 de la Commission du 19 décembre 2006, modifié pour l'année 2011 par le règlement CE n°835/2011 du 19 août 2011 et le règlement CE n°1259/2011 du 2 décembre 2011. En mg/kg de poids frais.

Le Tableau 21 suivant indique les limites de qualité des eaux destinées à la consommation humaine telles que définies par l'arrêté du 11 janvier 2007.

Paramètres chimiques	Limites de qualité	Paramètres chimiques	Limites de qualité
Antimoine	5 µg/L	Cuivre	2 000 µg/L
Arsenic	10 µg/L	Nickel	20 µg/L
Chrome	50 µg/L	Plomb	10 µg/L

Tableau 21: Limites de qualité pour les substances chimiques dans les eaux destinées à la consommation humaine

b. Hydrocarbures (HAP et HCT)

Des HAP ont été mis en évidence dans l'horizon profond (2-10 cm) des résidus des grands bassins de décantation. Cette zone, dont l'usage en activités de loisirs est évidente (trace de passages de moto, vélo et de piétons, chemin d'accès traversant le Lagau et présence d'un banc), est très probablement soumise à des phénomènes d'érosion dus au passage des motos. Ainsi, des calculs de risques ont été réalisés.

8.3.3 Calculs de risques sanitaires

a. Synthèse des VTR

L'évaluation de la toxicité menée dans le cadre de cette étude sanitaire concerne les éléments métalliques identifiés comme potentiellement toxiques, sur les sites considérés pour les populations. Le Tableau 22 suivant liste les VTR à seuil et sans seuil retenus pour les calculs de risques sanitaires.

Substance	VTR à seuil mg/kg.j	Organisme élaborateur	VTR sans seuil (mg/kg.j) ⁻¹	Organisme élaborateur
Antimoine	0,0004	US EPA	nc	
Arsenic	0,00045	Fobig (2009)	1,5	US EPA (1998), OEHHA (2009)
Cadmium	0,00036	EFSA (2011)	nc	
Cuivre	0,14	RIVM (2001)	nc	
Plomb	0,00063	ANSES (2013)	0,0085	OEHHA (2009)
Zinc	0,3	US EPA (2005)	nc	

Nc : non concerne ; ¹ conformément à l'avis de l'AFSSA (2003)

Tableau 22: Synthèse des VTR sélectionnées

b. Paramètres d'exposition

L'exposition est le contact entre un organisme vivant et une situation ou un agent dangereux, présents dans le(s) milieu(x) contaminé(s). L'évaluation de l'exposition consiste d'une part, à identifier les personnes exposées et les modes d'exposition/de pénétration des substances et d'autre part, à quantifier la fréquence, la durée et l'intensité de l'exposition.

Les Tableau 23 et Tableau 24 suivants détaillent les valeurs retenues en termes de paramètres d'exposition pour les enfants et les adultes.

PARAMETRES D'EXPOSITION DE L'ENFANT	VALEURS
Poids corporel [kg]	3 à 6 ans : 20 kg (ingestion de sols) Naissance à 6 ans : 15 kg (ADEME, IRSN, 2004) (ingestion de végétaux)
Quantité de sol ingérée [mg/j]	91 mg/j pour les enfants jusqu'à l'âge de 6 ans (InVS, INERIS, 2012)
Quantité de fruits et légumes autoproduits ingérés [g/j]	
Légumes « feuilles »	12,5 g/j en tenant compte des valeurs de CIBLEX (ADEME, IRSN, 2004) pour les quantités consommées et du calcul de taux d'autoconsommation sur la base de Bertrand (1993)
Feuilles de blettes	3,3 g/j en tenant compte de la part de ces légumes au regard de la consommation moyenne des Français (INSEE, Bertrand 1993)
Légumes « racines »	8,5 g/j en tenant compte des valeurs de CIBLEX (ADEME, IRSN, 2004) pour les quantités consommées et du calcul de taux d'autoconsommation sur la base de Bertrand (1993)
Carottes	7,2 g/j en tenant compte de la part de ces légumes au regard de la consommation moyenne des Français (INSEE, Bertrand 1993)
T : Durée d'exposition [années]	
T : durée d'exposition [années]	3 ans (période de 3 à 6 ans, enfant « résident ») en tenant compte de l'apprentissage de la marche pour l'enfant au regard des zones fréquentées ; 6 ans (période de la naissance à 6 ans) pour la voie ingestion de végétaux autoproduits
F : fréquence d'exposition : nombre annuel de jours d'exposition ramené au nombre total annuel de jours [sans unité]	
Pour tous les scénarios étudiés	52 jours par an (voie ingestion de sol) pour les enfants « résidents », tenant compte deux jours par semaine en période estivale, soit $F = (52/365) = 0,14$; 3 mois, 91 jours par an (voie ingestion de végétaux autoproduits) pour les enfants « résidents », soit $F = (91/365) = 0,4$
Tm : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée [années]	3 ans ou 6 ans en fonction du scénario (effet à seuil : égale à la durée d'exposition) et 70 ans (effet sans seuil) ⁸

Tableau 23: Valeurs des paramètres d'exposition pour l'enfant

⁸ 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)

PARAMETRES D'EXPOSITION DE L'ADULTE	Valeurs
Poids corporel [kg]	62,5 kg (ADEME, IRSN, 2004)
Quantité ingérée de fruits et légumes autoproduits [g/j] valeur pondérée en fonction des tranches d'âge indiquées dans le tableau issu de CIBLEX (ADEME, IRSN, 2004)	
Légumes « feuilles »	28,2 g/j en tenant compte des valeurs de CIBLEX (ADEME, IRSN, 2004) pour les quantités consommées et du calcul de taux d'autoconsommation sur la base de Bertrand (1993)
Feuilles de blettes	7,6 g/j en tenant compte de la part de ces légumes au regard de la consommation moyenne des Français (INSEE, Bertrand 1993)
Légumes « racines »	10,6 g/j en tenant compte des valeurs de CIBLEX (ADEME, IRSN, 2004) pour les quantités consommées et du calcul de taux d'autoconsommation sur la base de Bertrand (1993)
Carottes	9,1 g/j en tenant compte de la part de ces légumes au regard de la consommation moyenne des Français (INSEE, Bertrand 1993)
T : Durée d'exposition [années]	
T : durée d'exposition [années]	64 ans, pour les activités de loisirs
F : fréquence d'exposition : nombre annuel de jours d'exposition ramené au nombre total annuel de jours [sans unité]	
Scénario « Jardin n°2 »	3 mois, 91 jours par an (voie ingestion de végétaux autoproduits), soit $F = (91/365) = 0,4$
Tm : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée [années]	64 ans en fonction du scénario (effet à seuil : égale à la durée d'exposition) et 70 ans (effet sans seuil) ⁹

Tableau 24: Valeurs des paramètres d'exposition pour l'adulte

⁹ 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)
RAPPORT S 2015/006DE - 15RHA24010

c. Paramètres environnementaux

Concentrations dans les sols

Les concentrations considérées pour l'évaluation des risques sanitaires sont synthétisées dans le Tableau 13, par zone.

Concentrations dans les végétaux potagers

Les concentrations considérées sont celles disponibles dans l'annexe 10.

d. Caractérisation des risques

Métaux et métalloïdes

Le Tableau 25 ci-dessous présente les résultats des calculs de quotient de danger (QD) pour les scénarios étudiés. Les QD sont calculés pour chaque tranche d'âge étudiée, enfant et adulte.

SCENARIOS	QUOTIENT DE DANGER (QD)					
Zones de Chaliac	arsenic	antimoine	cadmium	cuivre	plomb	zinc
Enfant						
Ingestion de sol						
A (Terril de Pansier)	1,5	4,8	0,03	0,003	38,7	0,01
B (Terril de Pansier)	0,3	1,4	0,05	0,001	39,1	0,01
C (résidus de la petite laverie)	0,5	1	nc	0,002	38,7	0,006
D (résidus de la grande laverie)	0,2	0,9	0,03	0,003	45,3	0,007
E (grands bassins de décantation)	0,9	0,4	nc	0,002	41,1	0,003
F (dizaine petits bassins de décantation)	0,1	0,3	0,02	0,006	5,5	0,004
Zones de Chaliac	arsenic	antimoine	cadmium	cuivre	plomb	zinc
Enfant						
Ingestion de végétaux autoproduits						
Jardin n°2	nc	nc	nc	nc	0,05	nc
Zones de Chaliac	arsenic	antimoine	cadmium	cuivre	plomb	zinc
Adulte						
Ingestion de végétaux autoproduits						
<p style="color: red; font-size: small;">Les éléments dont la divulgation serait susceptible de porter atteinte à la protection de la vie privée ou au secret médical ont été retirés du dossier mis à disposition du public. Ils peuvent être demandés, par les intéressés uniquement et sur justification, en écrivant à l'adresse pricae.drealara@developpement-durable.gouv.fr.</p>						

Légende :nc :substance non concernée, car concentration inférieure à celle de l'environnement local témoin pour les sols et inférieurs aux valeurs du règlement CE pour les végétaux.

