

Antenne SUD  
40 Rue Pinville  
CS 40045  
34060 MONTPELLIER CEDEX 2  
Tél : +33 (0)4 11 75 72 53

# **Etude sanitaire et environnementale sur les anciennes exploitations minières de Lacoste et de La Grande Vernissière (secteur Croix-de- Pallières, Gard) Rapport de synthèse**

**RAPPORT 2019/229DE\_Bis - 17LRO24030**

Date : 31/05/2022






# Etude sanitaire et environnementale sur les anciennes exploitations minières de Lacoste et de La Grande Vernissière (secteur Croix-de- Pallières, Gard) Rapport de synthèse

RAPPORT 2019/229DE\_Bis - 17LRO24030

Diffusion :

B3S		Guillaume BAILLY Emilie FOTI Clara ELLONY
Pôle Après-Mine Sud		Philippe CHARTIER Marie Helene BOUISSAC
DREAL Occitanie		Rémi FOUQUET Sandrine ILIOU
GEODERIS		Rafik HADADOU

**Synthèse réalisée en collaboration avec M. Francis COTTARD « EnviroFormation »**

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Ph BARANGER	R. HADADOU	T. DELAUNAY
Visa			



## SOMMAIRE

1	Introduction.....	11
1.1	Contexte de l'étude .....	11
1.2	Méthodologie .....	14
1.2.1	Principe.....	14
1.2.2	Caractérisation de la démarche d'IEM.....	15
1.2.2.1	Etudes historique et documentaire .....	15
1.2.2.2	Schéma conceptuel.....	16
1.2.2.3	Campagnes de terrain.....	16
1.2.2.4	Définition de l'Environnement Local Témoin (ELT).....	17
1.2.2.5	Evaluation de la compatibilité entre les usages et l'état des milieux .....	18
1.2.2.6	Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires .....	18
1.2.3	Actions à engager .....	19
1.3	Déroulement de l'étude .....	20
2	Phase informative - Généralités.....	22
2.1	Démarche de recueil des informations .....	22
2.2	Contexte du site d'étude .....	23
2.3	Contexte géographique et géologique.....	24
2.3.1	Situation et contexte régional .....	24
2.3.2	Contexte géologique du secteur de Durfort .....	25
2.3.3	Gisements et minéralisations .....	27
2.4	Hydrogéologie.....	29
2.5	Hydrologie de surface .....	32
2.6	Climatologie .....	35
2.6.1	Vents.....	36
2.6.2	Pluviométrie .....	37
2.7	Nature des sols.....	37
2.7.1	Sols des zones a calcaires et dolomies.....	37
2.7.2	Sols développés sur matériaux dolomitiques.....	38
2.7.3	Sols développés sur calcaires durs .....	38
2.7.4	Sols développés sur roches calcaires tendres (calcaires argileux et marnes) ...	38
2.8	Végétation et cultures .....	38
2.9	Vulnérabilité .....	39
3	Phase informative – historique minier .....	41
3.1	Démarche de recueil d'informations .....	41
3.2	Historique administratif.....	41
3.3	Brefs historiques miniers.....	42
3.3.1	Lacoste .....	42
3.3.2	La Grande Vernissière .....	43
3.4	Production.....	44
3.4.1	Lacoste .....	44
3.4.2	La Grande Vernissière .....	45
3.5	Travaux miniers .....	45
3.5.1	Site de Lacoste .....	45
3.5.1.1	Travaux anciens.....	45
	Société des Mines et Usines de Pallières (1847-1901) .....	46
	Société Minière du Gard (1901-1926) .....	50
	Société des Mines et Fonderies de la Vieille Montagne et Union Minière (1953-1994) .....	50
3.5.1.2	Localisation des zones de travaux .....	52
3.5.2	La Grande Vernissière .....	53

3.5.2.1	Travaux anciens.....	53
	Société des Mines et Usines de Pallières (1854-1899) .....	53
	M. Havemann - Syndicat des mines d'Alloue et d'Ambernac (1899-1902) .....	53
	Société des Mines et Fonderies de Zinc de la Vieille Montagne (1954-1994) .....	54
	BRGM (1975-1980) .....	55
3.5.2.2	Localisation des zones de travaux .....	55
3.6	Laveries et traitement des minerais.....	55
3.6.1	Site de Lacoste .....	55
3.6.2	La Grande Vernissière .....	61
3.7	Accidentologie .....	65
3.8	Evolution du site dans le temps.....	65
3.9	Dépôts de stériles et de résidus .....	69
3.10	Travaux de fermeture et de réhabilitation .....	71
4	Investigations de terrain.....	73
4.1	Organisation .....	73
4.2	Méthodes de prélèvements et de mesures.....	75
4.2.1	Nomenclature des points de mesures et prélèvements .....	75
4.2.2	Protocoles de prélèvements et mesures in situ .....	75
4.2.2.1	Eaux de surface .....	75
	Localisation du prélèvement.....	75
	Conditions de prélèvement .....	76
	Manipulation et conditionnement des échantillons .....	76
4.2.2.2	Eaux souterraines .....	76
4.2.2.3	Sédiments.....	77
	Localisation du prélèvement.....	77
	Conditions de prélèvement .....	77
	Manipulation et conditionnement des échantillons .....	77
4.2.2.4	Sols et résidus .....	77
	Localisation du prélèvement et horizon prélevé .....	77
4.2.2.5	Végétaux potagers.....	78
4.2.2.6	Mesures pXRF de terrain .....	79
4.2.3	Stockage et transport des échantillons.....	80
4.2.4	Méthodes analytiques .....	80
5	Résultats des investigations et interprétation en matière d'impact environnemental .....	81
5.1	Caractérisation des sources de contamination : dépôts de stériles d'extraction et de résidus de traitement .....	81
5.1.1	Titre minier de Lacoste.....	82
5.1.1.1	Distribution de la granulométrie des résidus.....	83
5.1.1.2	Géochimie des stériles et résidus.....	88
5.1.1.3	Conclusion sur la caractérisation des résidus de la zone de dépôt de Lacoste .....	99
5.1.2	Titre minier de la Grande Vernissière .....	100
5.1.2.1	Caractérisation géochimique .....	100
5.1.2.2	Conclusions sur les dépôts de la Grande Vernissière .....	103
5.2	Caractérisation des principales voies de transfert : eaux superficielles, sédiments et eaux souterraines .....	103
5.2.1	Eaux superficielles .....	104
5.2.1.1	Présentation des échantillons.....	104
5.2.1.2	Composition chimique majeure des eaux.....	105
5.2.1.3	Composition chimique des eaux en éléments traces .....	107
5.2.1.4	Comparaison eaux brutes et eaux filtrées .....	110
5.2.1.5	Mobilité des éléments en fonction du régime hydrologique .....	113
5.2.2	Sédiments.....	116
5.2.3	Conclusions sur les eaux superficielles et les sédiments.....	119
5.2.4	Eaux souterraines .....	120

5.2.4.1	Localisation des prélèvements .....	120
5.2.4.2	Composition chimique des eaux souterraines .....	121
5.2.5	Sols.....	123
5.2.5.1	Remarques générales.....	123
5.2.5.2	Fond géochimique naturel.....	124
5.2.5.3	Caractérisation de l'état des sols.....	129
5.2.5.4	Identification des voies de transfert de matériaux contaminés vers les sols, exemple de la parcelle AT201.....	141
5.3	Conclusion sur la partie environnementale.....	145
6	Interprétations en matière de risque sanitaire .....	146
6.1	Rappel des objectifs de l'étude .....	146
6.2	Documents consultés.....	146
6.3	Schéma conceptuel préliminaire .....	147
6.3.1	Détermination des sources potentielles de pollution.....	147
6.3.2	Usages et enjeux potentiels .....	148
6.3.3	Voies d'exposition potentielles .....	149
6.3.4	Bilan du schéma conceptuel préliminaire .....	150
6.4	Pan d'échantillonnage et protocoles d'investigations .....	151
6.5	Programme analytique .....	154
6.5.1	Détermination des substances d'intérêt.....	154
6.5.2	Métaux et métalloïdes retenus dans le cadre du volet sanitaire.....	155
6.5.3	Mesures semi-quantitatives réalisées in situ .....	155
6.5.4	Méthodes analytiques .....	156
6.5.5	Sols.....	156
6.5.6	Eaux superficielles et eaux souterraines .....	156
6.5.7	Végétaux potagers et herbes .....	156
6.5.8	Conservation et acheminement au laboratoire .....	156
6.6	Etude détaillée des usages .....	157
6.6.1	Stratégie associée à l'étude détaillée des usages .....	157
6.6.2	Usages constatés au droit du site de Lacoste .....	158
6.6.2.1	Usages résidentiels.....	158
6.6.2.2	Usages agricoles.....	158
6.6.2.3	Usages collectifs .....	158
6.6.3	Usages constatés au droit du site de la Grande Vernissière .....	159
6.6.3.1	Usages agricoles.....	159
6.6.3.2	Usages collectifs .....	159
6.7	Schéma conceptuel actualisé.....	159
6.7.1	Sources de pollution.....	159
6.7.2	Vecteurs de transfert, milieux d'exposition et enjeux .....	159
6.7.3	Bilan du schéma conceptuel .....	160
6.8	Interprétation de l'Etat des Milieux .....	160
6.8.1	Rappel méthodologique .....	160
6.8.2	Synthèse des scénarios d'exposition.....	164
6.9	Calculs de risques sanitaires.....	193
6.9.1	Evaluation de la toxicité.....	193
6.9.2	Evaluation des expositions.....	194
6.9.2.1	Quantité ingérée de sol .....	199
6.9.2.2	Quantité ingérée de végétaux et de miel .....	200
6.9.3	Concentrations dans les milieux.....	202
6.9.3.1	Concentrations dans le sol .....	202
6.9.3.2	Concentrations dans les végétaux potagers.....	202
6.9.3.3	Concentrations dans les eaux superficielles et souterraines .....	202
6.10	Caractérisation des risques sanitaires – résultats par « fiches scénario ».....	203
6.10.1.1	Commune de Durfort/Saint Martin de Sossenac.....	203
Fiche scénario n°1 : Parcelles à l'est du quartier des jardins (résidentiels) .....		203

Fiche scénario n°2 : Parcelles à l'ouest du quartier des jardins (résidentiels) .....	206
Fiche scénario n°3 : Chemin public quartier des jardins (promenade) .....	207
Fiche scénario n°4 : Parcelle AT 155 (résidentiel) .....	207
Fiche scénario n°5 : Parcelles AV181, AV500 et AV501 (résidentiels).....	208
Fiche scénario n°6 : Parcelles AT144 ; AT145 ; AT146 ; AT147 ; AT148 ; AT149 et AT150 (résidentiels).....	210
Fiche scénario n°8 : Parcelle AT201(résidentiel) .....	210
Fiche scénario n°9 : Parcelles AT122 / AT403 (résidentiels).....	211
Fiche scénario n°11 : Parcelles AB021 / AB022(résidentiels) .....	213
Fiche scénario n°12 : Parcelle AV192 (résidentiel) .....	213
Fiche scénario n°14 : Parcelle AT217 / AT218 / AT219 (résidentiel).....	214
Fiche scénario n°15 : Chemins de la zone de la laverie (promenade).....	215
Fiche scénario n°17 : Parcelle AT205 – pâture en aval du dépôt (agricole) .....	217
Fiche scénario n°19 : Parcelles AT206 – Vigne (agricole) .....	218
Fiche scénario n°20 : Parcelles AD070 et AV197 – Vigne (agricole).....	218
Fiche scénario n°21 : Parcelle AV123 – pâture (agricole).....	219
Fiche scénario n°23 : Parcelles AT121/AT125 – Chemin public au nord de Durfort (promenade).....	219
Fiche scénario n°24 : Parcelle AV291 – Jardin public (promenade).....	220
Fiche scénario n°26 : Parcelle AT411 – Stade de football / Skate parc / Terrain de pétanque (sport et loisir) .....	221
6.10.1.2 Commune de Fressac.....	221
Fiche scénario n°28 : Parcelles AD61/AD63 – Chemin public à l'est de Fressac (promenade).....	221
6.11 Incertitudes associées à la caractérisation des risques sanitaires .....	222
6.11.1 Incertitudes sur le terme source .....	223
6.11.1.1 Incertitudes sur l'échantillonnage .....	223
6.11.1.2 Incertitudes sur les analyses chimiques .....	223
6.11.1.3 Incertitudes sur la recherche et la sélection des substances à impact potentiel .....	224
6.11.2 Incertitudes sur l'identification des dangers et l'évaluation des relations dose-réponse .....	224
6.11.3 Incertitudes sur les scénarios d'exposition .....	224
6.11.4 Incertitudes sur la caractérisation du risque .....	225
7 Conclusions et recommandations .....	226
7.1 Synthèse historique .....	226
7.2 Impact de l'exploitation minière sur l'état des milieux .....	226
7.2.1 Les anciens déblais et dépôts de résidus, sources de contamination.....	227
7.2.2 Impacts sur les eaux superficielles et les sédiments .....	227
7.2.3 Impacts sur les sols.....	227
7.2.4 Impacts sur les eaux souterraines.....	228
7.2.5 Impacts sur les végétaux autoproduits .....	228
7.3 Compatibilité des milieux avec les usages .....	228
7.4 Recommandations environnementales et sanitaires .....	229
7.4.1 Réhabilitation des dépôts de résidus liés à l'extraction et au traitement du minéral.....	230
7.4.1.1 Site de Lacoste .....	230
7.4.1.2 Site de la Grande Vernissière.....	240
7.4.2 Recommandations relatives aux autres milieux d'exposition .....	242
7.4.2.1 Espaces privés : jardins privés et résidences principales ou secondaires avec jardin potager et/ou jardin d'agrément .....	242
7.4.2.2 Espaces publics : jardins publics, chemins de randonnées, terrain de football, skate-park et terrains de pétanque .....	248
7.4.2.3 Usages professionnels agricoles.....	250
7.4.3 Information.....	251



8	Bibliographie.....	263
	• Mesures qualitatives mises en œuvre sur les échantillons de sol.....	297
	• Prélèvement d'échantillons de sol ou de résidu.....	297
	• Prélèvement d'échantillons des eaux de surface (hors eaux d'arrosage) .....	299
	▪ Prélèvement d'échantillons des eaux d'arrosage et eaux de source .....	300
	▪ Prélèvement d'échantillons végétaux : végétaux potagers .....	301
	▪ Conditions de stockage et de transport des échantillons .....	303

**Mots clés** : étude sanitaire et environnementale ; directive sur les déchets de l'industrie extractive ; interprétation de l'état des milieux ; plomb, zinc ; impact des activités minières ; risques sanitaires ; Lacoste ; La Grande Vernissière ; Durfort-et-Saint-Martin-de-Sossenac ; Fressac ; Vassorgues ; Croix-de-Pallières



## ***Avertissement !***

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



## LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES

AEP : Adduction d'Eau Potable  
AES : Atomic Emission Spectrometry (Spectrométrie d'Emission Atomique)  
ARS : Agence Régionale de Santé  
ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry (Agence pour le registre des substances toxiques et des maladies)  
B3S : Bureau du Sol et du Sous-Sol, au sein de la DGPR (Direction Générale de la Prévention des Risques) du Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire  
BDSTM : Base de Données des Sites et Titres Miniers gérée par GEODERIS  
CICAD : Concise International Chemical Assessment Documents (Résumés Internationaux pour l'évaluation des produits chimiques)  
CIRE : Cellule Inter Régionale d'Epidémiologie  
CRi / CRo : Concentration ou dose induisant un risque de cancer de  $10^{-4}$   
CT : Concentration Tolérable  
DDCSPP : Direction Départementale de la Cohésion Sociale et de la Protection des Populations  
DDIE : Directive sur les Déchets de l'Industrie Extractive  
DDT : Direction Départementale des Territoires  
DGPR : Direction Générale de la Prévention des Risques  
DHT : Doses Hebdomadaires Tolérables  
DHPT : Doses Hebdomadaires Provisoires Tolérables  
DJA : Dose Journalière Admissible  
DJE : Dose Journalière d'Exposition  
DJT : Dose Journalière Tolérable  
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  
ERU : Excès de Risque Unitaire  
EFSA: European Food Safety Authority (Autorité Européenne de Sécurité Alimentaire)  
GPS: Global Positioning System (Système de Positionnement Global)  
ICP: Inductively Coupled Plasma (Plasma à Couplage Inductif)  
IEM : Interprétation de l'Etat des Milieux  
InVS : Institut de Veille Sanitaire, devenu Santé Publique France depuis 2016  
<LOD : mesure inférieure à la limite de détection (utilisé pour les mesures pXRF)  
MTES : Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire, anciennement MEDDE (Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie)  
NQE-CMA : Norme de Qualité Environnementale - Concentration Maximale Admissible  
NQE-MA : Norme de Qualité Environnementale - Moyenne Annuelle  
PEHD : PolyEthylène Haute Densité  
pXRF : Portable X-Ray Fluorescence (Spectromètre de Fluorescence X portable)  
SSP : Sites et Sols Pollués  
TCA : Tolerable Concentration in Air (concentration tolérable dans l'air)  
TDI: Tolerable Daily Intake (Apport Journalier Admissible)  
VTR : Valeur Toxicologique de Référence  
ZNIEFF : Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique



# 1 INTRODUCTION

## 1.1 Contexte de l'étude

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

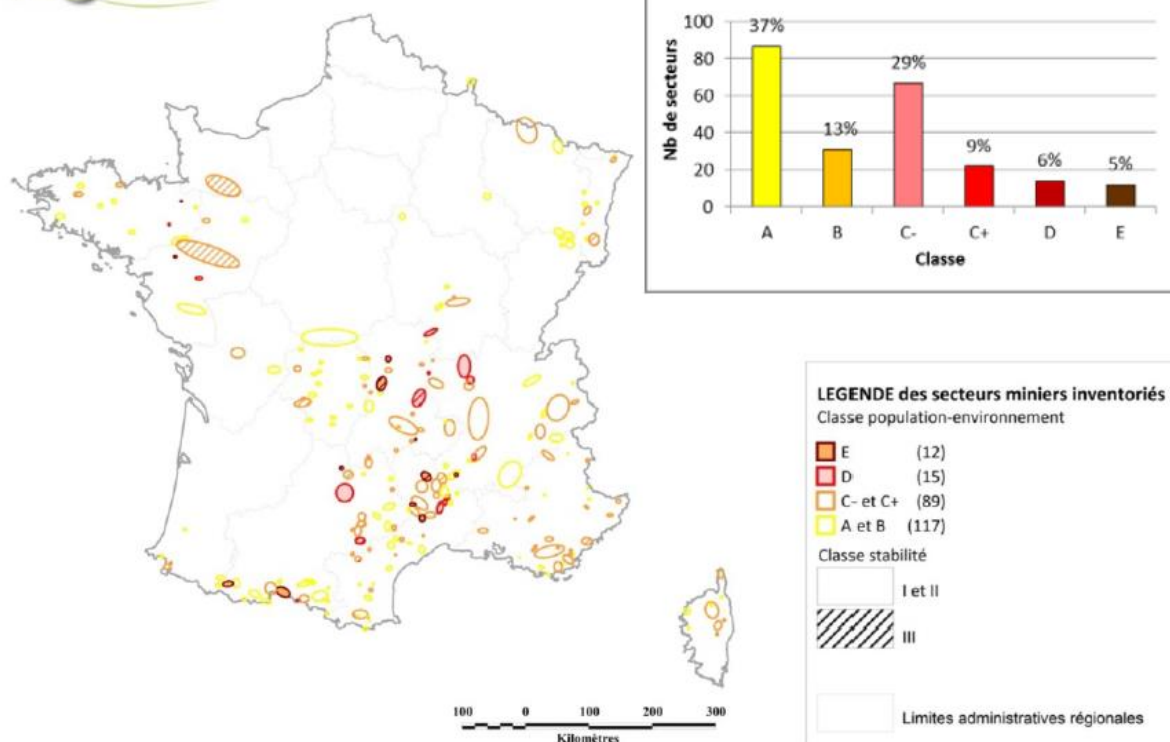
L'objectif est d'identifier les secteurs<sup>1</sup> présentant ou susceptibles de présenter un impact sur l'environnement et la santé. Pour cela, GEODERIS a développé une méthode de hiérarchisation, basée sur des scores en lien avec différentes cibles (les populations, les eaux de surface, les eaux souterraines, la faune et la flore). Selon les scores de risque attribués aux dépôts qu'ils contiennent, les secteurs situés sur le territoire français ont été classés en 6 catégories allant de A à E, la catégorie A correspondant aux impacts les moins élevés, et la catégorie E à ceux les plus élevés. A chaque classe est associée une démarche de gestion appropriée.

---

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

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

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



**Figure 1 : Résultats de l'inventaire, en terme de classe "population-environnement", à l'échelle métropolitaine (source : GEODERIS N2014/0003DE - 14NAT2420, 2014)**

A l'issue de cet inventaire, 12 secteurs ont été identifiés comme secteurs « susceptibles de présenter un risque significatif pour l'environnement et la santé humaine » qui « nécessitent une étude environnementale détaillée urgente si elle n'a pas déjà été réalisée. ».

Le secteur de La Croix de Pallières, tel qu'il a été défini dans le cadre de l'inventaire DDIE, est situé dans le département du Gard (30), en région Languedoc-Roussillon. Il se compose de quatre titres miniers, à savoir :

- Lacoste ;
- La Grande Vernissière ;
- Saint Sébastien d'Aigrefeuille ;
- La Croix de Pallières.

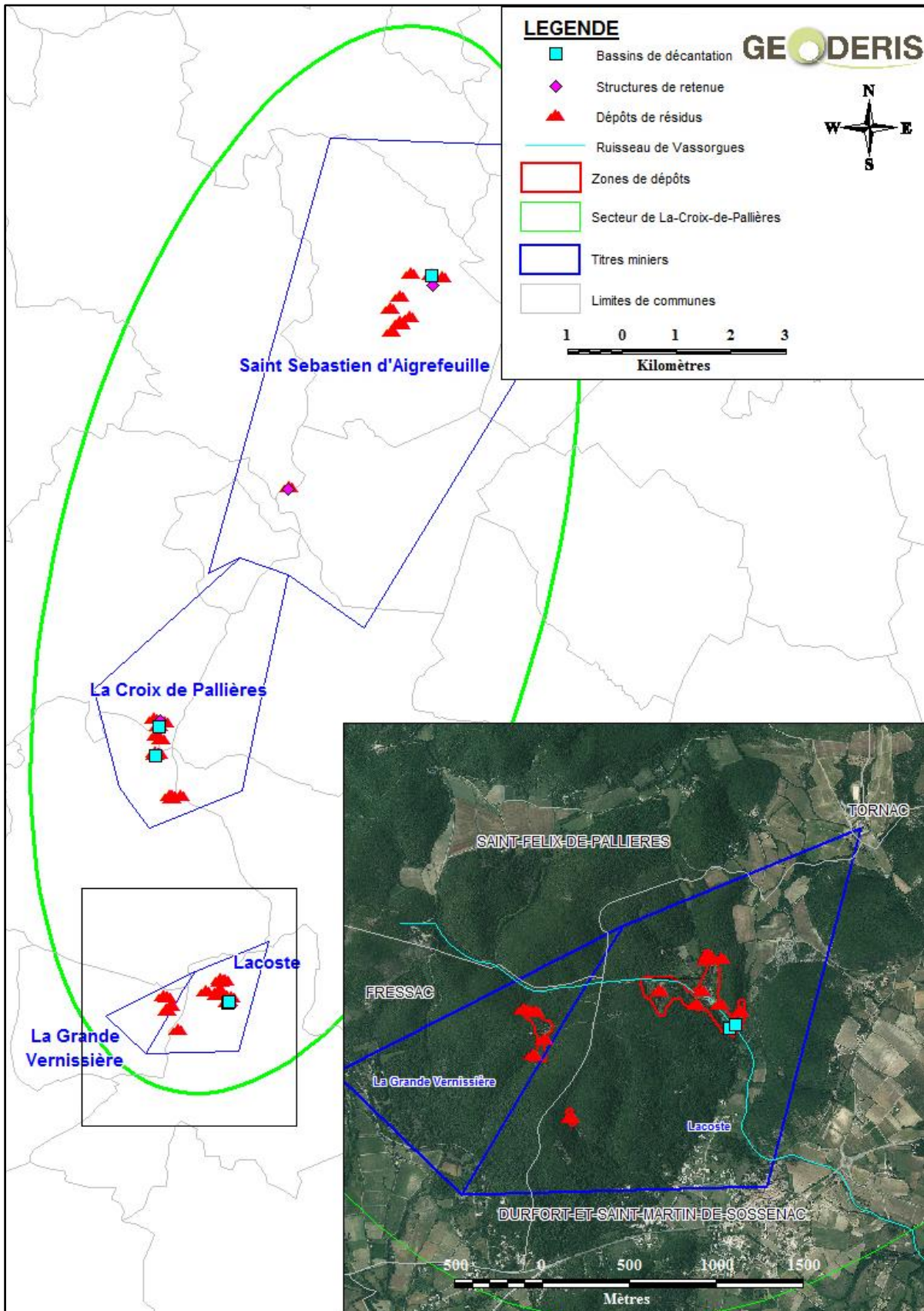
Suite à l'inventaire DDIE conduit sur ce secteur, 36 dépôts ont été identifiés, et 34 d'entre eux ont été scorés. Les scores attribués à ces dépôts ont mis en évidence un certain nombre de risques pour les populations et pour l'environnement. C'est pourquoi le secteur de La Croix de Pallières a été classé en D.

Les zones concernées par les titres de Saint-Sébastien-d'Aigrefeuille et de La-Croix-de-Pallières ont chacun fait l'objet d'une Interprétation de l'Etat des Milieux réalisées par ICF environnement, respectivement commandées par l'ADEME et le BRGM sur demande de la DREAL Languedoc-Roussillon. Un rapport de synthèse sur les études récentes portant sur ces anciennes exploitations a également été réalisé en 2019 par GEODERIS (rapport 2019/086DE\_Projet – 19LRO24040).

GEODERIS a donc par ailleurs été mandaté par la DREAL pour la réalisation d'une étude environnementale et sanitaire détaillée sur les zones concernées par les deux titres miniers



de Lacoste et de La Grande Vernissière, objet de ce rapport. La localisation de ces deux titres est présentée Figure 2.



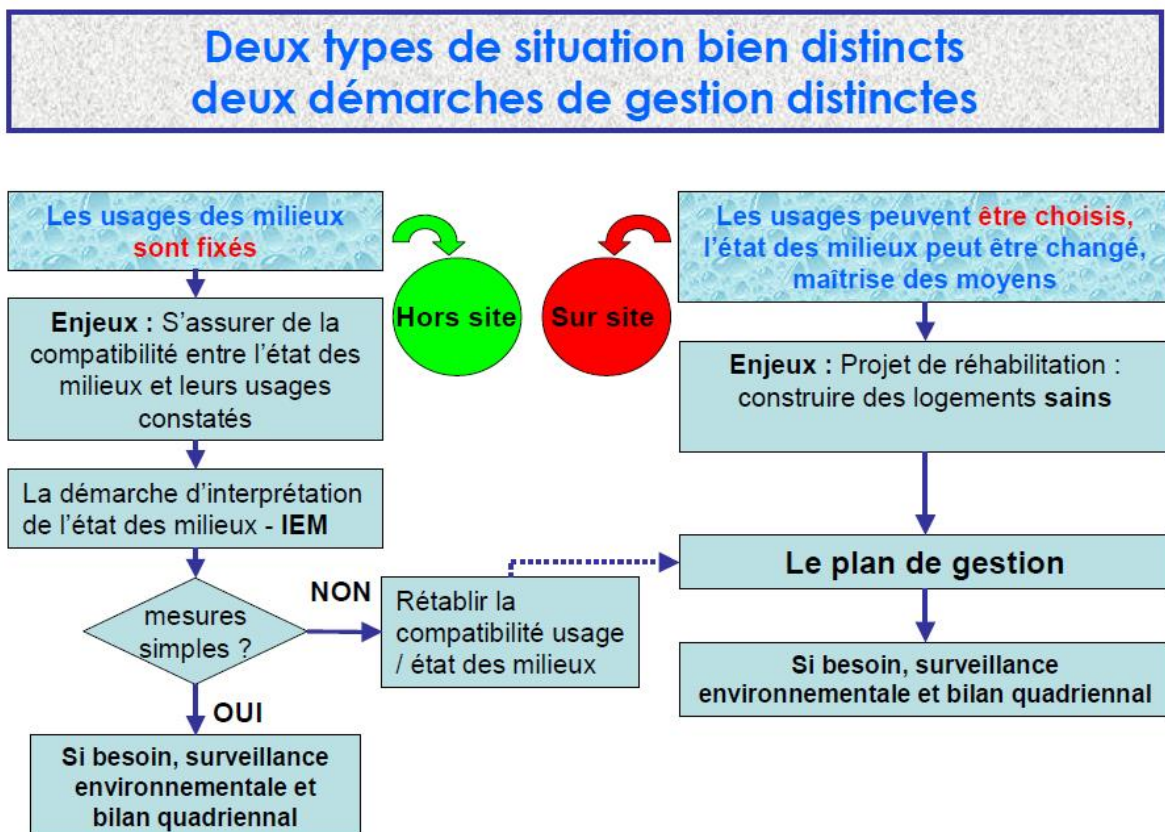
**Figure 2 : Localisation des dépôts des titres miniers de Lacoste et de La Grande Vernissière**

## 1.2 Méthodologie

### 1.2.1 Principe

La démarche adoptée dans le cadre de cette étude s'appuie sur la méthodologie mise en œuvre dans le contexte des sites et sols pollués (SSP) définie dans la note du 19 avril 2017. Deux outils sont définis dans cette circulaire, présentés à la Figure 3.

- L'interprétation de l'état des milieux (IEM) : elle vise à s'assurer que l'état des milieux est compatible avec les usages constatés lorsque ces usages sont fixés ;
- Le plan de gestion : il permet d'agir sur l'état du site ou sur les usages constatés afin de rétablir leur compatibilité.



**Figure 3 : Les deux démarches de gestion des sites pollués (Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, 2017)**

La démarche d'IEM permet, lorsque les usages sont fixés, de distinguer :

- 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 milieu et les usages constatés ;
- Les milieux qui nécessitent la mise en œuvre d'un plan de gestion.

Cette démarche dresse un bilan factuel de l'état du site au moment de l'étude en s'appuyant sur les observations et les documents à disposition.

## 1.2.2 Caractérisation de la démarche d'IEM

La méthodologie associée à l'interprétation de l'état des milieux est composée de plusieurs étapes détaillées ci-après, et résumées dans la Figure 4.

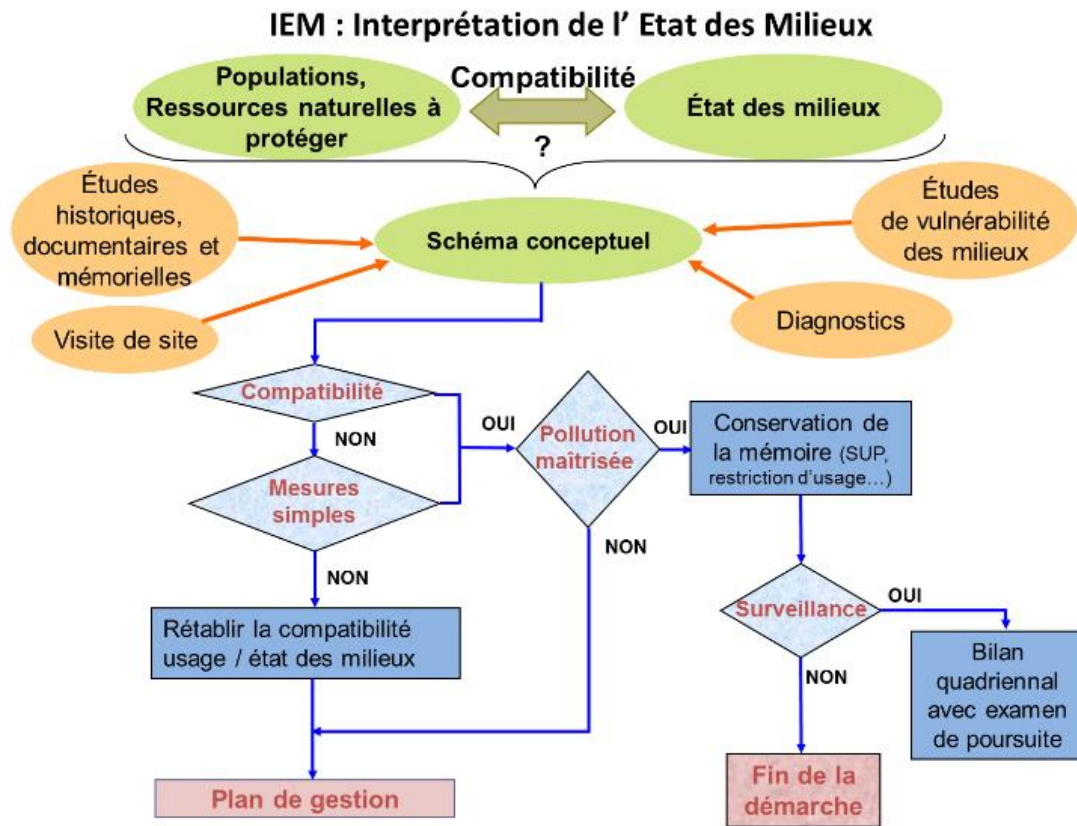


Figure 4 : Principe de la démarche IEM (Direction générale de la Prévention des Risques, Bureau du Sol et du Sous-Sol, 2017)

### 1.2.2.1 Etudes historique et documentaire

Cette première étape vise à recueillir l'ensemble des informations relatives au contexte historique et environnemental du site.

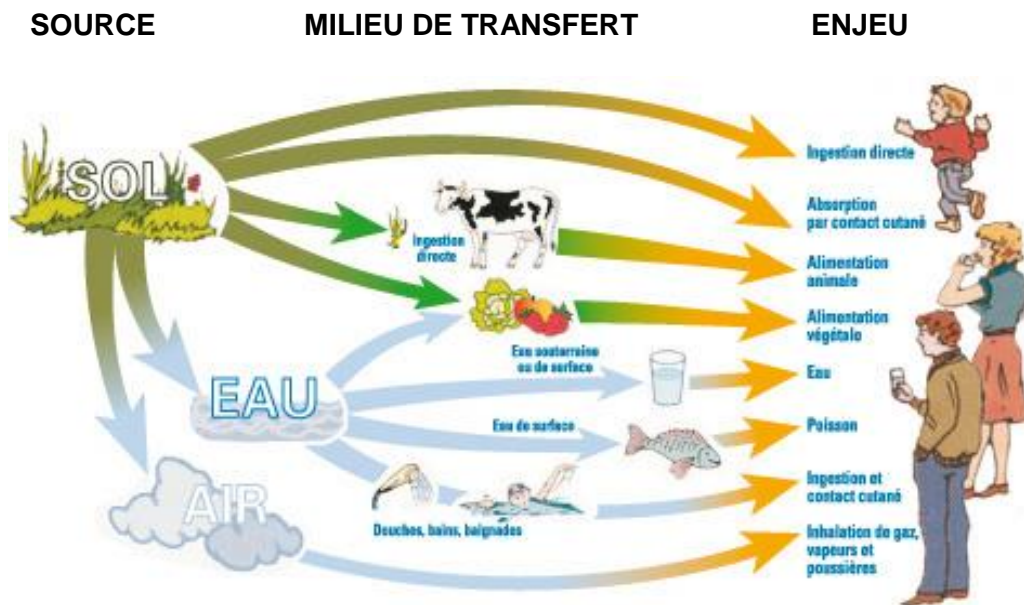
Les documents d'archives minières et industrielles connexes donnent des pistes de compréhension sur la contamination des milieux, puisqu'ils informent sur l'origine des sources de contamination, leur composition, leur mode de constitution, les méthodes d'exploitation et de traitement, le lieu des activités potentiellement contaminantes, l'utilisation de composés chimiques, la localisation des eaux d'exhaure etc.

Les données issues d'études menées par ailleurs donnent une indication sur des aspects spécifiques au site : étude sur les organismes aquatiques, données sur les captages d'eau, études sur les espèces protégées etc.

Enfin, les données issues d'organismes tels que l'Agence régionale de santé (ARS), la direction départementale des territoires (DDT), la direction départementale de la cohésion sociale et de la protection des populations (DDCSPP), les agences de l'eau, les fédérations de chasse et pêche etc. sont une source d'information sur les usages des sites.

### 1.2.2.2 Schéma conceptuel

Les études historique et documentaire permettent d'identifier les sources potentielles de contamination, les vecteurs de transfert et les voies d'exposition pertinentes au regard des usages constatés, ainsi que les cibles pouvant être impactées par l'activité minière ou industrielle passée. Ces éléments constituent un schéma Source-Vecteur-Cible, tel que présenté Figure 5.



**Figure 5 : Schéma conceptuel général d'exposition des personnes à un site pollué (modifié d'après INERIS, 2001, Fiche « Sites et sols potentiellement pollués »)**

L'identification des sources, des vecteurs et des cibles se fait au moyen d'un schéma conceptuel préliminaire qui dresse un bilan factuel de l'état du site. Le schéma conceptuel est actualisé au fur et à mesure de l'étude et de l'acquisition de nouvelles informations.

### 1.2.2.3 Campagnes de terrain

Le schéma conceptuel mène à l'élaboration d'un plan d'échantillonnage qui doit permettre de caractériser l'état des milieux ainsi que les vecteurs de transfert et les voies d'exposition, au moyen de campagnes de terrain représentatives et proportionnées au site.

Les investigations de terrain doivent répondre à plusieurs objectifs, dont notamment :

- L'étude détaillée des usages, afin de renseigner les éléments nécessaires au choix des paramètres d'exposition des populations (présence d'enfants, leur âge, la consommation de végétaux autoproduits, etc.) ;
- L'identification et la caractérisation des sources de contamination (primaires et secondaires), en termes :
  - D'extension spatiale (latérale, verticale) des sources identifiées ;
  - De composition chimique ;
  - De types d'émission des sources vers les milieux ;
  - Des conditions physico-chimiques locales susceptibles de modifier le comportement des contaminants dans les sources primaires et secondaires ;

- La caractérisation des vecteurs/milieux de transfert ;
- La caractérisation des milieux d'exposition ;
- La caractérisation de l'environnement local témoin, à savoir les caractéristiques physico-chimiques des différents compartiments environnementaux naturels et voisins des zones d'investigations.

Les prélèvements sont mis en œuvre principalement dans les milieux d'exposition potentielle des populations et plus particulièrement des populations sensibles (enfants). Les stratégies d'échantillonnage mises en œuvre sont adaptées aux voies d'exposition identifiées (nombre et localisation des prélèvements, protocole de prélèvement).

#### **1.2.2.4 Définition de l'Environnement Local Témoin (ELT)**

Le plan d'échantillonnage permet de définir l'environnement local témoin, qui rend compte de l'état supposé du site avant que celui-ci ne soit impacté par l'activité minière. Il est défini selon trois critères :

- Contexte naturel similaire aux « territoires » étudiés : environnement dans lequel les conditions géologiques, pédologiques et hydrographiques sont proches de celles rencontrées sur les sites étudiés ;
- Activité anthropique inexistante ou minimale : le site doit être indemne d'activités minières ou industrielles (d'extraction et de traitement, etc., telles que celles qui se sont succédées sur les « zones » étudiées) ;
- Scénario d'exposition similaire : les voies d'exposition aux milieux considérés (sols, eaux, végétaux potagers autoproduits) doivent s'approcher au mieux des voies envisagées dans le schéma conceptuel préliminaire défini pour l'étude.

Dans le contexte d'après-mine, il est à souligner la problématique de l'identification d'un Environnement Local Témoin (ELT) pertinent, pour la matrice sol, notamment au regard :

- De la complexité des lithologies en présence ;
- Du contexte d'anomalie géochimique qui caractérise tout site minier.

En effet, une exploitation minière se développe sur des zones de superficies très variables (selon l'organisation des filons, des amas minéralisés, etc.) qui peuvent être caractérisées par des anomalies géochimiques suffisamment importantes pour avoir permis la découverte des minéralisations à valeur économique.

En outre, dans le cas d'aires de stockage de résidus liés à l'extraction ou au traitement du minerai, la mise en perspective des caractéristiques physico-chimiques des échantillons prélevés par rapport à l'ELT peut être remise en question. En effet, ces matériaux issus des unités de traitement du minerai ne peuvent être comparés à des sols « naturels ». Aussi, et conformément à la méthodologie définie par GEODERIS, ces échantillons ne sont pas comparés à un ELT.

### 1.2.2.5 Evaluation de la compatibilité entre les usages et l'état des milieux

Sur la base de l'étude détaillée des usages, des observations de terrain ainsi que des résultats d'analyses physico-chimiques des différentes matrices environnementales prélevées, la démarche d'interprétation de l'état des milieux est déroulée comme suit :

- Le schéma conceptuel préliminaire est complété ou modifié selon les éléments d'informations recueillis lors des investigations ;
- Les concentrations mesurées dans les milieux d'exposition sont comparées aux valeurs réglementaires en France, dans la mesure où ces valeurs sont disponibles au moment de la réalisation de l'étude, et en cohérence avec les voies et les scénarios d'exposition identifiés dans le schéma conceptuel. Ces valeurs de gestion correspondent au niveau du risque accepté par les pouvoirs publics pour l'ensemble de la population française. Si les concentrations mesurées dans les milieux d'exposition sont inférieures à ces valeurs, alors la qualité de ces milieux est compatible avec l'usage considéré.
- Les concentrations mesurées dans les milieux d'exposition sont comparées aux concentrations de l'environnement local témoin, mises en perspective avec des gammes de concentrations communément observées dans la littérature française pour des situations similaires. Une éventuelle dégradation de la qualité des milieux par rapport à l'environnement local témoin ne permet pas de statuer sur la compatibilité ou l'incompatibilité de la qualité des milieux avec les usages considérés ;
- Si la comparaison avec l'environnement local témoin montre une dégradation des milieux et que des valeurs de gestion ne sont pas disponibles, il est alors nécessaire de vérifier si l'état de ces milieux est compatible avec les usages identifiés. Dans ce cas, une Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) est entreprise.

### 1.2.2.6 Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires

L'EQRS est basée sur :

- Les scénarios et les paramètres d'exposition pertinents associés, définis en fonction des usages et des voies d'exposition identifiés dans le schéma conceptuel ;
- Les concentrations mesurées dans les milieux d'exposition.

En première approche, les calculs de risques sanitaires sont réalisés pour chacune des substances et voies d'exposition étudiées prises indépendamment. Ils sont mis en œuvre à partir d'une grille de calculs adossée à la méthodologie de l'IEM. Les résultats obtenus sont interprétés sur la base des intervalles de gestion des risques associés aux effets à seuil (Quotient de Danger – QD) et aux effets sans seuil (Excès de Risque Individuel – ERI), également définis dans la méthodologie de l'IEM.

Les intervalles de gestion sont présentés dans le Tableau 1 ci-dessous.

Effets à seuil / Effets sans seuil	QD < 0,2	0,2 < QD < 5	QD > 5
ERI < 10 <sup>-6</sup>	Compatible	Zone d'interprétation	Incompatible
10 <sup>-6</sup> < ERI < 10 <sup>-4</sup>	Zone d'interprétation	Zone d'interprétation	Incompatible
ERI > 10 <sup>-4</sup>	Incompatible	Incompatible	Incompatible

**Tableau 1 : Compatibilité des milieux avec leurs usages en fonction des résultats de l'EQRS**

Si les résultats de l'EQRS conduisent à conclure à l'incompatibilité du milieu avec ses usages alors un plan de gestion est requis.

Dans les cas où les résultats de l'EQRS sont en « zone d'interprétation », une réflexion plus approfondie est nécessaire avant d'engager un plan de gestion. Pour cela une EQRS réfléchie peut être mise en œuvre. Des mesures simples de gestion peuvent également être proposées.

Dans le cadre d'une Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires réfléchie (EQRS réfléchie) et contrairement à l'EQRS réalisée en première approche pour laquelle chacune des substances et voies d'exposition étudiées sont considérées indépendamment, les niveaux de risques sont calculés en pratiquant l'additivité des risques selon les règles de l'art en la matière et en tenant compte des recommandations des instances sanitaires émises au niveau national.

Le cumul des effets entre voies et substances sera traduit selon les règles suivantes :

- Pour les effets à seuils : à l'addition des quotients de danger (QD) pour les substances ayant le même mécanisme d'action toxique sur le même organe cible. La valeur utilisée comme seuil est alors de 1 ;
- Pour les effets sans seuils : à l'addition de tous les excès de risque individuel (ERI). La valeur utilisée comme seuil est alors de  $10^{-5}$ .

Une fois l'état des milieux défini, il s'agit, sur la base du schéma conceptuel définitif et en toute connaissance de cause, de définir, le cas échéant, les actions appropriées à engager.