QD < 0,2 – l'état des milieux est compatible avec les usages
0,2 < QD < 5 – zone d'interprétation nécessitant une réflexion plus approfondie de la situation avant de s'engager dans un plan de gestion
QD > 5 – l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages

Tableau 25: Synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets à seuil (Quotient de Danger- QD) pour les différents scénarios et zones étudiés

Le Tableau 25 indique :

- Zone de Chaliac : le plomb conduit à lui seul à des QD > 5 pour le scénario « ingestion de sol » par des enfants.
→ **PLAN DE GESTION**
- Zone de Chaliac : l'antimoine et l'arsenic conduisent à des QD situés dans la zone d'interprétation ($0,2 < QD < 5$) pour le scénario « ingestion de sol » par des enfants.
→ **REFLEXION PLUS APPROFONDIE**
- Zone de Chaliac : le scénario « ingestion de végétaux autoproduits » par des enfants et des adultes indique, pour le plomb, qu'aucune action n'est nécessaire.
- Zone de Flaviac : l'arsenic et le plomb conduisent à des QD situés dans la zone d'interprétation ($0,2 < QD < 5$) pour le scénario « ingestion de sol » par des enfants.
→ **REFLEXION PLUS APPROFONDIE**

Le Tableau 26 ci-dessous présente les résultats des excès de risques individuels (ERI) pour les scénarios étudiés. Les ERI sont généralement calculés pour la vie entière mais, pour cette étude, seuls les ERI pour les enfants sont évalués pour l'exposition par ingestion de sol.

Scénarios		Excès de Risques Individuel (ERI)	
Zone de Chaliac			
Enfant		arsenic	plomb
Ingestion de sol			
A (Terril de Pansier)		4,58E-05	8,74E-06
B (Terril de Pansier)		1,00E-05	8,97E-06
C (résidus de la petite laverie)		1,50E-05	8,74E-06
D (résidus de la grande laverie)		6,25E-06	1,04E-05
E (grands bassins de décantation)		2,83E-05	9,45E-06
F (dizaine petits bassins de décantation)		3,75E-06	1,28E-06
Zone de Chaliac			
Enfant		arsenic	plomb
Ingestion de végétaux autoproduits			
<p>Les éléments dont la divulgation serait susceptible de porter atteinte à la protection de la vie privée ou au secret médical ont été retirés du dossier mis à disposition du public. Ils peuvent être demandés, par les intéressés uniquement et sur justification, en écrivant à l'adresse pricae.drealara@developpement-durable.gouv.fr.</p>			
Légende : n.c. : substance non concernée (cf. concentration inférieure à celle de l'environnement local témoin pour les sols, inférieures aux valeurs du règlement CE pour les végétaux potagers...)			
	ERI < 10 ⁻⁶ l'état des milieux est compatible avec les usages		
	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		
	ERI > 10 ⁻⁴ l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages		

Tableau 26: Synthèse des calculs de risques pour les substances avec des effets sans seuil (ERI) pour les différents scénarios et zones étudiés

Le Tableau 26 indique :

- Zone de Chaliac : l'arsenic et le plomb conduisent à des ERI situés dans la zone d'interprétation ($10^{-6} < \text{ERI} < 10^{-4}$) pour le scénario « ingestion de sol » par des enfants.
→ **REFLEXION PLUS APPROFONDIE**
- Zone de Chaliac : le scénario « ingestion de végétaux autoproduits » par des enfants et des adultes indique, pour le plomb, qu'aucune action n'est nécessaire ;
- Zone de Flaviac : le scénario « ingestion de sols » par des enfants indique, pour l'arsenic et le plomb, qu'aucune action n'est nécessaire.

Hydrocarbures (HAP et HCT)

Les calculs ont été réalisés uniquement pour la zone des grands bassins de décantation, dans les résidus situés en bordure de route et sur lesquels a été aménagé un banc (échantillon OUV_CHA_SO20-2-5). Le Tableau 27 indique les QD et ERI calculés pour les hydrocarbures.

Substance	Teneurs (mg/kg MS)	QD	ERI
Hydrocarbures aromatiques > C10-C12	10	1,6E-04	<i>n.c.</i>
Hydrocarbures aromatiques > C12-C16	10	1,6E-04	<i>n.c.</i>
Hydrocarbures aromatiques > C16-C21	49	1,0E-03	<i>n.c.</i>
Hydrocarbures aromatiques > C21-C35	270	5,8E-03	<i>n.c.</i>
Naphtalène	0,03	9,7E-07	1,0E-10
Benzo(a)pyrène	0,062	<i>n.c.</i>	3,4E-10
Acénaphthène	0,03	3,2E-07	1,6E-13
Fluorène	0,03	4,8E-07	1,6E-13
Phénanthrène	0,037	6E-07	2,0E-13
Anthracène	0,03	6,4E-08	1,6E-12
Fluoranthène	0,2	3,2E-06	1,1E-12
Pyrène	0,14	3,0E-06	7,7E-13
Benzo(a)anthracène	0,1	<i>n.c.</i>	5,5E-11
Chrysène	0,14	<i>n.c.</i>	7,7E-12
Benzo(b)fluoranthène	0,19	<i>n.c.</i>	1,0E-10
Benzo(k)fluoranthène	0,062	<i>n.c.</i>	3,4E-11
Dibenzo(ah)anthracène	0,03	<i>n.c.</i>	1,6E-10
Benzo(ghi)pérylène	0,06	1,3E-06	3,3E-12
Indéno(123-cd)pyrène	0,06	<i>n.c.</i>	3,3E-11
Acénaphthylène	0,03	<i>n.c.</i>	1,6E-13

Tableau 27: Résultats des calculs de risques pour les hydrocarbures (*n.c.* = non concerné pour un calcul de risque en l'absence de VTR)

Le Tableau 27 indique des QD et des ERI nettement inférieurs aux bornes basses de gestion, aucune action n'est donc nécessaire.

e. Synthèse des calculs et évaluation de la compatibilité

Synthèse des Tableau 25 et Tableau 26 :

- Les résultats sur fond **orange** indiquent des zones qui, pour la substance concernée (en l'occurrence, le plomb), la nécessité de mettre en œuvre un plan de gestion ;
- Les résultats sur fond **jaune** indiquent des risques qui se situent dans la zone d'interprétation et qui nécessitent une réflexion plus approfondie. Les approches possibles sont notamment les suivantes :
 - o le recours à une argumentation appropriée, au retour d'expérience ;
 - o la mise en œuvre de mesures simples de gestion et de bon sens ;
 - o la réalisation d'une EQRS réfléchie.

Le Tableau 28 suivant synthétise les calculs de risques identifiés dans les Tableau 25 et Tableau 26 et évalue la compatibilité en fonction des usages. Lorsqu'une seule substance dépasse les seuils, la zone entière nécessite un plan de gestion, comme indiqué pour le plomb dans la zone de Chaliac.

Fréquentation de la zone	Scénario	Population concernée	Résultats des calculs			Evaluation de la compatibilité entre usages et état des milieux
				QD	ERI	
A	Ingestion de sol	Enfant «résident»	Pb	38,7	$8,7 \cdot 10^{-6}$	NON COMPATIBLE (plomb, arsenic et antimoine)
			Sb	4,8		
			As	1,5	$4,6 \cdot 10^{-6}$	
			Cd, Cu, Zn	<0,2		
B		Enfant «résident»	Pb	39,1	$8,9 \cdot 10^{-6}$	NON COMPATIBLE (plomb et antimoine)
			Sb	1,4		
			As	0,3	$1 \cdot 10^{-5}$	
			Cd, Cu, Zn	<0,2		
C		Enfant «résident»	Pb	38,7	$8,7 \cdot 10^{-6}$	NON COMPATIBLE (plomb et antimoine)
			Sb	1		
			As	0,5	$1,5 \cdot 10^{-5}$	
			Cu, Zn	<0,2		
D	Enfant «résident»	Pb	45,3	10^{-5}	NON COMPATIBLE (plomb)	
		Sb	0,22			
		As	0,2	$6,25 \cdot 10^{-6}$		
		Cd, Cu, Zn	<0,2			
E	Enfant «résident»	Pb	41,1	$9,4 \cdot 10^{-6}$	NON COMPATIBLE (plomb et arsenic)	
		Sb	0,38			
		As	0,9	$2,8 \cdot 10^{-5}$		
		Cu, Zn	<0,2			
F	Enfant «résident»	Pb	5,5	$1,3 \cdot 10^{-6}$	NON COMPATIBLE (plomb)	
		Sb	0,3			
		As, Cd, Cu, Zn	<0,2			
<p style="color: red; font-size: small;">Les éléments dont la divulgation serait susceptible de porter atteinte à la protection de la vie privée ou au secret médical ont été retirés du dossier mis à disposition du public. Ils peuvent être demandés, par les intéressés uniquement et sur justification, en écrivant à l'adresse pricac.drealara@developpement-durable.gouv.fr.</p>					COMPATIBLE	

Tableau 28: Synthèse des résultats des calculs de risques pour la zone de Chaliac

Avant de statuer définitivement sur une incompatibilité entre l'usage des sites et l'état des milieux pour les zones décrites dans le Tableau 28, il conviendrait de mettre en œuvre des réflexions approfondies permettant de statuer sur le dimensionnement d'un plan de gestion. Par exemple, des mesures de bioaccessibilité des contaminants dans les sols permettraient de réajuster certains calculs de risque.

FREQUENTATION DE LA ZONE	SCENARIO	POPULATION CONCERNEE	RESULTATS DES CALCULS		EVALUATION DE LA COMPATIBILITE	Zone d'interprétation	Démarche d'approfondissement
			QD	ERI			
<p>Les éléments dont la divulgation serait susceptible de porter atteinte à la protection de la vie privée ou au secret médical ont été retirés du dossier mis à disposition du public. Ils peuvent être demandés, par les intéressés uniquement et sur justification, en écrivant à l'adresse pricae.drealara@developpement-durable.gouv.fr.</p>							

f. Bioaccessibilité

Outre la quantité de sol ingérée, l'un des paramètres influençant l'impact réel d'un contaminant sur la santé humaine sont sa bioaccessibilité et sa biodisponibilité¹⁰. Des échantillons prélevés durant la campagne de terrain ont été analysés de manière à évaluer la bioaccessibilité pour l'homme.