### 1.2.3 Actions à engager

Le résultat du traitement des données issues des études historique, documentaire et des investigations de terrain peuvent mener à trois cas de figure :

- Cas d'un état des milieux compatible avec les usages constatés : le site n'appelle pas de mesures particulières ;
- Cas d'une zone d'incertitude :
  - Mise en place de mesures simples et de bon sens (lavage des mains, restrictions d'accès etc.) ;
  - Recours aux retours d'expérience ;
  - Réalisation d'une EQRS approfondie.
- Cas de milieux qui nécessitent la mise en œuvre d'un plan de gestion : les propositions de gestion seront étudiées et des mesures adaptées au site pourront être proposées.

Quel que soit le scénario, la source de contamination doit être maîtrisée et la mémoire de la contamination doit être conservée même si aucun plan de gestion n'est requis. Cette mémoire peut prendre la forme de restrictions d'usage ou de servitudes afin de garantir la pérennité de l'adéquation entre l'état des milieux et les usages du site.

### 1.3 Déroulement de l'étude

Pour certains aspects spécifiques de l'étude, un appui a été demandé au BRGM et à l'INERIS.

Le BRGM a effectué une partie des consultations des archives minières et a réalisé un travail approfondi de bibliographie et d'investigations de terrain spécifiques aux aspects hydrogéologiques. Une campagne d'analyse de sols in situ à l'aide d'un spectromètre de fluorescence X portable lui a aussi été confiée.

L'INERIS a été sollicité pour l'identification des enjeux et usages, prélèvements de sols, eaux et végétaux à des fins d'évaluation du risque sanitaire.

Les différents volets de l'étude ont donné lieu à l'édition de rapports distincts :

- **Hydrogéologie** : Rapport BRGM/RP-64922-FR. (2015) de P. Vigouroux portant sur Avis hydrogéologique sur le site des concessions minières "Grande-Vernissière" et "Lacoste" (30) ;
- **Mesures pXRF sur les sols** : Rapport d'Essais 135-2015-PA-LAB-EXP (2015) - Campagne d'analyses de sol à l'aide du spectromètre de fluorescence X portable NITON® XL3t 800 sur les anciens sites miniers de La Coste et de La Grande Vernissière ;
- **Caractérisation de l'Environnement Local Témoin** : Rapport BRGM/RP- 65509-FR de Lemièrre B. et Auger P. (2016) ;
- **Etude Sanitaire** : Rapport de l'INERIS-DRC-15-153381-04996A (2016).

Les résultats de ces différentes études complémentaires sont synthétisés dans ce rapport.

Les différentes phases de l'étude et les organismes ayant pris part à chacune d'entre elle sont reportés dans le Tableau 2 ci-dessous.



Tâche	Description	Planning prévisionnel	
Réunion	Réunion de lancement de l'étude : <ul style="list-style-type: none"> <li>Présentation du site et de la démarche</li> <li>Discussion et mise en place des actions de communication</li> <li>Présentation du planning prévisionnel</li> </ul>	Avril 2015	
Etude historique	Collecte de documents sur l'historique minier	Fév-mars 2015	
	Rédaction d'un rapport sur l'étude historique	Printemps 2015	
Etude documentaire	Collecte d'informations auprès des divers organismes	Mars-avril 2015	
	Rédaction d'une étude documentaire	Printemps 2015	
	Réception de l'étude documentaire sur l'hydrogéologie	Fin mai 2015	
Réunion	Réunion avec les partenaires (BRGM et INERIS) :	Elaboration du schéma conceptuel	Mai-juin 2015
		Définition du plan d'échantillonnage	
		Discussion de la pertinence de la réalisation d'une étude hydrogéologique	
Investigations de terrain	Première campagne d'investigations « Basses eaux »	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eaux de surface</li> <li>Sédiments</li> <li>Eaux souterraines</li> <li>Résidus</li> <li>Sols de jardin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1<sup>ère</sup> semaine de juillet</li> </ul>
	Traitement des données analytiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sols de pâtures et prairies</li> <li>Sols de promenade, jeux</li> </ul>	Été 2015
	Seconde campagne d'investigations « Hautes eaux »	<ul style="list-style-type: none"> <li>Végétaux potagers</li> </ul>	Septembre-octobre 2015
	Traitement des données analytiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>Herbes de prairies et pâturages</li> <li>Végétaux de cueillette etc.</li> </ul>	Automne 2015
<b>Rapports</b>			
Sanitaire	Réception de l'étude sanitaire (INERIS)	Septembre 2015	
NITON	Réception du rapport sur les mesures NITON (BRGM)		
Hydrogéologie	<i>(Si menée) Réception de l'étude hydrogéologique (BRGM)</i>	-	
Environnement	Interprétation du volet environnemental (GEODERIS)	2 <sup>nd</sup> semestre 2015	
Rédaction de la synthèse finale	Synthèse des études historique et documentaire, hydrogéologique, sanitaire et environnementale. Conclusions et recommandations (GEODERIS)	Début 2016	
Réunions	Rendu des résultats, conclusions et recommandations de l'étude	1 <sup>er</sup> trimestre 2016	

**Tableau 2 : Planning prévisionnel initial résumant les étapes de l'étude sur les anciennes mines de Lacoste et La Grande Vernissière**

A noter que ce planning prévisionnel a dû être retardé, notamment au niveau des phases d'interprétation et de synthèse, pour des raisons liées à des changements de priorité au niveau du planning général des études sanitaires et environnementales de GEODERIS.

## 2 PHASE INFORMATIVE - GENERALITES

### 2.1 Démarche de recueil des informations

La phase informative menée par GEODERIS a consisté en une recherche documentaire préalable ayant pour but de reconstituer l'historique du site étudié et d'acquérir une connaissance la plus précise possible de son état et de son contexte actuel. Cette étape vise également à recenser les différents usages et enjeux en présence.

Les principales sources bibliographiques utilisées pour la recherche de documents d'archives sont reportées dans le Tableau 3. La plupart des documents d'archive utilisés dans le cadre de cette étude ont été numérisés et sont fournis dans le DVD joint à ce rapport.

1	BRGM. Carte géologique de la France à 1/50 000. Feuille LE VIGAN 937 avec notice explicative, 1988 dans Alabouvette et al, 1988.
2	MICHEL PERISSOL. « Sédimentologie et métallogénie du Trias et du Lias carbonaté de la bordure Cévenole. Minéralisations Zn-Pb des paléokarsts sinémuriens de Durfort », Thèse de doctorat en géochimie, pétrologie, minéralogie fondamentales et appliquées, Université Montpellier II, 1990, 545 p.
3	L. BRUXELLES, M. WIEMIN. « Les fantômes de roche de la mine de la Grande Vernissière (Fressac, Gard). Premières observations sur l'origine de certains karsts de la bordure cévenole. <i>Karstologia Mémoires</i> , n°17, 2009, PP. 192-200.
4	J. ASTRUC. « Mémoires pour l'histoire naturelle de la province de Languedoc ». Chapitre X « D'une mine de plomb près du lieu de Durfort, dans le diocèse d'Alais » 1737.
5	UNION MINIERE. « Renonciation à la concession de « La Coste ». 1994.
6	BRGM. COMITE DE L'INVENTAIRE DES RESSOURCES MINIERES METROPOLITAINES. « Les gisements de plomb-zinc en France. Situation en 1991 ». 1991. 278 p.
7	GEODERIS. « Exploitations minières de substances métalliques sur les concessions de Saint-Sébastien-d'Aigrefeuille, La Croix-de-Pallières, Valensole, La Coste, La Grande Vernissière, Les Adams, Pallières et Gravouillère, Valleraube et le PEX de Saint-Sébastien-d'Aigrefeuille (Gard). Evaluation et cartographie des aléas mouvements de terrain. » 2015.

**Tableau 3 : Sources consultées pour la recherche de documents d'archives concernant les concessions de Lacoste et de la Grande Vernissière.**

## 2.2 Contexte du site d'étude

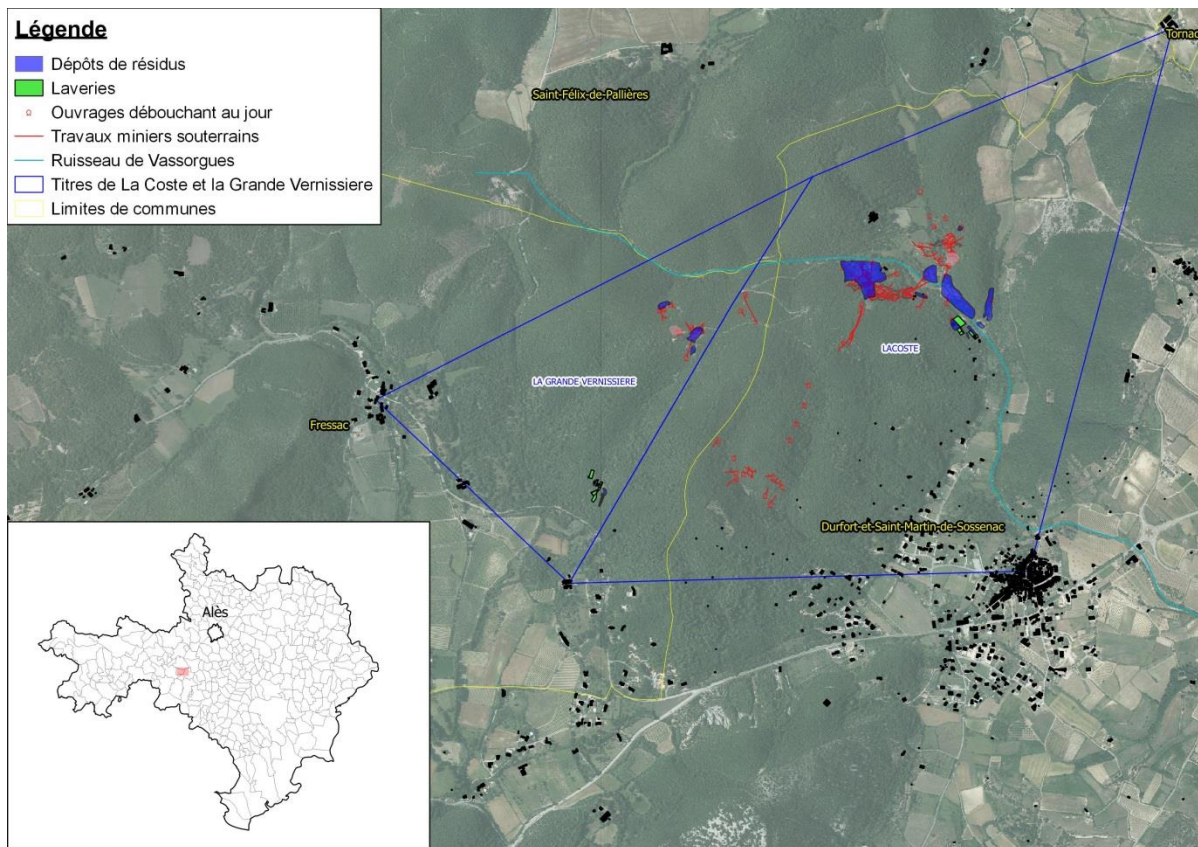
Les anciennes concessions minières de Lacoste et La Grande Vernissière se situent à environ 15 km au sud-ouest de la commune d'Alès, dans le département du Gard. Le site de Lacoste est compris dans le périmètre de la commune de Durfort-et-Saint-Martin-de-Sossenac tandis que celui de La Grande Vernissière est compris dans celui de la commune de Fressac (cf. Figure 6).

10 dépôts de déchets liés à l'extraction ou au traitement du minerai ont été recensés au droit de l'ancienne concession minière de Lacoste, dont 9 scorés. Trois dépôts y ont été identifiés avec un risque maximum sur les eaux superficielles. 4 dépôts ont été recensés au droit de l'ancienne concession minière de La Grande Vernissière dont 3 dépôts scorés.

Le Tableau 4 suivant indique les scores de risques attribués à ces dépôts.

Classe Pop-Env. du Secteur	Nom Du Titre Minier	Identifiant du dépôt	Substance exploitée	Scores de risque			
				Pop	Eaux sout.	Eaux sup.	Faune/Flore
D	Lacoste	30_0047_A_T1	Zinc	5	3	5	1
		30_0047_A_T2		3	3	3	1
		30_0047_A_T3		3	3	3	1
		30_0047_A_T4		3	3	3	1
		30_0047_A_T6		3	3	3	1
		30_0047_A_T7		3	3	8	1
		30_0047_A_T8		8	5	10	3
		30_0047_A_T9		5	3	10	3
		30_0047_B_T1		1	3	3	1
	La Grande Vernissière	30_0061_A_T1	Zinc	1	3	3	1
		30_0061_A_T3		1	3	3	1
		30_0061_A_T4		1	3	3	1

**Tableau 4 : Scores de risques population-environnement attribués aux dépôts identifiés des titres miniers de Lacoste et de la Grande Vernissière (Pop-env. : Population-environnement ; Pop : Population ; Eaux sout. : Eaux souterraines ; Eaux sup. : Eaux superficielles)**



**Figure 6 : Cartographie des titres miniers de Lacoste et de la Grande Vernissière, qui concernent majoritairement les communes de de Durfort-et-Saint-Martin-de-Sossenac, et Fressac. Les zones de dépôts 30\_0047\_A, 30\_0047\_B et 30\_0061 sont indiqués en bleu.**

## 2.3 Contexte géographique et géologique

### 2.3.1 Situation et contexte régional

Le secteur regroupant les anciennes mines de Lacoste et de la Grande Vernissière, concerne principalement les communes de Fressac et Durfort-et-Saint-Martin-de-Sossenac. Ces deux communes, situées dans le département du Gard en région Occitanie, se trouvent sur les contreforts sud-est du massif des Cévennes qui constitué d'une alternance de massifs de faible relief et de plaines alluviales, forme une zone de transition entre l'auvergne et la méditerranée.

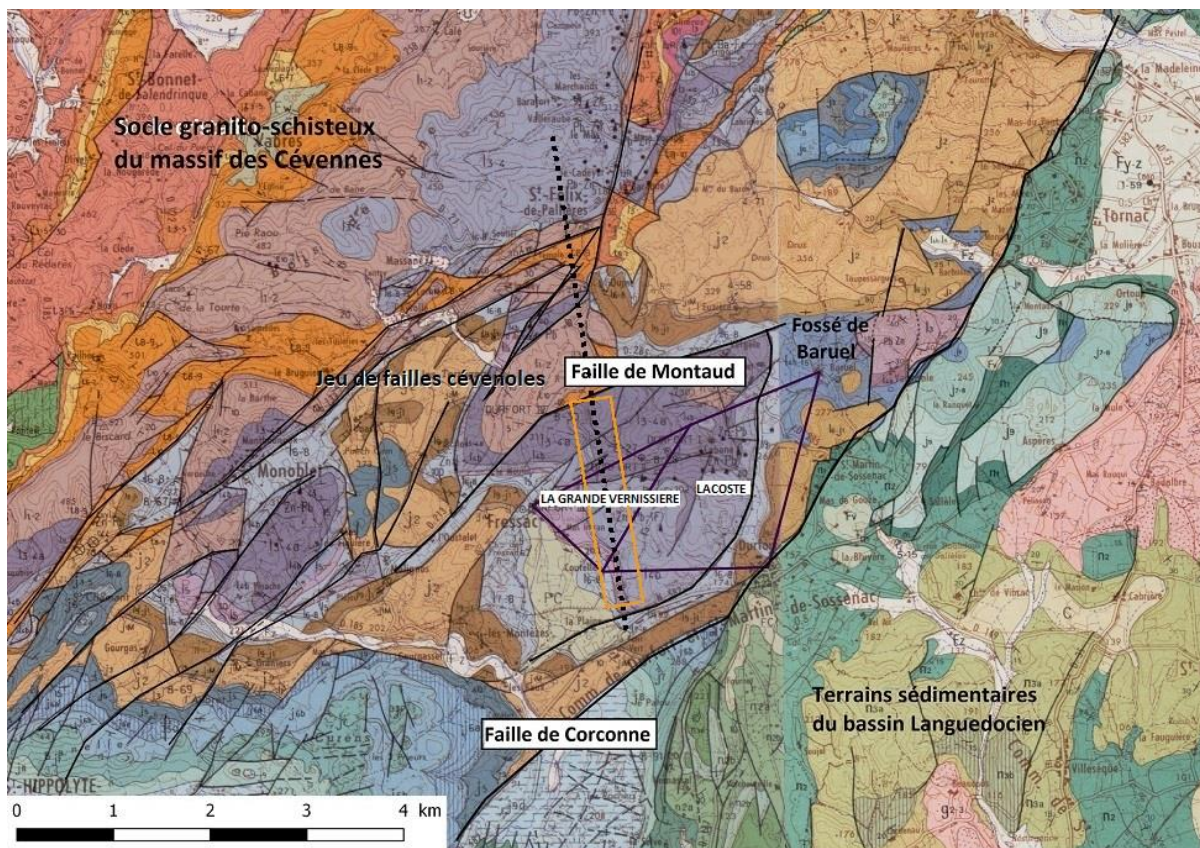
Le contexte géologique régional porte le nom de bordure sous-cévenole. Elle se compose de terrains datant du Trias et du Jurassique transgressif sur le socle hercynien du Massif Central et recoupés par un réseau de failles d'orientation NE-SW. Comme le montre la carte de la Figure 7 ci-après, ces failles cévenoles marquent la transition entre le socle granito-schisteux du massif des Cévennes au Nord-Ouest et les formations tabulaires crétaées et tertiaires du bassin languedocien au Sud-Est.

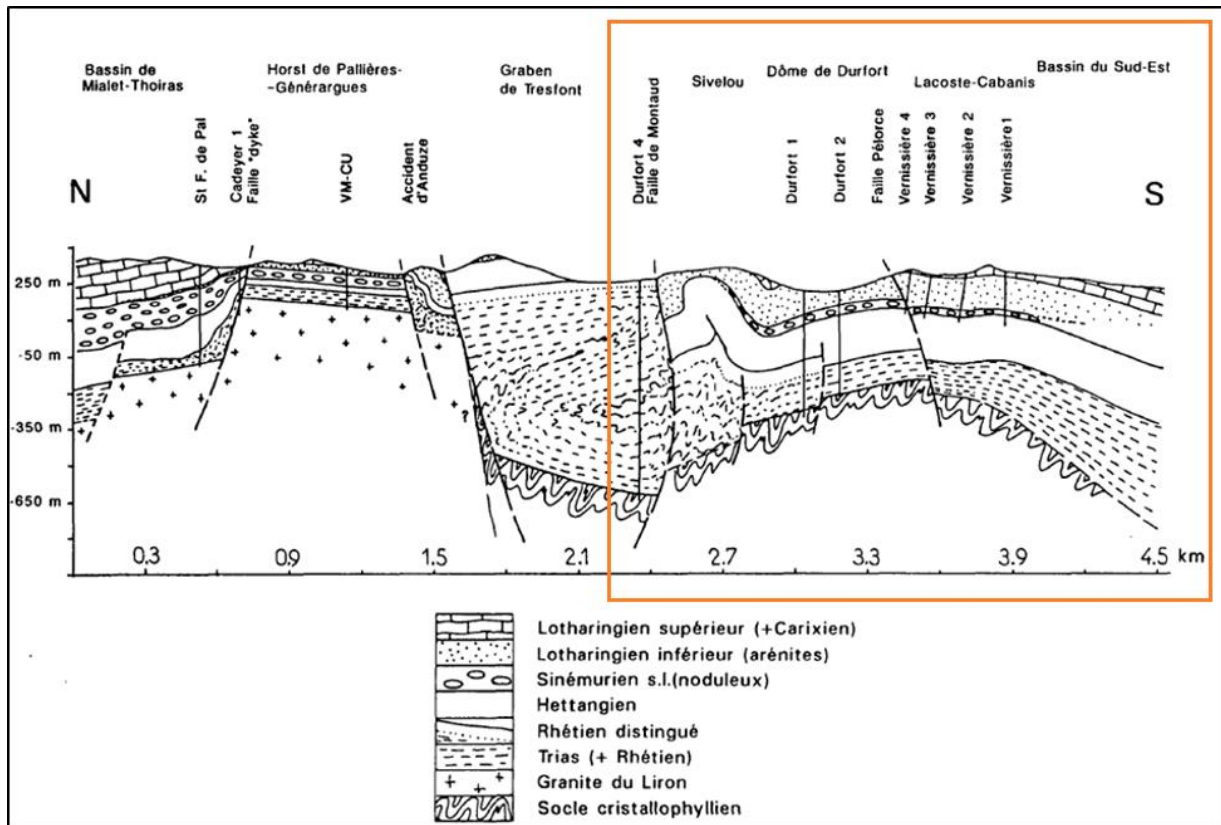
Les exploitations minières de la région appartiennent à une même province métallogénique (Bernard, 1958) consistant en un chapelet de gisements à Zn-Pb-(Fe)-(Ag)-fluorine, s'égrenant le long de la principale « faille des Cévennes » sur près de 190 km de long depuis Clermont-l'Hérault à l'Ouest jusqu'à Saint-Peray à l'Est (BRGM, 1977). Ces gisements se raccordent à deux modèles gitologiques principaux aujourd'hui bien connus et correspondant

d'une part aux gisements à Pb/Zn (Ag) encaissés dans les grès du Trias (exemple de l'ancienne mine St Sébastien d'Aigrefeuille) et d'autre part aux gisements à Pb/Zn de plate-forme carbonatée encore appelé MVT (« Mississippi Valley Type »), particulièrement bien illustrés par les gisements de Croix de Pallières, du secteur de Durfort ou encore des Malines plus à l'Ouest (Sureau et Le Nindre, 1988 ; Melleton et Vic, 2016).

### 2.3.2 Contexte géologique du secteur de Durfort

Les exploitations minières de Lacoste et de La Grande-Vernissière se sont développées dans des terrains jurassique inférieur (Lias) délimités au nord par la faille de Montaud et au sud-est par la faille de Corconne (Figure 7), et qui constituent un petit massif couvrant 300 ha à une altitude de 100 m environ. Ces terrains appartiennent au dôme de Durfort, ensemble géologique plus vaste de 1000 ha environ matérialisé par une voûte anticlinale effondrée et tronquée comme le montre la coupe de la figure suivante (Perissol, 1990).





**Figure 7: Localisation des concessions de Lacoste et de La Grande Vernissière sur les terrains jurassiques du dôme de Durfort. La ligne en pointillés noirs indique le tracé de la coupe géologique qui détaille la structure des terrains au niveau de dôme (source : BRGM 1988 et 1991)**

Le secteur de Durfort est composé du nord vers le sud, par les unités suivantes :

- Le horst de Pallières, où le socle granitique et le Trias sont amenés à l'affleurement ;
- Le graben de Tresfont, qui rabaisse le socle d'environ 800 m ;
- Le dôme de Durfort, situé à la jonction comme nous l'avons vu précédemment, de deux structures majeures, l'une NNE - SSW (le horst de Pallières), et l'autre correspondant au faisceau de failles cévenoles NE - SW (accident de Corconne, axe effondré Tresfont - Lacan, etc.).

Les terrains sédimentaires du dôme de Durfort sont disposés logiquement en strates dont les plus anciennes se trouvent en profondeur, mais ces dernières affleurent sous l'effet de l'érosion.

Dans le détail, les différentes couches géologiques observées dans le dôme de Durfort sont, de la plus ancienne à la plus récente :

- Des terrains carbonatés datant du Sinémurien (env -199 Ma) et notés I1-2, composés essentiellement de dolomies, également de calcaires, avec quelques épisodes argileux ;
- Des dolomies (I3-4a) contenant des grains de silice, plus poreuses, et associées à des sols oxydés orangés. Ces terrains datent du Sinémurien au Lotharingien inférieur (env -195 Ma) ;
- Des bancs de calcaires gris-bleu fins et durs (I4b), associés à quelques bancs marneux datant du Lotharingien supérieur (env -190 Ma) ;

- Des petits bancs de calcaires gris, bleu, beige, jaune avec des inter lits marneux (I5), surplombés par des niveaux ferrugineux. Ces terrains datent du Carixien (env -187 Ma) ;
- Des marnes et argilites grises (I6-8) qui caractérisent la jonction Domérien-Toarcien (env -180 Ma) ;
- Des bancs de calcaires siliceux gris foncés à patine orangée notés I9-j1, intercalés avec des bancs marneux plus abondants vers le sommet de la formation. Des calcaires dolomitiques sont également présents dans cette formation datant de l'Aalénien au Bajocien (environ -170 Ma).

La faille de Corconne sépare les terrains du Jurassique, à partir du Bajocien, de ceux du Crétacé, à partir du Berriasien. Les terrains du Jurassique supérieur datant de -170 à -140 Ma n'affleurent donc pas sur cette partie de la carte où ont été cartographiés des formations du début du Crétacé :

- Calcaires argileux gris cendré et marnes avec intercalations de bancs de calcaires argileux gris (n1-2) datant du Berriasien au Valanginien (environ -140 Ma) ;
- Alternance de marnes grises et de calcaires argileux gris bleu à patine jaune et clair (n3a) datés de l'Hauterivien inférieur (environ -134 Ma).

A ces terrains en place s'ajoutent en recouvrement, des terrains alluvionnaires, identifiés Fz ou FC sur la carte géologique. Ces terrains correspondent aux lits majeurs (plaines d'inondation) et lits mineurs des cours d'eau. Ils sont composés d'alluvions hétérogènes en taille et forme (galets, graviers, sables, argiles), formés par l'érosion et la sédimentation des matériaux provenant des formations géologiques avoisinantes.

### 2.3.3 Gisements et minéralisations

Les formations géologiques porteuses de la minéralisation sont principalement les terrains carbonatés du Lias (Sinémurien-Lotharingien inf. I3-4a et Lotharingien supérieur I4b). La porosité en grand des roches a en effet favorisé la circulation de fluides hydrothermaux chargés en métaux (Zn, Pb, F) et la précipitation des minéraux enrichis en ces métaux : blende, galène, fluorine avec un peu de barytine.

Les gisements de Lacoste et de la Grande Vernissière appartiennent au groupe de gîtes de Durfort (BRGM, 1991) associant aussi Valensoles et Cazalis et ils se situent dans le compartiment sud du Dôme de Durfort. Ces 4 principaux amas, jalonnent les failles cévenoles d'orientation NE-SO présentes dans la zone, et s'étagent sur 80 m de la série.

D'après la notice de la carte géologique au 1/50 000 du Vigan (Alabouvette et al, 1988), les minéralisations à Lacoste s'organisent en amas stratoïdes situés à 4 niveaux différents, et en gros superposés, au sein des 80 m de dolomies du Lotharingien inférieur. Les structures internes du minerai plaident en faveur de dépôts karstiques. La minéralisation y est aussi localement fissurale comme à La Grande Vernissière avec des imprégnations de fractures à remplissage de calcite associée à du minerai de zinc (blende ou sphalérite, et en surface calamine<sup>2</sup>), de la galène (sulfure de plomb PbS), de la fluorine (CaF<sub>2</sub> en abondance) et un peu de pyrite de fer (FeS<sub>2</sub>) sans doute arsénieuse et de barytine (BaSO<sub>4</sub>) plus rare.

La Figure 8 localise les sites exploités sur les deux concessions.

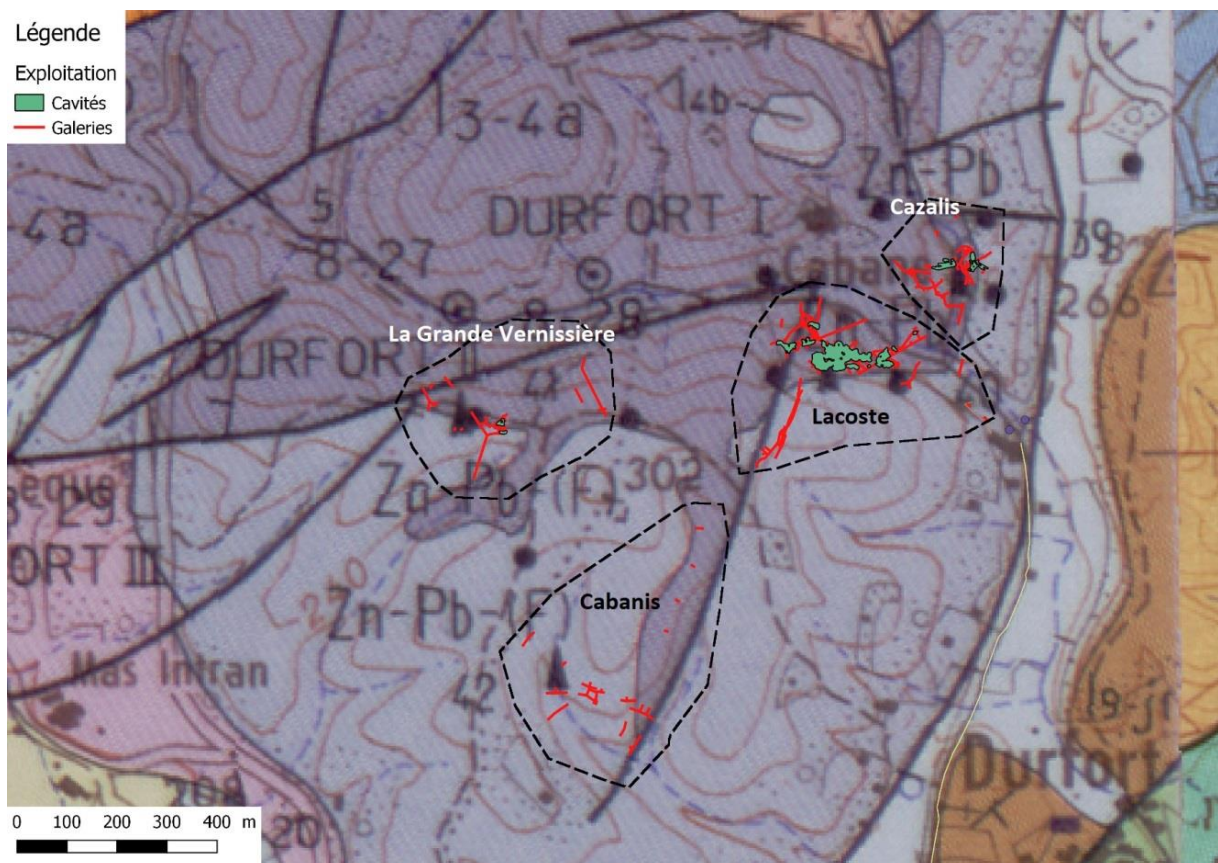
<sup>2</sup> La calamine (ou oxydes calaminaires) est un terme générique autrefois utilisé en minéralogie pour désigner un mélange de minéraux oxydés de zinc (carbonate ou smithsonite et silicates de zinc comme la willémite et l'hémimorphite)

Le plomb n'existant souvent qu'à l'état de traces, le zinc domine avec un gisement composé de 30 à 40 % de zinc.

A la Grande Vernissière, dans la partie supérieure, la fluorine se serait déposée en deux étapes encadrant les dépôts de sulfures. Elle tapisse ainsi les fissures de la roche et enrobe les éléments bréchiques contenus dans ces fissures.

Dans le gisement de Lacoste, la fluorine serait postérieure à la fracturation, contemporaine de la blende et antérieure à la galène et la calcite épigénétique plus tardive (Robelin, 1986). Trois types de minerais constituent les gisements (BRGM, 1977) :

- Les minerais précoces à blende mielleuse et gangue silico-dolomitique ou à blende rubanée brun-caramel dans des arénites grossières fracturées (mine de Lacoste) ;
- Les minerais en poche, ciments de brèches et dont la croissance se fait sur les joints et les diaclases et minerais stratoïdes de dissolution (mine de Lacoste) ;
- Les minerais tardifs liés à des fractures ou des dissolutions : galène, fluorine, rare barytine (la Grande Vernissière).



**Figure 8 : Localisation des différents amas explorés sur les concessions de Lacoste et de La Grande Vernissière**

Compte tenu de la nature des entités géologiques en présence et de la nature de ces gisements, les espèces minérales présentes sont synthétisées dans le Tableau 5 suivant.



Gîte exploité	minéraux	Substances
LACOSTE / LA GRANDE VERNISSIERE	dolomite	Carbonate double de calcium et de magnésium ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ )
	cérosite	Carbonate de plomb ( $\text{PbCO}_3$ )
	calcite	Carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ )
	blende (sphalérite)	Sulfure de zinc ( $\text{ZnS}$ )
	calamine (smithsonite)	Carbonate de zinc ou smithsonite ( $\text{ZnCO}_3$ ) et silicates de zinc : hémimorphite ( $\text{Zn}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) et willemite ( $\text{Zn}_2\text{SiO}_4$ )
	galène (alquifoux)	Sulfure de plomb ((Pb,Fe),S)
	fluorine	fluorure de calcium ( $\text{CaF}_2$ )
	pyrite de fer	disulfure de fer ( $\text{FeS}_2$ et traces d'arsenic)
	barytine	sulfate de baryum ( $\text{BaSO}_4$ )

**Tableau 5 : Minéralogie des gisements de Lacoste et de La Grande Vernissière**

Un point important à signaler concerne le lien entre les phases minérales telles que décrites dans le tableau précédent et la ou les substances chimiques (métal ou métalloïde) portées par le minéral et généralement ayant un intérêt sur le plan environnemental et sanitaire. Les phases minérales ne présentant pas de composition chimique idéale, elles renferment aussi souvent des éléments traces typiques. Ainsi la sphalérite ( $\text{ZnS}$ ) renferme souvent du fer et surtout du **cadmium** qui présente une grande affinité avec le zinc et qu'il s'agira de prendre en compte dans les études environnementales. De même **l'arsenic** généralement porté par l'arsénopyrite ( $\text{FeAsS}$ ) peut aussi se retrouver dans la composition de la pyrite ( $\text{FeS}_2$ ) qui après oxydation et dissolution libère cet élément indésirable dans le milieu naturel.

Ces deux éléments cadmium et arsenic n'ont pas de minéral porteur identifié dans les minéralisations du secteur de Durfort mais leur présence dans les eaux, les sédiments ou les sols, comme nous le verrons dans le chapitre 5, peut être sans doute facilement expliquée par l'examen de la minéralogie.

## 2.4 Hydrogéologie

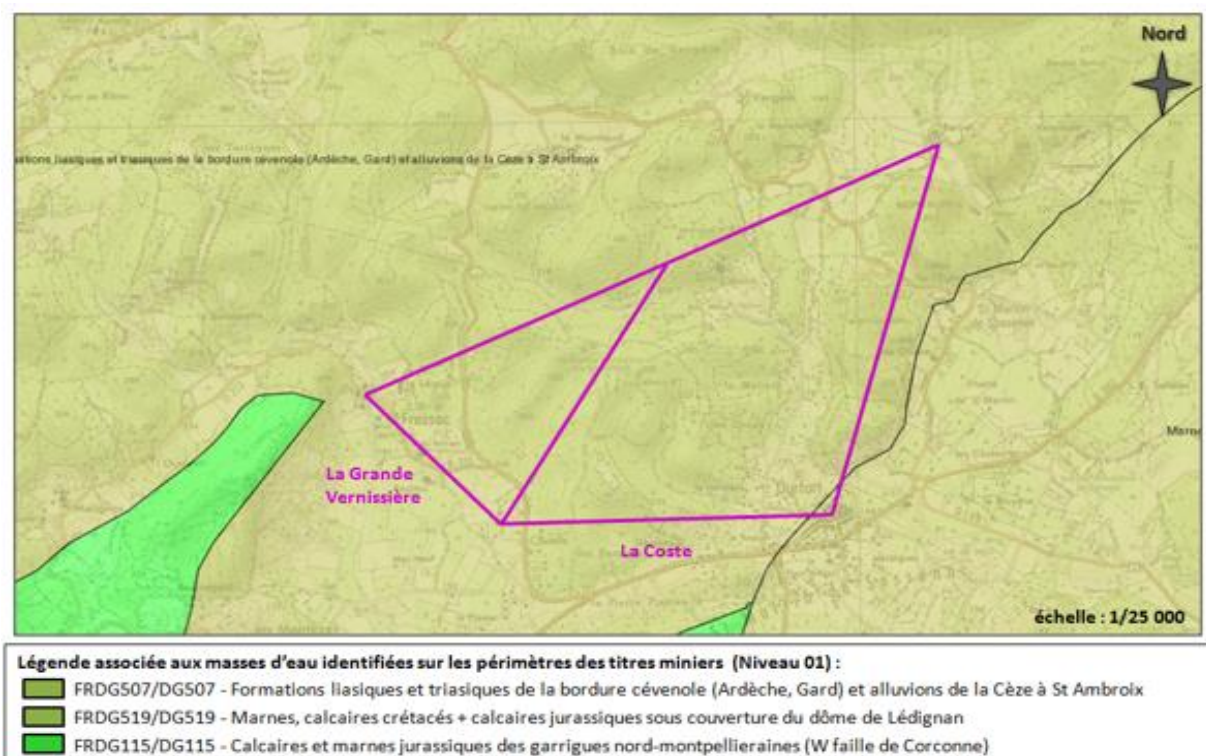
Plusieurs aquifères sont répertoriés au droit des titres miniers de Lacoste et de La Grande Vernissière. La complexité structurale de la zone dominée par les grandes failles dites « des Cévennes » de direction NNE-SSW, induit l'apparition d'aquifères très compartimentés dont l'importance est variable et la capacité de production spécifique. Ils peuvent donner naissance à des sources et/ou faire l'objet de captages et la continuité hydraulique entre les compartiments n'est pas clairement avérée.

D'après les données hydrogéologiques disponibles sur Infoterre®, deux masses d'eaux souterraines sont répertoriées au droit des titres miniers de Lacoste et de La Grande Vernissière (Figure 9). Ces masses d'eau sont rattachées au « niveau 01 » et aucune autre masse d'eau plus profonde (niveau 02 à 10) n'est connue dans le secteur immédiat.

Le contexte géologique et plus particulièrement les informations renseignées au travers des logs stratigraphiques des forages<sup>3</sup> réalisés sous l'emprise des différentes entités géologiques identifiées au droit de la zone d'étude (Lotharingien inf. I3-4a, Lotharingien sup. I4b et Domérien-Toarcien I9-J1), ne mettent pas en évidence de mur potentiel imperméable sur les 300 premiers mètres de profondeur.

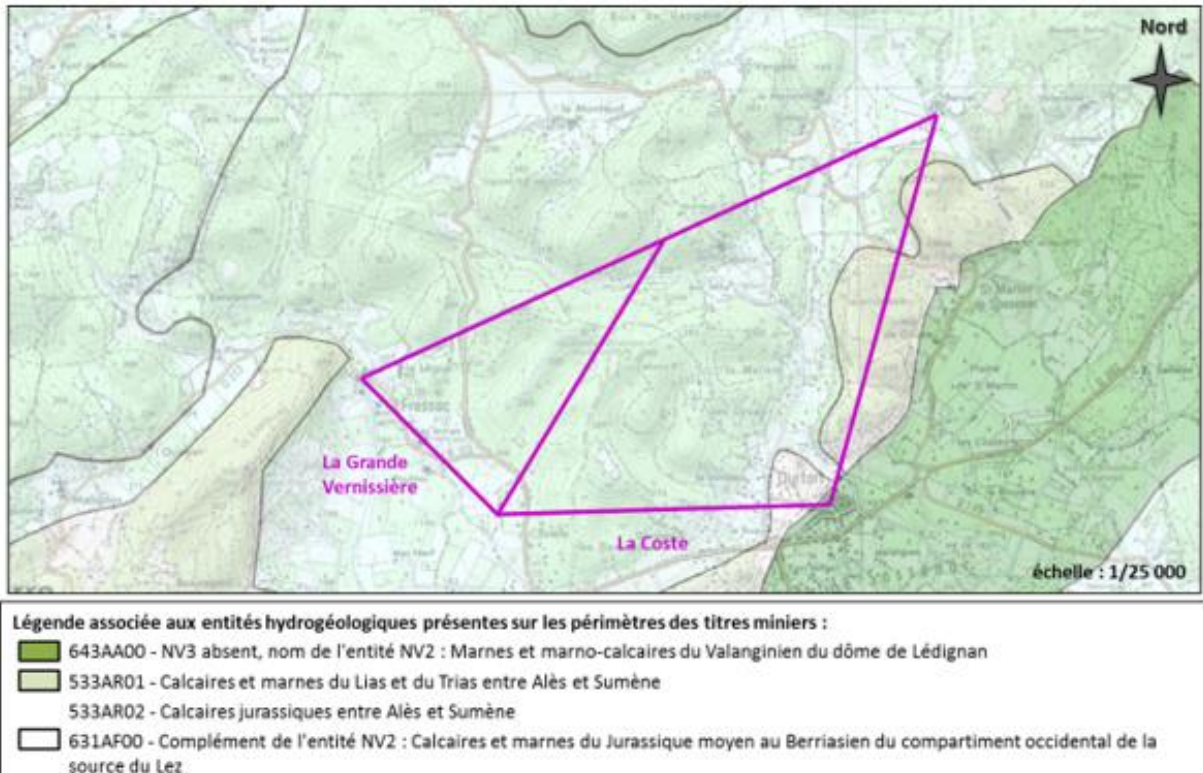
Les « formations liasiques et triasiques de la bordure cévenole (Ardèche, Gard) et alluvions de la Cèze à Saint Ambroix » (FRDG507/6507) constituent la masse d'eau principale présente sur la zone d'étude, affleurante sur 96% de sa superficie. Essentiellement libre, elle est dite imperméable et localement aquifère. Cette masse d'eau est intégrée depuis 2007 au plan de surveillance de qualité des eaux souterraines, dirigé par l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse. Dans ce cadre, trois forages font l'objet de prélèvements réguliers. Les analyses conduites entre 2007 et 2013 concluent au bon état chimique.

Cette masse d'eau souterraine est composée de plusieurs entités hydrogéologiques disjointes (Figure 10) dont la plus importante est référencée « Calcaires et marnes du Lias et du Trias entre Alès et Sumène » (533AR01). Cet aquifère sédimentaire libre est situé en milieu karstique. La seconde entité correspond aux « Marnes, calcaires crétacés et calcaires jurassiques sous couverture du dôme de Lédignan » (FRDG519/DG519) concerne uniquement l'extrême Sud-est du périmètre des titres miniers (commune de Durfort et Saint Martin de Sossenac). Elle aussi est affleurante sur 91% de sa superficie, et notamment au droit de la zone d'étude. En partie captive, elle est dite imperméable et localement aquifère et aussi intégrée depuis 2006 au plan de surveillance de qualité des eaux souterraines, dirigé par l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse. Dans ce cadre, un seul forage situé dans son emprise fait l'objet de prélèvements réguliers. Les analyses réalisées entre 2006 et 2013 concluent à son bon état chimique.



**Figure 9 : Masses d'eau souterraines répertoriées au droit des titres miniers de Lacoste et de la Grande Vernissière, niveau 01 (source : Infoterre, 2015)**

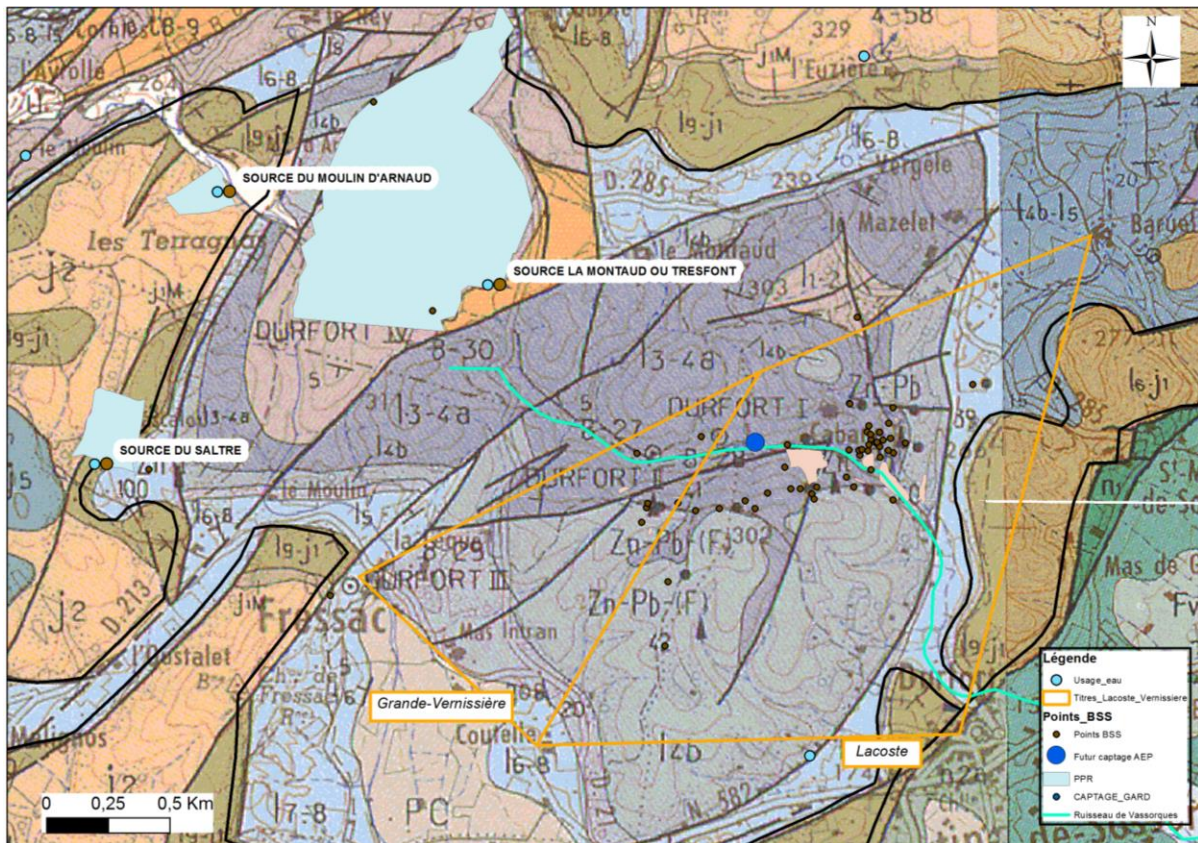
<sup>3</sup> 09378X0014/S et 09378X0029/D3 pour l'entité géologique I4b ; 09378X0095/CAB-1, 09378X0128/CABANE et 09378X0002/S pour l'entité géologique I3-4a



**Figure 10 : Entités hydrogéologiques répertoriées au droit des titres miniers de Lacoste et de la Grande Vernissière (source : Infoterre, 2015)**

La consultation de la Banque du Sous-Sol du BRGM a permis d'identifier une centaine d'ouvrages (puits, forages) essentiellement réalisés sur et autour des concessions de Lacoste et de la Grande Vernissière pour la reconnaissance des gisements, localisés sur la Figure 11. Seuls treize de ces ouvrages enregistrés en BSS permettent de disposer de données sur les eaux souterraines du secteur. Plusieurs de ces ouvrages à « usage eau », situés en dehors de la concession minière, sont des sources ou forages exploités pour l'alimentation en eau potable, sans que des problèmes de qualité (teneur en métaux) aient été signalés.

La commune de Durfort/Saint-Martin-de-Sossenac a réalisé en 2013 un nouveau forage dans le secteur de la mine (Cf. point bleu sur la carte de la Figure 11). Enregistré dans la Banque de données du Sous-Sol sous le n° 09378X0128/Cabane, cet ouvrage a été foré jusqu'à une profondeur de 240 m avec les premières venues d'eau notées à 98 m (107 m NGF). Les résultats des pompages d'essais laissent supposer que ce nouveau captage AEP est en lien direct avec un drain majeur, très vraisemblablement naturel (drain karstique à forte perméabilité) et qu'il n'est pas en relation directe et prépondérante (en termes de production) avec l'ancien secteur des galeries minières (Vigouroux, 2016). La bonne qualité chimique des eaux (absence de plomb, de zinc et de sulfates) semble confirmer cette hypothèse.



**Figure 11 : Carte de situation des ouvrages et points d'eau dans les concessions minières issues de la BSS sur fond de la carte géologique au 1/50 000 Le Vigan**

Dans le cadre de la présente étude environnementale et sanitaire, une étude hydrogéologique spécifique aux aquifères miniers de Lacoste et de La Grande Vernissière avait initialement été envisagée par GEODERIS. Toutefois, suite à l'étude du contexte hydrogéologique, ce volet n'a finalement pas été réalisé.

On notera cependant que les informations hydrogéologiques relatives aux anciens travaux miniers montrent qu'un niveau hydrostatique était stabilisé entre 183 m et 173 m NGF (Perissol, 1990). Ceci explique l'absence d'émergences en surface, la topographie étant supérieure à cette cote.

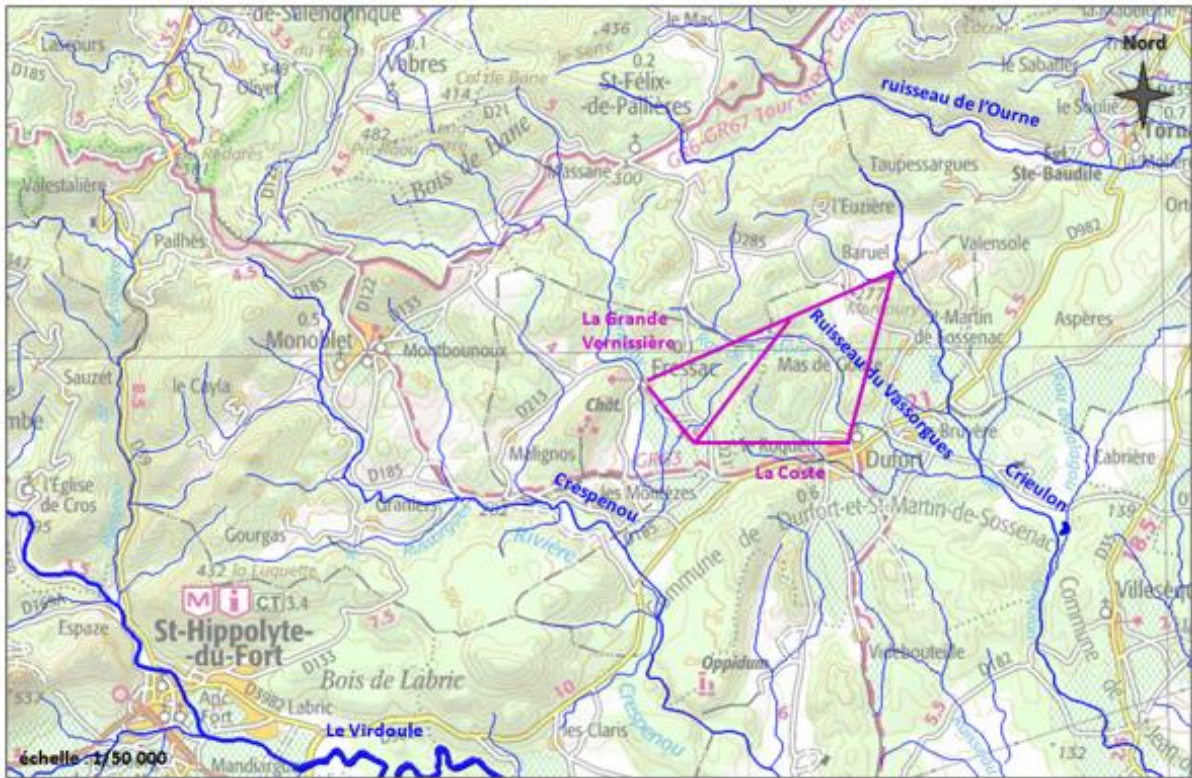
## 2.5 Hydrologie de surface

D'après le réseau hydrologique référencé par la base de données Carthage<sup>4</sup> trois cours d'eau sont situés dans l'environnement proche (rayon de 4 km) des titres miniers de La Coste et La Grande Vernissière :

- Le ruisseau de l'Ourne, au Nord ;
- Le ruisseau du Criulon à l'Est dont le ruisseau du Vassorgues drainant les anciennes installations minières est un affluent en rive droite ;
- La rivière du Crespenou, au Sud-Ouest.

Ces trois cours d'eau sont localisés sur la Figure 12.

<sup>4</sup> La BD CARTHAGE est une base de données sur la CARTographie THématique des AGENces de l'Eau et du Ministère chargé de l'environnement, elle est le référentiel du réseau hydrographique français.



**Figure 12 : Réseau hydrographique dans l'environnement proche des titres miniers de Lacoste et de La Grande Vernissière (source : Infoterre, 2015)**

Dans le cadre du Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) associé au bassin hydrographique Rhône-Méditerranée et piloté par l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse (ARMC), ces trois cours d'eau font l'objet d'un suivi de la qualité chimique<sup>5</sup> et écologique<sup>6</sup> des eaux de surface.

Des stations de surveillance sont donc implantées sur ce réseau hydrologique de surface. Pour chacun des cours d'eau précités, aucune station de surveillance n'est localisée en amont hydraulique des titres miniers.

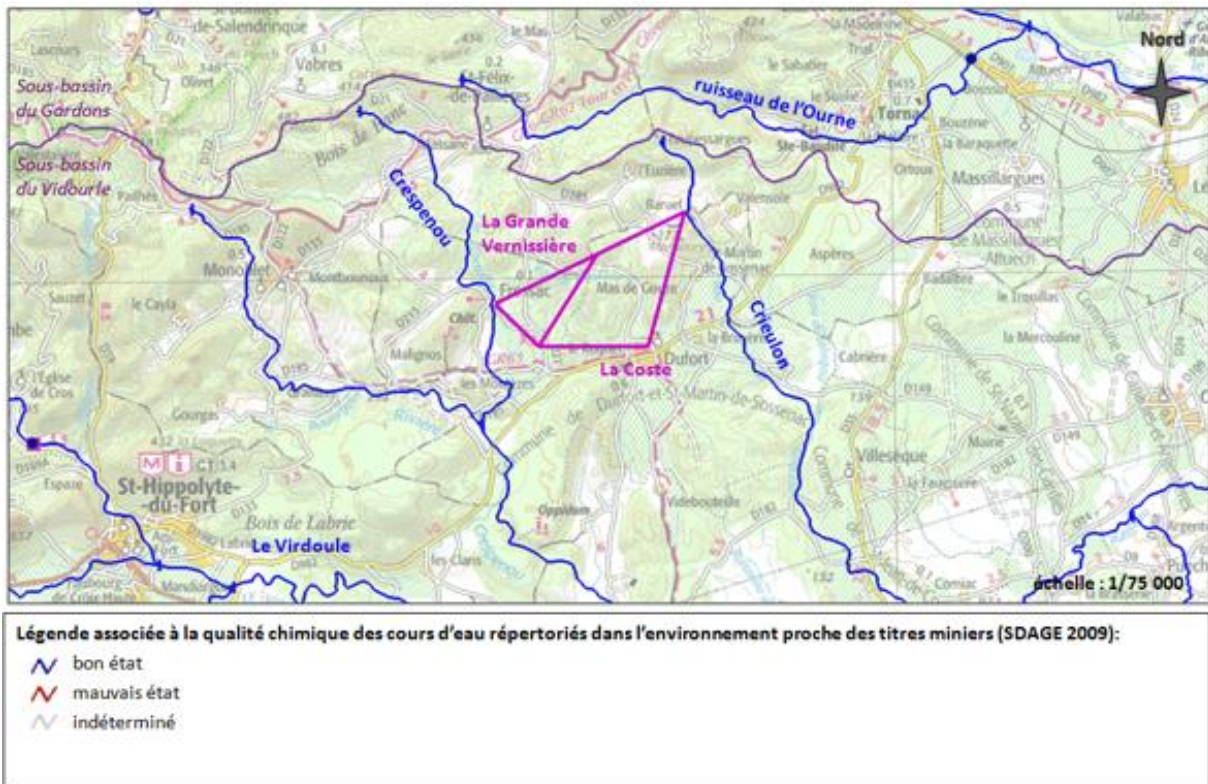
Les premières stations sont situées en aval hydraulique des titres miniers :

- Pour le ruisseau de l'Ourne, la première station se situe le long du cours d'eau aval le Gard (station : Gard à St Chaptès - 06129700) ;
- Pour le ruisseau du Criulon, la première station se situe le long du ruisseau plus en aval (station : Criulon à Orthoux-Serignac-Quilhan – 06178025) ;
- Pour la rivière du Crespenou, la première station se situe le long du cours d'eau aval le Virdoule (station : Virdoule à Sauve 2 – 06178021).

Comme le montre la Figure 13, la surveillance mise en œuvre à partir de ces stations n'a pas mis en évidence d'anomalie chimique. Néanmoins, les concentrations mesurées dans le cadre de cette surveillance ne sont pas communiquées par l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse.

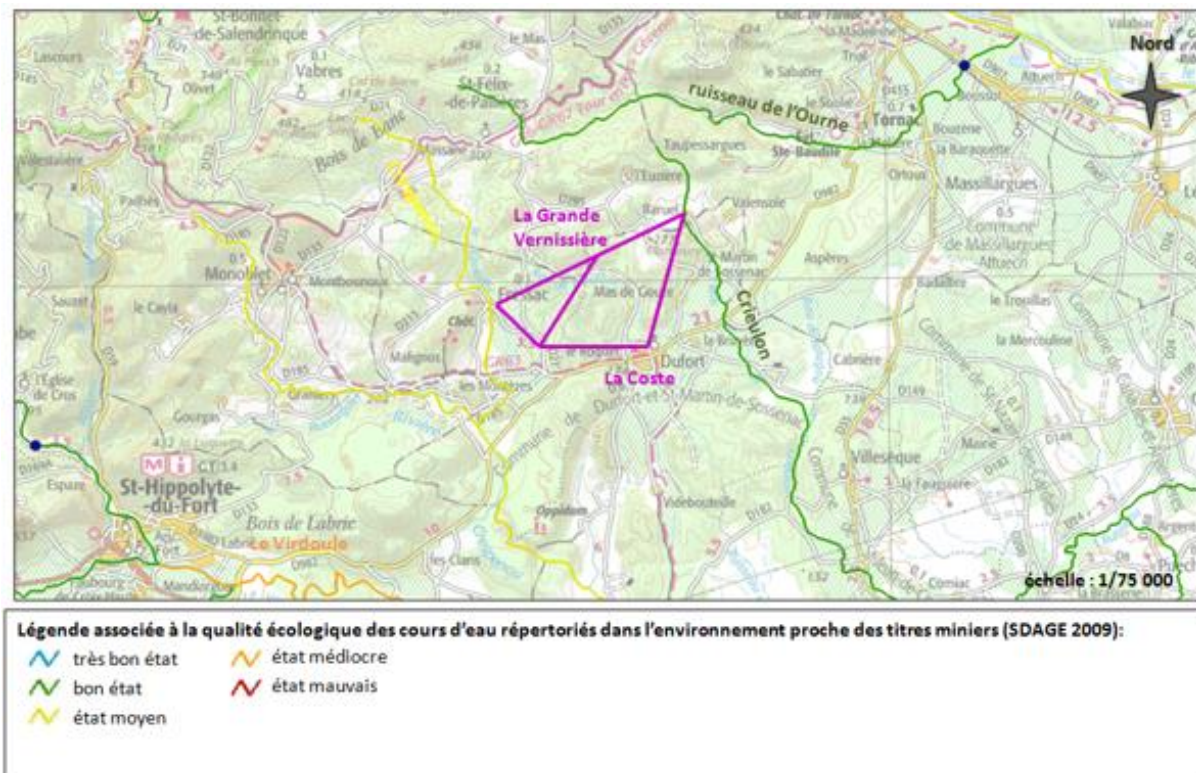
<sup>5</sup> Au regard du respect de normes de qualité environnementale des eaux concernant 41 substances prioritaires et prioritaires dangereuses

<sup>6</sup> Apprécié essentiellement selon des critères biologiques et des critères physicochimiques



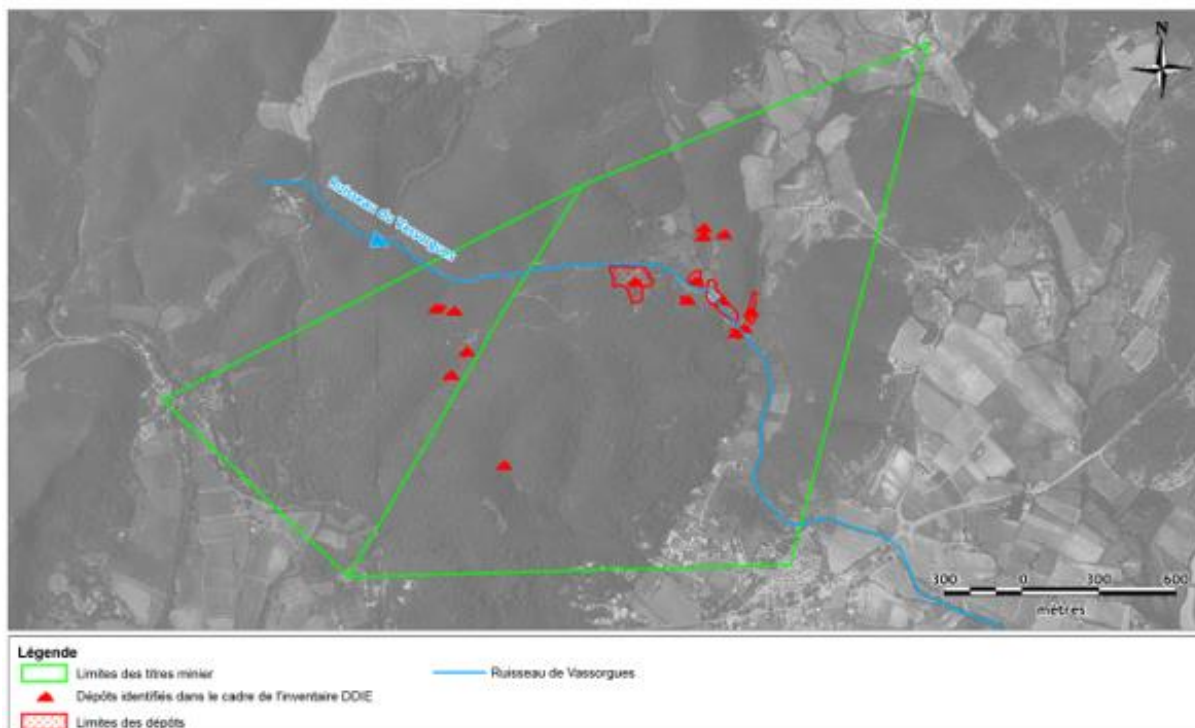
**Figure 13 : Etat de la qualité chimique des eaux de surface dans l'environnement proche des titres miniers de Lacoste et La Grande Vernissière (source : Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 2015)**

Si la surveillance écologique conclut au bon état du Crieulon et l'Ourne, l'état écologique du Crespenou est, par contre, considéré comme moyen (Figure 14).



**Figure 14 : Etat de la qualité écologique des eaux de surface dans l'environnement proche des titres miniers de La Coste et La Grande Vernissière (source : Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 2015)**

Le ruisseau de Vassorgues, affluent du Crioulon, prend sa source au Nord du titre de la Grande Vernissière. Il longe notamment l'ancienne laverie de Lacoste et les dépôts 30\_0047\_A\_T1, 30\_0047\_A\_T2, 30\_0047\_A\_T6, 30\_0047\_A\_T7, 30\_0047\_A\_T8 et 30\_0047\_A\_T9, identifiés dans le cadre de l'inventaire DDIE. En aval hydraulique de ces anciennes installations, il traverse une partie de la commune de Durfort et Saint Martin de Sossenac, dont des zones résidentielles (Figure 15).



**Figure 15 : Ruisseau du Vassorgues s'écoulant au droit des titres miniers de Lacoste et La Grande Vernissière**

Compte tenu de la proximité entre le ruisseau du Vassorgues et les dépôts de l'ancienne exploitation de Lacoste, la vulnérabilité hydrologique<sup>7</sup> est estimée forte. Cette appréciation est renforcée par la présence d'une zone résidentielle (commune de Durfort et Saint Martin de Sossenac) en aval hydraulique des dépôts.

## 2.6 Climatologie

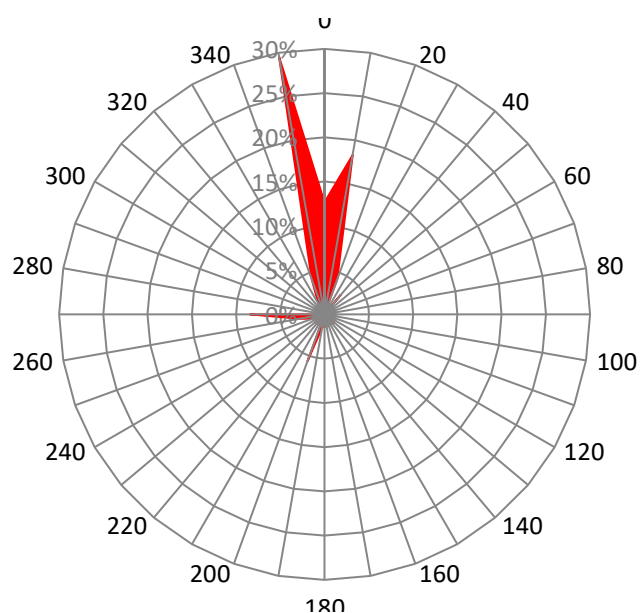
Le climat dans le Gard est de type méditerranéen, caractérisé par des hivers doux et des étés chauds, un ensoleillement important et des vents violents fréquents. Tandis que les hivers et les étés sont généralement secs, le printemps et surtout l'automne font l'objet d'une forte pluviométrie sous forme d'orages appelés « épisodes Cévenols ».

<sup>7</sup> Vulnérabilité hydrologique (à titre indicatif, basé sur le retour d'expérience INERIS): elle est fonction notamment de la distance des cours d'eau par rapport au dépôt mais aussi du relief et des voies de transfert potentielles. Elle est estimée « forte » si la distance est comprise entre 0 et 100 m ; « moyenne » si la distance est comprise entre 100 et 300 m ; « faible » si la distance est supérieure à 300 m.

## 2.6.1 Vents

Les données météorologiques les plus proches ont été obtenues à la station de Cognac située à environ 10 km au nord-ouest de Durfort. Les données ayant conduit à la Figure 16 consistent à des moyennes mensuelles des vents entre janvier 2010 et novembre 2015.

Cette figure montre une large dominance de vents provenant du nord, et particulièrement du nord-nord-ouest et, à moindre mesure, des vents provenant de l'ouest et du sud-sud-ouest. Le Tableau 6 fournit les moyennes mensuelles des vitesses des vents entre janvier 2010 et novembre 2015. Ces valeurs montrent une répartition relativement stable des vitesses des vents quand elles sont moyennées au pas de temps mensuel. Toutefois, le maximum de vitesse instantané est mesuré en octobre.



**Figure 16 : Fréquences des vents mensuelles moyennées entre 2010 et 2015 (source : Météo France, station de Cognac – Gard)**

Mois	Moyenne des vitesses des vents		Mois	Maximum des vitesses des vents	
	m/s	Km/h		m/s	Km/h
Janvier	1,67	6,00	Janvier	33,2	119,52
Février	2,02	7,26	Février	25,2	90,72
Mars	1,90	6,84	Mars	24,3	87,48
Avril	1,83	6,60	Avril	19,3	69,48
Mai	1,87	6,72	Mai	21,1	75,96
Juin	1,55	5,58	Juin	21,4	77,04
Juillet	1,53	5,52	Juillet	20,5	73,80
Août	1,42	5,10	Août	24,9	89,64
Septembre	1,40	5,04	Septembre	17,1	61,56
Octobre	1,45	5,22	Octobre	33,5	120,60
Novembre	1,60	5,76	Novembre	27,50	99,00
Décembre	1,78	6,41	Décembre	24,8	89,28

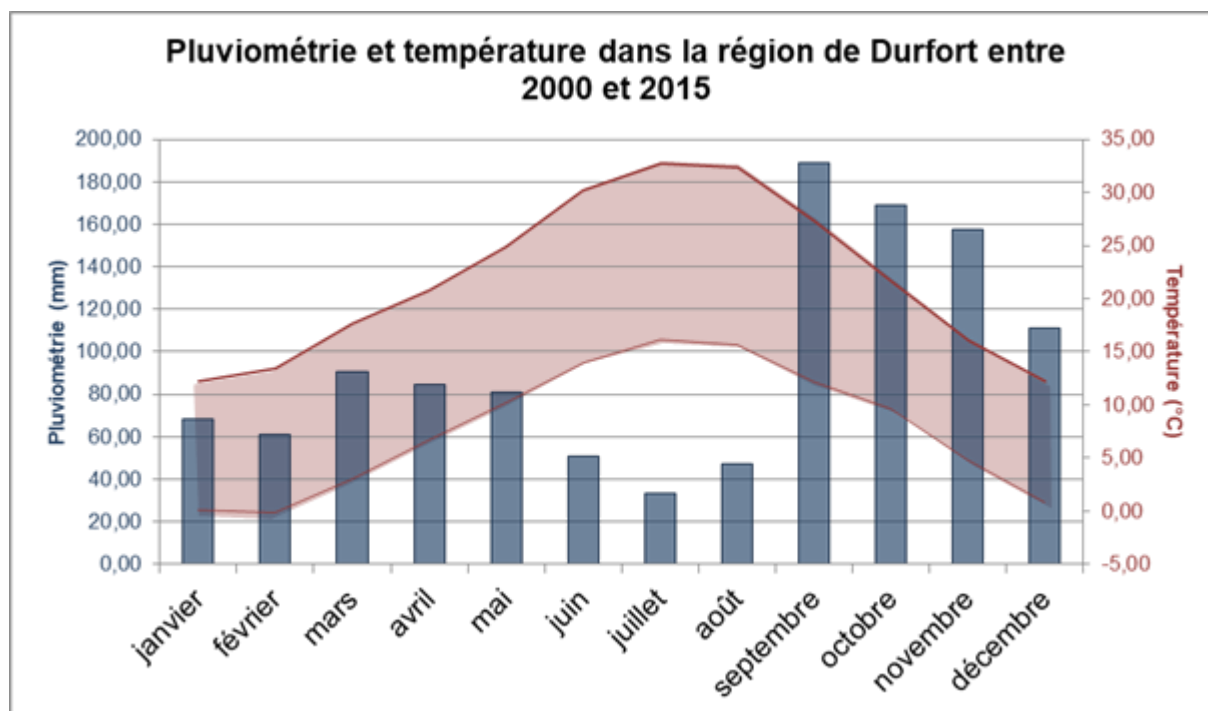
**Tableau 6 : Moyennes mensuelles des vitesses des vents entre 2010 et 2015 (source : Météo France, station de Cognac)**



## 2.6.2 Pluviométrie

La Figure 17 indique l'évolution de la pluviométrie enregistrée à la station de Dufort entre 2000 et 2015. Le contexte climatique décrit ci-dessus y est clairement représenté, les maximums de précipitation se situant entre septembre et décembre. Le cumul de hauteur de précipitation maximal rencontré durant cette période est de 622 mm (septembre 2002).

Cette figure indique également les températures maximales et minimales et moyennes enregistrées entre 2000 et 2015 à la station de Conqueyrac, située à environ 6 km au sud de Dufort. Elle montre un maximum de chaleur en juillet-août et des températures rarement négatives.



**Figure 17 : Moyennes mensuelles des cumuls des hauteurs de précipitation et moyenne des températures de la région de Dufort entre 2000 et 2015**

Ces données confirment les tendances observées généralement dans le Gard, à l'origine des épisodes pluvieux méditerranéens. Ceux-ci ont généralement lieu à l'automne lorsque la Méditerranée est suffisamment chaude et qu'une dépression permet la création d'un courant d'air depuis la mer vers le continent. Ce courant d'air chaud, lorsqu'il entre en contact avec l'orographie marquée du relief des Cévennes, prend de l'altitude et se refroidit, provoquant des pluies souvent diluviennes à l'origine de crues pouvant devenir dévastatrices.

## 2.7 Nature des sols

### 2.7.1 Sols des zones à calcaires et dolomies

Les matériaux sédimentaires carbonatés rencontrés dans les Cévennes sont très diversifiés de par leur faciès et leur âge stratigraphique. La distinction majeure qui se retrouve au niveau pédologique consiste à séparer les matériaux calcaires, marneux et dolomitiques.

## 2.7.2 Sols développés sur matériaux dolomitiques

La dissolution différentielle de ses composants ( $\text{CaCO}_3$  et  $\text{MgCO}_3$ ) provoque un paysage tourmenté, pittoresque, où entre les reliefs ruiniformes (lithosols) se développent des poches de "pseudo-rendzines", sols inégalement épais à réaction non calcaire, très souvent sableux, à structure particulière avec une incorporation de matière organique très incomplète. Tous les intermédiaires existent entre les dolomies et les calcaires, se traduisant par des variations de couleur importantes (pseudo-rendzines jaunes à rouges) et avec également l'apparition d'argiles rouges piégées dans certaines diaclases. Ces sols discontinus, portent une végétation pauvre psammophile<sup>8</sup>.

## 2.7.3 Sols développés sur calcaires durs

Les sols formés sur des calcaires durs ont une origine souvent polycyclique ; ils proviennent d'un ancien héritage de "Terra fusca ou Terra rossa", ayant des caractères hérités de paléoclimats chauds (teneur élevée en oxydes de fer et en alumine résiduels, d'où leur coloration fortement rougeâtre). Cette évolution du type fersiallitique, s'accompagne souvent d'une décarbonatation. Ils proviennent également d'une actuelle "altération pelliculaire", dissolution libérant les impuretés silicatées contenues dans la roche. Ces rendzines rouges associées à des horizons fersiallitiques piégés dans les fissures, sont discontinues, séparées par d'importants affleurements rocheux souvent situés par des canalicules d'érosion (lapiaz). Ces sols sont relativement stables, car situés sur des plateaux boisés (garrigues), avec une percolation des eaux verticales du type karstique, mais surtout grâce à leur teneur en argiles bien agglomérées en agrégats stables.

## 2.7.4 Sols développés sur roches calcaires tendres (calcaires argileux et marnes)

Cette évolution présente deux caractères : elle est toujours carbonatée et rapide. En effet, ces roches sont extrêmement altérables en raison de leur abondance en limons et argiles, d'où une tendance aux sols profonds dans les situations de cuvettes ou de dépressions, car cette altérabilité favorise les phénomènes de transports latéraux (colluvions), allant de pair avec une érosion active sur les versants. La très grande quantité de calcium dans la roche explique que ces sols en sont toujours imprégnés, parfois sous une forme de re-précipitation secondaire. Sur les versants subsistent des régosols ou des rendzines en équilibre instable, tandis que dans les bas-fonds se développent des sols bruns calcaires profonds aux propriétés agronomiques correctes portant l'essentiel des vignes et de la végétation des zones calcaires et dolomitiques.

## 2.8 Végétation et cultures

Au climat méridional de la région correspond une végétation de type méditerranéen.

Les plaines alluviales sont très cultivées grâce en particulier aux possibilités d'irrigation offertes par les nappes alluviales. Elles sont essentiellement le domaine de cultures maraîchères (primeurs, asperges) et d'importants vergers (pêchers, pommiers) et pépinières.

Sur les terrasses caillouteuses, les coteaux et les plaines marneuses, se développe la monoculture de la vigne parfaitement adaptée aux conditions naturelles de la région.

---

<sup>8</sup> Espèce qui se développe au sein d'un substrat sableux

Seuls quelques champs sont encore consacrés à la culture de céréales (froment, seigle, maïs).

La bordure sous-cévenole est couverte par une végétation arbustive et épineuse ou par quelques forêts où sont associés chênes-verts, pins, hêtres et châtaigniers. Les exploitations en terrasses sont abandonnées ; il ne subsiste essentiellement que la culture de la lavande et de l'olivier.

## 2.9 Vulnérabilité

La consultation du site Géorisques édité par le Ministère de la Transition écologique et solidaire a permis de recenser les risques présents sur les communes de Durfort/ Saint Martin de Sossenac et Fressac. Au recensement du 29 juillet 2014, ces deux communes comptaient respectivement 729 et 132 habitants.

Les deux communes sont situées sur une zone où le degré de sismicité est très faible (égal à 2).

La consultation de la base de données historique indique qu'un éboulement a été recensé en 1980 sur la commune de Fressac, affectant le bord d'une route. Dix autres éboulements ont été recensés sur la commune de Durfort/Saint Martin de Sossenac. La géologie de la zone concerne des terrains dolomitiques karstiques reposant sur des terrains arénitiques plus friables. Dans ce type de contexte, des mouvements de terrain de type éboulement sont fréquents, particulièrement à la faveur d'évènements pluvieux intenses qui augmentent l'érosion des terrains sédimentaires.

Peu de cavités naturelles sont recensées sur la zone (2 seulement connues). Il n'est pas exclu que les terrains dolomitiques contiennent d'autres cavités propres aux formations karstiques.

Une soixantaine d'ouvrages souterrains (puits, anciens forages, ancienne galerie liée à l'exploitation) ont été recensés sur la zone.

L'aléa majeur recensé sur ces communes concerne le risque inondation. En 50 ans de mesures, plus de 200 pluies diluviennes de plus de 200 mm en 24 h ont été recensées dont 130 dans le Gard. Les temps de réaction des bassins versants sont généralement brefs. La morphologie des vallées languedociennes est également un facteur aggravant. De nombreux évènements ont précédemment été recensés, résumés dans le Tableau 7. Un PPRN a été rédigé en 2002 pour la prévention des risques inondation (30DDTM20130032 - Haut Vidourle).

Le risque incendie de forêt fait également partie des risques recensés sur cette zone. Néanmoins peu de données supplémentaires ont pu être collectées concernant ce risque. La limite de la ZNIEFF de type 2 « Plaines de Pompignan et du Vidourle » se situe à plus d'un km de l'ancienne laverie.

La limite du Parc national des Cévennes se situe à plus de 2,5 km de l'ancienne laverie. La limite de la ZNIEFF de type 1 « Mare de Vibrac » se situe quant à elle, à plus de 3 km de l'ancienne laverie, mais est traversée par le Criulon dont le ruisseau du Vassorgues est un affluent.

Date de l'évènement	Type d'inondation	Approximation du nombre de victimes *	Approximation dommages matériels (€) *
07/09/2002 - 09/09/2002	Crue pluviale rapide (2 heures < tm < 6 heures), rupture d'ouvrage de défense	de 10 à 99 morts ou disparus	300 Millions
16/12/1997 - 19/12/1997	Action des vagues, Crue pluviale (temps montée indéterminé), Mer/Marée	Inconnu	3 Millions-30 Millions
03/11/1994 - 07/11/1994	Lave torrentielle, coulée de boue, lahar, non précisé, Crue pluviale (temps montée indéterminé)	de 1 à 9 morts ou disparus	Inconnu
30/11/1993 - 27/01/1994	Nappe affleurante, Crue pluviale (temps montée indéterminé), rupture d'ouvrage de défense	de 10 à 99 morts ou disparus	Inconnu
08/09/1993 - 14/10/1993	Rupture d'ouvrage de défense, Crue pluviale lente (temps montée tm > 6 heures), Crue pluviale rapide (2 heures < tm < 6 heures)	de 1 à 9 morts ou disparus	Inconnu
21/09/1992 - 22/09/1992	Crue pluviale (temps montée indéterminé)	de 10 à 99 morts ou disparus	30 Millions-300 Millions
02/10/1988 - 02/10/1988	Ecoulement sur route, Crue pluviale éclair (tm < 2 heures), rupture d'ouvrage de défense, Ruissellement urbain	Inconnu	Inconnu
31/10/1982 - 27/11/1982	Mer/Marée, Action des vagues, Crue pluviale (temps montée indéterminé)	Inconnu	Inconnu
28/09/1958 - 03/10/1958	Crue pluviale rapide (2 heures < tm < 6 heures), rupture d'ouvrage de défense	de 10 à 99 morts ou disparus	3 Millions-30 Millions
01/12/1935 - 28/03/1936	Crue pluviale (temps montée indéterminé), Mer/Marée, Ecoulement sur route	Inconnu	Inconnu
31/10/1982 - 27/11/1982	Mer/Marée, Action des vagues, Crue pluviale (temps montée indéterminé)	Inconnu	Inconnu
28/09/1958 - 03/10/1958	Crue pluviale rapide (2 heures < tm < 6 heures), rupture d'ouvrage de défense	de 10 à 99 morts ou disparus	3 Millions-30 Millions
01/12/1935 - 28/03/1936	Crue pluviale (temps montée indéterminé), Mer/Marée, Ecoulement sur route	Inconnu	Inconnu

\* : dommages sur le territoire national

**Tableau 7 : Synthèse des évènements d'inondations ayant eu lieu sur les communes de Durfort/Saint Martin de Sossenac et Fressac**

### 3 PHASE INFORMATIVE – HISTORIQUE MINIER

#### 3.1 Démarche de recueil d'informations

La consultation des documents d'archives nécessaires à l'élaboration de cette partie historique s'est déroulée durant le 1er semestre 2015. Cette consultation est détaillée dans le Tableau 8.

Services consultés	Identifiants archives	Données collectées
Archives DREAL Languedoc-Roussillon (Alès-30)	Chemises : 5.3.6 6.1.9 6.2.1 6.1.4	Plans miniers, données administratives, procès-verbaux de visite des ingénieurs des mines, géologie et données diverses
Archives départementales (Nîmes-30)	Sous-série 8 S : mines et énergie	
Archives du BRGM	-	
IGN	-	Photographies aériennes
Mairie de Durfort-et-Saint- Martin-de-Sossenac	-	Photographies anciennes

*Tableau 8 : Synthèse des services consultés pour l'élaboration de l'étude historique*

#### 3.2 Historique administratif

Les sociétés mentionnées dans cette étude historique ont changé plusieurs fois de dénomination entre les institutions des concessions et leurs renonciations. Afin de comprendre les changements administratifs détaillés dans les paragraphes ci-dessous, voici une synthèse non exhaustive des changements de dénominations :

- 1837 : création de la Société des Mines et Fonderies de Zinc de la Vieille Montagne ;
- 1844 : Création de la Société des Mines et Usines de Pallières par Jules Mirial ;
- 1855 : La Société de Jules Mirial devient la Compagnie des Mines de Pallières ;
- 1879 : création de la Société Anonyme des Usines à Zinc de Midi qui deviendra la Société des zincs Français ;
- 1883 : absorption de la Société des zincs Français par la Société des Mines et Fonderies de Zinc de la Vieille Montagne ;
- 1989 : la Société des Mines et Fonderies de Zinc de la Vieille Montagne devient ACEC-Union Minière ;
- 1992 : ACEC-Union Minière devient Union Minière ;
- 2001 : Union minière devient Umicore.

Les communes de Durfort et de Saint-Martin-de-Sossenac ont été réunies par décret impérial en 1862 afin de former la commune de Durfort-et-Saint-Martin-de-Sossenac.

### 3.3 Brefs historiques miniers

Les anciens sites de Lacoste et de La Grande Vernissière ont été exploités depuis longtemps pour l'alquifoux (sulfure de plomb) à destination des potiers de la région qui s'en servaient dans la préparation de leurs vernis. La première mention d'une demande de concession date de 1789 mais les concessions n'ont été instituées que le 29 juin 1839 au profit de M. Pascal-Vallongue pour Lacoste et M. Cavolle pour La Grande Vernissière.

#### 3.3.1 Lacoste

Date	Détail administratif
Avant 1730	Diverses petites exploitations artisanales d'alquifoux
1737	Exploitation par les paysans des environs en brûlant la roche affleurante
29 juin 1839	Institution de la concession de Lacoste pour l'exploitation du plomb au profit de M. Simon Louis Jules Pascal-Vallongue Elle se situe sur la commune de Durfort/Saint Martin de Sossenac
1847	La concession de Lacoste devient propriété de la Société des Mines et Usines de Pallières détenue Jules Mirial
2 août 1877	Permis de vente d'un an accordé à la Société Anonyme des Zincs du Midi (afin de remédier à l'irrégularité de l'affermage de 1875) Début de l'exploitation des déblais
1878	Construction du four de calcination
1906	Construction de l'usine de traitement de Lacoste
16 juillet 1971	Arrêté préfectoral donnant acte de la déclaration d'abandon des travaux de la mine de Durfort
16 août 1977	Institution du permis exclusif de recherche dit « Permis de Durfort » au profit de la Société des Mines et Fonderies de Zinc de la Vieille Montagne
Mars 1979	Le BRGM entreprend des travaux de recherche pour le plomb, le zinc, l'argent, le fluor et les substances connexes sur les communes de Durfort/Saint Martin de Sossenac et de Fressac
Mai 1994	Rapport d'union Minière sur l'état des lieux de la concession de Lacoste et présentation des travaux d'aménagement
16 juin 1994	La Société Union Minière déclare la renonciation de la concession des mines de plomb de Lacoste et l'abandon des travaux et installations liés à cette concession
26 octobre 1994	Arrêté préfectoral donnant acte à Union Minière de la déclaration d'abandon des travaux de la concession de Lacoste non couverts par l'arrêté préfectoral du 16 juillet 1971
15 septembre 1995	L'arrêté ministériel du 15 septembre 1995 accepte la renonciation à la concession des mines de plomb de Lacoste.

*Tableau 9 : Synthèse de l'historique administratif de la concession de Lacoste*

### 3.3.2 La Grande Vernissière

Date	Détail administratif
Avant 1795	Diverses petites exploitations artisanales d'alquifoux
20 mai 1795	Arrêté du comité de Salut Public concédant les mines de plomb et de pyrites pulvérulentes de la Grande Vernissière à M. Capon
28 décembre 1836	Demande de concession des mines de plomb de la Grande Vernissière par M. Augustin Charles Désiré de Cadolle.
1836 - 1839	Arrêt des travaux
29 juin 1839	Institution de la concession de la Grande Vernissière pour l'exploitation du plomb au profit de M. de Cadolle Elle s'étend sur les communes de Fressac, Durfort /Saint Martin de Sossenac et saint-Félix-de-Pallières
31 août 1847	Transfert du bail de la mine de la Grande Vernissière de M. de Cadolle à M. Laget
18 février 1848	Concession affermée par bail verbal
Vers 1854	Amodiation de la concession à la Société des Mines et Usines de Pallières. Reprise des travaux.
1861	Arrêt des travaux
1 <sup>er</sup> février 1869	Fin de la période d'affermage
1904	Construction de l'usine de traitement de La Grande Vernissière
20 janvier 1906	Arrêt des travaux
Fin décembre 1906	Reprise des travaux
1907	Arrêt des travaux
1909	Reprise des travaux Installation de fours de calcination du minerai de zinc
1912	Arrêt des travaux
1921	Arrêt de l'acquittement des redevances par le propriétaire, M. Evans
16 août 1977	Institution du permis exclusif de recherche dit « Permis de Durfort » au profit de la Société des Mines et Fonderies de Zinc de la Vieille Montagne
Mars 1979	Le BRGM entreprend des travaux de recherche pour le plomb, le zinc, l'argent, le fluor et les substances connexes sur les communes de Durfort/Saint Martin de Sossenac et de Fressac
16 juin 1994	La Société Union Minière déclare l'abandon des travaux et installations de la concession de La Grande Vernissière et en demande la renonciation.
26 octobre 1994	Arrêté préfectoral donnant acte à Union Minière de la déclaration d'abandon des travaux de la concession de la Grande Vernissière
15 septembre 1995	La renonciation d'Union Minière à la concession des mines de plomb de la Grande Vernissière est acceptée

**Tableau 10 : Synthèse de l'historique administratif de la concession de la Grande Vernissière**

### 3.4 Production

#### 3.4.1 Lacoste

Sur la mine de Lacoste, l'exploitation a été réalisée en plusieurs périodes. Elle a débuté de façon plus ou moins artisanale au XIX<sup>ème</sup> siècle à partir de 1839 et jusqu'au début du XX<sup>ème</sup> siècle en 1908. Une période industrielle a suivi de 1948 à mai 1971 où les installations de la région ont définitivement fermé. Les Tableau 11 et Tableau 12 suivants, illustrent les petites productions du XIX et début du XX<sup>ème</sup> siècle.

Périodes	Tonnages extraits déclarés		
	Galène et Alquifoux	Blende	Calamine
1839-1848	28,5		
1855-1862	82,5	432	2508
1865-1866		449	
1876			800
<b>Totaux</b>	<b>81</b>	<b>881</b>	<b>3808</b>

**Tableau 11 : Tonnages extraits déclarés entre 1839 et 1876 sur la mine de Lacoste**

Un rapport indique que, de début 1877 à mai 1877, les travaux ont produit 500 tonnes de minerai dont la moitié était à 30 % de zinc et l'autre moitié à 40%. Les anciennes galeries ont été poursuivies, leur exploration produisant 200 tonnes de blende et environ 200 tonnes de calamine.

Années	Tonnage vendu	Produit brut
1901	1860	32,140
1902	159	12,632
1903	188	18,577
1904	154	18,501
1905	1696	230,154
1906	2041	289,928
1907	Néant	Néant
1908	1620	229,050
<b>Totaux</b>	<b>7718</b>	<b>834,982</b>

**Tableau 12 : Production brute et tonnage vendu entre 1901 et 1908**

A partir de 1953, le minerai extrait était envoyé à la laverie de La-Croix-de-Pallières pour traitement. En décembre 1953, il est estimé que le tonnage total de minerai marchand extrait était de l'ordre de 10 000 tonnes. Le Tableau 13 indique les tonnages extraits, composition et production métal durant « l'époque industrielle » de 1948 à 1971.