Dans le cas de la présente étude, la biodisponibilité est considérée comme totale. L'analyse des données de bioaccessibilité indique, pour les sols, les valeurs de bioaccessibilité relative stomacale¹¹ de l'ordre de :

- 1 % à 17 % pour l'arsenic ;
- 0 % à 2 % pour l'antimoine ;
- 48 % à 64 % pour le cadmium ;
- 2 % à 65 % pour le plomb ;
- 3 % à 65 % pour le zinc

¹⁰ L'exposition d'une cible par ingestion de terre ou de poussières est évaluée par sa bioaccessibilité et sa biodisponibilité. La bioaccessibilité représente la fraction de polluant extraite par les fluides digestifs tandis que la biodisponibilité est la fraction de polluant atteignant la circulation sanguine.

¹¹ Tenant compte dans le cadre d'une approche conservatoire, du choix du taux le plus élevé entre la bioaccessibilité stomacale et intestinale.

9 INTERPRETATION DE L'ETAT DES MILIEUX EN TERMES ENVIRONNEMENTAUX

9.1 Sédiments

9.1.1 Ouvèze

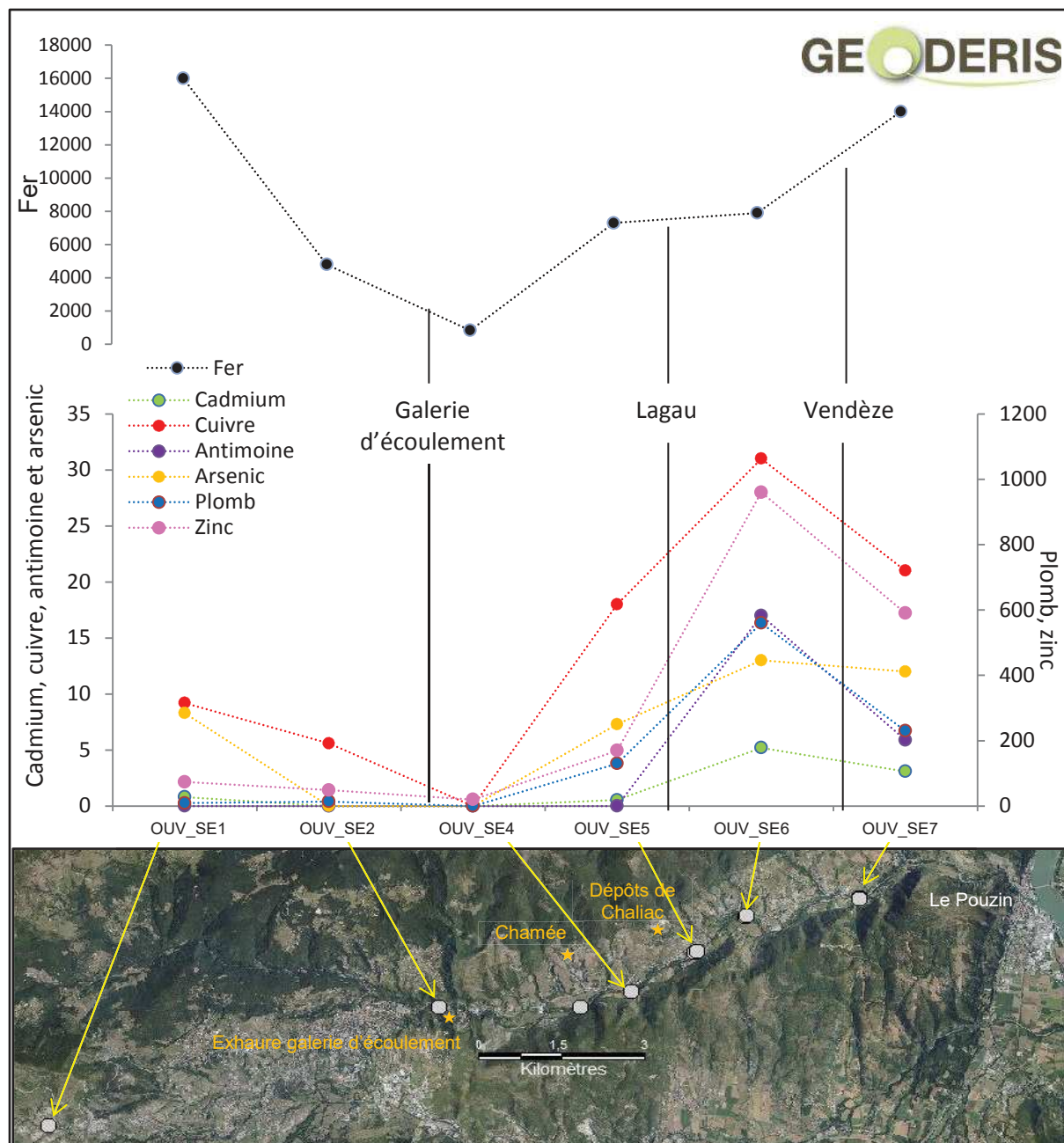


Figure 58: Représentation des concentrations (mg/kg de matière sèche) en fer, plomb, zinc, antimoine, arsenic, cuivre et cadmium dans les sédiments de l'Ouvèze

La Figure 58 représente l'évolution des teneurs en métaux et métalloïdes dans les sédiments de l'Ouvèze. Seuls les sédiments prélevés en période de basses eaux sont représentés afin de ne pas inclure les biais potentiels dus aux perturbations que les pluies peuvent induire sur les sédiments en période de crue.

L'environnement local témoin considéré pour l'Ouvèze est un point prélevé en amont des travaux de Privas.

Fer

Cette figure montre que les teneurs en fer sont relativement fortes en amont du bassin, puis diminuent jusqu'à la galerie d'écoulement. Plusieurs hypothèses peuvent être avancées :

- l'amont du bassin de l'Ouvèze se situe dans une zone où les affleurements sont naturellement riches en fer ;
- les eaux de l'Ouvèze s'infiltrent dans les travaux souterrains (cf. Figure 14), emportant les particules de fer avec elle et limitant la part se déposant dans les sédiments ;
- l'Ouvèze ayant été dragué dans les années 1970, il est possible que les sédiments aient été retirés à partir de Privas. Ceux qui s'accumulent depuis se sont alors chargés en fer sans atteindre les niveaux d'origine.

Après la galerie d'écoulement de Privas, les teneurs en fer sont relativement basses, n'augmentant qu'après l'exploitation de Chamée. Dans le canal de collecte des eaux de l'aquifère minier de Privas, et avant rejet dans l'Ouvèze, des encroûtements de fer ont été observés, indiquant que, dans le canal, ce dernier est probablement piégé.

L'exploitation de Chamée semble être à l'origine d'apports en fer dans l'Ouvèze au vue de la forte augmentation des teneurs après l'affluent passant par cette exploitation.

Après Chamée, les teneurs en fer augmentent jusqu'au Pouzin indiquant une possible influence de la géologie du socle et de la présence de nombreux affluents en rive gauche de l'Ouvèze.

Arsenic, Antimoine, Cadmium, Cuivre, Plomb et Zinc

Tout comme pour le fer, les teneurs en ces éléments sont élevées en amont du bassin pour diminuer jusqu'à l'amont du Lagau. Les mêmes hypothèses que pour le fer peuvent être avancées, en ajoutant que la carte géologique indique que l'Ouvèze prend sa source en partie dans le socle micaschisteux.

Les teneurs augmentant fortement après le Lagau, les résidus de Chaliac sont probablement, du moins en partie, à l'origine de fortes concentrations en métaux lourds dans les sédiments l'Ouvèze.

Le Vendèze ne semble pas apporter d'éléments métalliques dans les sédiments de l'Ouvèze, les concentrations diminuant après la confluence. Il est possible que les éléments contaminants, provenant du filon Juliette, soient piégés dans l'Erries d'une part, puis, probablement à moindre mesure, dans le Vendèze.

Les données indiquent donc que le Lagau est probablement en grande partie responsable de la contamination des sédiments de l'Ouvèze même s'il semble que la géologie locale a un impact sur les teneurs élevées en métaux et métalloïdes.

9.1.2 Lagau

Les concentrations dans les sédiments du Lagau, après la confluence avec le cours d'eau longeant le Terril de Pansier sont globalement doublées, excepté pour le zinc et le fer dont les concentrations diminuent.

Le nombre restreint de points de sédiments ne permet pas de conclure de manière pertinente quant au degré et à l'origine de la contamination des sédiments du Lagau, mais il semble que les résidus ont un impact non négligeable sur les concentrations relevées. Le Lagau, lorsque soumis à de très fortes pluies, sort en partie de son lit pour inonder les environs. Il est donc envisageable qu'il déverse les sédiments sur ses berges les plus basses. Il est également possible, et la Figure 58 corrobore cette hypothèse, que les sédiments du Lagau soient emportés jusqu'à l'Ouvèze où ils se déposent. Néanmoins, les teneurs relevées dans le dernier point du Lagau sont bien supérieures aux teneurs relevées dans les sédiments de l'Ouvèze à l'aval de la confluence.

Par ailleurs, la petite laverie, située en amont des sédiments échantillonnés, est probablement en partie responsable de la décharge de matériaux contaminés dans le Lagau. En effet, des résidus recouvrent aujourd'hui son emplacement et baignent dans l'eau apportée par la galerie d'écoulement. Cette eau, lorsqu'elle se déverse dans le Lagau, entraîne des particules dont les concentrations relevées sont supérieures à l'environnement local témoin pour tous les métaux et métalloïdes étudiés.