En 1956 et 1957, des essais de flottation physico-chimique du minerai de Lacoste ont été réalisés avec succès sur les installations de traitement de Croix de Pallières. Les résultats montrent qu'à partir de 13 000 t de minerai tout-venant titrant 5% de Zn et 0,9% de Pb, la laverie a produit 1085 t de concentré à 60% de Zn et 150 t de concentré à 70% de Pb.



Années	Tout venant extrait et traité (tonnes)	Composition		Production	
		Zinc (tonnes)	Plomb (tonnes)	Zinc (tonnes)	Plomb (tonnes)
1948 à mai 1971 (1967 – 1971)	142 500 (8 560)	1 140	8 880	4 528	797
		Teneur moyenne : 5 %			
1957	4330				

**Tableau 13 : production métal sur la mine de Lacoste de 1948 à la fermeture**

Au total les réserves de la mine de Lacoste ont représenté au départ environ 25 000 t de métal de zinc et de plomb avec le ratio Zn/Pb = 5. Environ 20 000 t ont été produites à différentes périodes à partir d'un minerai tout-venant titrant 4-6 % métal.

### 3.4.2 La Grande Vernissière

Sur les installations de La Grande Vernissière, de tailles beaucoup plus modestes, la production s'est développée jusqu'au début du XXème siècle et a concerné de petites productions de métal (Tableau 14 ci-après).

Périodes	Tonnages extraits déclarés		
	Alquifoux	Blende	Calamine
Anté-1839	1 t / an	-	-
1855-1862	-	8 t	743 t
1899-1900	-	Blende mielleuse 25-30 t (35-40% de zinc)	Calamine pauvre 100-120 t (10 % de zinc)

**Tableau 14 : Tonnages extraits déclarés entre 1839 et 1899 de la concession de la Grande Vernissière**

## 3.5 Travaux miniers

### 3.5.1 Site de Lacoste

Dans les paragraphes suivants, la « mine de La Coste » fait référence à la zone d'exploitation de Lacoste (quartier Lacoste), située au sein de la concession du même nom et englobant l'exploitation de Cazalis (dit quartier Cazalis).

#### 3.5.1.1 Travaux anciens

Dans son ouvrage sur l'histoire du Languedoc, Astruc en 1737 indique que le travail d'exploitation des minéralisations de Lacoste était « abandonné à la fantaisie des paysans du lieu qui ne s'en occupent que quand ils n'ont rien de plus utile à faire ». L'exploitation se faisait à l'aide de poudre qui permettait de faire sauter la roche puis, celle-ci devenant chère, un feu permettait de fendre et de faire éclater la roche, qui était ensuite détachée à l'aide de maillets.

En 1820, le minerai de plomb pilé était préparé par criblage et lavage.

En 1838, les mines ouvertes étaient assez nombreuses mais la seule exploitée était celle de Lacoste, les autres étant ensevelies sous des débris et des éboulements. L'exploitation y était souterraine où de vastes chambres et des galeries étaient creusées. Une galerie servait à l'écoulement des eaux et, lorsqu'elle s'est avérée insuffisante, un puits avec système de pompage était installé. Le mode d'exploitation consistait, lorsque le minerai était visible, à attaquer la roche à la poudre, le remblaiement se faisant avec des déblais stériles.

## **Société des Mines et Usines de Pallières (1847-1901)**

Cette première compagnie minière importante a réalisé deux types de travaux :

- Un tri dans les anciens déblais de Lacoste et Cazalis contenant encore de la blende et de la calamine. Ceux reconnus stériles ont été utilisés pour la préparation d'une zone d'accueil du minerai puisqu'une partie de l'exploitation était expédiée à l'usine de Pallières pour traitement mais le surplus était stocké sur le carreau de mine.
- L'exploitation à ciel ouvert (jusqu'en 1866) et en souterrain où deux mines principales étaient exploitées sur la concession de Lacoste :

- Quartier de Lacoste :

Ouverte en rive droite du ruisseau de Vassorgues, les travaux anciens avaient laissé une excavation de 8 m de diamètre sur 5 m de profondeur recouverte de déblais. Ces derniers ayant été retirés, l'exploitation s'est alors faite à ciel ouvert et en souterrain, au moyen de vastes chambres et d'un réseau de galeries, le tout, étagé sur 4 niveaux (cf. Figure 19) :

La roche était alors exploitée suivant une méthode similaire à celle de 1838 : elle était attaquée à la poudre là où le minerai était visible et des stériles faisaient office de remblais. Le minerai brut était extrait au jour, cassé, trié, pilé à la main puis lavé au crible et à l'aide d'une petite « table allemande » portative.

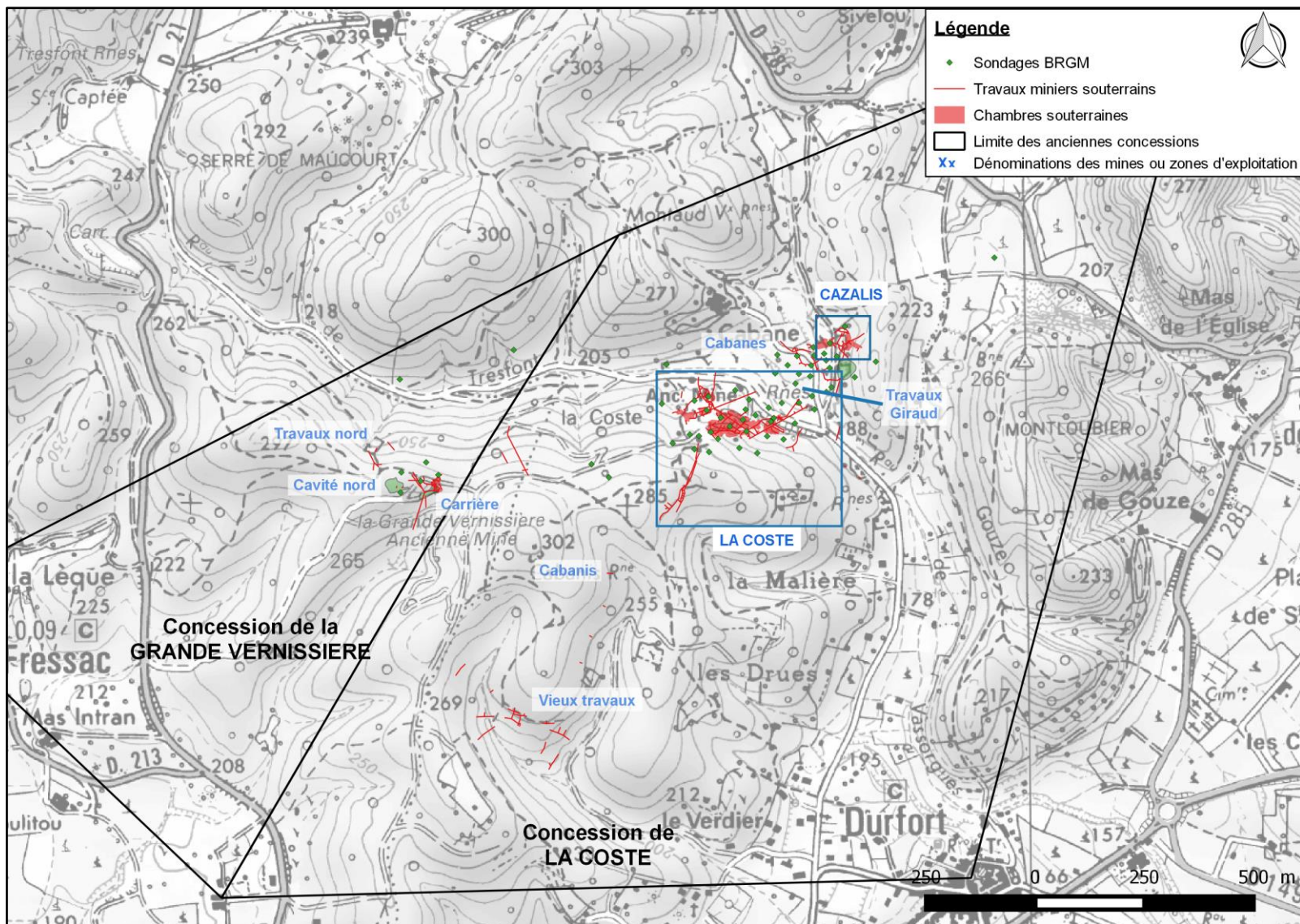


Figure 18 : Localisation des principales zones de travaux de Lacoste et la Grande Vernissière (Fond de carte : SCAN 25® de l'IGN)

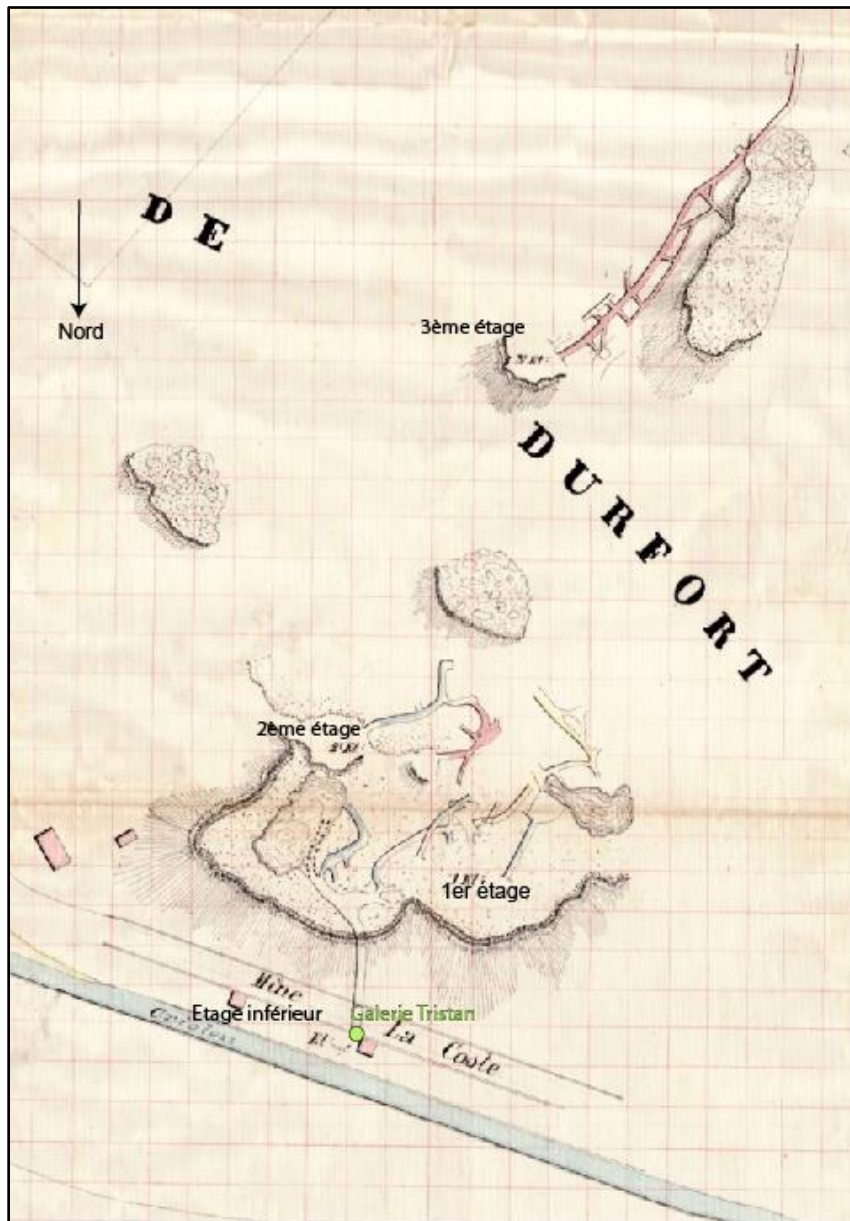


- Quartier Cazalis (ou mine basse) :

Ouverte en rive gauche du ruisseau de Cabanes (affluent du Vassorgues), cette petite exploitation comprenait des travaux souterrains et à ciel ouvert anciens. A 15 m de profondeur, les travaux étaient ennoyés, nécessitant un système d'assèchement.

Outre les mines de Lacoste et de Cazalis, d'autres zones de moindre importance sont citées dans les documents d'archive dont les Cabanes, Cabanis, la mine nouvelle, l'Espérant, etc.

En 1878, la Société construisit un four de calcination afin de concentrer le minerai. Elle a repris l'exploitation de la mine de Lacoste, en l'asséchant dans un premier temps, puis en fonçant de nouvelles galeries.



**Figure 19 : Localisation des étages d'exploitation de la mine de Lacoste**

## **Société Minière du Gard (1901-1926)**

Les travaux de recherche de la Société Minière du Gard, exécutés avant 1901, ont porté sur :

- Mines de Lacoste et Cazalis : plusieurs puits, dont l'exploration avait pour but de reconnaître le gisement à blende et calaminaire ainsi que la galerie de Lacoste ;
- Travaux de Cabanis : des galeries ouvertes sur des affleurements calaminaires et des attaques afin de reconnaître des concentrations de blende ou la calamine.

Entre 1901 et 1908, la Société Minière du Gard exploita la mine de Cazalis au moyen de dépilages partis du jour et s'enfonçant par tranches successives jusqu'à 18 à 20 m de profondeur.

En 1903, l'exploitation était peu active, la Société Minière du Gard attendant l'achèvement d'un atelier de préparation mécanique. Les travaux étaient alors regroupés autour d'un tunnel en cours de percement qui devait réunir l'atelier aux anciennes exploitations de Cabanis.

En 1908, tous travaux de la Société Minière du Gard sur Lacoste furent arrêtés, la gangue fluorée du minerai gênant son traitement.

## **Société des Mines et Fonderies de la Vieille Montagne et Union Minière (1953-1994)**

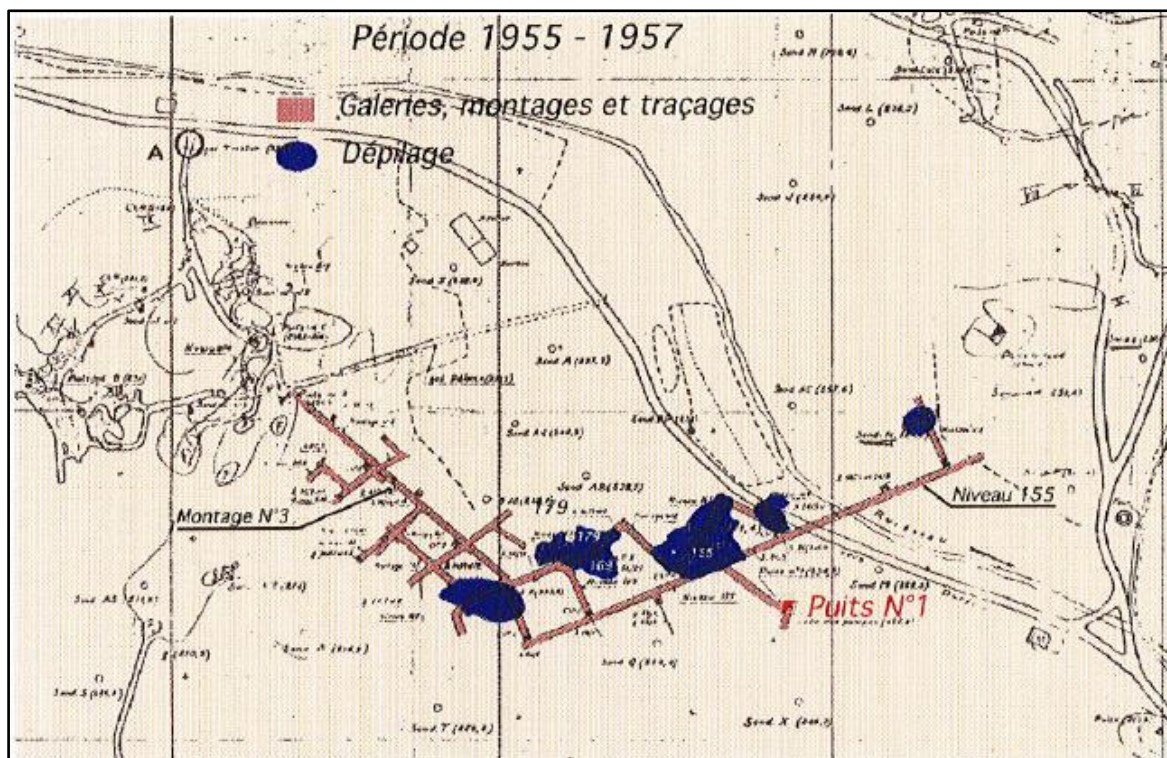
### **Mine (ou quartier) de Lacoste :**

De février 1953 à décembre 1954, la Société Vieille Montagne a mené des travaux exploratoires par la remise en service des galeries Tristan et Pélorce, des anciens chantiers attenants puis par la réalisation de forages de reconnaissance extérieurs et intérieurs. Une galerie a été tracée entre la mine Cazalis et la mine La Coste.

De 1955 à 1957, la société a foncé le puits n°1 et creusé des galeries et traçages. Les chambres, puits et galeries ainsi produites n'ont pas été remblayées. Elle a également relié les anciens et les nouveaux travaux (en bleu : « dépilage » et rouge : « Galeries, montages et traçages » sur la Figure 20).

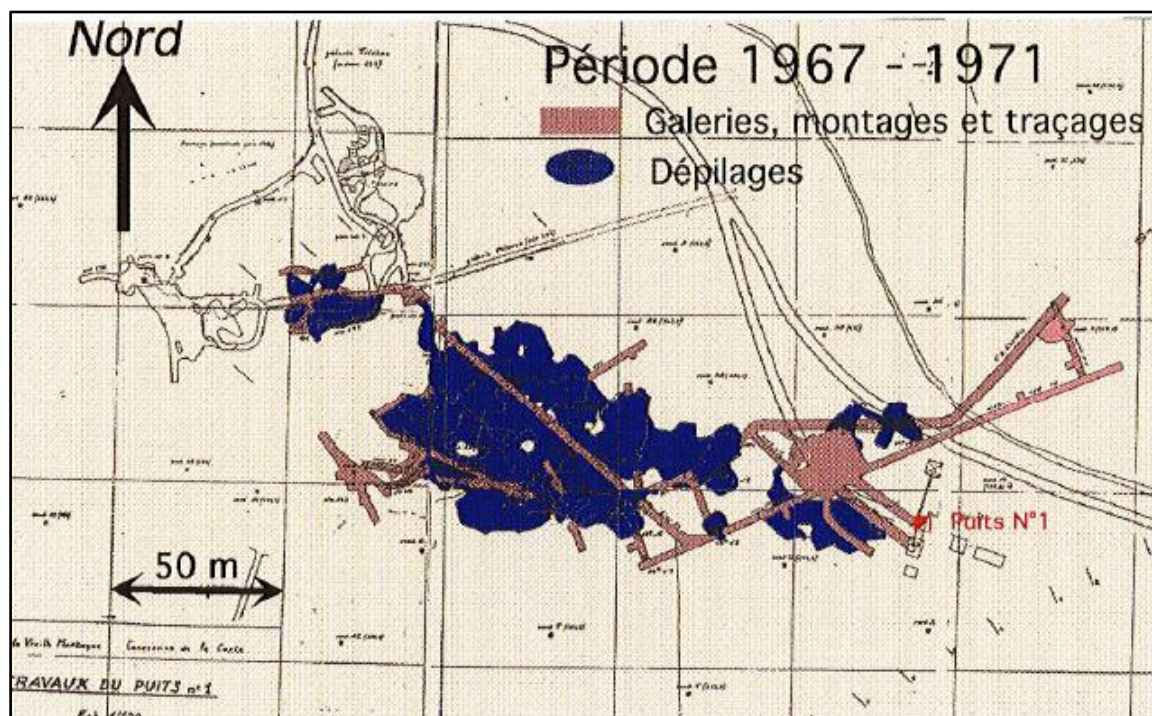
Les quatre étages de cette mine n'ont vu que peu de changements à l'exception du fonçage de deux galeries au 2ème étage et d'une galerie menant à cinq chantiers au 3ème étage permettant d'exploiter un banc de calamine de 0,3 m à 0,5 m de puissance. A cette époque, les exploitations précédentes ayant recherché le plomb, ce dernier se trouvait plutôt en profondeur. Le zinc était surtout présent dans les étages supérieurs car il n'avait été que peu ou pas exploité.

A noter que les travaux miniers n'ont pas dépassé une profondeur de 100 m, le niveau exploité le plus profond étant situé à 120 m NGF.



**Figure 20 : Travaux de la société Vieille Montagne entre 1955 et 1957**

Entre 1957 et 1967, aucune activité n'a été entreprise, puis entre 1967 et 1971, la société Vieille Montagne a procédé au dépilage de la zone autour du montage n°3 et au traçage de nouvelles galeries (cf. Figure 21).



**Figure 21 : Travaux de la société Vieille Montagne entre 1967 et 1971**

L'ensemble du minerai extrait entre 1955 et 1971 était envoyé à la laverie de Pallières pour traitement physico-chimique par flottation.

### Mine (ou quartier) de Cazalis :

De février 1953 à décembre 1954, la Société Vieille Montagne a dégagé d'anciens travaux à l'est et à l'ouest de la carrière Nord. En 1955, la galerie Cazalis comprenait une galerie de 24 m donnant de la blende et une descenderie donnant un mélange de blende et d'alquifoux.

Les galeries situées à l'ouest de la carrière Cazalis avaient été bouchées par des « déchets inertes » (Union Minière, 1994).

Un rapport d'un ingénieur des mines de 1971 indique que la totalité des dépilages s'est faite sans remblayage et que les travaux d'exploitation sont constitués par des chambres et piliers abandonnés et des chambres magasins.

### 3.5.1.2 Localisation des zones de travaux

La Figure 22 ci-après situe les zones de travaux miniers sur Lacoste et Cazalis mentionnés dans les paragraphes précédents, et identifiés dans le cadre de la cartographie des aléas miniers (GEODERIS, 2015).

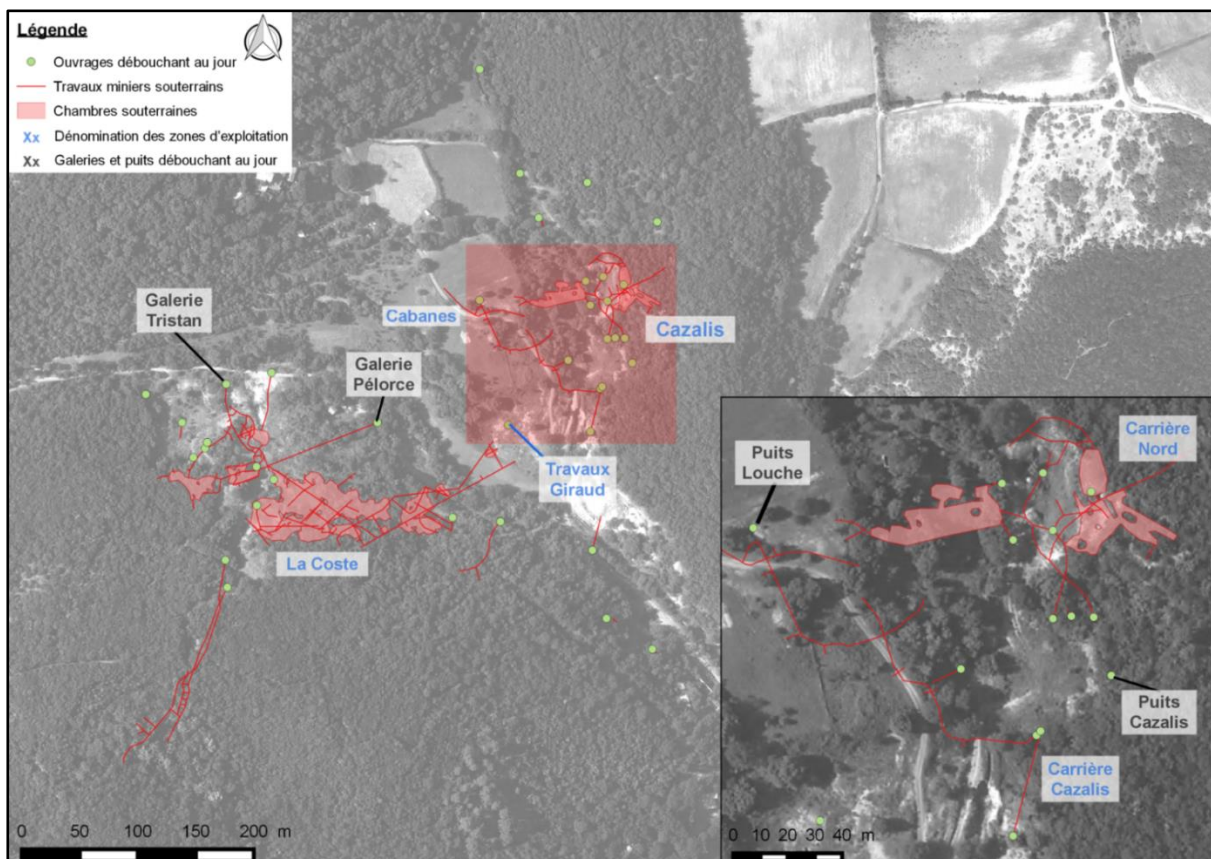


Figure 22 : Localisation des travaux de Lacoste et Cazalis (fond de carte : BD ORTHO® de l'IGN)



## **3.5.2 La Grande Vernissière**

### **3.5.2.1 Travaux anciens**

Avant l'institution de la concession, la mine de la Grande Vernissière était une petite exploitation artisanale d'alquifoux destiné aux potiers de la région.

En 1847, une galerie de recherche a été foncée, abandonnée puis reprise en mars 1854. En 1856, les archives indiquent que six attaques à ciel ouvert ont été réalisées sur des affleurements de calamine.

### **Société des Mines et Usines de Pallières (1854-1899)**

Entre 1854 et 1861, la Société des Mines et Usines de Pallières fonda une descenderie et une galerie sur le versant nord de la montagne de la Grande Vernissière (Travaux Nord).

Sur le versant sud, plusieurs attaques à ciel ouvert furent réalisées en suivant la direction générale des « filons » mais ils rencontrèrent souvent les calcaires dolomitiques stériles.

Les travaux furent ensuite abandonnés jusqu'en 1899.

### **M. Havemann - Syndicat des mines d'Alloue et d'Ambernac (1899-1902)**

Au passage du XXème siècle, les travaux de M. Havemann ont été les suivants :

- Travaux Nord : au nord-est de la concession, une descenderie de 15 m de profondeur et deux galeries d'environ 35 m de longueur totale ;
- Cavité Nord : une grande tranchée tracée sur 30 m suivant sa direction et sur une épaisseur de 3 m ;
- Carrière : correspondant à une grande tranchée ouverte en direction du gîte superficiel.

En 1903, les travaux ont consisté à la réalisation d'une tranchée et d'un travers-banc. Les 1 200 tonnes (à 20 % de zinc environ) de minerai extrait ont été stockés en attendant l'achèvement de la laverie de Fressac (terminée en 1904). L'exploitation comprenait alors plusieurs galeries tracées à partir de la tranchée ainsi qu'une galerie et une remontée. La mine produisait 18 à 20 tonnes par jour.

Les travaux furent arrêtés en 1907 puis repris en 1909 pour être abandonnés à nouveau en 1912.

En 1928, un recensement indique que subsistent les vieux travaux suivants :

- Une entrée de galerie bouchée par éboulement ;
- Une ancienne carrière ;
- Une ancienne excavation à bords abrupts de 50 m de longueur, 10 m de largeur et 6 m de hauteur. Trois puits de 40 m, 10 m et 10 m étaient présents au fond et une entrée de galerie était présente sur le flanc de l'excavation.

## Société des Mines et Fonderies de Zinc de la Vieille Montagne (1954-1994)

Les travaux effectués par la Société Vieille Montagne se sont limités à des travaux de recherche avec cinq forages et un puits, exécutés en 1954. Après décembre 1954, plus aucun travail n'a été entrepris à la Grande Vernissière.

En 1994, la Société Union Minière, inventorie les travaux de la concession qu'elle divise en trois zones (cf. Figure 23) :

- Les travaux Nord :
  - Situés sur le versant Nord, ils consistent en une galerie, un traçage comprenant une cavité et une descenderie ;
  - La cavité Nord correspondant à une excavation de 4 m de profondeur ;
  - La carrière : elle se compose d'un travers-banc dont l'entrée se situe à environ 100 m au sud et donnant accès à une chambre, d'une descenderie et de deux puits. Union Minière mentionne 4 entrées de galerie donnant accès à la descenderie et l'excavation mais elles ne sont visibles sur aucun plan.

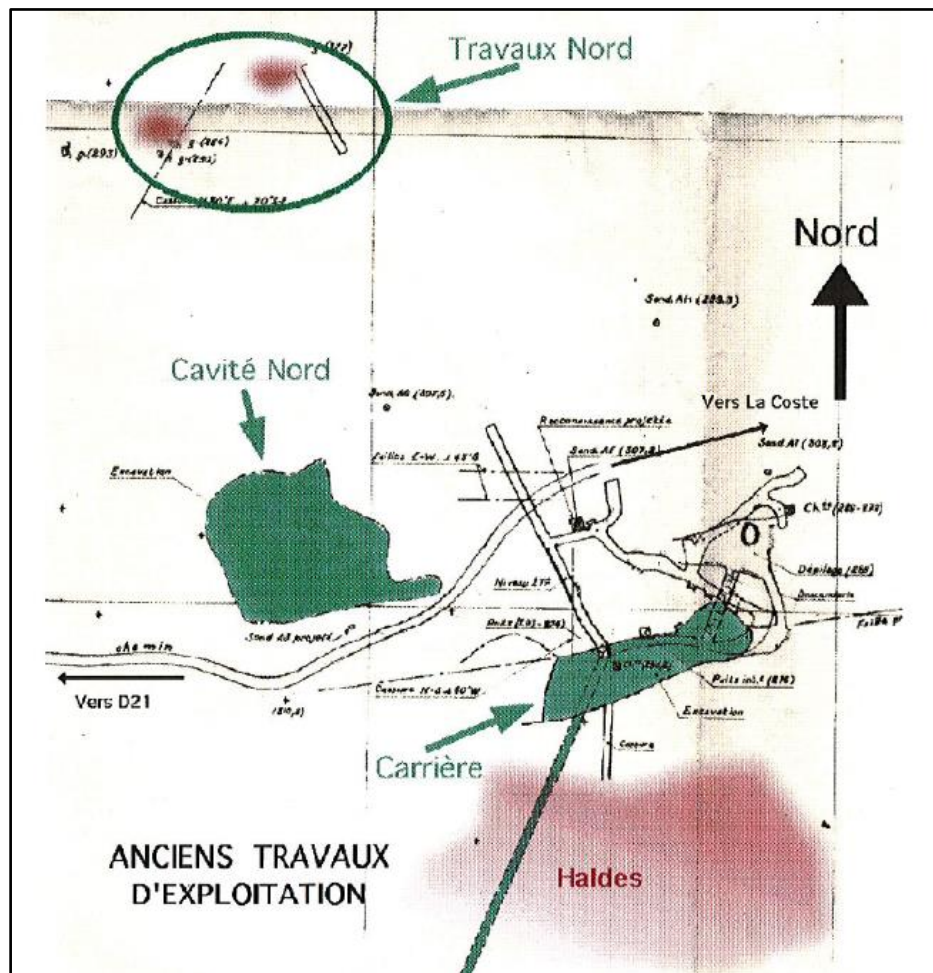


Figure 23 : Localisation des travaux de la Grande Vernissière

## BRGM (1975-1980)

De 1975 à 1980, le BRGM a mené une campagne de prospection qui a inclut une réinterprétation géologique et des campagnes de géochimie et géophysique, ainsi que l'exécution de 3 000 m de sondages au nord-est de Cabanis et à la Grande Vernissière. Le bilan de cette campagne s'étant avéré négatif, aucune suite n'a été donnée.

### 3.5.2.2 Localisation des zones de travaux

La Figure 24 suivante issue en partie de l'étude des aléas miniers (GEODERIS, 2015) situe les travaux réalisés sur la concession de la Grande Vernissière,

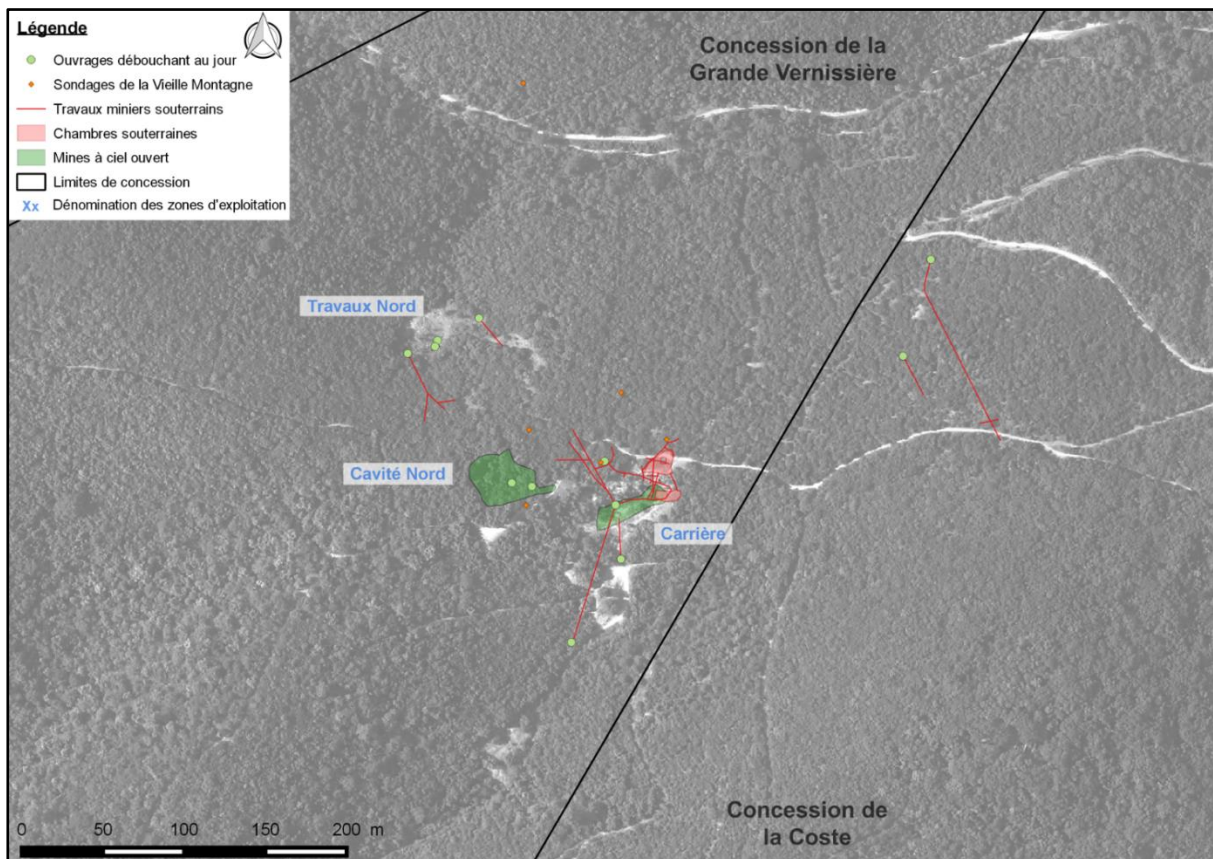


Figure 24 : Localisation des travaux de la Grande Vernissière (fond de carte : BD ORTHO® de l'IGN)

## 3.6 Laveries et traitement des minerais

### 3.6.1 Site de Lacoste

Avant l'installation de la laverie, le minerai était préparé sur place. A titre d'exemple, en 1820, le minerai de plomb, pilé sur des bancs de pierre avec des marteaux à tête plate, était séparé par criblage et lavage. La description succincte de la méthode employée est donnée à titre d'exemple dans la Figure 25.

Entre 1901 et 1906, la Société Minière du Gard construisit une laverie sur le type des laveries sardes. Le minerai calaminaire riche en zinc était d'abord calciné dans un four (localisé sur la carte de la Figure 26), puis conduit à la laverie. Celle-ci était composée de

bacs à pistons et de tables à secousses Ferraris avec des appareils distincts pour le traitement des mixtes. La blende de Lacoste étant très friable, la dimension maximale admise dans les bacs à pistons était de 2 mm.

En 1903, la Société Minière du Gard construisit un mur de soutènement dans le lit du Vassorgues (visible sur la photographie n°16 du Tableau 15) et remblaya le vide entre le chemin et le mur (4 m de largeur pour 116 m de longueur) dans le but d'augmenter l'espace du carreau de l'atelier afin d'installer une bascule et un dépôt de matériel. La largeur du Vassorgues a alors été réduite à 7 m.

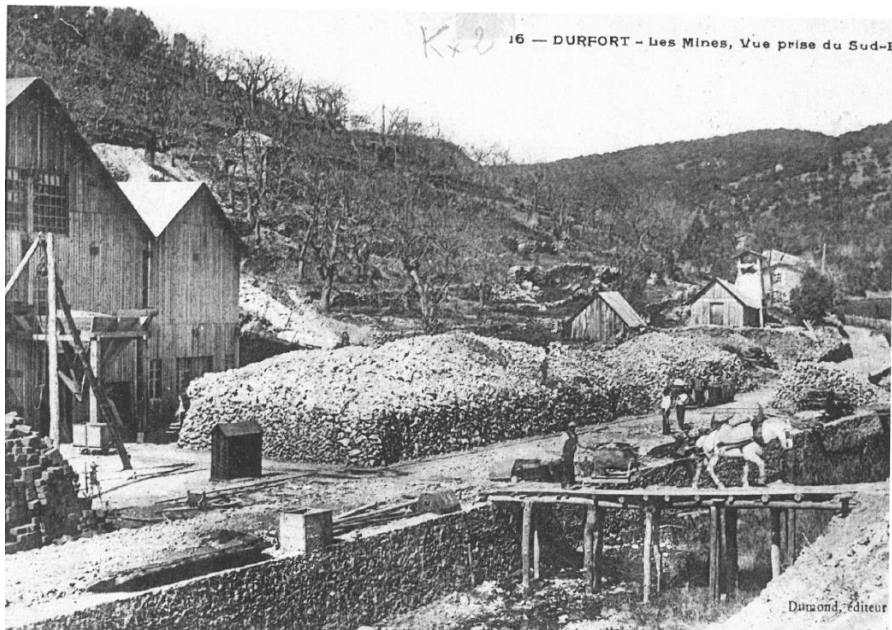
En 1927, les tables à secousses Ferraris ont été complétées par des tables Linkenbach que la finesse des particules de blende a rendues indispensables. L'usine produisait alors environ 22 tonnes de concentrés de zinc par jour.

La laverie était reliée aux travaux de Cabanis par un tunnel percé dans la montagne. Aucun plan des travaux ne montre le tracé de ce tunnel mais la photographie n°27 du Tableau 15 en indique l'entrée probable.

L'étude des photographies aériennes donne peu d'informations sur cette laverie mais les photographies anciennes (non datées) livrent, quant à elles, quelques données intéressantes, commentées dans le Tableau 15 suivant.

Criblage effectué dans une cuve à eau sur un crible en fils de fer espacés d'environ 3 mm							
Reste sur le crible après l'opération :				<p>Reste dans la cuve de criblage une matière visqueuse que l'on débourbe dans une caisse.</p> <p>L'eau provenant d'un réservoir y coule en nappe après être passée au-dessus d'une planche aménagée à cet effet sur la partie supérieure de la table.</p> <p>On obtient par lavage les matières suivantes :</p>			
Débris stériles	Débris de criblage		Minerai pur resté au fond du crible. C'est le <b>Gros carré n°1</b>	<p><u>Haut de la caisse</u></p> <p>La matière est passée au crible fin et donne :</p>		<p><u>Bas de la caisse</u></p> <p>La matière est recueillie pour être versée dans le commerce sous le nom de <b>Fleur</b></p>	<p>Matière stérile emportée par l'eau.</p> <p>Elle est négligée mais serait susceptible d'être traitée avec succès sur des tables jumelles</p>
ils remontent en haut du crible, sont enlevés avec un racle et évacués	Ils occupent la partie intermédiaire du crible. Ils sont passés sur un crible plus fin dont les mailles ont près d'1mm <sup>2</sup> de vides. Ils donnent :						
	Débris stériles rejetés	Débris repassés sur le même crible	<b>Gros carré n°2</b>	Sur le crible		Dans la cuve	
		Ils donnent des débris stériles, <b>Gros carré n°2</b> et des débris à repasser sur le crible		Débris stériles	Débris de criblage à repasser sur le même crible	<b>Petit carré n°2</b>	<b>Petit carré n°2</b>
				Ils donnent des débris stériles, Petit carré n°2 et des débris à repasser sur le crible			

**Figure 25 : Description succincte de la méthode de préparation du minerai de plomb de Lacoste vers 1820**



Cette photographie (n°16) montre le ruisseau de Vassorgues, aménagé tel que décrit dans le paragraphe précédent par un mur de soutènement permettant le passage des wagonnets depuis la laverie vers une zone de stockage des résidus (le bassin de décantation et/ou le « dépôt principal »).

Ce qui semble être du minerai est stocké sur le carreau de mine, devant la laverie, jusqu'au croisement où se situe aujourd'hui le four. Les personnes visibles sur la photographie permettent d'estimer la hauteur des stocks à environ 2 m à 2 m 50.

Plusieurs bâtiments, probablement liés à l'exploitation minière, sont visibles en arrière plan, vers le nord-ouest de la laverie.

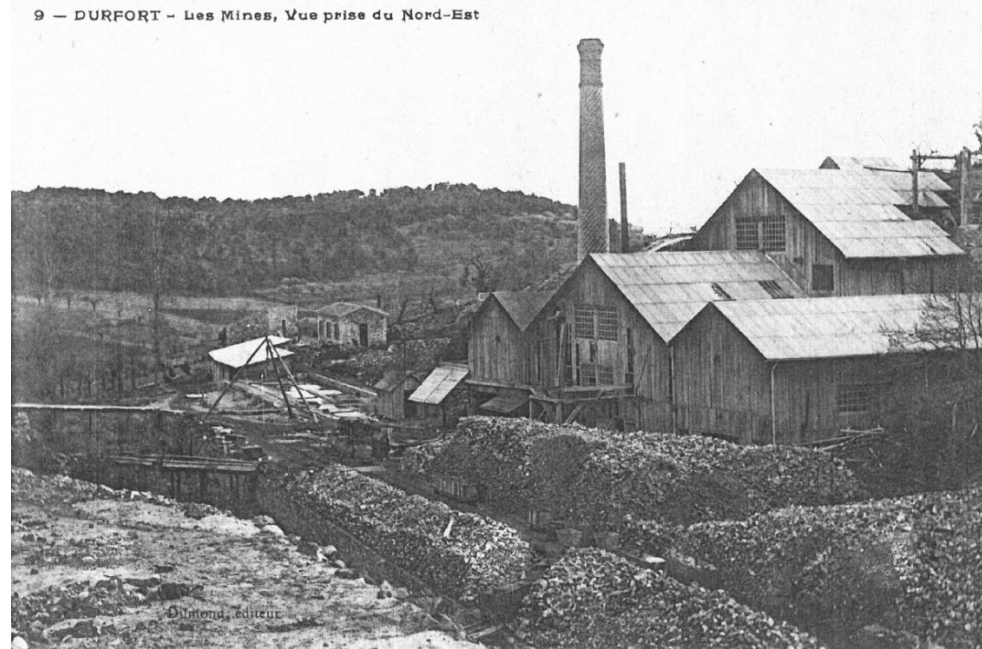
La « montagne de la Coste », située derrière la laverie, est partiellement déboisée et laisse deviner un chemin permettant d'accéder à l'arrière de la laverie.



Cette photographie (n°17) est non datée mais l'indication « Société Minière du Gard », laisse supposer qu'elle a été prise entre 1901 et 1908 (arrêt des travaux de la Société).

Elle montre qu'un bâtiment était présent à l'emplacement du bassin de décantation actuel mais rien n'indique à quelle fin il était utilisé. Deux cheminées sont visibles : l'une devant la laverie, l'autre, à l'intérieur de celle-ci.

La zone située derrière la laverie, sur la « montagne de la Coste » comprend un chemin passant par un accès aux travaux souterrains, également accessible par une sorte d'escalier débouchant à côté de la laverie. Il semble qu'il y ait du résidu au bord du chemin. Un bâtiment, en partie droite de la photo correspond probablement à la « ruine indéterminée » de la *Figure 26*.

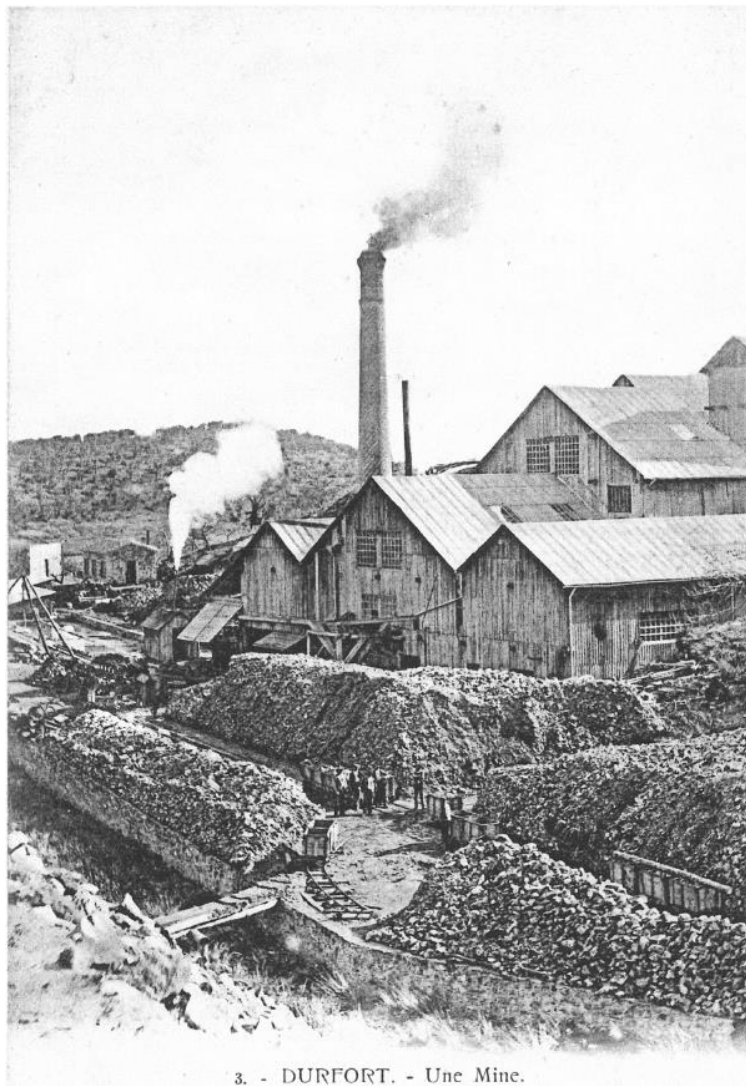


Cette vue (n°9) depuis le nord-ouest de la laverie est plus récente que les vues précédentes puisqu'un nouveau bâtiment est visible : il se situe à l'arrière de la laverie, accolé à celle-ci. Une grande cheminée est visible mais ne fonctionne pas. Il est envisageable que la laverie est en cours de construction et que cette photographie, de même que les n°16 et n° 17, aient donc été prises entre 1901 et 1906.

Cette photographie montre une importante zone de stockage du minerai, de part et d'autre de la route.

Ce qui est aujourd'hui le bassin de décantation (premier plan à gauche) semble être une large zone de stockage des résidus. La photographie n° 16 ainsi que les divers éléments de la photographie n°9 laissent supposer que les résidus dépassent, en hauteur, les stocks de minerai et pourraient atteindre la dizaine de mètres.

Au milieu de la photographie, entre la laverie et les bâtiments administratifs (situés en arrière plan), il semble qu'il y ait une zone de bassins dont l'utilisation n'a pu être déterminée.



3. - DURFORT. - Une Mine.

Cette image (n°3) est plus récente que les trois précédentes : un autre bâtiment est visible, (bord droit centre de l'image). Il est en cours de construction sur l'image n°9.

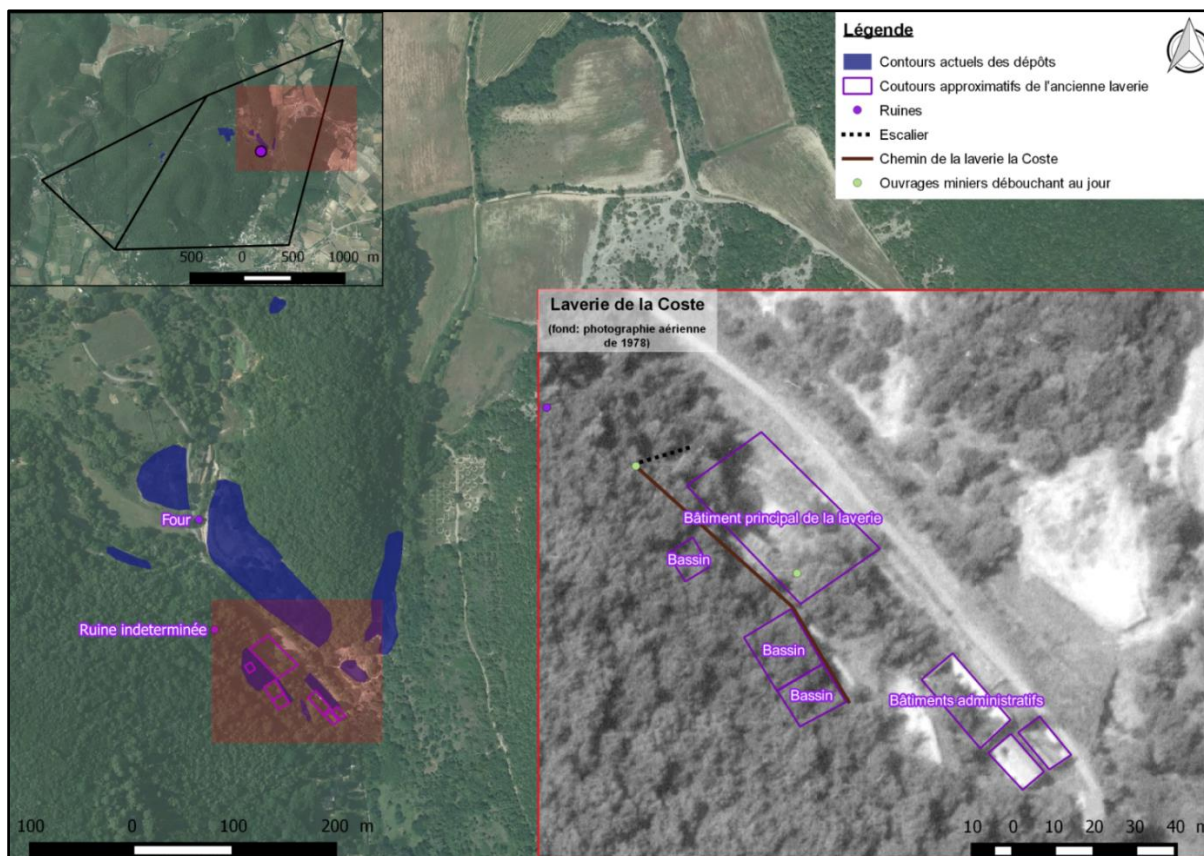
La cheminée est active, laissant supposer que la laverie est achevée et en fonctionnement.

Le stock de minerai en attente de traitement semble plus important que sur les images précédentes.

Le rail visible au premier plan, au centre, provient probablement du four et permet d'amener le minerai prétraité à la laverie.

**Tableau 15 : Description de photographies anciennes de la laverie de Lacoste au tout début du XXème siècle**





**Figure 26 : Localisation des installations de l'ancienne laverie de Lacoste**

### 3.6.2 La Grande Vernissière

En mars 1904 fut achevée la laverie de la Grande Vernissière à Fressac. Elle comprenait 4 tables de séparation Ferraris et présentait l'inconvénient d'être insuffisante pour le traitement des fines, menant au rejet de mixtes qui auraient pu être valorisées. Elle traitait principalement du minerai de zinc, mais également un peu de galène et permettait d'obtenir environ 7 tonnes par jour (3 t/10 h) de blende à 50 % de zinc. Elle a probablement fonctionné de manière sporadique entre sa construction et l'arrêt définitif des travaux, en 1912, c'est-à-dire, au maximum, 8 ans.

En 1909, le traitement du minerai a été complété par la construction de fours de calcination du minerai de zinc dont la localisation n'est mentionnée dans aucune archive et qui n'ont pas été trouvés sur le terrain.

Aucun plan de cette laverie n'a été retrouvé. Toutefois, les photographies aériennes ainsi que les photographies anciennes donnent quelques indications :

L'analyse des photographies aériennes (de 1946 à nos jours) indique que la laverie se situait à environ 600 m au sud de l'exploitation, nécessitant l'utilisation d'un système de transport du minerai depuis la zone d'exploitation jusqu'à la laverie. Les photographies anciennes valident cette hypothèse puisqu'elles montrent l'existence d'un plan incliné (cf. Figure 27) sur lequel sont tractés des wagonnets. La Figure 27 montre son emplacement présumé, son tracé étant particulièrement visible dans sa partie nord, sur l'orthophotoplan de 2010 ainsi que sur la plupart des photographies aériennes depuis 1946.

La photographie aérienne de 1978 est la plus récente avec les vestiges de l'ancienne laverie clairement visibles. Les observations et relevés de terrain y ont été insérés sur la Figure 27. Les suppositions suivantes peuvent être formulées, sur la base des observations de terrain et des photographies aériennes et anciennes :

- La succession de bassins et le canal sont certainement des bassins de décantation et/ou de stockage d'eau et des canaux d'amenée et de rejet d'eau ;
- La partie nord correspond probablement au bâtiment du Tableau 16 et abritait probablement la machinerie de traitement (dont les tables à secousse) ;
- Le rectangle situé au nord-ouest semble être un bassin de stockage. Il est peu probable qu'il s'agisse d'un bassin de décantation au vu de sa situation en amont topographique de la laverie.

Le cours d'eau temporaire, affluent du Conturby, au bord duquel a été aménagée la laverie, prend sa source à proximité des anciens travaux miniers de la Grande Vernissière. L'intermittence de ce cours d'eau laisse supposer un fonctionnement sporadique de la laverie, probablement en hiver et/ou au printemps.

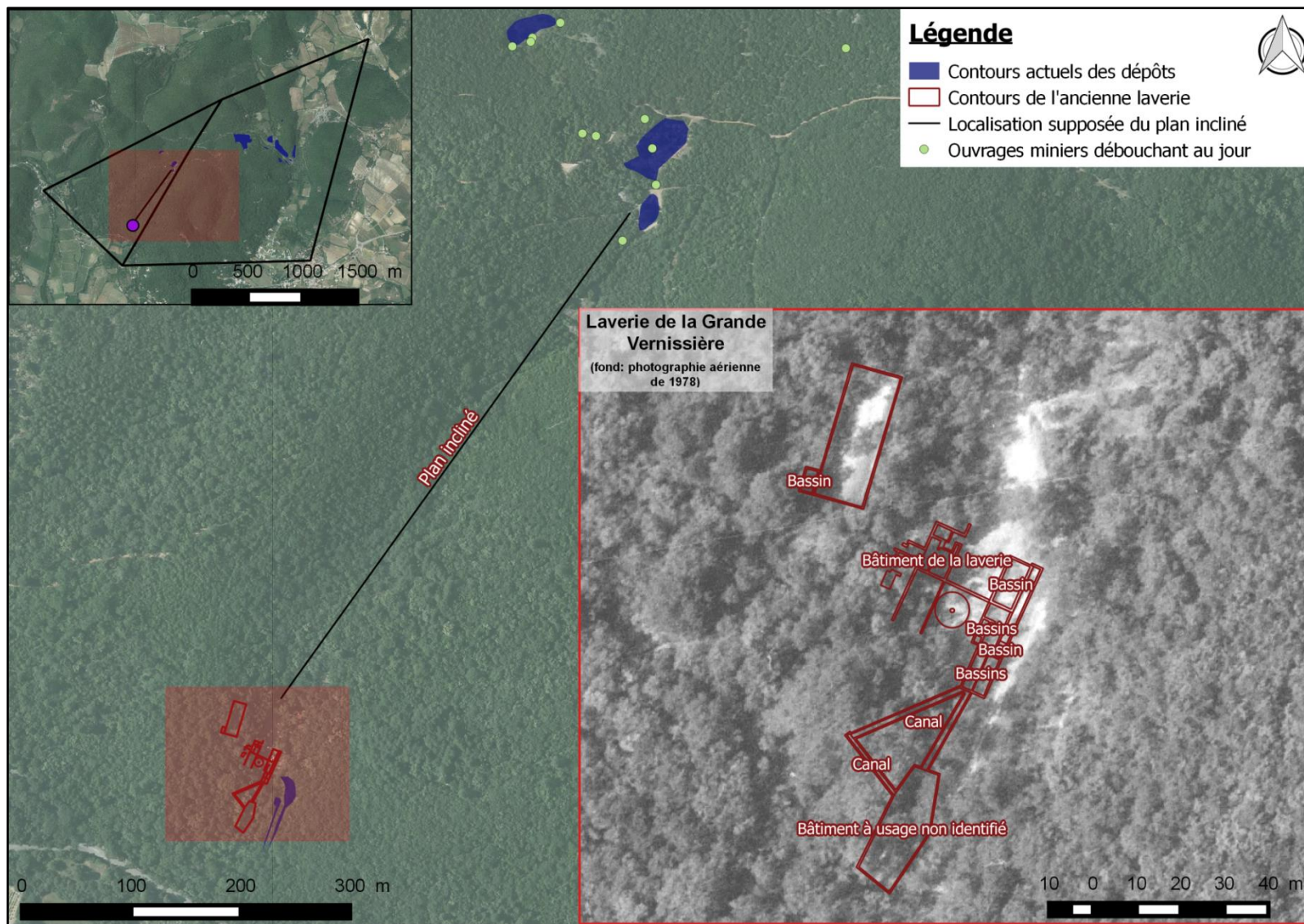
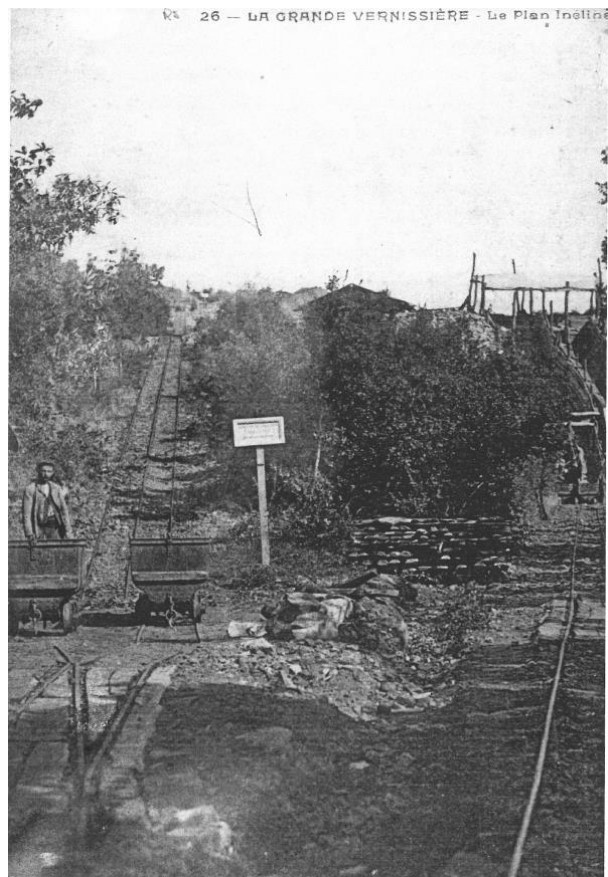
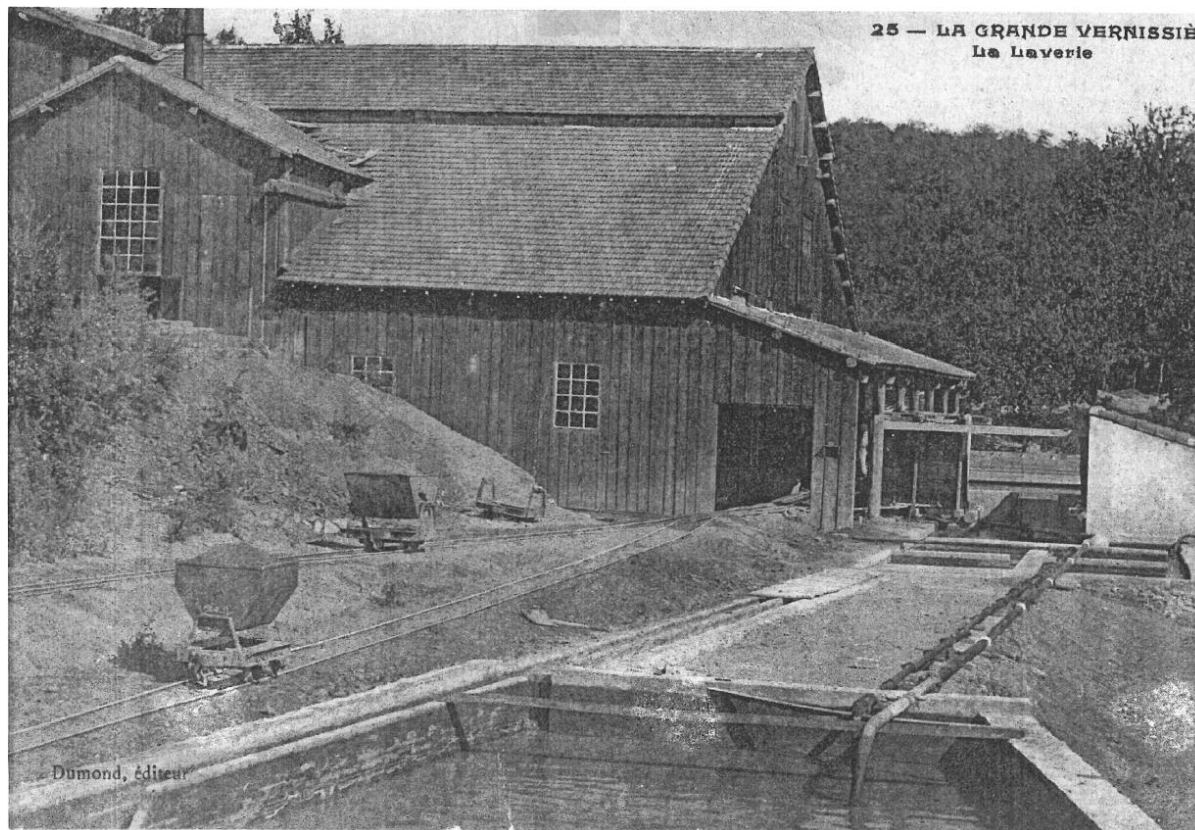


Figure 27 : Localisation des installations de l'ancienne laverie de la Grande Vernissière



Cette photographie (n°26 – non datée) du plan incliné a probablement été prise depuis la laverie. Elle montre que des wagonnets étaient utilisés afin de descendre le minerai de la zone d'exploitation jusqu'à la laverie.



Cette photographie (n°25 - non datée) a probablement été prise depuis le sud, elle montre la succession de bassins (de décantation ou de stockage d'eau), visibles sur la Figure 27. Le bâtiment a entièrement disparu mais le radier des tables à secousses (cf. Figure 27) se situait probablement dans ce bâtiment.

**Tableau 16 : Description de photographies anciennes sur l'ancienne laverie de la Grande Vernissière (source : mairie de Durfort)**

### 3.7 Accidentologie

Un incident notable a été déclaré dès 1912 et concerne le débordement et l'effondrement du bassin à résidus de l'usine de Lacoste, suite à une crue du Vassorgues. Une plainte a été déposée par les habitants de Durfort qui ont constaté des dépôts de sables et particules sur leurs propriétés et jardins en bordure du cours d'eau.

Un schéma issu du rapport d'un ingénieur des mines daté de décembre 1912 indique que le Vassorgues est seulement protégé par un mur en pierre de 2 m de hauteur qui retient une quantité excessive les résidus. De plus, le rapport indique que le mur présente une brèche de 2 m environ, constituant une voie d'écoulement des eaux du bassin vers le Vassorgues.

Le rapport précise qu'aux époques de grandes pluies, une partie des sables est régulièrement entraînée dans le lit du ruisseau et emportée à l'aval ». Plus d'un siècle plus tard, la configuration générale du site n'a pas changé et l'on voit nettement sur les talus que forment ces déblais, les traces de ravines laissées par l'érosion hydrique.

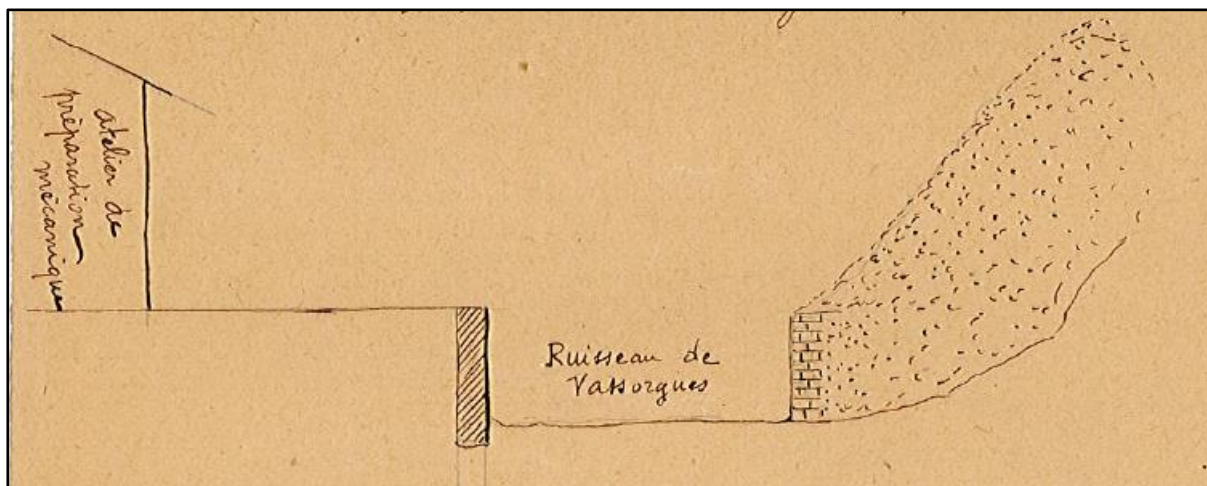
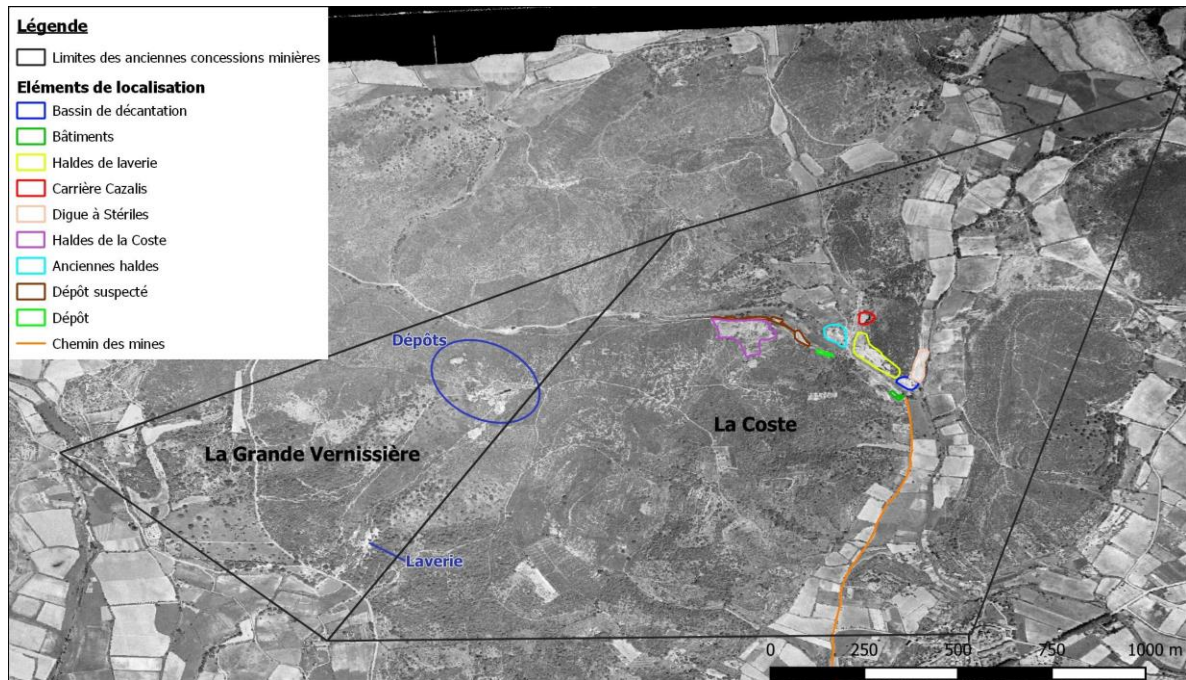


Figure 28 : Schéma du bassin de décantation de Lacoste fin 1912 (source : rapport de l'ingénieur des mines de 21/12/1912)

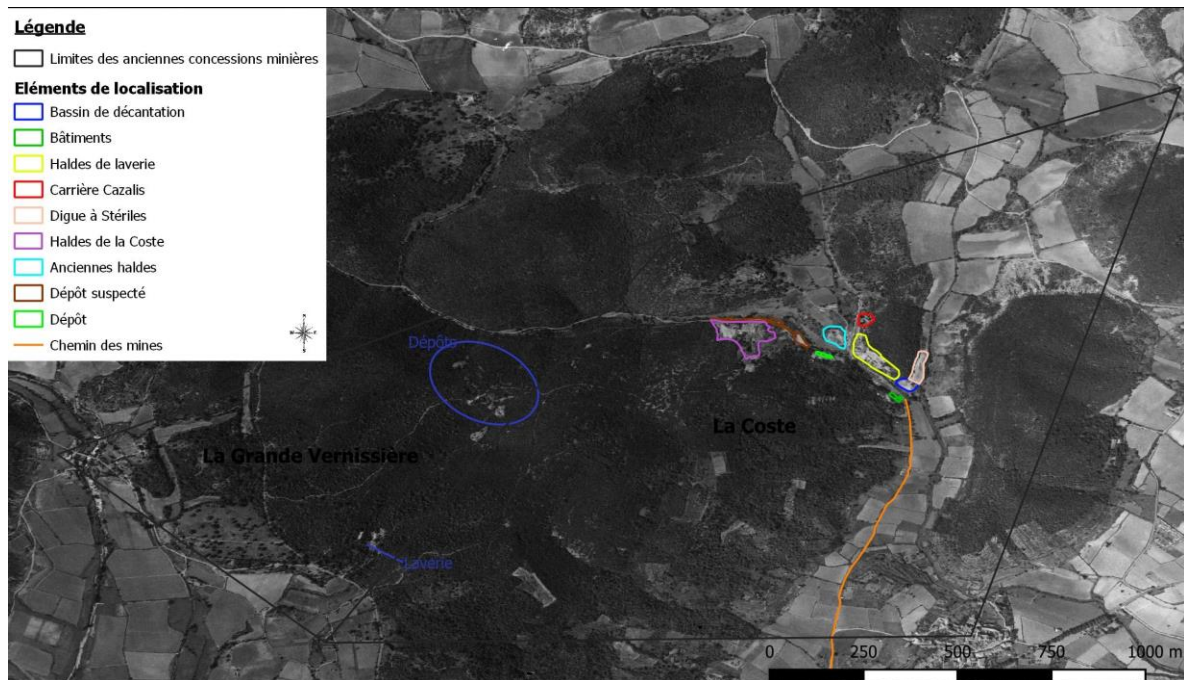
### 3.8 Evolution du site dans le temps

Les photographies aériennes mises à disposition par l'IGN montrent l'évolution du site depuis 1946. Depuis cette date, le site n'a que très peu évolué comme le montre le Tableau 17 suivant :

1946

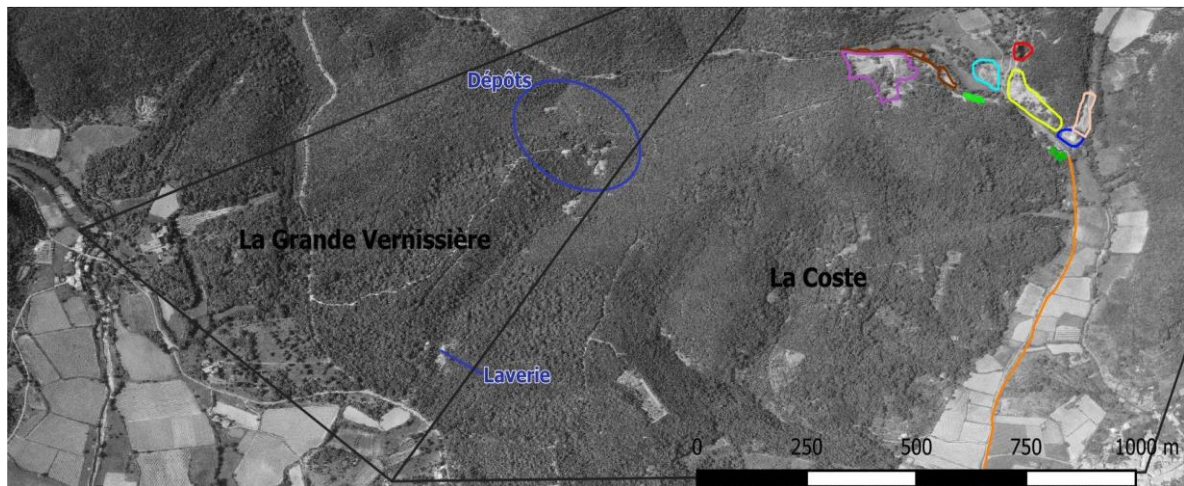


<p><b>Lacoste</b></p>	<p>Tous les dépôts actuels sont visibles.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le bassin de décantation et la « digue à résidus » sont moins végétalisés qu'en 2015 et le bassin s'étend peut-être au-delà de ses limites actuelles ;</li> <li>• Les « haldes de laverie » ne sont pas encore remodelées et une démarcation est visible entre leur partie sud, très peu végétalisée, et leur partie nord-ouest qui semble présenter de profondes ravines ;</li> <li>• La carrière Cazalis est bien visible et les anciennes haldes de la mine Cazalis semblent telles qu'en 2015 ;</li> <li>• Au sud des anciennes haldes se trouve un petit bâtiment ainsi qu'une zone ressemblant à un dépôt (« Dépôt » sur la photographie de 1946) ;</li> <li>• Le dépôt de haldes de la mine Lacoste est bien visible et son contour semble similaire au contour actuel. L'habitation accolée à ce dépôt en 2015 existe en 1946 ;</li> <li>• Une partie des bâtiments administratifs de la laverie est bien visible mais pas les bâtiments de la laverie ;</li> <li>• Aucune habitation n'est visible au sud des dépôts (le long de la route qui relie le site de la mine au village de Durfort : chemin des mines). Les usages entre Durfort et l'exploitation semblent se limiter aux activités agricoles.</li> </ul>
<p><b>La Grande Vernissière</b></p>	<p>Les dépôts sont bien visibles et une zone moins végétalisée au sud de la concession semble indiquer l'emplacement de l'ancienne laverie. Aucune habitation n'est visible à proximité des dépôts ou de l'ancienne laverie.</p>



<b>Lacoste</b>	<p>Quelques habitations sont visibles le long du chemin des mines, entre les dépôts et le village de Durfort, mais l'usage principal semble être toujours les activités agricoles. La carrière Cazalis se végétalise.</p> <p>Le « Dépôt » observable en 1946 est plus nettement visible en 1961, la zone semble avoir été dégagée.</p> <p>Le dépôt suspecté entre les « halles de laverie » et le Vassorgues est clairement visible.</p>
<b>La Grande Vernissière</b>	<p>Une zone rectangulaire à l'ouest de l'ancienne laverie semble représenter un bassin de décantation. La zone de la laverie est toujours dégagée, visible, dans sa partie nord.</p>

1978



Légende	
	Limites des anciennes concessions minières
Éléments de localisation	
	Bassin de décantation
	Bâtiments
	Haldes de laverie
	Carrière Cazalis
	Digue à Stériles
	Haldes de la Coste
	Anciennes haldes
	Dépôt suspecté
	Dépôt
	Chemin des mines

<b>Lacoste</b>	Les « haldes de laverie » semblent avoir été remodelées et des chemins y ont été tracés
<b>La Grande Vernissière</b>	Une partie des bâtiments en ruine de l'ancienne laverie est clairement visible. La partie nord de la laverie semble contenir des résidus. La zone identifiée en 1954 comme un bassin potentiel est aisément identifiable : il s'agit d'un ancien bassin de décantation.



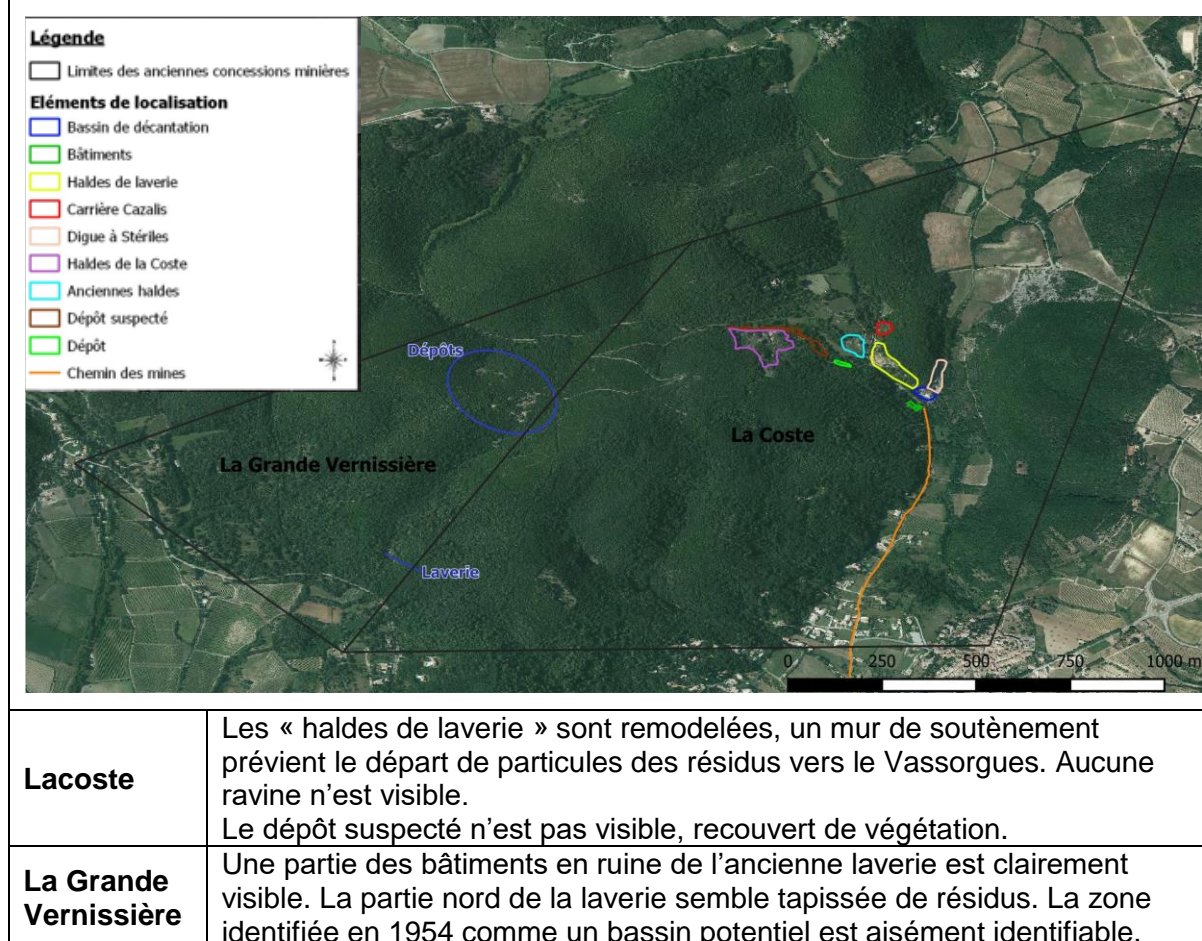


Tableau 17: Evolution des installations de surface depuis 1946 (source : IGN) ;

### 3.9 Dépôts de stériles et de résidus

Les documents d'archives ne décrivent que très succinctement les dépôts de résidus liés aux anciennes laveries. Les seules informations disponibles proviennent d'un procès-verbal de visite d'un ingénieur des mines de 1912 cité précédemment et du document de renonciation élaboré par Union Minière en 1994.

Plusieurs types de dépôts sont actuellement en place sur les anciennes concessions de Lacoste et de la Grande Vernissière :

- Dépôts de stériles rocheux :
  - Stériles de creusement issus du fonçage des anciens ouvrages. Il peut s'agir de stériles francs de découverte et/ou de traçage de galerie, c'est-à-dire des terrains excavés dans le but d'atteindre le gisement mais ne présentant pas de teneurs plus élevées en éléments métalliques par rapport aux sols environnants ;
  - Stériles mixtes qui sont des matériaux constitués d'un mélange entre l'encaissant de la minéralisation et le minerai pauvre situé au contact direct de la zone minéralisée. Ces stériles peuvent présenter des teneurs très variables en métaux

et métalloïdes, dépendant en majeure partie des techniques d'extraction et de traitement au moment de l'extraction.

- Stériles de sélectivité, composés de minerais pauvres pour lesquels la récupération des substances valorisables s'est avérée non économiquement viable au moment de l'exploitation.
- Dépôts de résidus de traitement physique ou physico-chimiques issus des différents procédés utilisés dans la laverie.

Les résidus de laverie ont été stockés en 3 endroits, indiqués sur la *Figure 29* :

- Ancien bassin de décantation, d'un volume initial probablement important, il a été en grande partie vidé par des crues qui ont affecté le ruisseau de Vassorgues depuis plus d'un siècle. Il fait aujourd'hui 2 à 3 m<sup>3</sup> de volume, constitué de quelques petits tas de rejets dont la granulométrie ne dépasse pas les 200 µm ;
- « Digue à stériles » ou à résidus, située au nord-est de l'ancienne laverie, adossée à la pente naturelle. Elle représente un volume de 5000 m<sup>3</sup> environ. Une partie du flanc N-E a cédé. La granulométrie varie de quelques µm, dans une ou plusieurs couches d'épaisseur métrique au cœur de la digue, à plus de 2 mm sur la partie superficielle de la digue ;
- « Haldes ou stériles de laverie », situées le long de la route plus au Nord le long du Vassorgues, dont la granulométrie des matériaux varie de quelques µm à plus de 2 mm et qui semblent en partie recouverte par une couche de stériles rocheux plus grossiers.

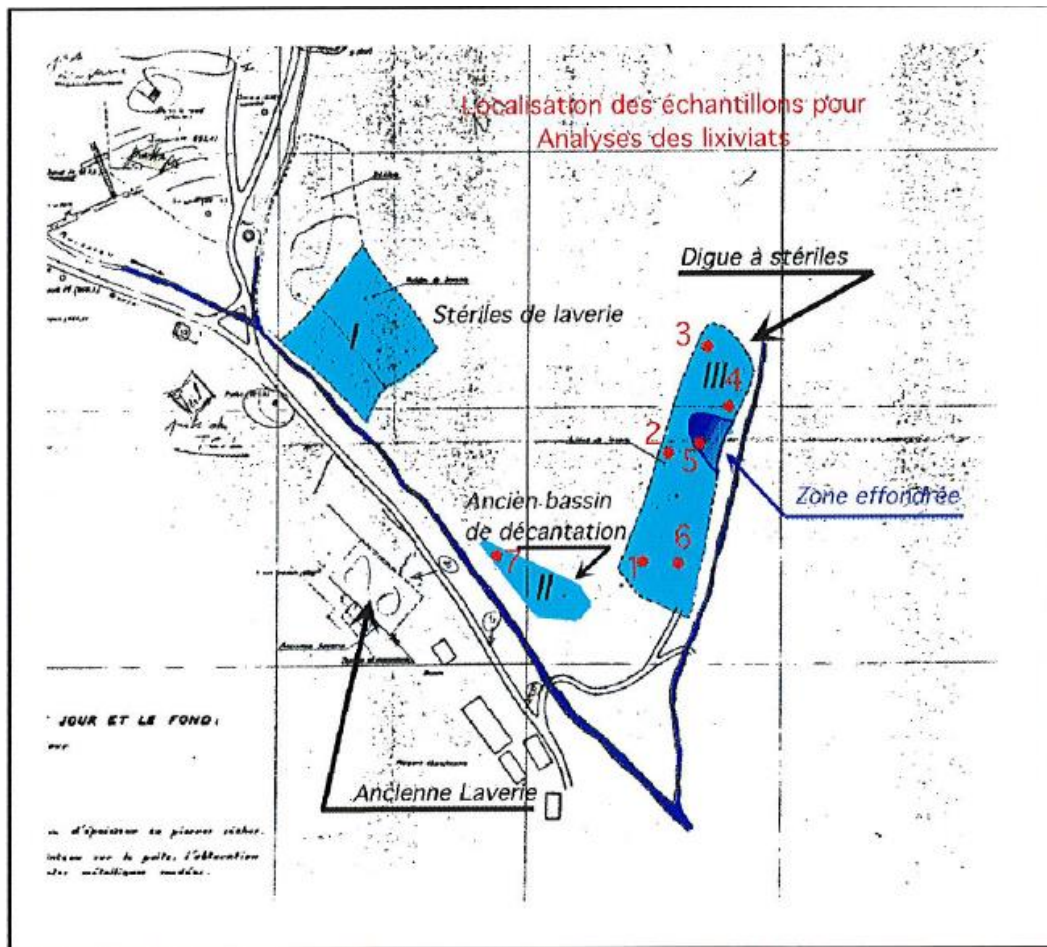


Figure 29 : Image d'archives localisant les zones de dépôts de résidus encore visibles aujourd'hui

### 3.10 Travaux de fermeture et de réhabilitation

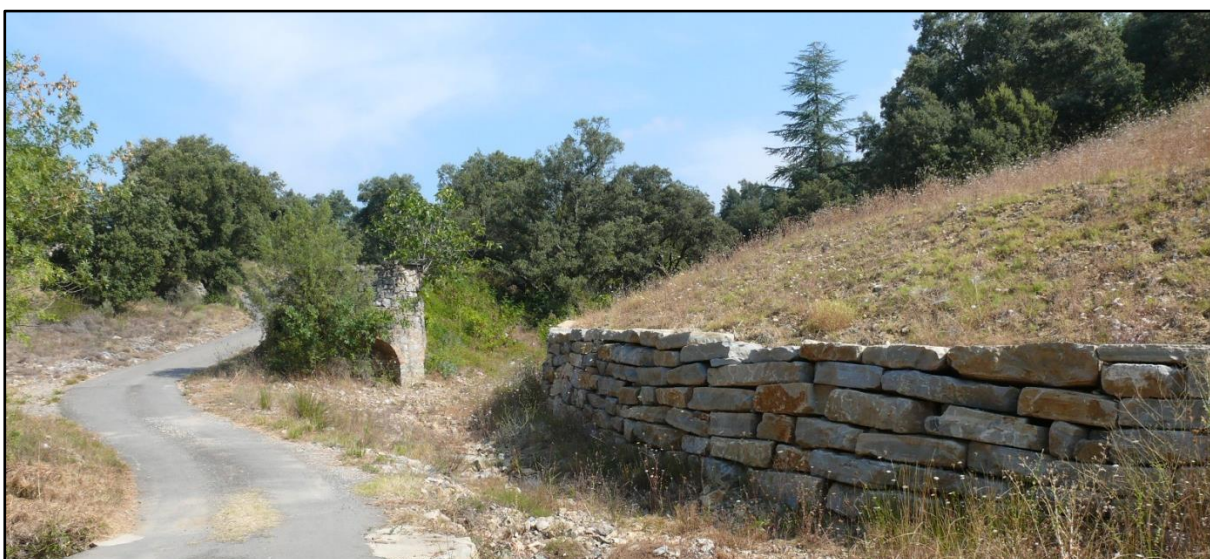
Des travaux de fermeture menés par Union Minière ont eu lieu entre décembre 1993 et mars 1994. Ils ont principalement concerné la mise en sécurité des ouvrages débouchant au jour (puits, galeries); des exploitations à ciel ouvert ainsi que des « haldes de laverie » principales.

Ces « **haldes de laveries** » ont fait l'objet d'un réaménagement dont la date reste imprécise. La mairie de Durfort a indiqué, lors de la réunion de lancement du 4 juin 2015, que les travaux avaient probablement été réalisés par ses services mais sans précision sur la date. Le dossier de renonciation réalisé par Union Minière en 1994 montre le dépôt tel qu'il a été laissé après la fin de l'exploitation minière (cf. Figure 30).

Le dépôt de résidus a été recouvert par une couche de matériaux de granulométrie grossière, bien drainés et compactés par le temps qui ont permis l'établissement d'une végétation de plantes locales (graminées entre autres) et favorisé la stabilisation de l'ensemble ( Figure 31) Un enrochement en pieds a permis en plus de limiter les effets des crues du Vassorgues sur le dépôt.