Les données indiquent donc que les sédiments du Lagau présentent des teneurs élevées en métaux et métalloïdes provenant des dépôts de résidus et de la petite laverie.

Il est à noter que les régimes particuliers auxquels sont soumises les eaux du bassin de l'Ouvèze (régimes torrentiels et crues) peuvent modifier considérablement les données de ce rapport. Une crue importante peut, en effet, emporter les sédiments sur de grandes distances. Ensuite, des sédiments se déposeront à nouveau dans les cours d'eau et le degré de contamination augmentera avec l'accumulation des éléments.

9.1.3 Erries et Vendèze

Un seul point a pu être échantillonné dans la partie aval du Vendèze, ne permettant pas de conclusion quant à une possible contamination et son origine.

Néanmoins, une comparaison avec l'environnement local témoin du Lagau (CHA_se1) montre des concentrations inférieures pour tous les métaux et métalloïdes étudiés, excepté le zinc pour lequel la valeur est légèrement supérieure.

9.2 Eaux de surface

9.2.1 Données réglementaires

Le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) de l'Ouvèze est, au moment de l'écriture de ce rapport, en cours de rédaction.

Les résultats d'analyse des eaux sont confrontés aux valeurs réglementaires définies par la Directive cadre sur l'eau (DCE) et l'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, chimique et du potentiel écologique des eaux de surface (résumés dans une synthèse de 2013 de l'INERIS sur les valeurs réglementaires [16]). Cet arrêté définit des normes de qualité environnementales (NQE) pour divers paramètres. Le bon état chimique d'une eau est atteint lorsque l'ensemble des NQE est respecté. Les valeurs indiquées dans le Tableau 30 considèrent les échantillons d'eaux filtrées.

Nom de la substance	Paramètres	NQE (µg/L)
Antimoine	-	113 ²
Arsenic dissous	-	4,2
Cadmium total ¹	Dureté 40 mg CaCO ₃	≤ 0,08
	Dureté de 40 à < 50 mg CaCO ₃	0,08
	Dureté de 50 à < 100 mg CaCO ₃	0,09
	Dureté de 100 à < 200 mg CaCO ₃	0,15
	Dureté ≥ 200 mg CaCO ₃	0,25
Cuivre dissous	-	1,4
Fer	Total	200 ³
	Dissous	100 ³
Plomb	-	7,2
Zinc dissous	Dureté ≤ 24 mg CaCO ₃	3,1
	Dureté > 24 mg CaCO ₃	7,8

Tableau 30: NQE définies par l'arrêté du 25 janvier 2010

¹ Moyenne annuelle

² Bruit de fond + 113 µg/L (valeur provisoire)

³ En l'absence de NQE, la valeur utilisée sera celle de l'annexe 1 de l'arrêté du 11 janvier 2007. La valeur de fer dissous indiquée est la plus contraignante de celles données par l'arrêté (valeur guide d'une eau douce superficielle nécessitant des actions allant d'un traitement physique simple à une désinfection).

a. OUVÈZE

Antimoine, arsenic et cadmium : concentrations inférieures aux NQE pour tous les points.

Cuivre : l'environnement local témoin échantillonné en période de basses eaux est environ 5 fois supérieur à la NQE. Des teneurs en cuivre dissous légèrement supérieures aux NQE se retrouvent de manière constante tout le long de l'Ouvèze, avec toutefois une diminution sous les NQE après la confluence avec le Vendèze. Le maximum de concentration est 3 fois supérieur à la NQE du cuivre dissous.

Fer : un point présente une concentration supérieure à la norme de potabilité : CHA_e16_HE, situé en aval du Vendèze.

Plomb : concentrations inférieures aux limites de détection pour tous les points.

Zinc : Environ la moitié des points présentent des concentrations en zinc dissous supérieures à la NQE, le maximum étant relevé aux points CHA_e12_HE (filtré) et CHA_e16_HE (filtré), respectivement l'amont et l'aval de la confluence avec le Vendèze, où la valeur est 4 fois supérieure à la NQE.

Les teneurs relevées dans l'Ouvèze sont légèrement supérieures aux NQE en cuivre, en fer et en zinc, conférant à ce cours d'eau un état biologique dégradé.

LAGAU

Antimoine : toutes les concentrations sont inférieures à la NQE.

Arsenic : concentrations inférieures à la NQE pour tous les points.

Cadmium : un point des environnements locaux témoins dépasse la NQE : CHA_S40_e5 (filtré). Tous les autres points du Lagau dépassent les NQE.

Cuivre : concentrations en cuivre dissous supérieures à la NQE au point CHA_S39_e1 (sortie du pont enjambant le Lagau après la petite laverie).

Plomb : seul le point CHA_S39_e1 (aval de la petite laverie) présente une concentration supérieure à la NQE.

Zinc : concentrations supérieures à la NQE pour tous les points (environ 350 fois pour la valeur maximum);

Les données sur les eaux du Lagau indiquent des pics de concentration en plomb, cuivre, zinc et cadmium :

- après le pont enjambant le Lagau (CHA_S39_e1) ;
- après un talweg de direction nord-sud allant du Terril de Pansier au Lagau (CHA_e2) ;
- après la confluence avec le ruisseau longeant le Terril de Pansier (CHA_e3) ;
- avant la confluence avec l'Ouvèze (CHA__S39_e3).

Ces données sont cohérentes avec l'étude historique et les observations de terrain puisque ces points correspondent aux zones où des résidus sont susceptibles d'atteindre le Lagau. Toutefois, les faibles valeurs relevées au point CHA_S40_e6, à proximité des anciens bassins de décantation dont il a été vu que des résidus atteignaient le Lagau (cf. Figure 38), sont contraires aux suppositions initiales d'augmentation des concentrations le long du Lagau.

Au vu des raisons exposées, le Lagau présente un état biologique dégradé suivant les normes de la DCE.

b. ERRIES et VENDEZE

Antimoine : concentrations inférieures à la NQE pour tous les points ;

Arsenic : concentrations supérieures pour tous les points filtré exceptés dans la partie aval du bassin (SJSA_H_e1_HE (filtré). Les teneurs sont jusqu'à 185 fois supérieures à la NQE ;

Cuivre : concentrations supérieures pour tous les points filtré excepté SJSA_J_e1 filtré ;

Cadmium : concentrations inférieures aux limites de détection pour l'environnement local témoin ainsi que l'aval du bassin (SJSA_J_e1_HE), mais supérieures à la NQE pour tous les autres points ;

Fer : concentrations supérieures à la NQE excepté pour l'environnement local témoin et l'aval du bassin du Vendèze ;

Plomb : concentrations supérieures à la NQE pour tous les points de l'Erries en aval de l'écoulement de la paroi mais inférieure à la NQE pour le point échantillonné sur le Vendèze (SJSA_J_e1_HE) ;

Zinc : concentrations supérieures à la NQE pour tous les points (maximum : à presque 700 fois supérieure) ;

Les concentrations en plomb et zinc totaux et dissous sont importantes au niveau du filon Juliette mais diminuent fortement après la confluence Erries-Vendèze. Dans la partie aval du bassin, elles passent sous les limites détection pour le plomb et sont 12 fois supérieures aux NQE pour le zinc.

Les teneurs relevées sont cohérentes avec les observations de terrain et la géologie locale. Le minerai affleure dans la zone du filon Juliette, l'Erries charrie donc probablement des éléments sous formes dissoute et particulaire. Le flux du Vendèze étant plus important que celui de l'Erries, une forte dilution se produit après la confluence, conférant à l'eau une meilleure qualité. Les valeurs relevées à l'aval du bassin laissent supposer que les particules se piègent dans les sédiments, améliorant la qualité de l'eau avant rejet dans l'Ouvèze.

Les données indiquent que l'état biologique de l'Erries et du Vendèze est fortement dégradé suivant les normes de la DCE.

9.2.2 Comparaison aux environnements locaux témoins

OUVEZE

Les dépassements de concentrations concernent l'aval de la confluence avec le Lagau pour le plomb et l'aval de la galerie d'écoulement et du Vendèze pour le fer. Les teneurs en zinc sont, quant à elles, supérieures aux témoins pour 16 points sur 22.

La conclusion est que l'état de l'Ouvèze est similaire à celui de l'environnement local témoin hormis pour le zinc.

LAGAU

Les dépassements sont significatifs pour le plomb, le zinc et le cadmium et des valeurs ponctuelles sont supérieures au témoin pour les autres substances.

En aval de la petite laverie, après le pont enjambant le Lagau, les concentrations relevées dans les eaux montrent des teneurs élevées en plomb, teneurs qui diminuent par la suite (avant un pic de concentration après les résidus).

Le Lagau est contaminé par les résidus qui jalonnent ses berges et la petite laverie, au regard des teneurs de l'environnement local témoin.

ERRIES et VENDEZE

Les dépassements concernent tous les métaux et métalloïdes considérés.

En conclusion, l'Erries et le Vendèze sont fortement contaminés au regard des concentrations relevées dans l'environnement local témoin.

9.2.3 Qualité et usages

En 2003, et suite aux résultats de deux bilans qualité des cours d'eau du bassin de l'Ouvèze concluant à une contamination des bryophytes par les métaux lourds dans la partie aval du bassin de l'Ouvèze, une étude a été menée par IRIS Consultants afin d'évaluer la compatibilité entre les usages des cours d'eau et leur contamination [15]. Les conclusions de cette étude sont synthétisées ci-après.