**Figure 30 : Haldes de laveries avant réaménagement en 1994**



**Figure 31 : Les haldes de laverie (résidus) stabilisées et son mur de soutènement en 2007**

## 4 INVESTIGATIONS DE TERRAIN

### 4.1 Organisation

Les investigations sur site menées dans le cadre de cette étude ont consisté en des prélèvements dans les différents milieux source, milieux de transfert et milieux d'exposition identifiés dans le schéma conceptuel préliminaire établi à l'issue de la phase informative. Les visites sur site ont également eu pour objectif de valider et, au besoin, de préciser le schéma conceptuel préliminaire.

Plusieurs campagnes d'investigations et visites de terrain ont été effectuées :

- Une première visite d'observation le 5 mars 2015, visant à planifier les campagnes d'échantillonnage à venir ;
- Une pré-visite pour la campagne Niton le 8 avril 2015. Durant cette visite d'observation, 31 mesures Niton ont été effectuées afin de faire une première approximation de l'évolution des teneurs en fonction des sols investigués ;
- Une première semaine d'investigations correspondant à la campagne de prélèvements en période basses eaux, du 29 juin au 3 juillet 2015 ;
- Durant cette semaine, les équipes du BRGM, de GEODERIS et de l'INERIS ont été simultanément présentes sur le terrain. L'équipe du BRGM a effectué 100 mesures Niton qui ont permis d'orienter les 82 points de prélèvements effectués par GEODERIS pour l'étude environnementale.
- Dans le cadre de l'étude sanitaire, l'équipe de l'INERIS de son côté a conduit une enquête des usages et effectué 73 prélèvements dans les parcelles considérées comme présentant potentiellement un risque sanitaire.
- Du 3 au 14 août, l'équipe du BRGM est revenue effectuer 187 mesures Niton sur l'ensemble du site pour évaluer le fond géochimique nécessaire à l'interprétation des teneurs relevées dans les sols et les résidus liés à l'extraction et au traitement du minerai ;
- L'équipe de GEODERIS a réalisé une demi-semaine d'investigations complémentaires du 21 au 23 septembre 2015, où 26 prélèvements ont été effectués ;
- Durant la période des hautes-eaux, l'équipe de GEODERIS est revenue effectuer 15 prélèvements du 26 au 27 janvier 2016, aux endroits où des prélèvements avaient été précédemment effectués en période de basses eaux ;
- Le 17 mai 2016, l'équipe de GEODERIS a réalisé 10 prélèvements complémentaires pour l'étude environnementale ;
- Le 16 août 2016, l'équipe de GEODERIS a effectué 4 prélèvements complémentaires pour l'étude sanitaire ;
- Du 13 au 15 septembre 2016, les équipes de GEODERIS et de l'INERIS ont effectués 55 prélèvements nécessaires à l'établissement de l'Environnement Local Témoin pour l'étude sanitaire.

Description	Dates	Opérations menées		
		GEODERIS	BRGM	INERIS
Visite d'observation de terrain	5 mars 2015	Observations	-	-
Pré-visite de repérage	8 avril 2015	31 mesures Niton	-	-
Campagne d'investigations en période de basses eaux	29 juin au 3 juillet 2015	82 prélèvements : - 33 rés - 32 sol - 12 esu - 5 sed	100 mesures Niton	73 prélèvements : - 48 sol - 15 veg - 10 eso
Détermination du fond pedo-géochimique	3 au 14 août 2015	-	187 mesures Niton	-
Campagne d'investigations complémentaire	21 au 23 septembre 2015	26 prélèvements : - 10 sol - 8 esu - 8 veg	-	-
Campagne d'investigations en période de hautes eaux	26 au 27 janvier 2016	15 prélèvements : - 10 esu - 4 eso - 1 sed	-	-
Compléments pour l'étude environnementale	17 mai 2016	10 prélèvements : - 8 esu - 2 eso	-	-
Compléments pour l'étude sanitaire	16 août 2016	4 prélèvements : - 1 sol - 3 veg	-	-
Campagne d'investigations pour détermination ELT	13 au 15 septembre 2016	12 prélèvements : - 4 sol - 2 esu - 6 veg	-	43 prélèvements : - 29 veg - 14 sol

**Tableau 18 : Tableau récapitulatif des campagnes de prélèvements et de mesures menées par les équipes de GEODERIS, du BRGM et de l'INERIS entre 2015 et 2016 (rés = résidus, sol = sols, esu = eaux superficielles, eso = eaux souterraines, sed = sédiments, veg = végétaux=**

Le choix des dates de réalisation des campagnes de prélèvement a été guidé essentiellement par des critères hydrologiques. En effet, pour appréhender les différents modes de fonctionnement des bassins versants sur un cycle hydrologique complet, les prélèvements d'eau doivent être réalisés en période de hautes eaux et en période de basses eaux.

## **4.2 Méthodes de prélèvements et de mesures**

### **4.2.1 Nomenclature des points de mesures et prélèvements**

Les prélèvements ont été nommés selon la nomenclature suivante :

- En premier partie du nom, le type d'échantillon prélevé :
  - ESU désignant les eaux superficielles ;
  - ESO désignant les eaux souterraines ;
  - SED désignant les sédiments ;
  - VEG désignant les végétaux ;
  - SOL désignant les sols ;
  - RES désignant les résidus.

La lettre i ou g est ajoutée en terminaison du premier terme selon si le prélèvement a été effectué par l'INERIS (i) ou par GEODERIS (g).

- En deuxième partie du nom, l'ordre d'échantillonnage.

Ainsi, le deuxième prélèvement d'eau souterraine porte le nom ESOi\_002, la lettre i précisant qu'il s'agit d'un prélèvement effectué par l'INERIS.

Pour le cas des sols et des résidus, la profondeur d'échantillonnage est indiquée en terminaison du nom. Ainsi, l'échantillon SOLg\_048\_0-10 aura été prélevé entre 0 et 10 cm de profondeur.

Pour le cas des eaux, deux autres suffixes sont ajoutés le cas échéant :

- Si les échantillons ont été prélevés durant la période des hautes eaux du cycle hydrologique, le suffixe HE est ajouté à la fin de nom ;
- Pour chaque point d'eau échantillonné, un deuxième prélèvement a été effectué avec une filtration à 0,45 µm. Cet échantillon porte donc la lettre « F » à la fin du nom pour le différencier de l'échantillon non filtré « nf ».

### **4.2.2 Protocoles de prélèvements et mesures in situ**

#### **4.2.2.1 Eaux de surface**

Les prélèvements d'eau en rivière (Vassorgues et Crieulon) mis en œuvre dans le cadre de cette étude ont été réalisés conformément aux protocoles en vigueur en portant une attention particulière aux points développés ci-après.

#### **Localisation du prélèvement**

L'emplacement du point de prélèvement sur le linéaire du cours d'eau a été défini par le plan d'échantillonnage prévisionnel, établi à partir du schéma conceptuel préliminaire. Une certaine latitude sur l'emplacement précis du prélèvement a été conservée pour s'adapter aux conditions d'accès et à d'éventuelles perturbations constatées sur place : dépôts de matériaux dans le lit du cours d'eau, rejets temporaires ou permanents, activités dans le lit du cours d'eau (passage à gué de véhicules ou de bétail, etc.).

Sur le site d'échantillonnage, l'opérateur a veillé à réaliser le prélèvement tant que possible au centre du cours d'eau, dans l'axe d'écoulement principal afin d'éviter les zones d'eaux mortes et toute autre zone de particularité hydrodynamique. Il a veillé également à réaliser le prélèvement à une profondeur suffisante pour éviter de prélever les éventuelles particules flottant en surface. Enfin l'opérateur s'est assuré de ne pas créer de perturbation par ses déplacements dans le lit du cours d'eau en se positionnant en aval du point de prélèvement.

Chaque prélèvement a fait l'objet d'un échantillon d'eau brute et d'un échantillon d'eau filtrée à 0,45 µm.

Une mesure des paramètres physico-chimiques (température, pH et conductivité) a été effectuée.

La description précise de la localisation du prélèvement ainsi que toute source éventuelle de perturbation sont consignées sur une fiche de prélèvement par échantillon. La position du site a été levée au GPS.

### **Conditions de prélèvement**

Pour chaque campagne, l'opérateur a veillé à la réalisation de ces derniers dans des conditions météorologiques et hydrologiques similaires pour l'ensemble des échantillons. Il n'a cependant pas été possible de s'affranchir totalement de ces facteurs environnementaux, notamment des variations quotidiennes de température et de quelques averses orageuses en fin de journée lors de la seconde campagne d'investigations.

Les conditions de prélèvement (date, période de la journée, conditions météorologiques, etc.) et les paramètres physico-chimiques (température, pH, conductivité) ont été consignés dans la fiche de prélèvement associée à chaque échantillon.

### **Manipulation et conditionnement des échantillons**

Les prélèvements ont été effectués, dans la mesure du possible, par immersion directe des flacons fournis par le laboratoire, flacons et bouchons étant préalablement rincés avec l'eau à prélever.

Certains flacons contiennent un acide pour maintenir les cations à analyser en solution (HNO<sub>3</sub> par exemple pour l'analyse des métaux). Dans ce cas le prélèvement a été réalisé à l'aide d'un autre flacon ou tout autre récipient inerte et préalablement rincé qui sera utilisé pour remplir le flacon contenant l'acide.

Chaque prélèvement d'eau a fait l'objet d'un échantillon d'eau brute et d'un échantillon d'eau filtrée à 0,45 µm. Dans le cas des échantillons filtrés, le prélèvement a été réalisé à l'aide d'une seringue préalablement rincée. Les flacons fournis par le laboratoire ont été ensuite remplis à l'aide de la seringue munie d'un filtre adapté sur son embout.

#### **4.2.2.2 Eaux souterraines**

Les prélèvements d'eaux souterraines ont été réalisés selon une méthodologie similaire aux prélèvements d'eaux de surface expliquée précédemment. Dans le cas spécifique des prélèvements d'eaux de sources, une attention particulière a été portée à l'observation d'éventuelles émergences, liées au contexte géologique et géomorphologique, à l'existence d'aménagements, de sources de contamination potentielles à proximité, etc.



Dans la mesure du possible, les flacons ont été remplis soit par pompage dans le puits ou le forage, soit par prélèvement en utilisant un seau.

Comme pour les eaux de surface, chaque prélèvement fait l'objet d'un échantillon d'eau brute et d'un échantillon d'eau filtrée à 0,45 µm. Le prélèvement des échantillons filtrés est réalisé dans les mêmes conditions que pour les eaux superficielles.

Une mesure des paramètres physico-chimiques (température, pH et conductivité) est effectuée.

#### **4.2.2.3 Sédiments**

Pour les prélèvements de sédiments, il a été tenu compte des points suivants :

##### **Localisation du prélèvement**

Les analyses physico-chimiques des sédiments étant réalisées sur la fraction fine (inférieure à 2 mm) la plus à même de fixer les éléments métalliques, les prélèvements de sédiments se concentrent sur ce type de matériau. De ce fait, les zones de faible vitesse d'écoulement ont été privilégiées : berges internes des méandres, atterrissements, bras morts, etc. Les matériaux fins étant peu fréquents, notamment dans les cours d'eau de type ruisseaux de montagne comme c'est le cas du Lot et du ruisseau de Combe Sourde (Lozère), les échantillons de sédiments correspondent à des prélèvements composites c'est à dire effectués à partir de prélèvements réalisés en plusieurs points répartis sur un petit tronçon du cours d'eau. Les prélèvements de sédiments ont été, dans la mesure du possible, réalisés à proximité des points de prélèvement d'eaux de surface.

##### **Conditions de prélèvement**

A l'instar des prélèvements d'eaux superficielles, une attention particulière a été apportée aux conditions hydrologiques existant au moment du prélèvement et des jours précédents. Les conditions de prélèvement et les caractéristiques du site d'échantillonnage et du matériau prélevé ont été consignées dans une fiche de prélèvement.

##### **Manipulation et conditionnement des échantillons**

Les prélèvements ont été réalisés à l'aide d'une petite pelle inox et sont conditionnés dans un flacon en verre fourni par le laboratoire. L'opérateur a veillé, dans la mesure du possible, à retirer les éléments grossiers et les débris organiques de l'échantillon, ainsi qu'à éliminer au maximum l'eau de l'échantillon.

#### **4.2.2.4 Sols et résidus**

##### **Localisation du prélèvement et horizon prélevé**

Les prélèvements à visée sanitaire sont généralement effectués sur des parcelles présentant un (ou des) usage(s) déterminé(s). Les prélèvements correspondent donc à des prélèvements composites répartis sur deux à six points au sein d'une zone considérée comme homogène du point de vue des usages et du type de sol.

La profondeur du prélèvement dépend également de l'usage du sol considéré :

- Pour les sols dont les usages impliquent un remaniement en profondeur (type jardins potagers) l'horizon 0-25 ou 0-30 cm est prélevé ;
- Pour les sols dont les usages n'impliquent qu'une exposition aux horizons superficiels (type zone de loisir ou jardin d'agrément) l'horizon 0-3, 0-5 ou 0-10 cm est prélevé.

Le positionnement des autres prélèvements a été déterminé en fonction de la localisation des sources de contamination et des voies de transfert présumées ainsi que du contexte géologique. Ils sont positionnés indépendamment des usages constatés sur le site. Pour ces prélèvements, seul l'horizon de sol 0-10 cm a été considéré.

Suivant les caractéristiques du matériau échantillonné et la profondeur investiguée, les sols et résidus ont été prélevés soit à l'aide d'une petite pelle de jardinage, soit à la bêche, soit à la tarière, les outils étant soigneusement nettoyés entre deux prélèvements.

Dans le cas de prélèvements composites, l'opérateur a veillé à prélever la même quantité de sol en chaque point. Le matériau prélevé sur chaque point a été ensuite déposé sur une bâche en plastique où il a été homogénéisé avant d'être conditionné.

Plusieurs prélèvements ont également été réalisés en vue d'une détermination de la granulométrie des matériaux sur la fraction inférieure à 2 mm.

Les échantillons ont été conditionnés dans des bocaux en verre fournis par le laboratoire. Dans certain cas, un doublon de l'échantillon a été prélevé pour conservation et analyses ultérieures éventuelles, les doublons étant conditionnés dans des sachets plastiques.

Chaque échantillon a fait l'objet d'une fiche de prélèvement dans laquelle ont été consignés notamment la localisation du prélèvement, les usages recensés sur la parcelle et les caractéristiques du matériau prélevé.

#### **4.2.2.5 Végétaux potagers**

Les prélèvements de végétaux potagers ont été mis en œuvre conformément aux recommandations établies par l'ADEME (ADEME, 2014).

Ceux-ci ont été réalisés dans des jardins potagers présentant suffisamment de végétaux en matière de diversité et de quantité nécessaire aux analyses.

Les espèces ont été choisies dans le but d'être représentatives, dans la mesure du possible, des différentes catégories de légumes telles que définies par la réglementation européenne<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> Règlement portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires (règlement CE n°1831/2006 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). Le règlement vise explicitement les produits « mis sur le marché » pour « le bon fonctionnement du marché commun » et « la libre circulation des marchandises ». Les cultures maraîchères et tous les produits issus d'élevage, de pêche ou de cueillette qui sont vendus sont donc particulièrement ciblés. Il est à noter que les denrées autoconsommées ne sont pas citées dans ce règlement. Et même si cette réglementation ne s'appuie pas sur des considérations exclusivement sanitaires, la pertinence du recours à ces valeurs réglementaires déjà introduite en 2007, y compris pour de l'autoconsommation n'est pas remise en cause.

En l'absence de valeurs réglementaires, le document d'avril 2017 du MEEM, mentionne le recours :

- aux études de l'Alimentation Totale (EAT) de l'ANSES, réalisées à l'échelle nationale, pouvant également être utilisées dans le cadre de l'EM (teneurs moyennes dans les denrées alimentaires préparées). Elles reposent sur une méthodologie standardisée et recommandée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Elles ont pour objectif premier de surveiller l'exposition des populations à des substances chimiques présentes dans les aliments.

- au Codex Alimentarius pouvant constituer une référence en matière de qualité et sécurité sanitaire des denrées alimentaires commercialisées.

Dans le cadre de la présente étude les catégories de végétaux suivantes ont pu être échantillonnées dans les potagers investigués :

- Légumes racines (carotte) ;
- Légumes tubercules (pomme de terre) ;
- Légumes feuilles (salade, poireau) ;
- Légumes tiges (poireau) ;
- Légumes fruits (courge, courgette) ;
- Bulbes (oignon).

Lors de leur prélèvement, les légumes n'ont pas été pas nettoyés. Cependant, les particules de terre grossières adhérant aux racines ou aux parties aériennes ont été retirées à l'aide d'un papier propre.

Chaque prélèvement a fait l'objet d'une fiche descriptive précisant notamment :

- La localisation du jardin potager (coordonnées GPS et description) ;
- Les références cadastrales de la parcelle ;
- La superficie du jardin potager ;
- La description des végétaux prélevés ;
- La description des échantillons de sol prélevés en parallèle des végétaux ;
- Les conditions météorologiques au moment du prélèvement ;
- Les informations fournies par le jardinier lors d'une entrevue : ancienneté du jardin, historique, pratiques culturelles, amendements, arrosage, etc.

Les prélèvements de végétaux potagers ont été couplés à des prélèvements de sol, en suivant le protocole mentionné précédemment.

De même, en fonction de l'origine des eaux utilisées pour l'arrosage, des échantillons d'eau sont également prélevés.

Les végétaux prélevés ont finalement été conditionnés dans des sachets en plastique propres et stockés au frais et à l'abri de la lumière. Les échantillons ont été préparés au laboratoire avant analyse selon des consignes spécifiques précisées par l'opérateur au niveau des fiches de prélèvement. Ces dernières sont fournies dans le rapport INERIS DRC-15-153381-04996B.

#### **4.2.2.6 Mesures pXRF de terrain**

Les mesures pXRF ont été réalisées à l'aide d'un spectromètre de fluorescence X portable de marque NITON (modèle NITON® XL3t 800) par un opérateur du BRGM formé et habilité à l'utilisation de l'appareil (BRGM, 2015).

La localisation des points de mesure répond à un double objectif :

- Effectuer une reconnaissance permettant de guider l'implantation des points de prélèvement ;
- Fournir un complément aux prélèvements de sols en investiguant des zones plus étendues de façon rapide.

Les mesures pXRF ont été réalisées sur du matériau prélevé sur une profondeur de quelques centimètres et tamisé à 2 mm. Les mesures ont été réalisées en mode « Sol » avec un temps de mesure de 2 min sur chaque point. Les teneurs sont exprimées en ppm, unité équivalente au mg/kg.

Des prélèvements ont également été effectués sur 12 points de mesure (soit 12 % des points mesurés) afin d'être analysés par ICP-AES dans les laboratoires du BRGM en vue d'établir des droites de calibration. Ces droites ont été établies pour le plomb, le zinc, le cadmium et l'arsenic. Les valeurs manifestement aberrantes et les points présentant des teneurs très élevées ont été écartés des points utilisés pour la construction des droites.

Les droites de calibration ont mis en évidence une bonne corrélation entre les analyses ICP-AES et les mesures de terrain pXRF pour les éléments considérés, avec des coefficients de corrélation ( $R^2$ ) compris entre 0,81 et 0,96 (BRGM, Rapport d'essais 2015).

### **4.2.3 Stockage et transport des échantillons**

Durant les deux campagnes de prélèvements, tous les échantillons d'eau, de sol et de végétaux ont été stockés au frais dans des glacières immédiatement après leur prélèvement. Ils étaient collectés par un transporteur dans les 24h et parvenaient au laboratoire en moyenne 48h après la date de prélèvement. Une plateforme internet mise en place par le laboratoire permettait de gérer les expéditions quotidiennes et d'assurer la traçabilité des échantillons.

### **4.2.4 Méthodes analytiques**

L'essentiel des analyses (sols, eaux et sédiments) a été réalisé par le laboratoire Eurofins. Les méthodes analytiques utilisées, les limites de quantification (LQ) ainsi que les incertitudes de l'analyse sont fournies en annexe 1.

## 5 RESULTATS DES INVESTIGATIONS ET INTERPRETATION EN MATIERE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL

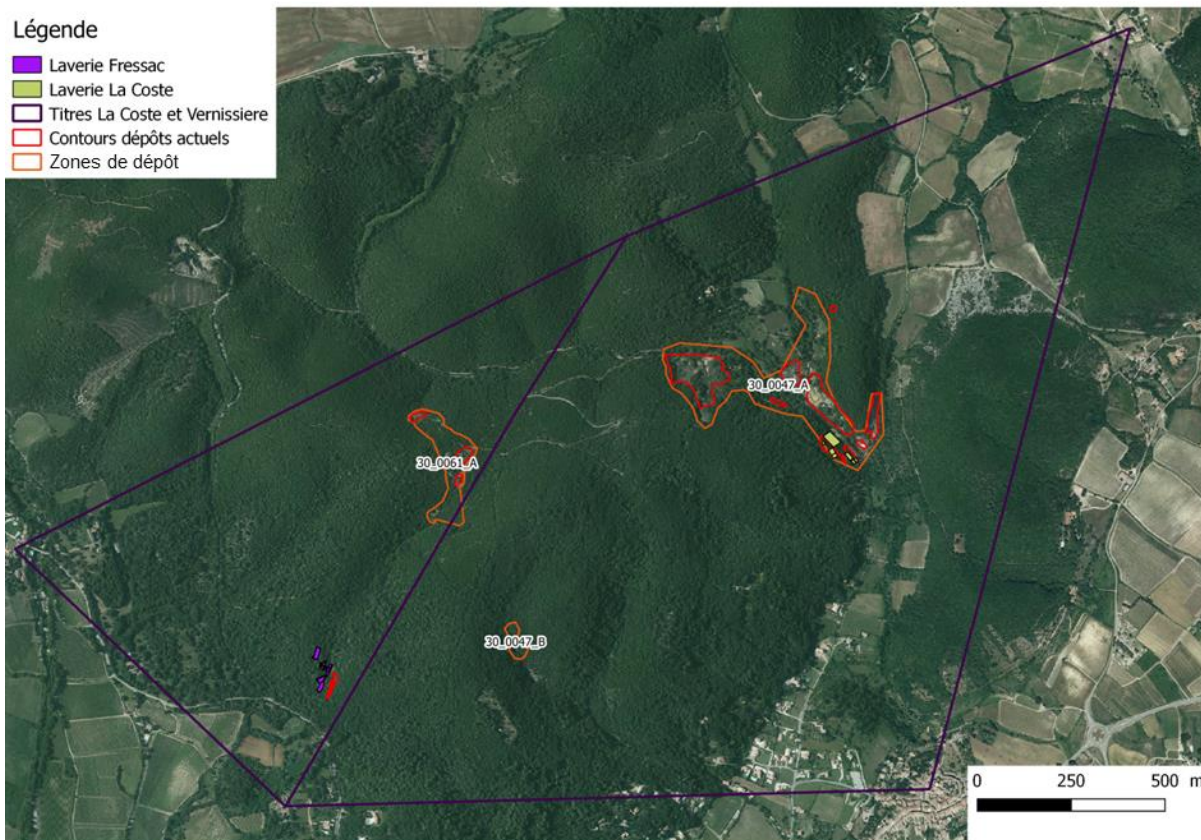
### 5.1 Caractérisation des sources de contamination : dépôts de stériles d'extraction et de résidus de traitement

Comme nous l'avons vu, la phase informative de l'étude a permis de mettre en évidence plusieurs zones de dépôts sur les concessions de Lacoste et de la Grande Vernissière présentées dans le Tableau 19 et sur la Figure 32.

CLASSE POP-ENV. DU SECTEUR	NOM DU TITRE MINIER	IDENTIFIANT DU DEPOT	SUBSTANCE EXPLOITEE	SCORES DE RISQUE			
				Pop	Eaux sout.	Eaux sup.	Faune/Flore
D	LACOSTE	30_0047_A_T1	Zinc	5	3	5	1
		30_0047_A_T2		3	3	3	1
		30_0047_A_T3		3	3	3	1
		30_0047_A_T4		3	3	3	1
		30_0047_A_T6		3	3	3	1
		30_0047_A_T7		3	3	8	1
		30_0047_A_T8		8	5	10	3
		30_0047_A_T9		5	3	10	3
		30_0047_B_T1		1	3	3	1
	LA GRANDE VERNISSIERE	30_0061_A_T1	Zinc	1	3	3	1
		30_0061_A_T3		1	3	3	1
		30_0061_A_T4		1	3	3	1

**Tableau 19 : Dépôts présents sur les titres miniers de la Lacoste et de la Grande Vernissière, avec scores de risque associés**

Ces dépôts constituent des sources de contaminants qu'il s'agit de caractériser dans leur état actuel sur les plans physique et chimique.



**Figure 32 : Localisation des dépôts observés dans le cadre de l'étude environnementale**

### 5.1.1 Titre minier de Lacoste

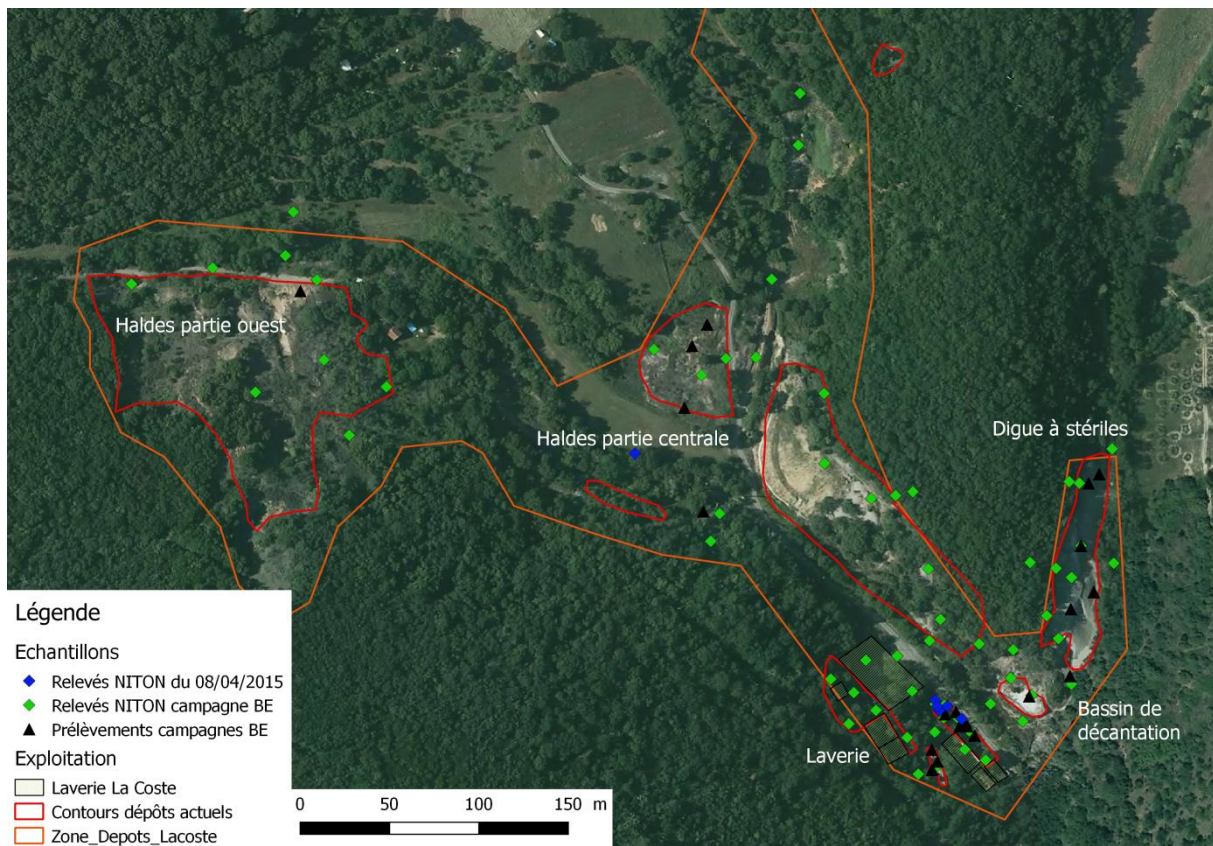
Deux zones de dépôts sont localisées sur le titre minier de Lacoste. La zone nommée 30\_0047\_A représente la zone de dépôts principale où se trouvent les résidus des mines et usines de Lacoste et Cazalis.

Cette zone comprend les anciennes installations suivantes :

- La laverie, les anciens bâtiments administratifs et le bassin de décantation situés à l'extrémité sud-est de la zone de dépôts ;
- La « digue dite à stériles » (résidus) situés à l'extrémité est de la zone au nord de la laverie, probablement constitué du curage des résidus provenant de la laverie après décantation dans les bassins ;
- Les haldes composées de stériles rocheux de creusement et de résidus de traitement qui constituent la partie centrale de la zone de dépôts ;
- D'autres haldes localisées à l'extrémité ouest de la zone, constituée également de stériles de creusement des galeries.

27 prélèvements ont été effectués sur cette zone, dont certains sur le même point mais à des profondeurs différentes de façon à rendre compte de l'évolution des horizons pédogéologiques. 13 mesures pXRF ont été effectuées lors de la visite de terrain du 8 avril 2015, et 61 lors de la campagne effectuée en basses eaux du 29 juin au 3 juillet 2015.

La Figure 33 rend compte de la localisation de ces différents points et des sous-ensembles mentionnés.



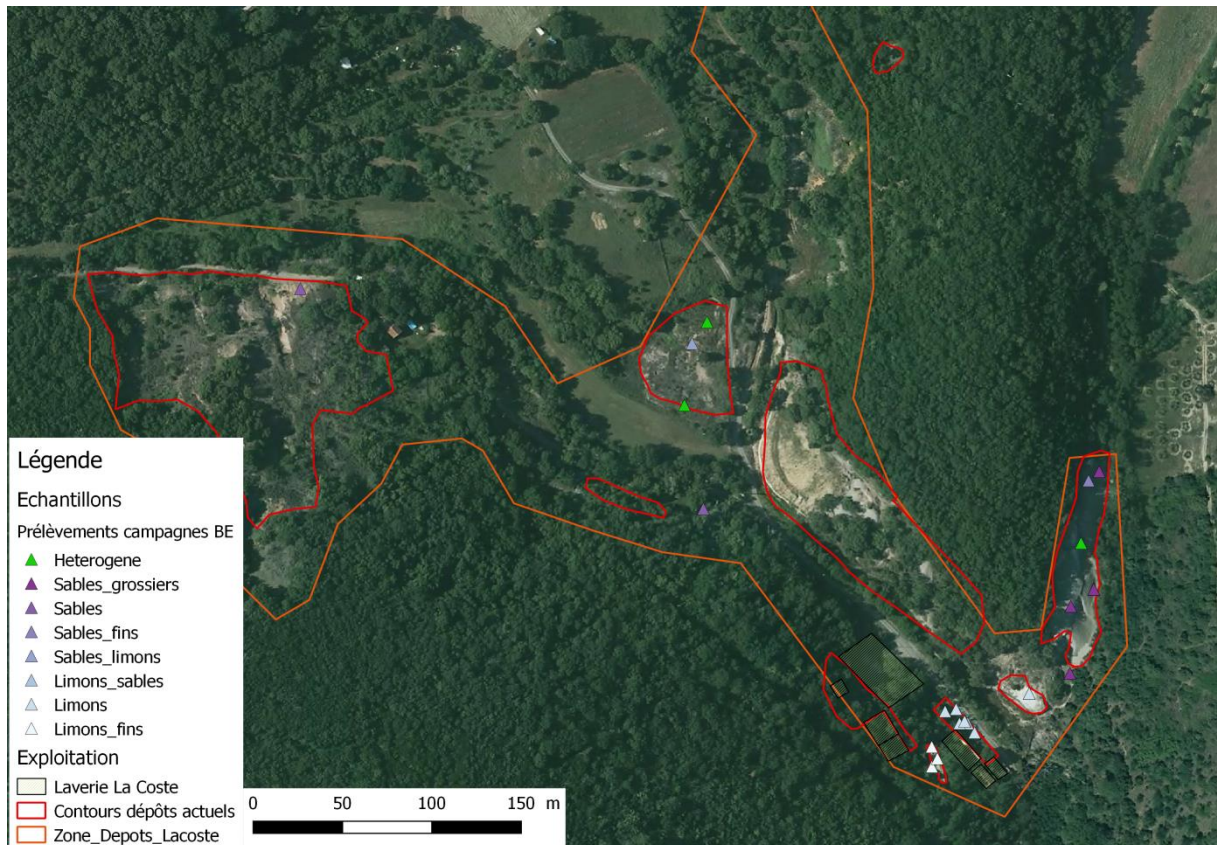
**Figure 33 : Localisation des points de mesure et d'analyse relevés sur la zone de dépôt de Lacoste**

### 5.1.1.1 Distribution de la granulométrie des résidus

Les prélèvements effectués sur la zone ont fait l'objet d'un classement granulométrique dans les laboratoires d'Eurofins. Ce classement permet de distinguer plusieurs classes granulométriques :

- Inférieur à 2  $\mu\text{m}$ , les matériaux sont considérés comme étant des limons fins ;
- Entre 2 et 20  $\mu\text{m}$ , les matériaux sont assimilés à des limons ;
- Entre 20 et 63  $\mu\text{m}$ , les matériaux peuvent être comparés à du sable fin ;
- Entre 63 et 200  $\mu\text{m}$ , les matériaux sont considérés comme du sable moyen ;
- Entre 200  $\mu\text{m}$  et 2 mm, les matériaux sont apparentés à du sable grossier.

Sur certains prélèvements, les échantillons ont présenté une granulométrie homogène avec une classe granulométrique bien représentée, sur d'autres, la taille des éléments est très hétérogène, avec plusieurs classes granulométriques présentes en des proportions proches ou équivalentes. La Figure 34 illustre la répartition des différentes classes granulométriques observées sur les résidus.



**Figure 34 : Répartition des différentes classes granulométriques sur la zone de dépôt de Lacoste**

Ces résultats confirment la répartition des différents types de matériaux sur le secteur étudié :

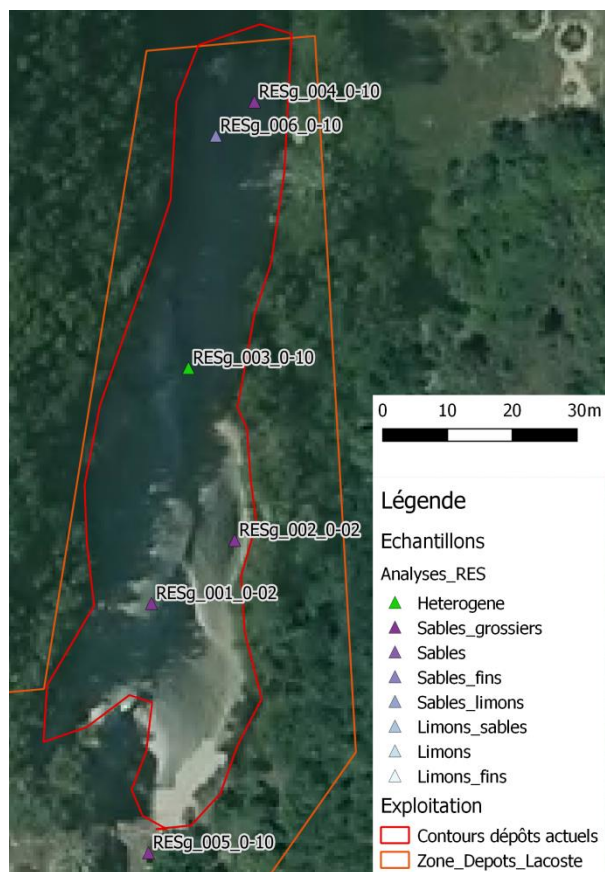
- Les matériaux fins homogènes de la classe des limons aux sables fins se situent au sud du secteur, au niveau de l'ancienne laverie, des bassins de décantation ainsi qu'à l'intérieur de la « digue à stériles » (matériaux fins provenant de la décantation des boues) (Figure 35) ;
- Les matériaux sableux homogènes de la classe des sables fins à grossiers de trouvent dans la « digue à stériles » ainsi que dans les « haldes de laverie » et correspondent à des résidus de séparation physique au sens strict (résidus de tablage ou de broyage) (Figure 36) ;
- Au niveau des haldes de la partie centrale de la zone de dépôt, les points observés et échantillons mesurés montrent une granularité très hétérogène témoignant à la fois de la grande variabilité en taille et du caractère friable des roches extraites (Figure 37).

D'une manière générale, les résidus (sables fins à moyens) présentent une couleur gris clair en surface passant au brun en profondeur, alors que les faciès plus fins ayant la granularité des limons ont une couleur marron et forment des bancs plus indurés. On note que dans la partie Est et Sud Est au niveau du bassin de décantation ou de la « digue à stériles », les résidus présentent localement des encroutements blanchâtres correspondant à des précipités de sulfates (voir Figure 35).





**Figure 35 : Localisation et observation des matériaux fins constituant les résidus au niveau de la laverie et du bassin de décantation. A noter sur la photo intermédiaire de l'échantillon RESg\_021, les précipités blanchâtres de sulfates sur et autour des fragments les plus grossiers**



**Figure 36 : Localisation et observation des matériaux sableux (sables moyens à grossiers) des résidus au niveau de la digue à stériles de la zone de dépôt de Lacoste**

### Légende

#### Echantillons

##### Granulométrie

- ▲ Heterogene
- ▲ Sables\_grossiers
- ▲ Sables\_fins
- ▲ Sables\_limons
- ▲ Limons\_sables
- ▲ Limons
- ▲ Limons\_fins

##### Exploitation

- ▭ Contours dépôts actuels
- ▭ Zone\_Depots\_Lacoste

0 25 50 75 m



**Figure 37 : Localisation et observation des matériaux hétérogènes de stériles rocheux au niveau des haldes de la partie centrale de Lacoste**

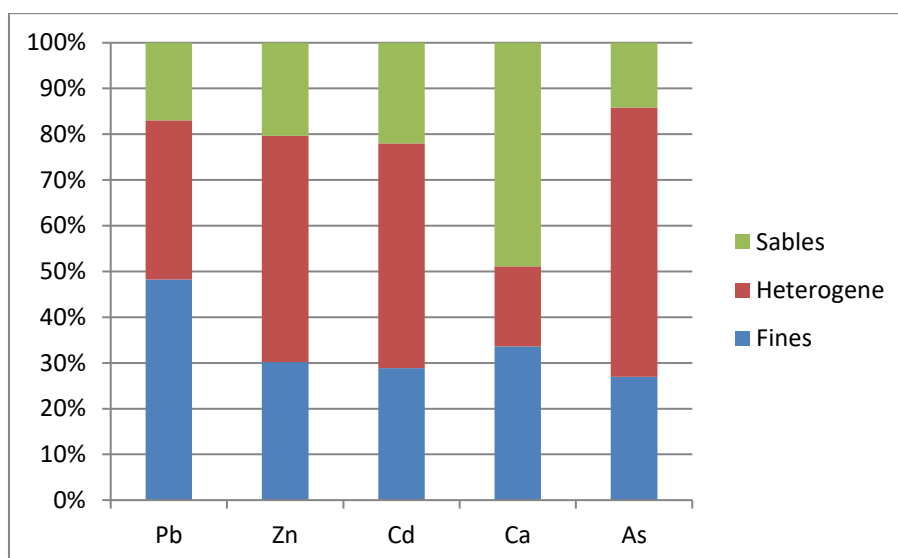
### 5.1.1.2 Géochimie des stériles et résidus

Plusieurs éléments chimiques typiques des gisements considérés ont été mesurés par fluorescence X (pXRF) puis analysés par spectrométrie ICP-AES sur les prélèvements sélectionnés.

Ces éléments considérés comme typiques pour l'analyse géochimique sont les suivants :

- Le calcium témoin de la composition chimique dominante des roches encaissantes (calcaires et dolomies) et constituant la gangue à dominante calcique du minerai ;
- Les métaux plomb et zinc recherchés et exploités dans les différents minerais ;
- L'arsenic<sup>10</sup> et le cadmium, toxiques et considérés comme éléments accompagnateurs des minéraux de plomb, de zinc et de fer.

La *Figure 38* présente les résultats de l'étude granulochimique avec la distribution des teneurs des éléments chimiques considérés par grandes coupures granulométriques dans les échantillons analysés.



**Figure 38 : Distribution des éléments chimiques d'intérêt en fonction de la granulométrie des échantillons considérés**

Ces résultats soulignent que les matériaux fins plus aptes à fixer les polluants métalliques, présents autour de la laverie et dans le bassin de décantation ont une distribution assez homogène, et sont généralement enrichis en plomb.

Les résidus de la « digue stériles » (résidus), plus sableux et donc moins disposés à fixer les métaux sur de fines particules ont logiquement une composition plus faible en plomb, zinc, arsenic et cadmium, et plus élevée en calcium témoignant de leur enrichissement en minéraux de gangue calcaire et dolomitique.

<sup>10</sup> Bien que l'arsénopyrite (FeAsS), principal sulfure d'arsenic n'ait pas été identifiée dans les minéralisations de Lacoste et Grande Vernissière, l'existence d'arsenic peut vraisemblablement être expliquée par son association étroite avec un sulfure de fer (inclusion dans de la pyrite par exemple)

Enfin, les haldes de stériles d'exploitation (ou de creusement), très hétérogènes sur le plan granulométrique sont moins enrichies en plomb et en calcium, et ont une concentration homogène en zinc, arsenic et cadmium.

On notera au passage, la bonne corrélation des contenus en zinc et cadmium, confirmant leur étroite affinité chimique et minéralogique (cadmium inclut dans la blende).

Les Tableau 20, Tableau 21 et Tableau 22 suivants rassemblent les valeurs mesurées au moyen de la fluorescence X portable (pXRF) et portant sur les matériaux contenus dans les différentes installations identifiés dans la zone de dépôts (« digue à stériles », laverie et bassins de décantation, haldes de laverie et haldes de stériles rocheux).

Mesure	Localisation	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Granulométrie
lac-15-res-n001	DIGUE A STERILES (Résidus)	< LOD	< LOD	< LOD	94	169203	Sables
lac-15-res-n002		299	8994	53	43	142691	Sables
lac-15-res-n004		376	22913	50	37	132974	Sables
lac-15-sol-n005		3601	<b>40444</b>	108	66	108790	Sables
lac-15-sol-n010		2118	<b>31601</b>	< LOD	75	157152	Sables
lac-15-sol-n012		2773	<b>33799</b>	< LOD	62	131677	Sables
lac-15-sol-n013		< LOD	< LOD	< LOD	63	138076	Sables

**Tableau 20 : Mesures pXRF sélectionnées et représentatives sur la « digue à stériles »**

Mesure	Localisation	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Granulométrie
20	LAVERIE	5082	49776	122	83	67647	Fines
21		4590	51438	59	73	54781	Fines
22		3402	35324	106	75	51653	Fines
23		< LOD	< LOD	81	65	73650	Fines
24		<b>7224</b>	<b>68458</b>	<b>188</b>	<b>100</b>	109410	Fines
25		<b>7867</b>	<b>62333</b>	<b>205</b>	<b>102</b>	118633	Fines
26		<b>8682</b>	<b>68030</b>	<b>190</b>	<b>118</b>	132976	Fines
27		<b>9904</b>	<b>70529</b>	< LOD	<b>129</b>	220669	Fines
28		<b>11236</b>	<b>72535</b>	150	<b>138</b>	208077	Fines
29		8450	51706	15	77	96771	Fines
30		1316	13971	133	11	37156	Fines
30		< LOD	< LOD	160	122	206188	Fines
31		456	14495	62	38	117381	Fines
lac-15-res-n021		< LOD	< LOD	125	74	101388	Fines
lac-15-res-n038	BASSIN	< LOD	< LOD	< LOD	72	68699	Fines
lac-15-res-n039		1282	36959	96	62	83154	Fines
lac-15-res-n047	LAVERIE	<b>8572</b>	<b>71921</b>	< LOD	<b>144</b>	133795	Fines
lac-15-res-n053		< LOD	< LOD	88	58	90394	Fines
lac-15-sol-n014	BASSIN	1533	43176	< LOD	63	62643	Fines
lac-15-sol-n023	LAVERIE	1386	22058	97	< LOD	54293	Fines
lac-15-sol-n024	BASSIN	392	<b>11777</b>	< LOD	28	128280	Fines
lac-15-sol-n041	LAVERIE	1346	<b>32907</b>	< LOD	54	86996	Fines
lac-15-sol-n042		3280	49695	< LOD	109	53952	Fines
lac-15-sol-n043		<b>6397</b>	<b>57455</b>	< LOD	<b>126</b>	110011	Fines
lac-15-sol-n044		< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	96396	Fines
lac-15-sol-n045		2509	21556	< LOD	32	29128	Fines
lac-15-sol-n046		5343	46357	< LOD	87	82121	Fines
lac-15-sol-n048		<b>7935</b>	<b>59737</b>	< LOD	<b>118</b>	108653	Fines
lac-15-sol-n049		1897	29893	113	49	48012	Fines
lac-15-sol-n050		3611	46192	< LOD	62	70662	Fines
lac-15-sol-n051		<b>3043</b>	<b>27602</b>	217	33	44522	Fines
lac-15-sol-n052		5436	44249	186	70	67548	Fines
lac-15-sol-n055		760	44282	< LOD	48	91650	Fines

**Tableau 21 : Mesures pXRF sélectionnées et représentatives sur les installations de la laverie**

MESURE	Localisation	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Granulométrie
2	HALDES de STERILES	1452	6698	103	8,8	30817	Hétérogène
lac-15-res-n056		3702	20742	183	53	107418	Hétérogène
lac-15-res-n057		4564	21693	229	55	96722	Hétérogène
lac-15-res-n058		3554	5464	<b>265</b>	< LOD	59858	Hétérogène
lac-15-res-n059		<b>5426</b>	32159	<b>347</b>	40	7464	Hétérogène
lac-15-res-n060		3582	<b>73041</b>	<b>339</b>	<b>107</b>	57025	Hétérogène
lac-15-res-n094		1773	<b>260733</b>	<b>314</b>	<b>414</b>	30133	Hétérogène
lac-15-res-n095		3021	162034	<b>293</b>	<b>217</b>	30166	Hétérogène
lac-15-res-n096		2727	<b>98254</b>	<b>558</b>	<b>228</b>	32445	Hétérogène

**Tableau 22 : Mesures pXRF sélectionnées sur les haldes de stériles rocheux de la partie centrale et partie Ouest (MCO)**

On observe dans la « digue à stériles » (résidus) de fortes valeurs en zinc (3000 à 4000 mg/kg) pas toujours corrélées aux concentrations élevées en cadmium (60 mg/kg). Dans les matériaux situés autour de la laverie et de ses bassins de décantation, les valeurs sont plus homogènes, plus élevées (Zn entre 2000 et 7000 mg/kg par exemple) et les éléments (Pb, Zn, As, Cd) mieux corrélés entre eux. Les valeurs les plus élevées en Zinc (jusqu'à 260000 mg/kg), plomb (jusqu'à 5000 mg/kg), cadmium (jusqu'à 414 mg/kg) et surtout en arsenic (entre 100 et 558 mg/kg) ont été mesurées sur les haldes de stériles rocheux témoignant de la présence résiduelle de minéralisations, souvent encore visibles à l'œil nu.

Les cartes de la Figure 39 ci-après présentent les résultats et la répartition des teneurs mesurées (pXRF) pour les éléments métalliques et polluants associés (Zn, Pb, As, Cd). La carte de la Figure 40 présente les résultats des mesures pour le calcium à titre comparatif avec les éléments chimiques précédents. Les gammes de valeurs représentées ont été établies selon le calcul statistique suivant :

- De la valeur minimale à celle du premier quartile ;
- De la valeur du premier quartile à celle de la médiane ;
- De la valeur de la médiane à celle du troisième quartile ;
- De la valeur du troisième quartile à la valeur maximale.





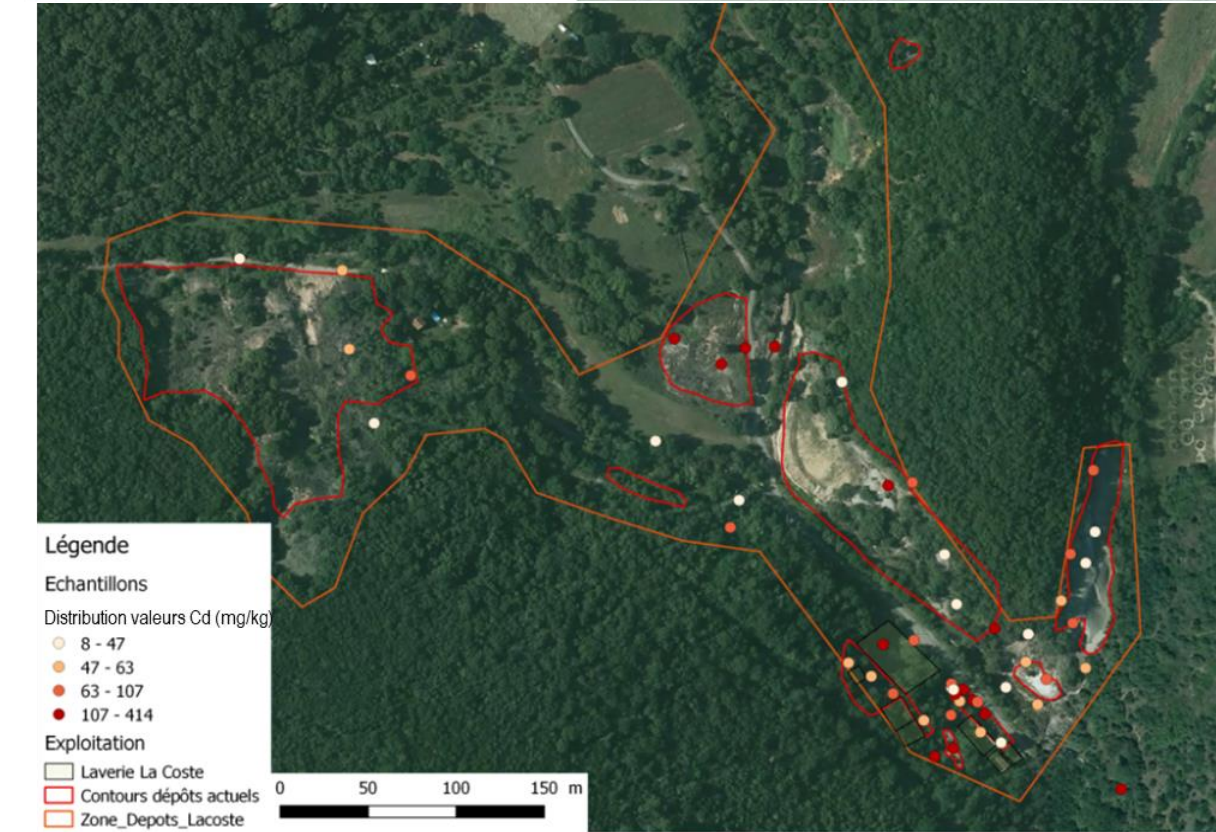
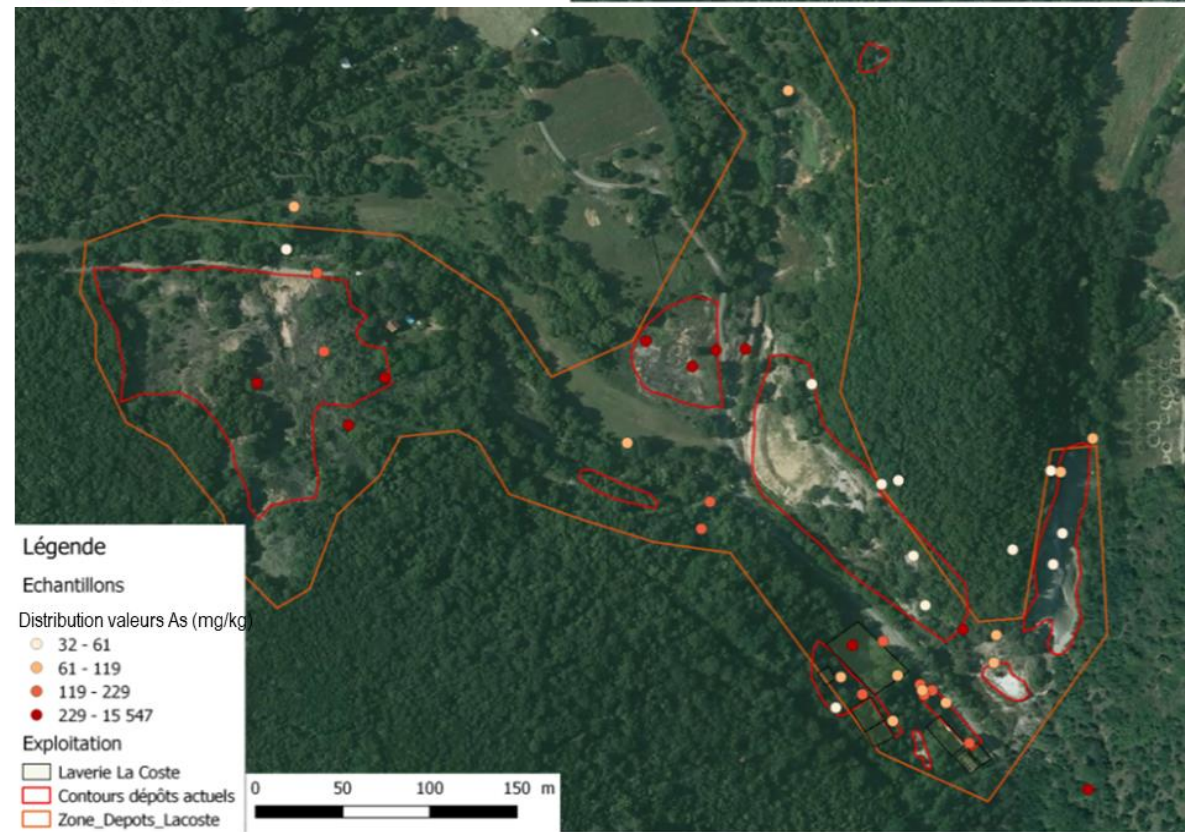
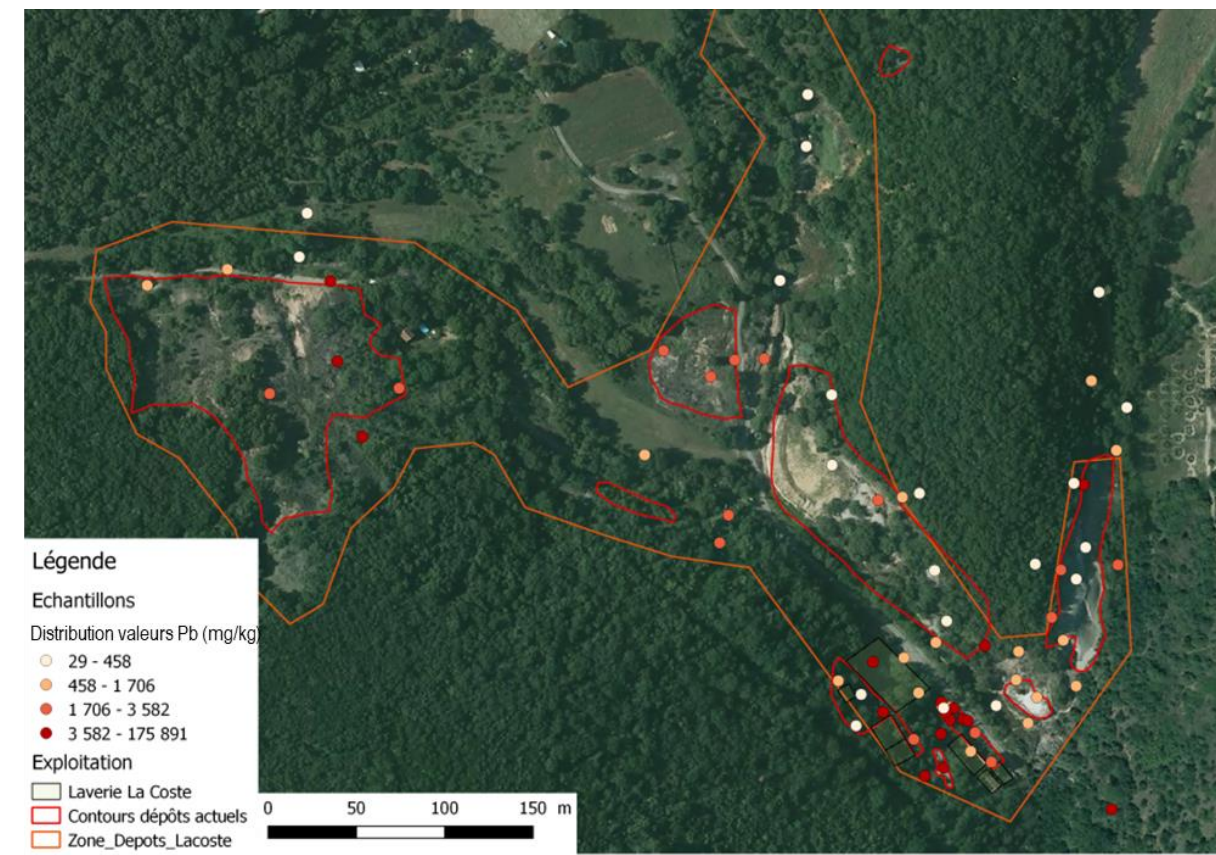
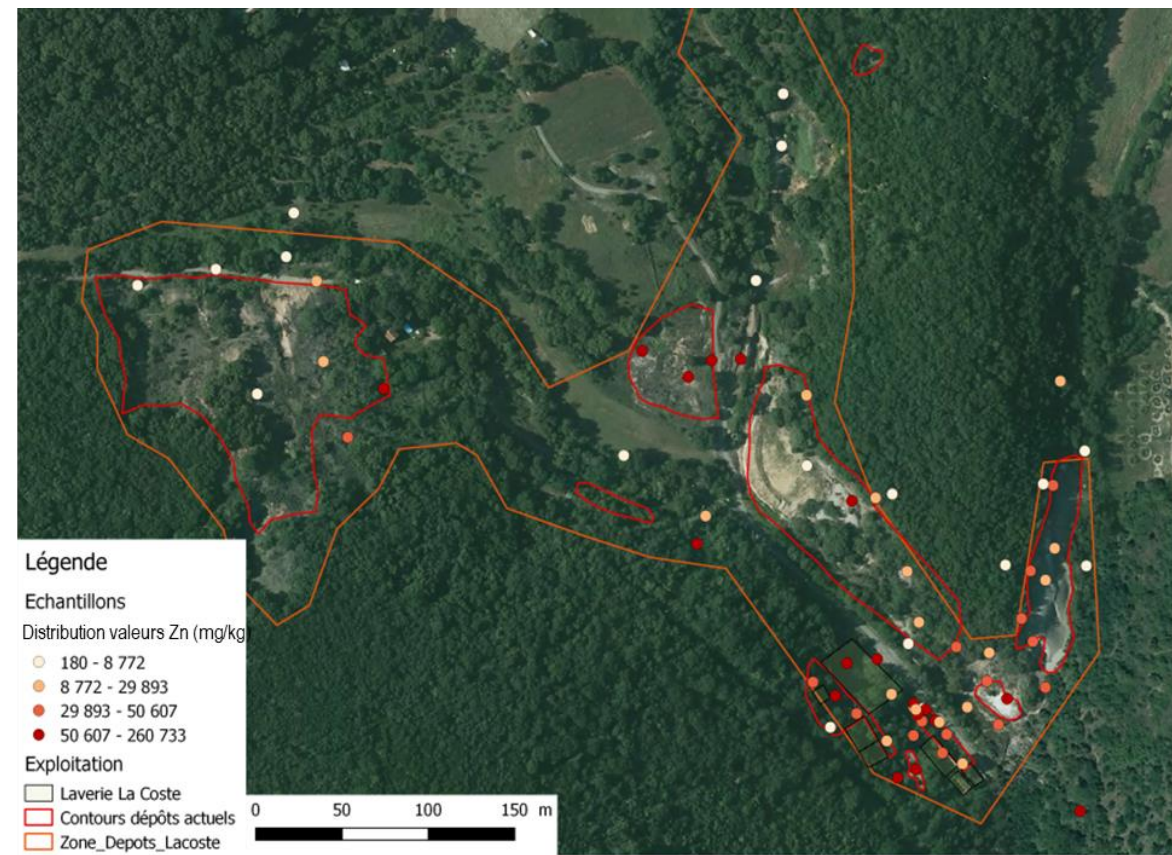
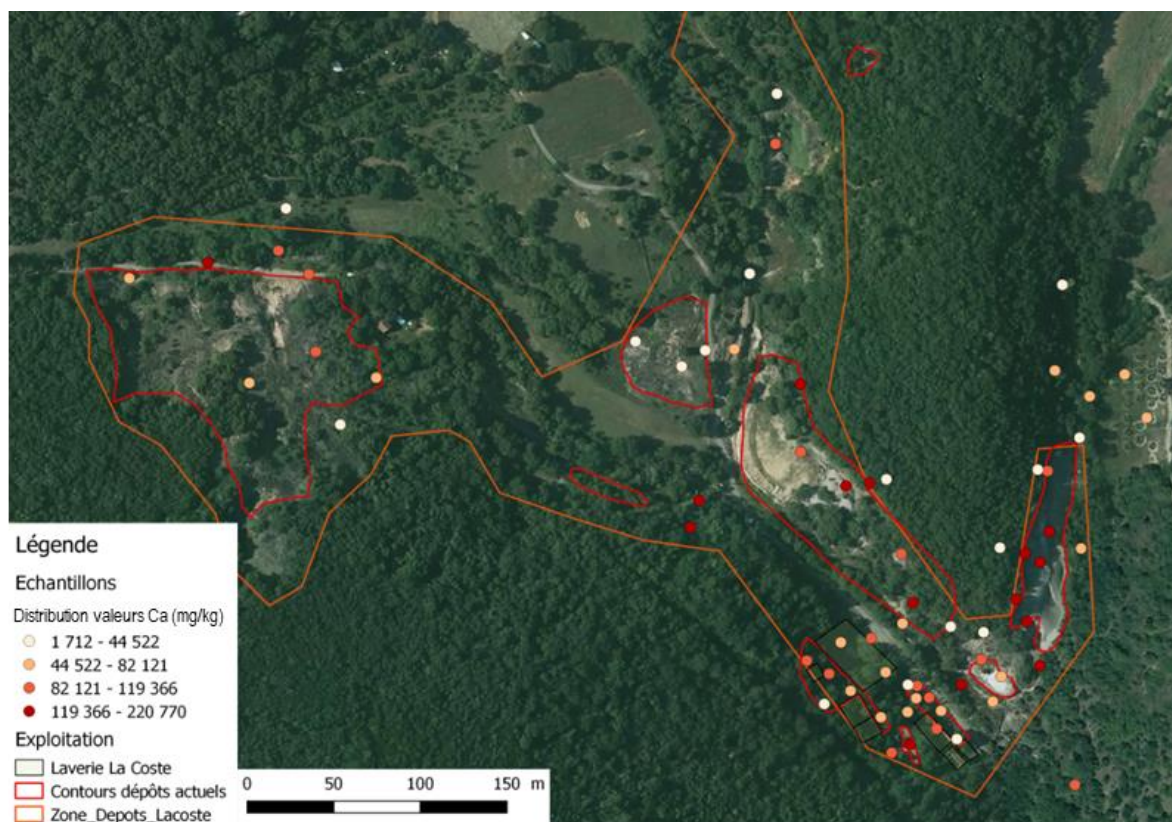


Figure 39 : Cartes des teneurs obtenues par fluorescence X de terrain (xPRF) pour les éléments Zn, Pb, As et Cd sur la zone de dépôt de Lacoste



La Figure 40 présente quant à elle, la répartition des teneurs en calcium sur la zone de dépôt. Ceux-ci sont simplement à mettre en relation avec les minéraux de gangue calcaro-dolomitique des minerais et de l'encaissant.



**Figure 40 : Carte des teneurs pour l'élément Ca sur la zone de dépôt de Lacoste**

Les résultats des analyses chimiques effectuées en laboratoire sur les prélèvements sélectionnés sont rassemblés dans le Tableau 23. Ils confirment les mesures faites au moyen de la fluorescence X portable tout en précisant les valeurs mesurées. On constate que les éléments chimiques d'intérêt sont diversement répartis et à des concentrations variables dans les différents secteurs constituant la zone d'étude, en soulignant les faits importants suivants :

- Les échantillons ayant les plus fortes concentrations ponctuelles en **As (456 et 517 mg/kg)**, **Fe (29000 à 40000 mg/kg)**, **Cd (122 à 239 mg/kg)**, **Zn (60000 à 118000 mg/kg)** et **Ni (11 à 14 mg/kg)** sont tous situés dans l'ancienne halde de stériles rocheux de la partie centrale. Ces échantillons correspondent aux prélèvements RESg\_038 et 040. On y observe une excellente corrélation entre Zn et Cd, ainsi qu'entre As, Fe, Ni et Sb sans doute portés par un sulfure de fer. Ces échantillons sont par contre appauvris en plomb (2000 mg/kg). Nul doute que les matériaux échantillonnés présentent encore des minéralisations observables avec des résultats analytiques donnant un « effet de pépite » ;
- A l'opposé, les échantillons RESg\_001 à 006, situés dans l'ancienne « digue à stériles » (résidus) sont plus riches en **plomb (environ 25000 mg/kg)** avec un peu d'argent (21 à 26 mg/kg) notable et des teneurs significatives en zinc résiduel (17000 à 60000 mg/kg). On note ici la présence de baryum (entre 78 et 200 mg/kg) attestant de la présence de barytine ( $BaSO_4$ ) et une bonne corrélation entre le fer (9000 à

14000 mg/kg), **l'arsenic (320 à 347 mg/kg)** et l'antimoine (70 à 114 mg/kg) sans doute portés par le même minéral ;

- Trois prélèvements effectués à des profondeurs différentes au même emplacement (RESg\_021) dans l'ancien bassin de décantation, révèlent des concentrations résiduelles élevées en **zinc (autour de 80000 mg/kg)**, associées à du cadmium en concentration notable (78 à 88 mg/kg) mais avec peu de fer (4000 à 7000 mg/kg) et d'arsenic (autour de 40 mg/kg).

ECHANTILLON		LOCALISATION	Paramètres	Sb	Ag	As	Ba	Cd	Ca	Cu	Fe	Mg	Mn	Ni	Pb	Zinc	
			Unités	mg/kg MS	mg/kg MS	mg/kg MS	mg/kg MS	mg/kg MS	mg/kg MS	mg/kg MS	mg/kg MS	mg/kg MS	mg/kg MS	mg/kg MS	mg/kg MS	mg/kg MS	mg/kg MS
			Incertitude			30%	35%	15%		20%	25%		30%	10%	15%	15%	
			LQ	1	5	1	1	0,4	50	5	5	5	1	1	5	5	
RESg_001	0-2 cm	Digue à stériles	15,7	<5.00	69,9	40,2	54,9	193000	5,75	5640	103000	442	1,84	1330	37100		
	0-10 cm		18,7	<5.00	96,9	48,1	57,1	177000	9,87	6940	95000	432	5,4	1580	40200		
RESg_002	0-2 cm	Digue à stériles	10,9	<5.00	39,7	50,3	44,2	212000	6,37	4230	114000	467	1,92	930	27400		
	0-10 cm		16,2	<5.00	67,1	124	69,4	198000	12,4	5660	109000	483	1,83	2190	41600		
	0-40 cm		13,7	<5.00	58,7	69,2	61,4	195000	7,28	5390	107000	470	1,69	1330	34600		
RESg_003	0-2 cm	Digue à stériles	<b>70,8</b>	<b>21,4</b>	<b>321</b>	<b>78,3</b>	<b>86,1</b>	<b>122000</b>	<b>72,5</b>	<b>9460</b>	<b>89500</b>	<b>331</b>	<b>6,4</b>	<b>24700</b>	<b>51700</b>		
	0-10 cm		<b>93,8</b>	<b>24,6</b>	<b>323</b>	<b>201</b>	<b>103</b>	<b>149000</b>	<b>96,8</b>	<b>11600</b>	<b>76300</b>	<b>388</b>	<b>6,47</b>	<b>25900</b>	<b>62800</b>		
	0-60 cm		<b>114</b>	<b>26,1</b>	<b>347</b>	<b>188</b>	<b>92,9</b>	<b>111000</b>	<b>134</b>	<b>13800</b>	<b>54600</b>	<b>350</b>	<b>5,61</b>	<b>24100</b>	<b>52800</b>		
RESg_004	0-2 cm	Digue à stériles	7,86	<5.00	29,2	26,2	32	211000	<5.00	4050	116000	448	1,05	451	17000		
	0-10 cm		9,45	<5.00	42,4	40,5	42,7	198000	<5.00	4950	108000	446	2,07	627	26100		
RESg_005	0-2 cm	Digue à stériles	16,9	<5.00	64,5	72,9	66,4	195000	11,9	5350	103000	447	1,95	1540	40200		
	0-10 cm		16,6	<5.00	61,3	86,3	73,1	191000	10,2	5480	100000	439	1,9	2090	43600		
RESg_006	0-10 cm	Digue à stériles	13,7	<5.00	50,6	61,2	54,1	199000	9,19	4850	106000	440	1,4	1170	26400		
SOLg_016	0-10 cm	Haldes de laverie	17,9	<5.00	117	72,4	52,5	114000	21,7	13700	41700	309	9,87	2160	39700		
SOLg_017	0-10 cm	Haldes de laverie	17,8	<5.00	55,2	31,7	63	154000	7,36	6800	66100	320	3,5	728	38900		
RESg_021	0-2 cm	Bassin de décantation	8,72	<5.00	32,4	37,5	<b>87,4</b>	109000	14,3	4100	39600	121	2,55	989	<b>81800</b>		
	0-10 cm		11,2	<5.00	43,8	63,1	<b>77,9</b>	102000	23,5	5870	29100	138	4,06	<b>1480</b>	<b>77400</b>		
	75-100 cm		11,2	<5.00	46,7	33,4	<b>88</b>	103000	37,1	7150	25300	111	5,1	<b>1450</b>	<b>88700</b>		
RESg_022	0-2 cm	"Bassins" devant bâtiments administratifs	26,5	<5.00	76,1	231	65,2	131000	35	7320	60000	260	3,97	4670	44000		
	0-10 cm		34,1	<5.00	97,4	237	76,4	138000	48,5	10200	62800	316	5,54	4670	48400		
	0-100 cm		33	<5.00	110	229	77,1	129000	48,6	10100	54100	283	6,15	7290	52200		
	100-120 cm		36,3	<5.00	89,7	207	<b>92,6</b>	153000	50,9	8680	76500	339	3,65	<b>14100</b>	<b>51900</b>		
RESg_023	0-2 cm	Dépôt au-dessus bâtiments administratifs	29,8	<5.00	91,3	204	77,3	142000	46,8	8700	62000	304	4,24	7550	49400		
	0-10 cm		38,8	<5.00	110	240	90,1	145000	59,5	10100	71200	358	4,52	7410	52900		
RESg_024	0-2 cm	Résidus devant la laverie	11,8	18,8	46,1	26,8	327	180000	77,7	11600	33200	278	5,96	2660	91100		
	0-20 cm		10,7	20,4	46,9	41,3	319	182000	83,9	13200	28500	256	7,88	1640	86000		
	20-40 cm		7,48	6,8	61,4	78,5	122	85100	41,1	25600	14500	284	30,2	623	30400		
RESg_025	0-10 cm	Bassins laverie	11,8	<5.00	76,7	104	75,2	52500	33,3	32000	11600	234	33,3	2350	19500		
RESg_027	0-2 cm	Bassins au-dessus de la laverie	15,5	13,2	65,8	24	161	199000	44,1	14800	34900	454	7,54	5490	61300		
	0-30 cm		17,2	14,6	65,8	27,6	219	199000	44,6	14100	35000	305	6,77	7060	59500		
RESg_037	0-10 cm	Halde de stériles MCO	30,9	<5.00	168	12,1	26,8	157000	6,59	14000	82500	692	4,4	4680	15600		
RESg_038	0-10 cm	Anciennes haldes de stériles partie centrale	24,1	21,3	<b>456</b>	54,4	<b>239</b>	64800	17	29900	12400	709	10,9	2750	<b>118000</b>		
RESg_039	0-10 cm		11,4	<5.00	103	71,8	27,8	87200	43,9	22100	19100	532	19,8	1630	18100		
RESg_040	0-10 cm		25,8	9,75	<b>517</b>	53,3	<b>122</b>	69500	17	<b>40100</b>	33400	850	14,2	2440	<b>61500</b>		
RESg_041	0-20 cm	Dépôt sud anciennes haldes	10,8	<5.00	120	299	27,2	185000	46	9230	74000	404	6,42	1550	21300		

Tableau 23. Résultats des analyses chimiques par ICP-AES réalisées sur les résidus de traitement et les stériles d'exploitation de la zone de dépôts de Lacoste



### 5.1.1.3 Conclusion sur la caractérisation des résidus de la zone de dépôt de Lacoste

La zone de dépôt de Lacoste est caractérisée par l'étalement des dépôts de matériaux d'extraction et des ouvrages de rejets de laverie autour des travaux et de l'ancienne usine, ce qui constitue autant de sources potentielles de contamination vis-à-vis du milieu naturel.

On distingue :

- Au niveau des anciens bâtiments de la laverie et du bassin de décantation, les dépôts ont été relativement bien caractérisés. Les matériaux sont bien classés et correspondent à la granularité des limons témoignant de la décantation des anciens rejets boueux. Le plomb, le zinc et le cadmium sont corrélés dans leur répartition. La composition modale de ces dépôts en plomb, zinc, cadmium, arsenic, fer est relativement homogène, avec un léger enrichissement en plomb ;
- La « digue à stériles » située au nord de la laverie et en rive gauche du ruisseau du Vassorgues est constituée par des matériaux également bien classés, variant entre sables fins et grossiers. Ce sont typiquement des rejets de laverie qui sur le plan chimique renferment du zinc résiduel bien corrélé au cadmium et localement de fortes teneurs en plomb (environ 25000 mg/kg) corrélé à l'argent (galène argentifère), à l'arsenic, l'antimoine et au fer ;
- Les haldes de stériles rocheux disposés plus au nord dans les parties centrale et ouest, proches des anciennes galeries, occupent le plus d'espace dans la zone de dépôt. Compte-tenu de leur forte hétérogénéité à la fois de constitution et de granularité (entre sables et blocs), ils ont une densité de points de mesures plus faible et il est plus difficile d'y établir des échantillons représentatifs et donc de donner des mesures et analyses pertinentes. On notera cependant que ces haldes de stériles rocheux peuvent être encore minéralisées comme en témoignent leur composition modale en zinc et cadmium avec ponctuellement de très fortes concentrations en As, Pb, Fe, Zn et Cd.

D'une manière générale, l'ensemble de ces dépôts ne sont pas physiquement stabilisés. Les anciens ouvrages de retenue sont en ruine ou entièrement disparus. Les matériaux accumulés sont largement érodés et lessivés par les pluies depuis de nombreuses décennies et encore aujourd'hui, sujets à une migration importante dans le milieu naturel.

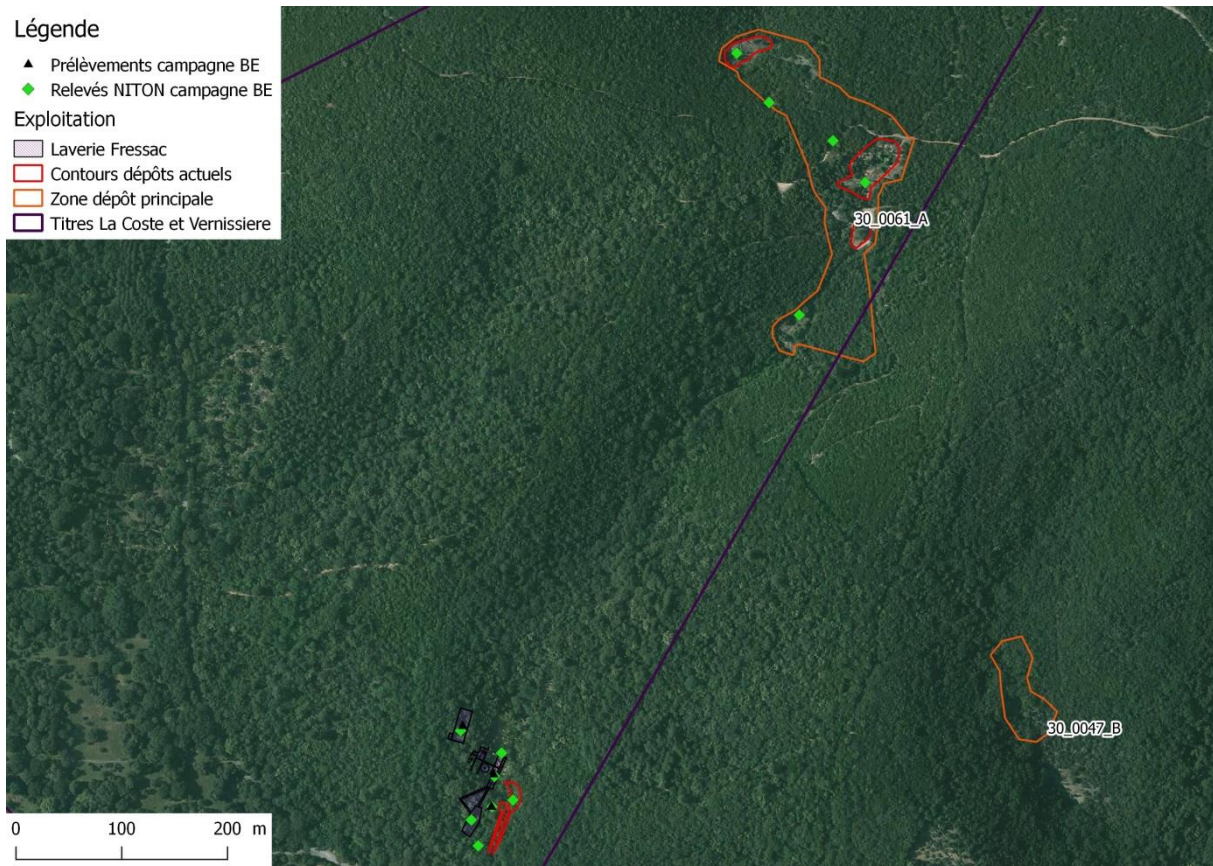
Le Tableau 24 présente les gammes de valeurs moyennes retenues pour caractériser la composition chimique des dépôts de Lacoste.

	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>	<b>As</b>	<b>Cd</b>	<b>Ca</b>
Digue à stériles	1 800	27 500	70	60	135 000
Laverie et bassin	5 200	48 000	140	85	90 000
Halles de stériles	3 500	95 500	300	140	50 000

**Tableau 24. Valeurs moyennes des concentrations en éléments chimiques retenues sur la zone de dépôt de Lacoste (en mg/kg)**

## 5.1.2 Titre minier de la Grande Vernissière

Une seule zone de dépôt (répertoriée 30\_0061\_A) correspondant au site anciennement exploité a été identifiée sur le titre minier de la Grande Vernissière, alors que L'ancienne laverie dite de Fressac, se situe à 600 m en contrebas au sud du site, comme indiqué sur la Figure 41. Cinq mesures fluorescence X de terrain pXRF ont été effectuées par le BRGM sur la zone de dépôt, sept sur la laverie, et six prélèvements y ont également été effectués par GEODERIS. A noter que deux prélèvements ont été également exécutés par le BRGM sur deux points de mesures pXRF, de manière à les comparer avec les analyses chimiques de laboratoire. Le Tableau 25 résume l'ensemble des points analysés.



**Figure 41 : Localisation des anciennes installations et dépôts analysés sur la concession de la Grande Vernissière (l'ancienne laverie de Fressac est située au sud de la figure)**

### 5.1.2.1 Caractérisation géochimique

Concernant les haldes de la zone de dépôt, aucune analyse granulométrique n'a été effectuée, mais l'observation de terrain indique un matériel très hétérogène rappelant les haldes de stériles rocheux de Lacoste, comme indiqué sur la Figure 42.





**Figure 42 : Vue sur les haldes de stériles de la zone de dépôt de la Grande Vernissière**

Au niveau de la laverie, les matériaux observés dans l'ancien bassin de décantation (voir photos de la Figure 43 et Figure 44), sont beaucoup plus homogènes avec une granularité comprise entre celle des limons et celle des sables fins, ce qui confirme leur origine d'anciennes boues décantées. Leur couleur passe du beige clair en surface à l'ocre un peu plus foncé en profondeur.



**Figure 43 : Vestige du bassin de décantation de la laverie de Fressac**



**Figure 44 : Résidus échantillonnés sur la laverie de Fressac. Les matériaux sont très fins, beige clair virant sur le brun en profondeur**

Sur le plan de la composition chimique, le Tableau 25 ci-dessous rassemble les résultats des principales mesures pXRF et des analyses chimiques en laboratoire.

Nom	Pb	Zn	As	Cd	Ca	Localisation
<i>Zone de dépôt La Grande Vernissière (anciens travaux)</i>						
lac-15-res-n071	770	41019	104	171	114621	Cavité Nord
lac-15-res-n072	329	18824	58	116	4410	Travaux Nord
lac-15-res-n073	1047	284443	159	1350	42409	Travaux Nord
lac-15-res-n074	543	3914	75	<LOD	69386	Carrière
lac-15-res-n075	1105	109323	102	309	74705	Carrière
<i>Ancienne laverie de Fressac</i>						
lac-15-res-n065	3539	106295	<LOD	460	120047	Bord est de laverie
lac-15-res-n066	2574	17351	<LOD	80	30350	Bassin de décantation
lac-15-res-n067	4196	42849	<LOD	190	183836	Bord est de laverie
lac-15-res-n069	3308	129815	193	367	160851	Bassin de décantation
lac-15-res-n070	5414	61836	<LOD	248	136518	Bassin de décantation
lac-15-res-n076	36847	64909	922	266	75731	Laverie
lac-15-sol-n068	113	1689	65	<LOD	6468	Bord est de laverie

**Tableau 25 : Résultats des mesures (pXRF) sur les principaux éléments suivis dans la zone de dépôt de la Grande Vernissière et dans l'ancienne laverie de Fressac, (les unités sont en mg/kg)**

Les mesures de terrain révèlent deux valeurs particulièrement élevées en zinc (280000 et 100000 mg/kg) corrélées au cadmium (1350 et 309 mg/kg) localisés dans les haldes des anciens travaux miniers. Au niveau de l'ancienne laverie, on note la présence du zinc et du cadmium en concentrations notables (entre 17000 et 120000 mg/kg en Zn et entre 80 et 460 mg/kg en Cd) et surtout un point à haute teneur en plomb (plus de 36000 mg/kg) et arsenic (922 mg/kg).

Ces gammes de concentrations sont confirmées par les analyses chimiques (Tableau 26) qui soulignent des concentrations maximales en zinc (90000 mg/kg) corrélée au cadmium (327 mg/kg) sur les prélèvements à 2 profondeurs différentes (0-10 et 10-20 cm) du résidu de laverie RESg\_024. On note une valeur particulièrement élevée en plomb (7000 mg/kg) sur le prélèvement à 30 cm de profondeur d'un résidu prélevé dans un ancien bassin (RESg\_027), teneur associée à une forte concentration en zinc (60000 mg/kg) et en cadmium (219 mg/kg). On notera que sur ce même échantillon 027, les concentrations en plomb, zinc et cadmium augmentent avec la profondeur alors qu'à l'inverse sur l'échantillon RESg\_024, les teneurs en ces mêmes éléments baissent.

ECHANTILLON			Paramètres													
			Sb	Ag	As	Ba	Cd	Ca	Cu	Fe	Mg	Mn	Ni	Pb	Zinc	
Unités			mg/kg MS	mg/kg M	mg/kg M	mg/kg M	mg/kg M	mg/kg MS	mg/kg M	mg/kg MS	mg/kg MS	mg/kg MS	mg/kg MS	mg/kg MS	mg/kg MS	
Incertitude					30%	35%	15%		20%	25%		30%	10%	15%	15%	
LQ			1	5	1	1	0,4	50	5	5	5	1	1	5	5	
RESg_024	0-2 cm	Résidu devant la laverie	11,8	18,8	46,1	26,8	327	180000	77,7	11600	33200	278	5,96	2660	91100	
	0-20 cm		10,7	20,4	46,9	41,3	319	182000	83,9	13200	28500	256	7,88	1640	86000	
	20-40 cm		7,48	6,8	61,4	78,5	122	85100	41,1	25600	14500	284	30,2	623	30400	
RESg_025	0-10 cm	Bassins laverie	11,8	<5,00	76,7	104	75,2	52500	33,3	32000	11600	234	33,3	2350	19500	
RESg_027	0-2 cm	Bassins au-dessus de la laverie	15,5	13,2	65,8	24	161	199000	44,1	14800	34900	454	7,54	5490	61300	
	0-30 cm		17,2	14,6	65,8	27,6	219	199000	44,6	14100	35000	305	6,77	7060	59500	

**Tableau 26 : Résultats des analyses chimiques ICP/EAS réalisées sur les échantillons de la Grande Vernissière**

### 5.1.2.2 Conclusions sur les dépôts de la Grande Vernissière

Les dépôts de la Grande Vernissière sont constitués d'une part par des stériles rocheux de granulométrie hétérogène et d'autre part par des résidus de laverie fins localisés dans un bassin de décantation et autour de l'ancienne usine. Les zones de dépôts sont stabilisées ce qui a permis la reprise d'une végétation dense, à l'inverse de la zone des dépôts du titre de Lacoste. Le Tableau 27 présente les valeurs moyennes qualitatives mesurées par pXRF sur les zones de dépôt.

	Pb	Zn	As	Cd	Ca
Laverie	3 200	52 500	60	220	125 000
Zone de dépôt	760	91 500	100	500	60 000

**Tableau 27 : Valeurs moyennes des concentrations en éléments chimiques retenues sur la zone de dépôt de La Grande Vernissière (en mg/kg)**

## 5.2 Caractérisation des principales voies de transfert : eaux superficielles, sédiments et eaux souterraines

Les données concernant la caractérisation des principales voies de transfert des contaminants sur le secteur de Lacoste s'appliquent à différents types de prélèvements :

- Prélèvements effectués sur des cours d'eau, identifiés par le préfixe ESU (Eaux Superficielles) ;
- Prélèvements de sédiments effectués sur les mêmes cours d'eau que les précédents, caractérisés par le préfixe SED ;
- Prélèvements effectués dans des puits ou des forages, identifiés par le préfixe ESO (Eaux Souterraines).

Les prélèvements d'eaux superficielles et ceux de sédiments sont en théorie connectés, vu que les éléments chimiques transportés à la fois par les sédiments et les eaux superficielles peuvent avoir la même origine particulière. En revanche une connexion entre le réseau hydrographique et les eaux souterraines reste à évaluer.

La nature des prélèvements, leur localisation, la période de prélèvement et la composition chimique sont autant d'éléments à considérer pour leur analyse.

## 5.2.1 Eaux superficielles

### 5.2.1.1 Présentation des échantillons

Le Tableau 28 rassemble les prélèvements effectués sur les eaux superficielles et leur localisation. La carte de la Figure 45 localise ces prélèvements d'eau. Un seul point a été prélevé à l'amont de la zone de dépôt, il s'agit du prélèvement ESUg\_013.

Période de prélèvement	Point de prélèvement	Localisation	Distance approximative à la zone de dépôt (m)
Campagne basses eaux du 29/06 au 03/07 2015	ESUg_001_nf	Pied de la "Digue à stérile" au départ de la digue après les bassins (même localisation que ESUg_007)	20
Campagne basses eaux du 29/06 au 03/07 2015	ESUg_002_nf	Eau d'exhaure, sous la retenue des bassins	15
Campagne basses eaux du 29/06 au 03/07 2015	ESUg_003_nf	Gué du Vassorgues au nord de Durfort	850
Campagne basses eaux du 29/06 au 03/07 2015	ESUg_004_nf	Crieulon, barrage aval immédiat confluence avec Vassorgues	2620
Campagne basses eaux du 29/06 au 03/07 2015	ESUg_005_nf	Vassorgues 450 m aval dépôts, avant vigne	470
Campagne basses eaux du 29/06 au 03/07 2015	ESUg_006_nf	Vassorgues, amont confluence avec Crieulon	2400
Campagne compléments du 21/09 au 23/09 2015	ESUg_007_nf	Pied de la "Digue à stérile" (même localisation que ESUg_001), avant Vassorgues	20
Campagne compléments du 21/09 au 23/09 2015	ESUg_008_nf	Vassorgues, pont au niveau de l'entrée de Durfort, aval ville et mine	1200
Campagne compléments 17 mai 2016	ESUg_013_nf	Amont Vassorgues, à quelques mètres de l'AEP	150
Campagne compléments 17 mai 2016	ESUg_014_nf	Vassorgues 450 m aval dépôts, devant vigne	470
Campagne compléments 17 mai 2016	ESUg_015_nf	Vassorgues, pont au niveau de l'entrée de Durfort	1100
Campagne compléments 17 mai 2016	ESUg_016_nf	Crieulon, aval confluence avec Vassorgues	2980
Campagne hautes eaux 26 et 27/01 2016	ESU_003_HE	Vassorgues, gué au nord de Durfort	850
Campagne hautes eaux 26 et 27/01 2016	ESU_005_HE	Vassorgues 450 m aval dépôts, devant les champs	470
Campagne hautes eaux 26 et 27/01 2016	ESU_008_HE	Vassorgues, pont au niveau de l'entrée de Durfort	1200
Campagne hautes eaux 26 et 27/01 2016	ESU_011_HE	Vassorgues, amont confluence avec Crieulon	2100
Campagne hautes eaux 26 et 27/01 2016	ESU_012_HE	Crieulon, aval confluence avec Vassorgues	3000

**Tableau 28 : Présentation des points de prélèvements en eaux superficielles, avec leur localisation et leur distance par-rapport à la zone de dépôts**

Chaque prélèvement d'eau a fait l'objet d'un prélèvement brut et d'un prélèvement filtré, ceci afin de déterminer la solubilité des éléments mesurés dans chaque échantillon.