Chairs des poissons

Trois espèces de poissons ont été étudiées : le blageon (*Telestes souffia*), le chevaine (*Leuciscus cephalus*) et le barbeau fluviatile (*Barbus barbus*).

LAGAU : L'analyse de leurs chairs indique que les teneurs en plomb sont huit fois supérieures aux normes (règlement européen n°466/2001) dans la partie aval, avant la confluence avec l'Ouvèze.

OUVEZE : les concentrations en plomb sont deux à trois fois supérieures aux normes dans la partie aval du bassin. Les blageons montrent des teneurs en cadmium supérieures à la concentration admise après la confluence avec le Lagau.

Les concentrations en arsenic, mercure et zinc sont faibles pour les deux cours d'eau.

Potentialités biologiques

LAGAU : Les conclusions sur les potentialités biologiques (ou aptitudes de l'eau à la biologie) du Lagau sont qu'en raison des teneurs en cadmium, cuivre, plomb et zinc, cette aptitude est considérée comme mauvaise voire très mauvaise, signifiant que les taxons polluo-sensibles sont nettement réduits et la biodiversité affectée.

OUVEZE : En ce qui concerne l'Ouvèze, l'aptitude est mauvaise après la confluence avec le Lagau mais redevient bonne dans la partie aval du bassin, au Pouzin.

Irrigation

LAGAU : L'aptitude du Lagau à l'irrigation est considérée comme passable en raison des teneurs en cadmium et en plomb. Ainsi, si le sol est acide, seules certaines plantes dites tolérantes seront correctement irriguées.

OUVEZE : l'aptitude est très bonne au regard des micropolluants métalliques, y compris à l'aval de la confluence avec le Lagau.

Abreuvement

LAGAU : l'aptitude est très mauvaise en raison des teneurs en cadmium et plomb, l'eau est donc inapte à l'abreuvement.

OUVEZE : l'aptitude est très bonne, l'abreuvement est donc permis, y compris pour les espèces les plus sensibles (animaux jeunes, en gestion ou allaitant).

Le Tableau 31 suivant synthétise les données de l'étude :

Cours d'eau Paramètres	LAGAU	OUVEZE	
		Aval confluence Lagau	Pouzin
Chairs des poissons	Contamination en plomb (8 fois supérieure aux normes)	Légère contamination en cadmium	Contamination en plomb (2 à 3 fois supérieure aux normes)
Potentialités biologiques	Mauvaise à très mauvaise	Mauvaise	Bonne
Irrigation	Passable	Très bonne	
Abreuvement	Inapte	Apte	

Tableau 31: Synthèse de l'étude sur la qualité et les usages du Lagau et de l'Ouvèze

Conclusions

Les principales restrictions d'usage et de fonctions sont :

- En vertu du principe de précaution, la consommation régulière du poisson pêché dans l'Ouvèze, à l'aval de la confluence avec le Lagau est à éviter car elle présente un risque non négligeable pour le consommateur ;
- L'eau du Lagau est inapte à l'abreuvement des animaux et à l'irrigation des plantes sensibles aux métaux sur sol acide.

Une étude d'Iris consultants plus récente (édition de 2011 sur les données 2010) [10] conclut que « la contamination métallique est significative pour le Lagau et le Vendèze dès l'amont, et pour l'Ouvèze, depuis Flaviac jusqu'au Rhône ».

9.3 Faune et flore protégées

Le bassin versant de l'Ouvèze comprend des espèces végétales et animales protégées.

Le Tableau 32 indique les niveaux de vulnérabilité aux contaminations dues aux anciennes exploitations minières évalués par GEODERIS (suivant des critères définis dans cette étude) quant aux espèces protégées du bassin de l'Ouvèze. Cette évaluation se base sur la position de la zone environnementale par rapport aux anciens sites d'exploitation et aux cours d'eau potentiellement contaminés et suppose que la zone environnementale délimite le périmètre de vie des espèces. Elle est réalisée avec les informations disponibles résumées ci-dessous.

Natura 2000

L'annexe 2 de la directive 92/43/CEE concernant la conservation des habitats naturels et la faune et la flore sauvage vise un certain nombre d'espèces dont les suivantes sont concernées par le SIC¹² « Rivières de Rompon-Ouvèze-Payre ». Elles ne disposent toutefois pas d'un statut de protection :

- 8 mammifères (7 chauves-souris, 1 castor) ;
- 2 poissons ;
- 4 invertébrés (2 libellules et 2 papillons).

L'étude d'Iris consultant, synthétisée dans le paragraphe 9.2.3. ci-dessus, indique que les poissons de l'Ouvèze sont contaminés en aval de la confluence avec le Lagau. Il est donc envisageable que les espèces citées ci-dessus soient également impactées. Une étude sur la biodiversité et la répartition des espèces permettrait de conclure sur l'impact réel des anciennes exploitations minières sur celles-ci. Le périmètre de cette zone Natura 2000 comprenant la partie aval de l'Ouvèze, sa vulnérabilité est considérée comme sensible au regard des contaminations mises en évidence dans les sédiments de l'Ouvèze.

ZICO

Le col de l'Escrinet, situé à l'ouest de Privas, abrite des rapaces. Situé en amont hydraulique des exploitations, à environ 15 km de Chaliac, et dans le sens inverse des vents dominants, il est très peu probable que cette ZICO soit impactée par les activités minières passées du bassin de l'Ouvèze. Sa vulnérabilité est donc considérée comme très faible.

¹² SIC= Site d'intérêt communautaire

PNR

Une partie seulement du parc des Monts d'Ardèche s'étend sur le bassin versant de l'Ouvèze, et n'atteint celle-ci qu'au niveau de Coux, en aval des exploitations de fer et en amont des exploitations de plomb/zinc. Il est donc peu probable que les anciennes exploitations aient un impact sur ce parc national.

ZNIEFF

- « Côte du Baron, grotte du Verdus », situé au sud de Privas, sa position éloignée des sources de contamination la classe en vulnérabilité faible ;
- « Plateau de Rompon », il s'étend en bordure du Rhône. Eloigné des exploitations de plomb-zinc de Chaliac, il n'est probablement pas exposé aux possibles retombées de poussières en provenance de l'exploitation, sa vulnérabilité est donc considérée comme faible ;
- « Plateau de Gras, serre de Gouvernement », il est situé au sud de l'Ouvèze, les exploitations se trouvant au nord. De par cette situation, les espèces qu'il comprend ne semblent pas vulnérables aux contaminations d'origine minière ;
- « Plateau et contreforts du Coiron », il se situe au sud-ouest de Privas, sa partie nord-est s'étendant sur le secteur des exploitations de fer. Celles-ci ne comptent pas de dépôts ou de bassins de résidus en surface. Des espèces aquatiques font partie de cette zone dont l'écrevisse à pattes blanches, espèce qui peut s'avérer très sensible aux contaminations de l'Ouvèze. Une étude permettrait d'évaluer l'impact potentiel des anciennes exploitations sur cette espèce en particulier. Considérant que l'Ouvèze est naturellement minéralisée de par les terrains qu'elle traverse en amont et cette zone naturelle ne s'étendant pas au-delà de Privas dans sa partie est, sa vulnérabilité aux contaminations d'origine minières est considérée comme faible.

Zone environnementale		Vulnérabilité
Natura 2000		Sensible
ZICO		Très faible
ZNIEFF	Côte du Baron, grotte du Verdus	Faible
	Plateau de Rompon	Faible
	Plateau des gras, serre du gouvernement	Faible
	Plateaux et contreforts du Coiron	Faible
SI		Faible

Tableau 32: Evaluation de la vulnérabilité des zones environnementales aux contaminations dues aux anciennes exploitations minières

9.4 Sols

Chaliac

Les éléments dont la divulgation serait susceptible de porter atteinte à la protection de la vie privée ou au secret médical ont été retirés du dossier mis à disposition du public. Ils peuvent être demandés, par les intéressés uniquement et sur justification, en écrivant à l'adresse pricae.drealara@developpement-durable.gouv.fr.

Il est probable que ces teneurs élevées soient dues au fonctionnement de l'usine (transport de minerais et résidus) ainsi qu'aux conditions climatiques dispersant les résidus autour du Terril de Pansier.

Les horizons comprenant les concentrations les plus élevées sont les horizons 2-10 cm, ce qui indique que les sols de surface sont partiellement lessivés et que les contaminants s'infiltrent en profondeur. L'absence de nappe phréatique étendue et de forage connus ne fait pas craindre de risques pour la qualité des eaux souterraines.

Chamée

Les éléments dont la divulgation serait susceptible de porter atteinte à la protection de la vie privée ou au secret médical ont été retirés du dossier mis à disposition du public. Ils peuvent être demandés, par les intéressés uniquement et sur justification, en écrivant à l'adresse pricae.drealara@developpement-durable.gouv.fr.

Il est à noter que le contexte géologique de la zone est particulier, de nombreuses failles hachant le contact entre le socle et le bassin sédimentaire. Ainsi, la présence d'une nappe souterraine est peu probable

Au vu de l'état des sols, les risques pour l'environnement dans cette zone sont minimes.

Ouvèze

Les échantillons prélevés sur les terrasses de l'Ouvèze indiquent que les teneurs en métaux et métalloïdes sont relativement constantes entre Coux et le Pouzin avec néanmoins une augmentation après le Lagau qui, pour certaines, diminuent ensuite jusqu'au Pouzin. Les sols ne semblent pas altérés par l'activité minière, il n'y a donc, *a priori*, pas de risques pour le compartiment faune/flore vis-à-vis des sols.

9.5 Cas particuliers des résidus de la petite laverie et du filon Juliette

9.5.1 Petite laverie

La petite laverie, située en amont hydraulique de la grande laverie, des bassins et des résidus, a été érigée en bordure du Lagau, grâce à deux murs de soutènement contenant des remblais. Suite à son abandon à la fin du XIX^{ème} siècle, la galerie d'écoulement, située en bordure nord de la laverie a été laissée en place, laissant les eaux s'écouler sur les remblais, puis dans le Lagau.

Aujourd'hui, les murs de soutènement montrent des signes de faiblesse (bombements et fissures d'où s'écouler les eaux). L'emplacement de la petite laverie s'est transformé en bassin envahi de roseaux, baignant dans une eau orangée dont le pH est acide (pH=3). De l'eau s'écoule des murs, principalement par la base et par débordement. Il semble qu'en période d'étiage, le débit du Lagau soit uniquement dû à l'eau provenant de cette galerie d'écoulement.

Les risques inhérents à la présence de ces résidus et à la galerie d'écoulement proviennent donc de la possible rupture des murs, entraînant un certain volume de résidus (à estimer à l'aide d'investigations complémentaires). Ces résidus, chargés en éléments potentiellement contaminants, seraient potentiellement à l'origine d'une importante dégradation de la qualité du Lagau, voire de l'Ouvèze.

Par ailleurs, la petite laverie est située en bordure immédiate d'un pont enjambant le Lagau sur 100 m environ. Une rupture des murs entrainerait une accumulation probable de résidus et d'eau à l'entrée de ce pont, l'obturant et pouvant potentiellement causer une accumulation d'eau (en particulier en période de crue) qui pourrait remonter jusqu'au niveau de la route.

9.5.2 « Filon Juliette »

Le « Filon Juliette » est une zone située en bordure de l'Erries, dans laquelle se trouvent une galerie et un écoulement provenant de la paroi rocheuse (situé à une dizaine de mètres en amont hydraulique de la galerie).

L'écoulement de la paroi a creusé un chemin dans la roche, tapissé d'un résidu blanc pour atteindre l'Erries en formant une concrétion blanchâtre. L'Erries présente ensuite, sur plusieurs dizaines de mètres, des concrétions orangées formées autour d'éléments organiques (branches, feuilles etc.) (cf. Figure 44). Ces résidus présentent une granulométrie grossière et un pH acide (2,8). Les teneurs relevées sont proches de 50% en fer, et de 1,6% d'arsenic, les autres éléments ne présentant pas de teneurs remarquables. Les teneurs relevées dans les eaux de l'Erries indiquent un état dégradé en comparaison à l'environnement local témoin prélevé en amont de l'écoulement de la paroi.

Ainsi, cet écoulement, dont l'origine est probablement liée à l'ancienne exploitation minière, est à l'origine de l'état de l'Erries et de la présence des concrétions dont des études plus poussées permettraient de déterminer l'impact sur la faune et la flore locale (aucune espèce protégée n'est recensée sur l'Erries).

10 INCERTITUDES

10.1 Echantillonnage

CARACTERISATION DES RESIDUS

Dans le but de caractériser les teneurs dans les sources identifiées de types résidus, plusieurs prélèvements ont été effectués pour chaque dépôt et bassin de décantation à des profondeurs de 0-2 cm, 2-15 cm et de 0-1 m.

Le Terril de Pansier, dépôt de résidus le plus important en termes de volume et dont l'analyse visuelle semble indiquer plusieurs générations de dépôts, a fait l'objet de huit points de prélèvements à différentes profondeurs. Le cœur du dépôt n'a toutefois pas pu être échantillonné mais l'analyse de la compatibilité entre les usages et l'état des sites concerne les parties du dépôt en contact avec les cibles, à savoir la surface. Les données orales collectées semblent indiquer que le dépôt aurait autrefois été repris mais ne l'est plus au moment de cette étude.

CARACTERISATION DES SOLS

Dans un souci de représentativité des zones échantillonnées, et lorsque cela était possible, des échantillons composites ont été prélevés à des profondeurs de 0-15 cm et 2-15 cm. De plus, plusieurs mesures Niton ont été réalisées dans le but de guider les échantillonnages et de contrôler la correspondance entre mesures Niton et analyses chimiques.

Les mesures Niton et les prélèvements d'échantillons sont toutefois soumis au risque d'un « effet pépite » qui peut être dû notamment à une anomalie minéralogique où une zone amendée par des résidus. A l'inverse, les échantillons peuvent avoir été prélevés dans des zones, par exemple, amendées par de la terre saine. C'est pourquoi le nombre de mesures et d'analyses a été le plus représentatif possible.

Champs

Le prélèvement d'échantillons composites a été systématique dans les champs. Toutefois, le champ situé dans le trajet du transbordeur, au sud du Terril de Pansier a fait exception à cette règle puisque trois prélèvements distincts ont été effectués. Cela a permis de caractériser au mieux une zone dont il était suspecté qu'elle était contaminée par le trajet des wagons sans que le tracé exact du transbordeur n'ait été connu.

Jardins potagers

Un seul prélèvement de sol a été effectué dans les jardins potagers ayant fait l'objet de prélèvements de végétaux.

Jardins

Le jardin de la concession de Flaviac (Chamée) a fait l'objet de quatre prélèvements à différentes profondeurs et de neuf mesures Niton afin de déterminer au mieux les zones potentiellement contaminées.

Sols de promenade

Les sols de promenade ont fait l'objet de prélèvements dans des zones où des indices montraient des passages ou des arrêts (bancs, chemins de promenade etc.). La représentativité des prélèvements dépend de la zone. Ainsi, la zone des bassins de la grande laverie, sur laquelle a été aménagé un banc, a fait l'objet de trois mesures Niton et de quatre prélèvements de sols. La route passant entre la grande laverie et les dépôts de résidus a fait l'objet de deux prélèvements en un point où des promeneurs ont été vus assis.

CARACTERISATION DES VEGETAUX

Les prélèvements de végétaux dépendent de leur répartition, leur nombre et les autorisations des propriétaires. Ainsi, un type de légume en trop petite quantité n'aura pas été prélevé. De plus, les enquêtes auprès des propriétaires consommateurs sont sujettes au bon vouloir de ces derniers et l'exactitude des renseignements donnés (en termes de quantités produites, de consommation etc.) ne peut pas être vérifiée.

CARACTERISATION DES SEDIMENTS

Les sédiments étant très peu disponibles dans le bassin versant de l'Ouvèze (en cause, le curage de l'Ouvèze et les débits importants en périodes de crues qui emportent les sédiments vers l'aval), la représentativité de la zone prélevée est difficilement appréciable. Toutefois, dès que cela était possible, les sédiments prélevés l'ont été sur les berges des cours d'eau, dans des zones de moindre turbulence, voire des zones asséchées.

Dans la mesure du possible, seuls les sédiments les plus fins ont été prélevés afin de caractériser l'accumulation des contaminants dans ces derniers. Dans le cadre de l'étude sanitaire, des sédiments ont été prélevés dans les zones supposées de baignade.

Lorsque les matériaux étaient disponibles en quantités suffisantes, des mesures Niton ont également été réalisées.

Au total, quinze mesures Niton ont été réalisées sur les sédiments et vingt analyses chimiques dans l'ensemble des zones investiguées.

CARACTERISATION DES EAUX DE SURFACE

De nombreux prélèvements d'eau de surface ont été réalisés en amont et en aval hydraulique des cours d'eau investigués à savoir l'Ouvèze, le Lagau, l'Erries et le Vendèze. Pour la grande majorité des points, des échantillons filtrés et non filtrés ont été réalisés dans le but d'évaluer les risques environnementaux et sanitaires. De plus, les analyses ont été effectuées en période de hautes eaux et de basses eaux avec, pour ces dernières, des prélèvements plus nombreux afin de déterminer au mieux les risques dans une période où les contaminants sont probablement plus concentrés.

Les analyses des eaux de surface ont notamment concerné le pH, la température, la conductivité ainsi que les anions/cations afin de caractériser au mieux les eaux dans un souci de représentativité des comparaisons.

CARACTERISATION DES POUSSIÈRES

L'étude des risques sanitaires n'a pas pris en compte l'exposition par inhalation de poussières en extérieur et dans les habitations, ce qui apparaît cohérent au vu des granulométries rencontrées, du couvert végétal des résidus fins et des activités menées sur ces derniers (à savoir moto-cross : il a été considéré qu'un adulte pratiquant ce type d'activité portait un casque le protégeant des poussières).

10.2 Caractérisation de l'environnement local témoin

Quasiment tous les échantillons de sols, d'eaux de surface et de sédiments ont pu être comparés à un ou plusieurs points d'environnement local témoin. Seuls les prélèvements de végétaux n'ont pas fait l'objet de prélèvements d'ELT dans le cadre de l'étude sanitaire.

La campagne de mesures Niton avait notamment pour objectif de réaliser des mesures utiles à la caractérisation de l'ELT. Toutefois, le nombre de mesures effectuées, de même que le nombre d'analyses, sont relativement restreints au vue de l'étendue de la zone considérée. La caractérisation de cet ELT aurait nécessité de nombreuses journées de mesures et de prélèvement supplémentaires.

Les points paraissant aberrants (tels que le S40_SO2, champ situé au sud-ouest du site ou les mesures Niton sont incohérentes), ont été retirés de la liste des ELT. Du fait du nombre restreint de points et du contexte d'anomalie géochimique des zones investiguées, il a été choisi de ne pas évaluer l'ELT par une approche statistique. Par sécurité, les concentrations les plus élevées ont été sélectionnées pour comparaison.

10.3 Analyses chimiques

Les incertitudes analytiques pour les métaux et métalloïdes fournies par le laboratoire Wessling sont synthétisées dans le Tableau 33 suivant :

Matrice	Gamme des incertitudes sur les métaux et métalloïdes
Sols-résidus-sédiments	10% - 26%
Eaux de surface	10% - 28%
Végétaux	15% - 20%

Tableau 33: Gammes d'incertitudes sur les métaux et métalloïdes dans les différentes matrices investiguées

Ces gammes, ainsi que la comparaison entre les mesures Niton et les résultats analytiques (cf. Tableau 16), ont été considérées lors de l'évaluation de la compatibilité entre l'état des milieux et les usages décrits dans les paragraphes précédents.

10.4 Caractérisation des risques sanitaires

VTR

La sélection des VTR peut avoir une incidence significative sur les résultats des calculs de risques. Les choix réalisés par l'INERIS sont conformes aux connaissances scientifiques actuelles et ne représentent que la connaissance disponible à un moment donné.

EVALUATION DE L'EXPOSITION

Les paramètres concernant la fréquence d'exposition des enfants à l'ingestion de sols sont soumis à une forte incertitude puisque le nombre de jours d'exposition ne peut être qu'estimé. De la même manière, l'exposition par ingestion de végétaux est considérée comme vraie pour une vie entière, ce qui n'est pas forcément le cas pour toutes les populations. De plus, beaucoup d'incertitudes subsistent quant aux quantités de végétaux potentiellement contaminés ingérées.

De plus, des mesures de bioaccessibilité ont été réalisées (Cf. 8.3.3.f Bioaccessibilité), qui montrent que la bioaccessibilité stomacale maximale est de l'ordre de 65 % pour le plomb et le zinc, 64 % pour le cadmium, 16% pour l'arsenic et 2 % pour l'antimoine. Les calculs de risques n'ont pas été revus en fonction de ces paramètres.

11 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

11.1 Conclusions de l'impact des anciennes exploitations minières sur le bassin versant de l'Ouvèze

11.1.1 Sources primaires de contamination

Le Tableau 34 suivant synthétise les concentrations maximales et minimales analysées dans les sources de contamination primaires. Les valeurs surlignées en rouge et vert sont les concentrations respectivement maximales et minimales relevées par élément dans les résidus et bassins de décantation de la concession de Chaliac.

Nom de la source	Teneurs	Substances					
		Antimoine	Arsenic	Cadmium	Cuivre	Plomb	Zinc
Résidus (dépôts et bassins de décantation) ; mg/kg MS							
Grands bassins de décantation	Max	5 300	2 100	11	1 500	44 000	3 900
	Min	2 400	430	4,8	550	30 000	1 600
	Médiane	2 800	700	8,8	650	40 000	2 700
Petits bassins de décantation	Echantillon unique	650	390	6,9	340	22 000	2 000
Dizaine de petits bassins de décantation	Max	6 600	1 600	20	1 800	36 000	5 000
	Min	210	53	16	380	4 300	3 600
Terril de Pansier	Max	3 000	1 600	64	1 600	39 000	6 300
	Min	320	110	0,59	120	11 000	260
	Médiane	770	200	3,5	270	23 000	1 200
Résidus de la petite laverie	Max	730	1 100	25	670	37 000	7 100
	Min	27	36	1,9	42	950	370
	Médiane	560	270	7,3	470	22 000	3 100
Résidus de la grande laverie	Max	2 000	430	87	3 900	57 000	15 000
	Min	290	150	1,2	74	4 100	260
	Médiane	570	265	14,5	605	23 000	3 600
Concrétion ; mg/kg MS							
Résidus du filon Juliette	Max	530	16 000	<0,4	7,7	400	48
	Min	320	6 100		<3	140	16
Emergences et lixiviats ; µg/L							
DMA ¹³ du Terril de Pansier	Echantillon unique	14	21	1 300	5 800	2 300	160 000
Emergence du filon Juliette	Echantillon unique	47	780	24	8,3	230	4 000

Tableau 34: Synthèse des concentrations maximales et minimales des sources de contamination primaires identifiées et analysées

¹³ DMA = Drainage minier acide

11.1.2 Conclusions de l'étude sanitaire

Conformément à la démarche d'IEM, les concentrations relevées mettant en évidence une dégradation de la qualité des milieux au regard des usages constatés, les teneurs ont été comparées aux valeurs de gestion. En leur absence, des calculs de risques sanitaires pour les modes d'exposition considérés, ont été conduits.

Les résultats pour les eaux de surface, les sols et les végétaux potagers autoproduits sont présentés dans le Tableau 35 ci-dessous.

Intervalles de gestion des risques	Scénario	Population concernée	Substances principales	Evaluation de la compatibilité entre l'état du site et les usages	Mesures complémentaires proposées
QD < 0,2 et ERI < 10 ⁻⁶	Zone de Chaliac Autoconsommation des végétaux potagers du jardin n°2 de Chaliac	Enfant et adulte	-	COMPATIBLE	-
<p>Les éléments dont la divulgation serait susceptible de porter atteinte à la protection de la vie privée ou au secret médical ont été retirés du dossier mis à disposition du public. Ils peuvent être demandés, par les intéressés uniquement et sur justification, en écrivant à l'adresse pricae.drealara@developpement-durable.gouv.fr.</p>					

Tableau 35: Synthèse des conclusions de l'étude sanitaire

11.1.3 Conclusions de l'étude environnementale

Le Tableau 36 suivant synthétise les conclusions quant à la compatibilité des sols et des eaux de surface avec les usages, du point de vue environnemental.

Milieu	Zone	Compatibilité entre les usages et l'état des sites
Sols	Chaliac	Au regard de l'absence d'espèces protégées et de nappe d'eau souterraine conséquente, l'état des sols est COMPATIBLE avec les usages.
	Chamée	
	Ouvèze	L'état des sols en bordure de l'Ouvèze est COMPATIBLE avec la présence d'espèces protégées.
Eaux	Ouvèze	Au regard de la présence d'espèces protégées et de la qualité des cours d'eau, l'état de l'Ouvèze est COMPATIBLE avec les usages en amont du Lagau, et INCOMPATIBLE après la confluence avec le Lagau
	Lagau	L'état du Lagau est INCOMPATIBLE avec les normes de qualité des cours d'eau et l'environnement local témoin.
	Erries	L'état de l'Erries est INCOMPATIBLE avec les normes de qualité des cours d'eau et l'environnement local témoin.
	Vendèze	L'état du Vendèze est INCOMPATIBLE avec les normes de qualité des cours d'eau et l'environnement local témoin dans sa partie amont (après confluence avec l'Erries) et COMPATIBLE dans sa partie aval.

Tableau 36: Synthèse de la compatibilité des sites avec les usages, du point de vue environnemental

En ce qui concerne la faune et la flore protégées, seule la zone Natura 2000 « Rivières de Rompon-Ouvèze-Payre » est classée en vulnérabilité « sensible » dans le cadre de cette étude (évaluation réalisée par GEODERIS) en raison de la contamination des sédiments de l'Ouvèze en aval du Lagau.

11.2 Recommandations

Les recommandations proposées dans ce paragraphe sont issues des interprétations de la compatibilité entre l'état des milieux et les usages sanitaires et environnementaux constatés. Des mesures prioritaires simples, à mettre en place de manière rapide, sont proposées dans un premier temps afin de permettre la mise en sécurité des enjeux. En parallèle, GEODERIS propose la mise en place d'un plan de gestion des résidus. Par la suite, les mesures proposées peuvent être menées à moyenne échéance.

Les Figure 59, Figure 60, Figure 61 et Figure 62 ci-dessous rappellent les sources de contamination primaires identifiées dans le cadre de la phase informative et documentaire et des investigations de terrain ainsi que les zones concernées par les recommandations.

Les Tableau 37, Tableau 38 et Tableau 39, quant à eux, synthétisent les recommandations proposées par GEODERIS, développées dans un rapport associé à ce document [17].

11.2.1 Localisation des zones

CHALIAC

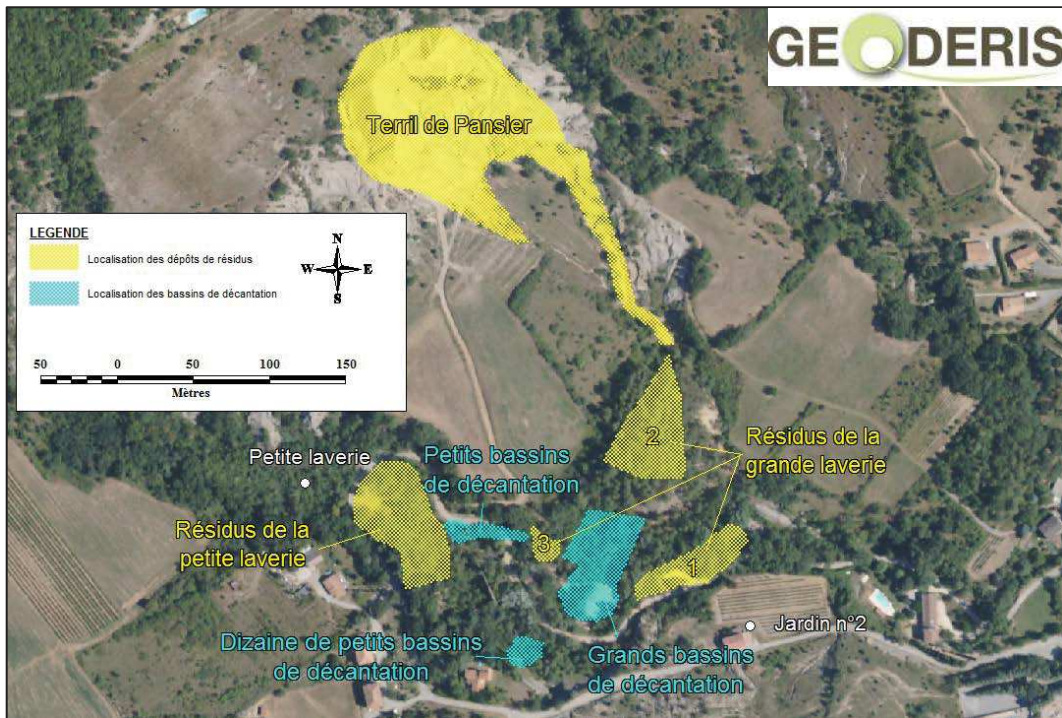


Figure 59: Localisation des résidus et bassins de décantation sur la zone de Chaliac

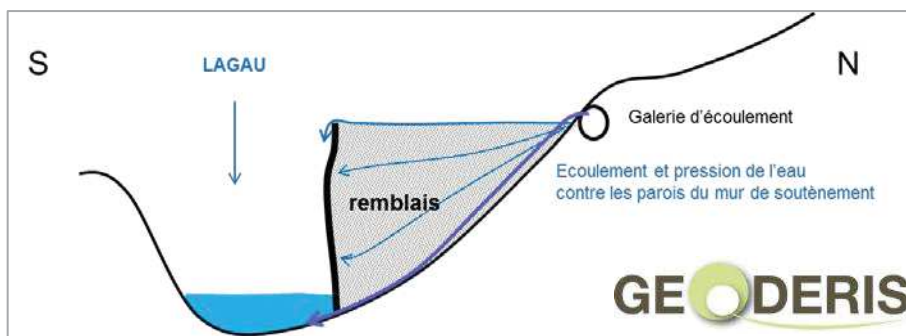


Figure 60: Schéma (sans échelle) de la zone de la petite laverie

Les éléments dont la divulgation serait susceptible de porter atteinte à la protection de la vie privée ou au secret médical ont été retirés du dossier mis à disposition du public. Ils peuvent être demandés, par les intéressés uniquement et sur justification, en écrivant à l'adresse pricae.drealara@developpement-durable.gouv.fr.

FILON JULIETTE



Figure 62: Localisation de l'écoulement issu de la paroi du Filon Juliette

11.2.2 Mesures prioritaires

a. Mesures simples

Matrice	ZONES		COMMUNE	ENJEUX	RECOMMANDATIONS
					Mesures prioritaires (à mettre en place de manière rapide)
Remblais	Chaliac	Petite laverie	Flaviac	Qualité des eaux du Lagau (et de l'Ouvèze)	Sécurisation des murs de soutènement de la petite laverie Localisation de la galerie d'écoulement et gestion des eaux d'exhaure
Sols	Chaliac	Jardin n°2	Flaviac	Populations	Restriction de l'utilisation de l'eau du Lagau à des fins d'arrosage du jardin Mise en place de mesures simples d'information de la population locale, rappelant les règles d'hygiène avant consommation des végétaux
Résidus	Chaliac	Terril de Pansier	Flaviac	Populations	Mise en place de restrictions d'accès , en particulier à cause de l'exposition des enfants au drainage minier acide et à l'ingestion de particules
Résidus	Chaliac	Résidus de la petite laverie Résidus de la grande laverie n°2 et 3	Flaviac	Populations	Mise en place de restrictions d'accès
Sols	Chamée	Sols autour de l'habitation et de l'ancienne usine de couperose	Flaviac	Populations	Mise en place de mesures simples , en termes d' information de la population locale, rappelant les règles d'hygiène
Eaux Concrétions	Filon Juliette	Sentier de randonnée	St-Julien-en-St-Alban	Populations	Restrictions de l'usage de l'eau de l'Erries et Restrictions d'accès aux concrétions

Tableau 37: Mesures simples à mettre en œuvre en priorité

b. Plan de gestion

Matrice	ZONES		COMMUNE	ENJEUX	RECOMMANDATIONS	Mesures préliminaires ou à mener en parallèle du plan de gestion
Résidus	Chaliac	Grands bassins Résidus de la grande laverie n°1	Flaviac	Populations Qualité des eaux du Lagau et de l'Ouvèze	PLAN DE GESTION des résidus	Mesures de bioaccessibilité des sols alentours des dépôts
Résidus	Chaliac	Petite laverie	Flaviac	Qualité des eaux du Lagau (et de l'Ouvèze)		Analyses des remblais en coupe verticale
Résidus	Chaliac	Résidus de la petite laverie Résidus de la grande laverie n°2 et 3	Flaviac	Populations		Mesures de bioaccessibilité des sols alentours des dépôts
Résidus	Chaliac	Terril de Pansier	Flaviac	Populations		Mesures de bioaccessibilité des sols alentours des dépôts

Tableau 38: Plan de gestion des résidus recommandé comme mesure prioritaire

c. Mesures pouvant être menées à moyenne échéance

Matrice	ZONES		COMMUNE	ENJEUX	RECOMMANDATIONS	
					Mesures et études à mener dans le cadre de réflexions approfondies	
					Etudes futures à mener	Mesures futures éventuelles
Sol	Chaliac	Jardin n° 2	Flaviac	Populations	Enquête sur les habitudes de consommation des végétaux	Mesures de bioaccessibilité des végétaux Recherche de lieux de captage d'eau saine pour l'arrosage
Sol	Chamée	Sols autour de l'habitation et de l'ancienne usine de couperose	Flaviac	Populations	Enquête en termes de fréquentation de la zone par les enfants	Mesures de bioaccessibilité des sols Gestion des terres contaminées et ajout de terre saine si les usages changent
<p>Les éléments dont la divulgation serait susceptible de porter atteinte à la protection de la vie privée ou au secret médical ont été retirés du dossier mis à disposition du public. Ils peuvent être demandés, par les intéressés uniquement et sur justification, en écrivant à l'adresse pricae.drealara@developpement-durable.gouv.fr.</p>						
Eaux Concrétions	Filon Juliette	Résidus et écoulement	St-Julien-en-St-Alban	Qualité des eaux de l'Erries et du Vendèze	-	Gestion éventuelle des eaux s'écoulant de la paroi et gestion éventuelle des résidus le long de la paroi et dans l'Erries

Tableau 39: Etudes et mesures à mener si nécessaire et à moyenne échéance

BIBLIOGRAPHIE

- [1] GEODERIS (2012). Inventaire des installations de déchets fermées. Directive 2006/21/CE. Résumé de la méthodologie d'inventaire et de classification des sites. Rapport GEODERIS N2012/002DE.
- [2] Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie (2007). Note du 8 février 2007 - Sites et sols pollués - Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués (Note et trois annexes).
- [3] BRGM (2010). Concessions de Veyras, Saint-Priest, Le Lac, Fraysse, Chaliac, Flaviac et La Voulte (Ardèche). Phase informative et cartographie des aléas mouvement de terrain. Rapport BRGM/RP-58985-FR.
- [4] Mémoires d'Ardèche et temps présent (2010). n° 105. Mines en Ardèche. Actes du colloque de Prades et leurs compléments 26 septembre 2009.
- [5] Les mines de l'Ardèche. <http://minesardeche.e-monsite.com>. (page consultée le 9 juillet 2013)
- [6] G. Naud. L'usine de traitement des minerais de la mine de Flaviac. 1896-1905.
- [7] Elie Reynier. La région Privadoise (Ouvèze et Payre). In: Recueil des travaux de l'institut de géographie alpine. 1915, Tome 3 N°1.
- [8] BRGM (1988). Inventaire du territoire national. Recherche de minéralisations Pb-Zn dans le Trias des environs de PRIVAS (Ardèche).
- [9] Commune de Flaviac (2006). Département de l'Ardèche. Commune de Flaviac. Plan local d'urbanisme.
- [10] Iris consultants (2011). Caractérisation de la qualité des cours d'eau du bassin de l'Ouvèze. Année 2010. Phase 1 : rapport technique de qualité des eaux.
- [11] Service de prévention de crues du grand delta (2007). Règlement de surveillance, de prévision et de transmission de l'information sur les crues (RIC).
- [12] DDE Ardèche (2003). Commune de Flaviac. Plan de prévention des risques naturels inondation.
- [13] INERIS (2013). Etude environnementale détaillée des anciennes exploitations minières du bassin versant de l'Ouvèze (07). Volet sanitaire basé sur l'interprétation de l'état des milieux (IEM). Rapport DRC-12-130683-13821B-Rapport final.
- [14] BRGM (2013). Campagne d'analyses de sol à l'aide du spectromètre de fluorescence X portable NITON® XLt 999 KWY sur les anciennes concessions minières du bassin versant de l'Ouvèze dans le département de l'Ardèche. Rapport d'essais. 16 au 20 juillet 2012. Rapport 006-2013-PA-LAB/EXP.

- [15] Iris consultants (2003). Contamination métallique de l'eau et des chairs de poisson dans le ruisseau de Lagau et le cours aval de l'Ouvèze.
- [16] INERIS (2013). Synthèse des valeurs réglementaires pour les substances chimiques, en vigueur dans l'eau, les denrées alimentaires et dans l'air en France au 1^{er} décembre 2011. Rapport n°INERIS-DRC-12-115719-00099B.
- [17] GEODERIS (2015). Détails des recommandations proposées par GEODERIS dans le cadre de l'étude environnementale et sanitaire du bassin versant de l'Ouvèze (07). Rapport S2015/007DE – 15RHA24010