Les prélèvements ont été effectués à deux périodes de l'année (hautes et basses eaux) de manière à essayer de caractériser la mobilité des éléments durant une grande partie du cycle hydrologique.

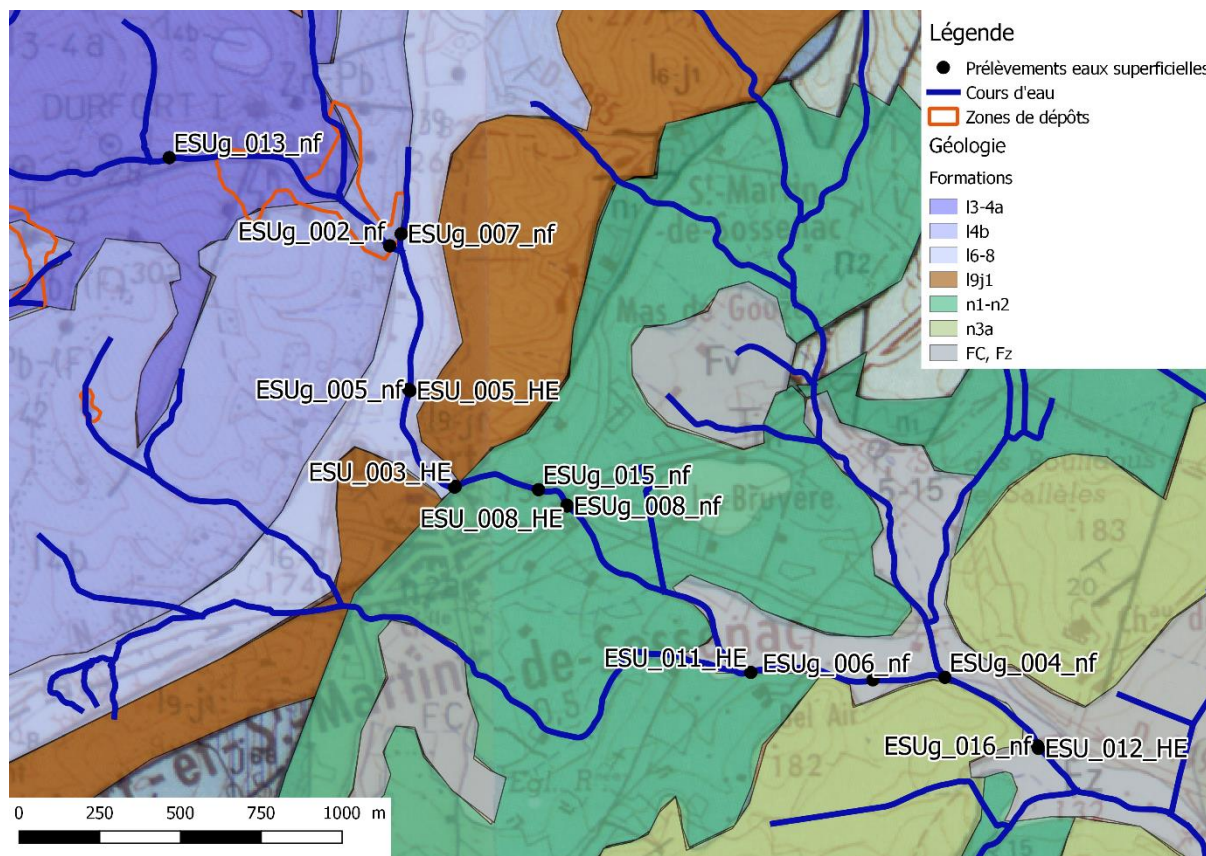


Figure 45 : Carte de localisation des prélèvements d'eaux superficielles (ESU)

### 5.2.1.2 Composition chimique majeure des eaux

Le Tableau 29 donne les valeurs des principaux paramètres physico-chimiques ainsi que la composition en cations majeurs des eaux superficielles brutes échantillonnées.

NOM	Distance au dépôt (m)	Formation géologique	pH	Conductivité (µS/cm)	Calcium (mg/L)	Magnésium (mg/L)	Potassium (mg/L)	Sodium (mg/L)
ESUg_013_nf	-140	l3-4a	7,29	1240	97,8	45,5	1,44	4,25
ESUg_002_nf	15	l4b/l6-8	6,79	880	115	37,5	1,63	5,21
ESUg_001_nf	20	l4b/l6-8	7,07	1150	209	32,4	7,03	9,34
ESUg_007_nf	20	l4b/l6-8	7,72	1000	207	26,2	2,26	12,2
ESU_005_HE	470	l6-8	7,08	1340	141	23,9	1,08	6,41
ESUg_005_nf	470	l6-8	7,21	730	139	25,2	1,01	5,84
ESUg_014_nf	470	l6-8	7,14	650	121	21,3	1,37	5,25
ESU_003_HE	850	l6-8/n1-2	7,39	1020	141	20,7	1,09	6,73

NOM	Distance au dépôt (m)	Formation géologique	pH	Conductivité (µS/cm)	Calcium (mg/L)	Magnésium (mg/L)	Potassium (mg/L)	Sodium (mg/L)
ESUg_003_nf	850	l6-8/n1-2	7,62	750	131	25,7	1,07	6,85
ESUg_015_nf	1100	n1-2	7,61	2350	128	19,8	14,3	5,87
ESU_008_HE	1200	n1-2	7,21	1710	140	20,2	2,26	7,43
ESUg_008_nf	1200	n1-2	7,43	800	147	25	3,09	7,42
ESU_011_HE	2100	n1-2/FC	7,33	920	131	15,3	3,2	12,5
ESUg_006_nf	2400	n3a/FC	6,86	810	138	17,3	3,13	15,5
ESUg_004_nf	2620	n3a/FC	7,53	630	102	23,7	1,69	7,77
ESUg_016_nf	2980	n3a/FC	8,1	800	115	18,7	1,9	6,7
ESU_012_HE	3000	n3a/FC	8,01	1100	117	21,8	1,74	7,95

**Tableau 29 : Principaux paramètres physico-chimiques et composition en cations majeurs des eaux brutes superficielles**

Les pH mesurés le long du ruisseau de Vassorgues et Crieulon varient entre 7,08 et 8,01 en hautes eaux (7,14 et 8,1 mesurés lors de la campagne complémentaire quatre mois plus tard) et 6,79 et 7,62 à l'étiage (7,43 et 7,72 lors de la campagne complémentaire quatre mois plus tard). Le pH reste globalement neutre à légèrement alcalin, avec des variations de faible amplitude qui ne présentent pas de corrélation avec la distance par rapport à la zone de dépôts.

En revanche, les mesures de conductivités (entre 600 et 1000 µS/cm) sont globalement élevées et présentent des valeurs élevées en deux points particuliers à plus d'un km à l'aval de la zone de dépôts. Les points ESUg\_015 et ESU\_008 localisés au niveau du passage de la faille de Corconne, révèlent en effet des valeurs respectives de 2 350 µS/cm et 1 710 µS/cm, en liaison probable avec une teneur plus élevée en sulfates.

Au niveau des cations majeurs, les eaux présentent une composition moyenne de 140 mg/L en calcium, 23 mg/L en magnésium, 3 mg/L en potassium, 8 mg/L en sodium. Cette composition est cohérente avec l'encaissant calcaro-dolomitique du réseau hydrographique.

### 5.2.1.3 Composition chimique des eaux en éléments traces

Le Tableau 30 ci-dessous présente les concentrations des principaux éléments traces métalliques suivis dans les échantillons d'eau analysés. Données pour indication, les valeurs en gras correspondent aux valeurs supérieures aux seuils de potabilité des eaux.

NOM Echantillon	Distance au dépôt (m)	Zinc (µg/L)	Plomb (µg/L)	Cadmium (µg/L)	Arsenic (µg/L)	Antimoine (µg/L)
Norme eau potable		3000	10	5	10	5
ESUg_013_nf	-140	11,8	<0,50	<0,20	0,36	<0,20
ESUg_002_nf	15	<b>3550</b>	<b>34,6</b>	4,07	1,1	0,98
ESUg_001_nf	20	<b>4970</b>	<b>51,5</b>	<b>8,82</b>	<b>17,6</b>	2,77
ESUg_007_nf	20	2680	<b>91,8</b>	<b>4,5</b>	2,32	1,53
ESU_005_HE	470	<b>4570</b>	<b>21,4</b>	3,6	0,87	<0,20
ESUg_005_nf	470	<b>3840</b>	<b>21,5</b>	3,9	1,41	0,52
ESUg_014_nf	470	<b>3990</b>	<b>29,0</b>	4,09	1,16	0,88
ESU_003_HE	850	2990	<b>10,3</b>	2,69	0,54	<0,20
ESUg_003_nf	850	1710	7,17	1,47	1,14	0,46
ESUg_015_nf	1100	1880	<b>10,8</b>	2,16	1,29	0,68
ESU_008_HE	1200	1430	<b>12,8</b>	1,69	1,06	<0,20
ESUg_008_nf	1200	1020	4,19	1,36	1,17	0,71
ESU_011_HE	2100	313	3,84	0,33	1,42	<0,20
ESUg_006_nf	2400	526	2,24	0,61	1,51	0,46
ESUg_004_nf	2620	72,1	2,98	<0,20	1,25	<0,20
ESUg_016_nf	2980	141	1,03	<0,20	0,85	<0,20
ESU_012_HE	3000	122	3,21	<0,210	0,82	<0,20

**Tableau 30 : Eléments traces d'intérêt analysés dans les eaux superficielles brutes en périodes hautes eaux (HE) et basses eaux**

Dans le tableau de l'Annexe 2 sont rassemblés les résultats de l'ensemble des mesures et analyses chimiques sur les principaux sels, métaux et métalloïdes contenus dans les eaux superficielles brutes (nf) ou filtrées (F), en période de hautes eaux (HE) et d'étiages. Dans ce tableau les valeurs analysées sont comparées aux normes de potabilité surlignées en rouge ainsi qu'aux critères de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) pour lesquelles la couleur de cellules est en rouge.

On observe qu'à l'amont des installations, au niveau de l'AEP, la qualité des eaux est bonne sans présence de contaminants particuliers (ESUg\_013). C'est au droit des anciennes installations minières et à leur aval, que les eaux sont contaminées par le plomb, le zinc, le cadmium et l'arsenic (pieds de la digue à « stériles » en particulier ESUg\_007 et 001). A l'aplomb de la zone de la mine, les teneurs en arsenic, cadmium et plomb dépassent les valeurs seuils de potabilité (cadmium : 5 µg/L ; arsenic : 10 µg/L ; plomb : 10 µg/L)

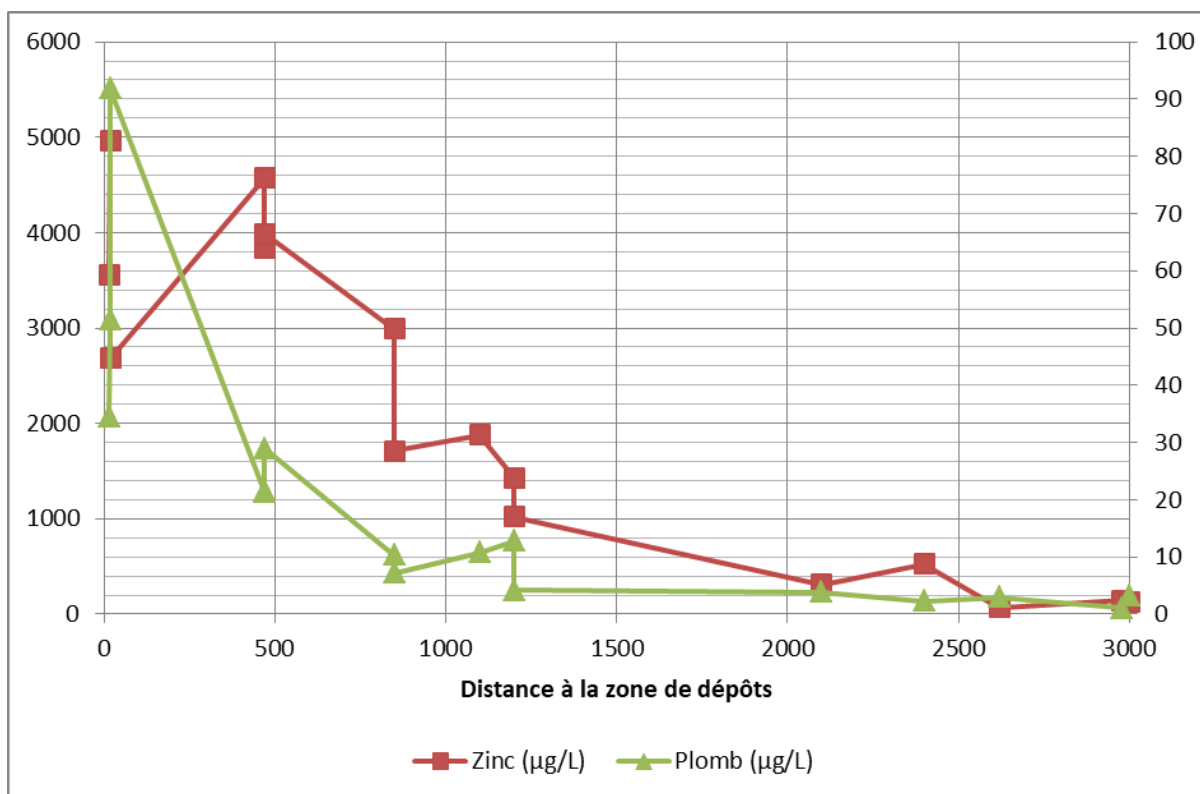
Les concentrations de ces éléments dans les eaux diminuent vers l'aval des anciennes installations. Les concentrations en plomb excèdent le seuil de potabilité jusqu'à environ 450 m à l'aval des zones de dépôts pour retrouver avant Durfort des valeurs de bonne qualité.

Les teneurs en arsenic, cadmium, plomb et zinc dépassent, pour l'essentiel des prélèvements avals (jusqu'à plus de 2 km), les normes de qualité environnementales. De légers dépassements pour le cuivre sont également à noter.

L'impact sur l'eau du ruisseau dû à la présence de la zone de la mine, bien que très atténué, est encore visible jusqu'à environ 2.5 km en aval.

Les concentrations en sulfates, généralement corrélées aux valeurs de conductivité en contexte minier, restent faibles, inférieures à 100 mg/L à l'exception d'une valeur de 304 mg/L analysée aux pieds de la digue à « stériles » (ESUg\_001) donnant une valeur de conductivité de 1150  $\mu\text{s}/\text{cm}$ .

La Figure 46 et la Figure 47 indiquent l'évolution des teneurs en zinc, plomb et cadmium selon la distance à la zone de dépôts. Il s'agit des trois éléments les plus corrélés entre eux au niveau de leur comportement. Sur ces figures, il apparaît clairement que la concentration en ces éléments dans les eaux superficielles diminue rapidement avec l'éloignement, par rapport aux termes sources de contaminants.



**Figure 46 : Evolution de la teneur en zinc et en plomb des eaux superficielles en fonction de la distance à la zone de dépôts**



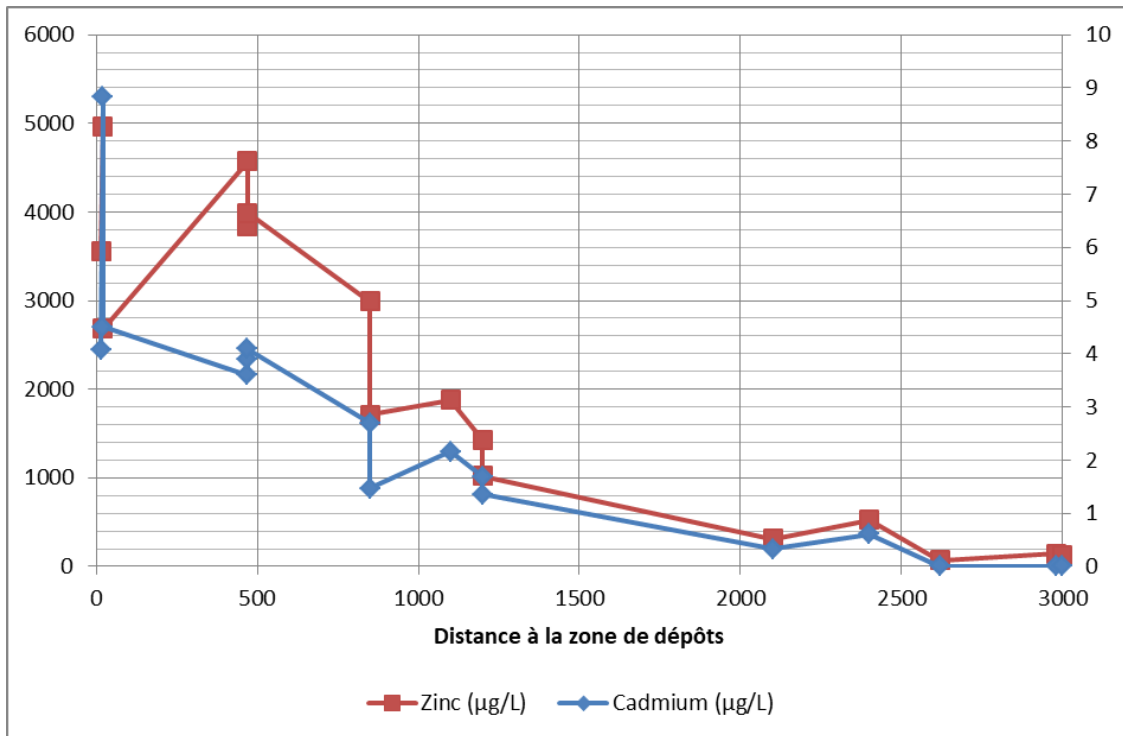


Figure 47 : Evolution de la teneur en zinc et en cadmium en fonction de la distance à la zone de dépôts

La Figure 48 ci-après indique l'évolution des teneurs en arsenic, antimoine et cuivre selon la distance à la zone de dépôts. A l'inverse du zinc, plomb et cadmium, ces éléments, présents en très faibles concentrations, ne suivent pas d'évolution particulière selon la distance à la zone de dépôts.

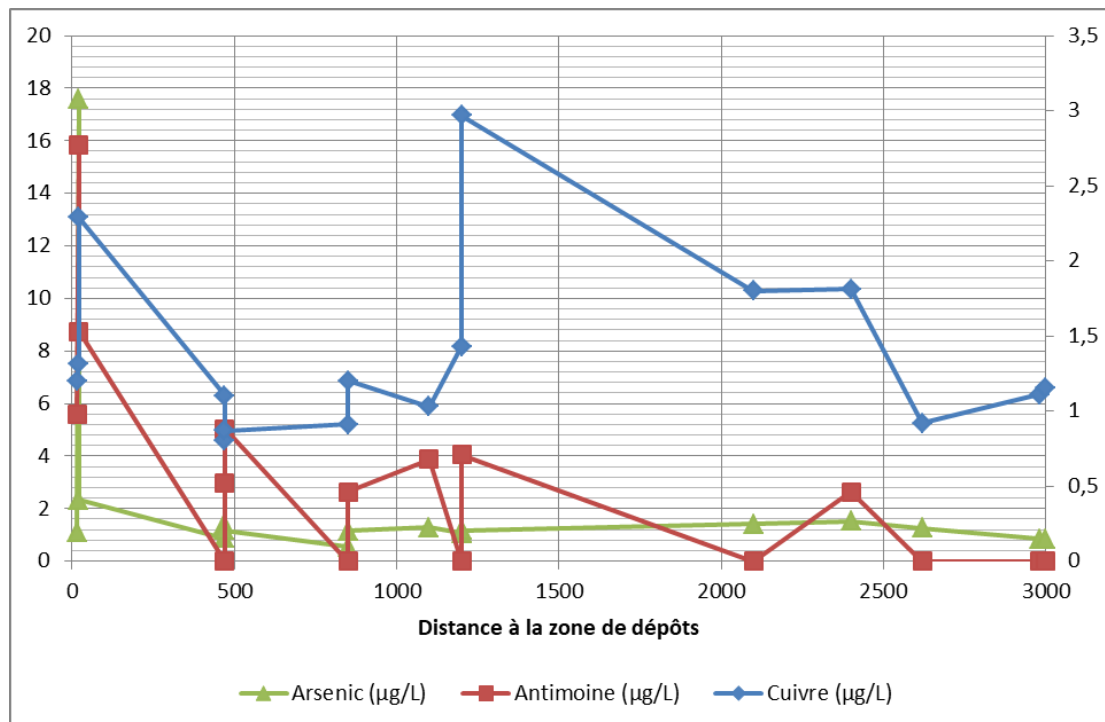


Figure 48 : Evolution de la teneur en arsenic, en antimoine et en cuivre en fonction de la distance à la zone de dépôts

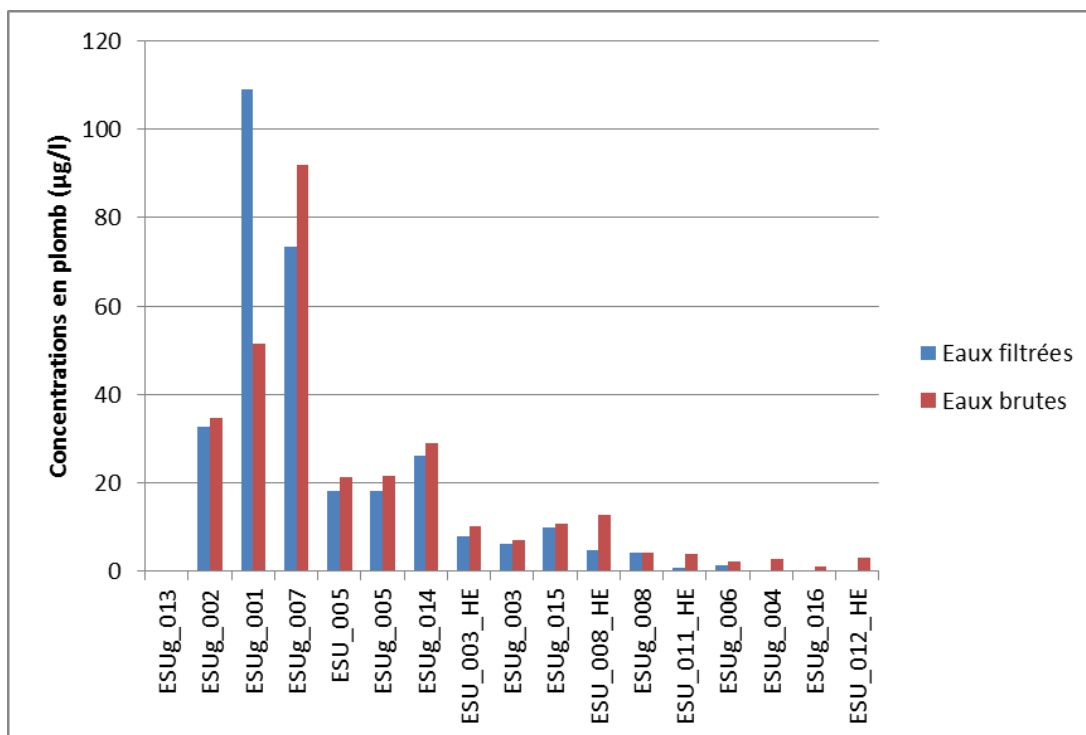
#### 5.2.1.4 Comparaison eaux brutes et eaux filtrées

La comparaison des teneurs en éléments d'intérêt entre les eaux brutes et filtrées permet de déterminer leur solubilité.

La Figure 50 présente les concentrations en plomb dans les différents prélèvements, présentés selon leur distance d'amont en aval, par rapport à la zone de dépôts de Lacoste. Outre la diminution des concentrations avec la distance, on observe une légère augmentation des teneurs dans les eaux brutes que dans les eaux filtrées, à l'exception de l'échantillon ESUg\_001 qui correspond à une eau stagnante dans un cours d'eau quasiment asséché au pied de la digue à stériles (Figure 50). Le plomb est donc présent à la fois sous forme soluble et sous forme particulaire, probablement associé à des floccs de couleur orangée tels qu'observés dans l'échantillon ESU\_005\_HE (Figure 51).



*Figure 49 : Vue de l'échantillon ESUg\_001 prélevé au pied de la digue de stériles dans un cours d'eau quasi-stagnant*

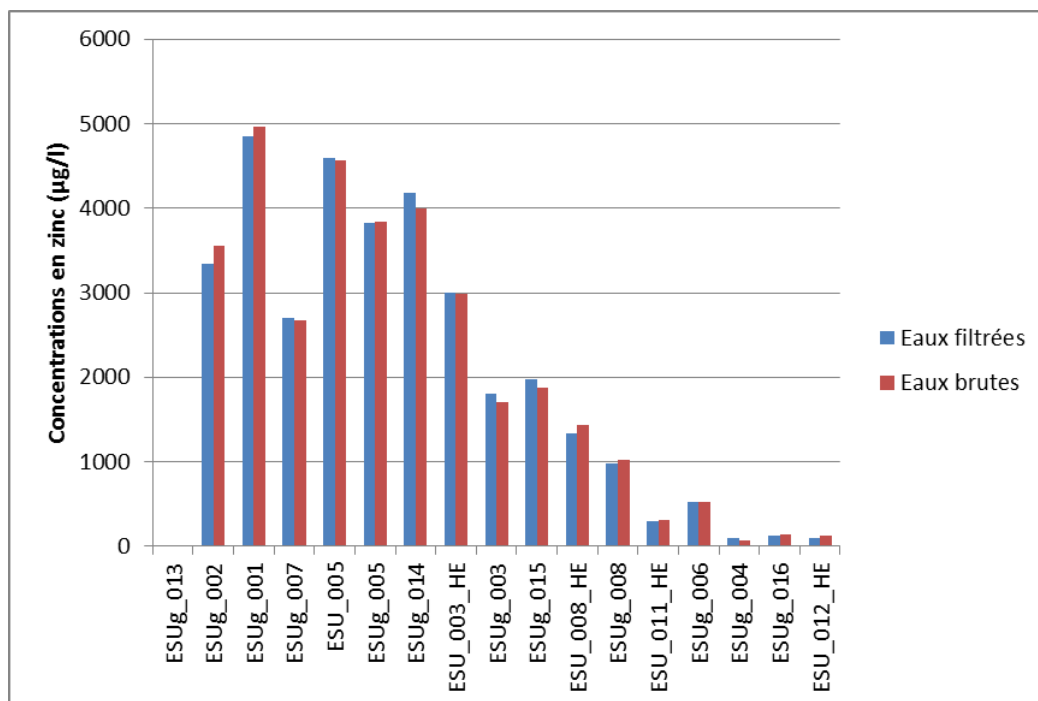


**Figure 50 : Comparaison des concentrations en plomb dans les prélèvements d'eaux superficielles brutes et filtrées d'amont en aval**

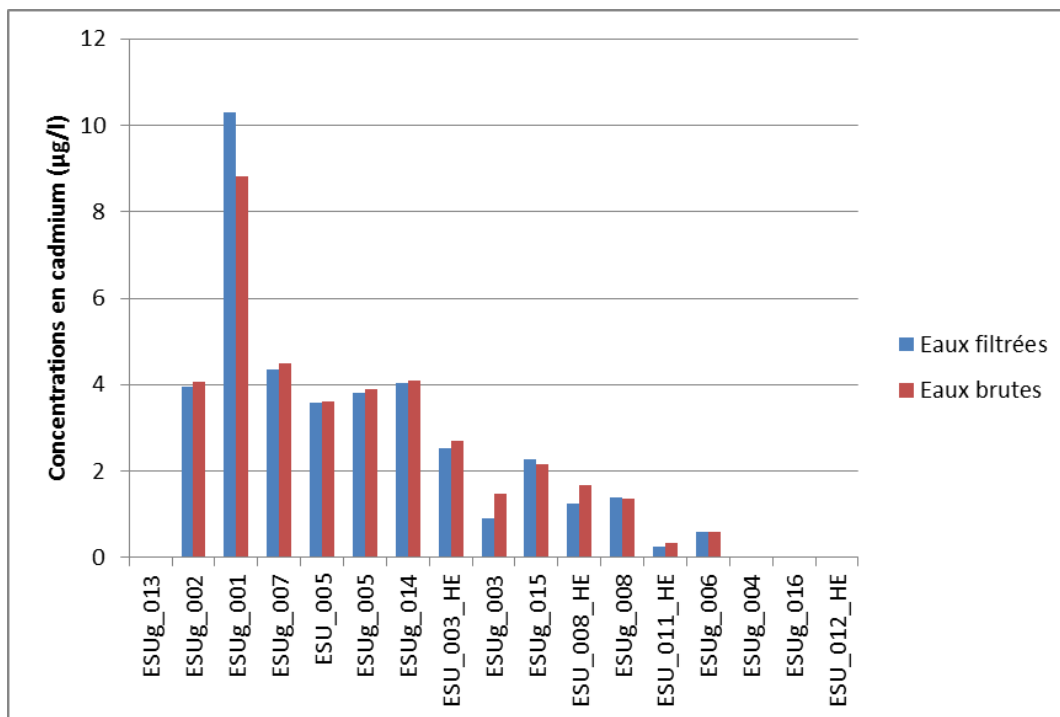


**Figure 51 : Vue sur le cours d'eau du Vassorgues au niveau du prélèvement ESU\_005\_HE. Des floccs orangés témoignant de la présence de précipités chargés en oxydes de fer sont visibles**

La comparaison entre eaux brutes et eaux filtrées pour le zinc et le cadmium (Figure 52 et Figure 53), deux éléments aux comportements les plus souvent corrélés, indique également une diminution des concentrations avec la distance, mais surtout une très faible différence des concentrations entre les eaux brutes et les eaux filtrées. Le zinc et le cadmium restent solubles et mobiles dans les gammes de pH légèrement alcalins mesurées.



**Figure 52 : Comparaison des concentrations en zinc dans les prélèvements d'eaux superficielles brutes et filtrées**



**Figure 53 : Comparaison des concentrations en cadmium dans les prélèvements d'eaux superficielles brutes et filtrées**

Pour le cas de l'arsenic, l'échantillon ESUg\_001 prélevé au pied de la digue à « stériles » révèle un pic de concentration (17,6 µg/L) plus marqué dans les eaux brutes que dans les eaux filtrées (Figure 54) car il est rapidement fixé sur des microparticules. Il se retrouve très en dessous du seuil de potabilité (< 2 µg/L) dans tous les échantillons analysés à l'aval où l'on note peu de différences entre eaux brutes et eaux filtrées.

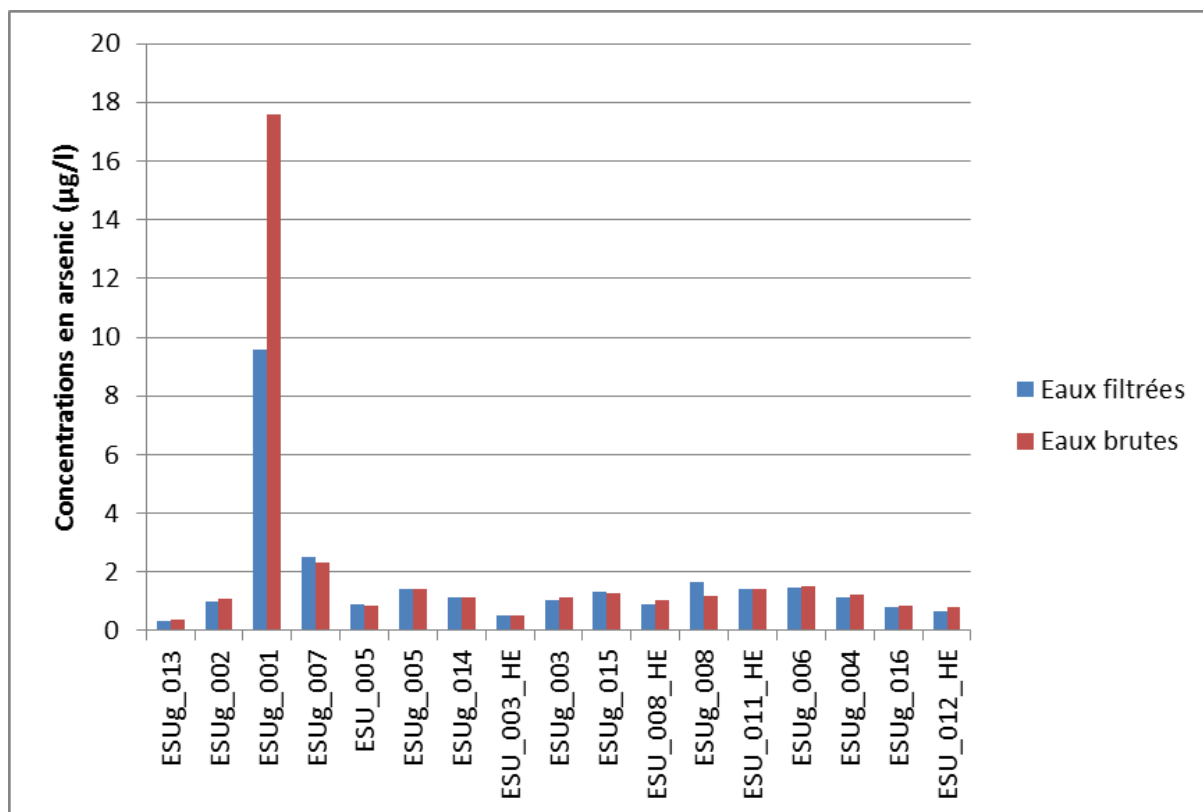


Figure 54 : Comparaison des concentrations en arsenic dans les prélèvements d'eaux superficielles brutes et filtrées

### 5.2.1.5 Mobilité des éléments en fonction du régime hydrologique

Sur la base des observations du paragraphe précédent, il est intéressant de comparer le comportement des éléments d'intérêt en fonction du régime hydrologique auquel est soumis le cours d'eau du Vassorgues.

Dans le cas du plomb (Figure 55), les concentrations sont légèrement plus élevées en régime de hautes eaux qu'à l'étiage. Le même comportement s'observe pour le zinc (Figure 56) et le cadmium (Figure 57). Le transport de ces éléments est donc augmenté en période de crue, probablement sous forme particulaire. Le lessivage et le ravinement des dépôts sont de façon évidente plus marqués par les épisodes de précipitations avec un accroissement de substances dissoutes et surtout particulaires transportées vers l'aval.

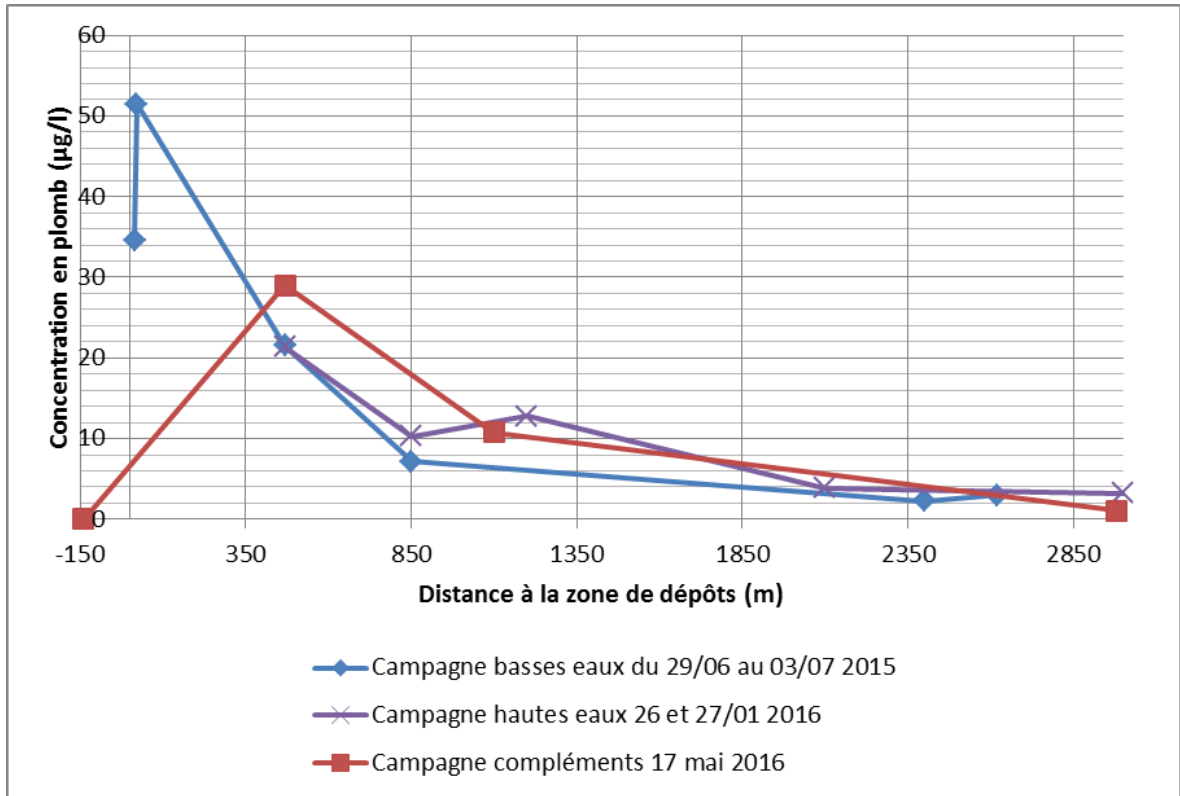


Figure 55 : Variations des concentrations en plomb avec la distance à la zone de dépôts selon le régime hydrologique saisonnier

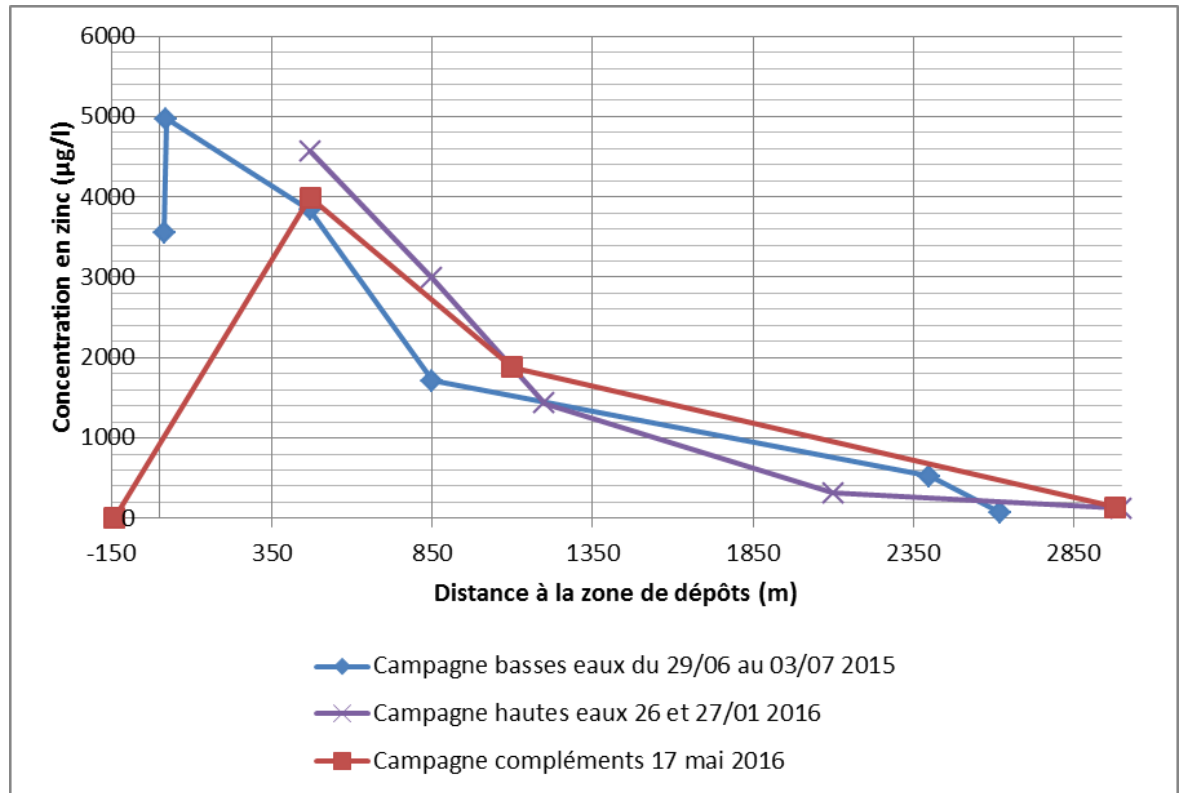
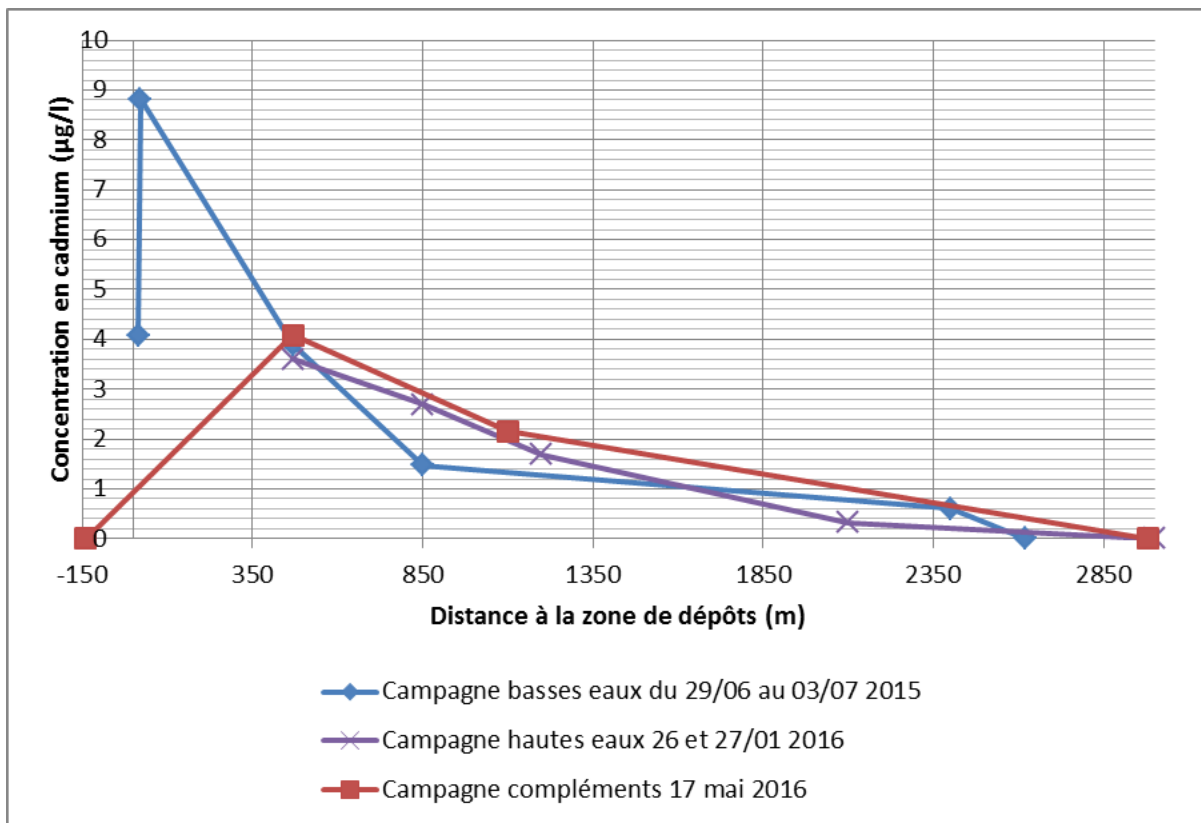


Figure 56 : Variations des concentrations en zinc avec la distance à la zone de dépôts selon le régime hydrologique saisonnier



**Figure 57 : Variations des concentrations en cadmium avec la distance à la zone de dépôts selon le régime hydrologique saisonnier**

Pour le cas de l'arsenic, les concentrations restent très faibles et constantes à l'aval de la zone des dépôts de Lacoste (Figure 58). Comme nous l'avons déjà vu, une seule valeur de 17,6 µg/L dépasse de façon significative le seuil de potabilité de 10 µg/L et correspond à un échantillon prélevé au pieds de la digue à « stériles ».

D'une manière générale, il n'est pas observé de variation notable selon le régime hydrologique. Dans les gammes de pH qui prévalent lors des campagnes de prélèvement, l'arsenic reste peu soumis aux variations de régime du Vassorgues.

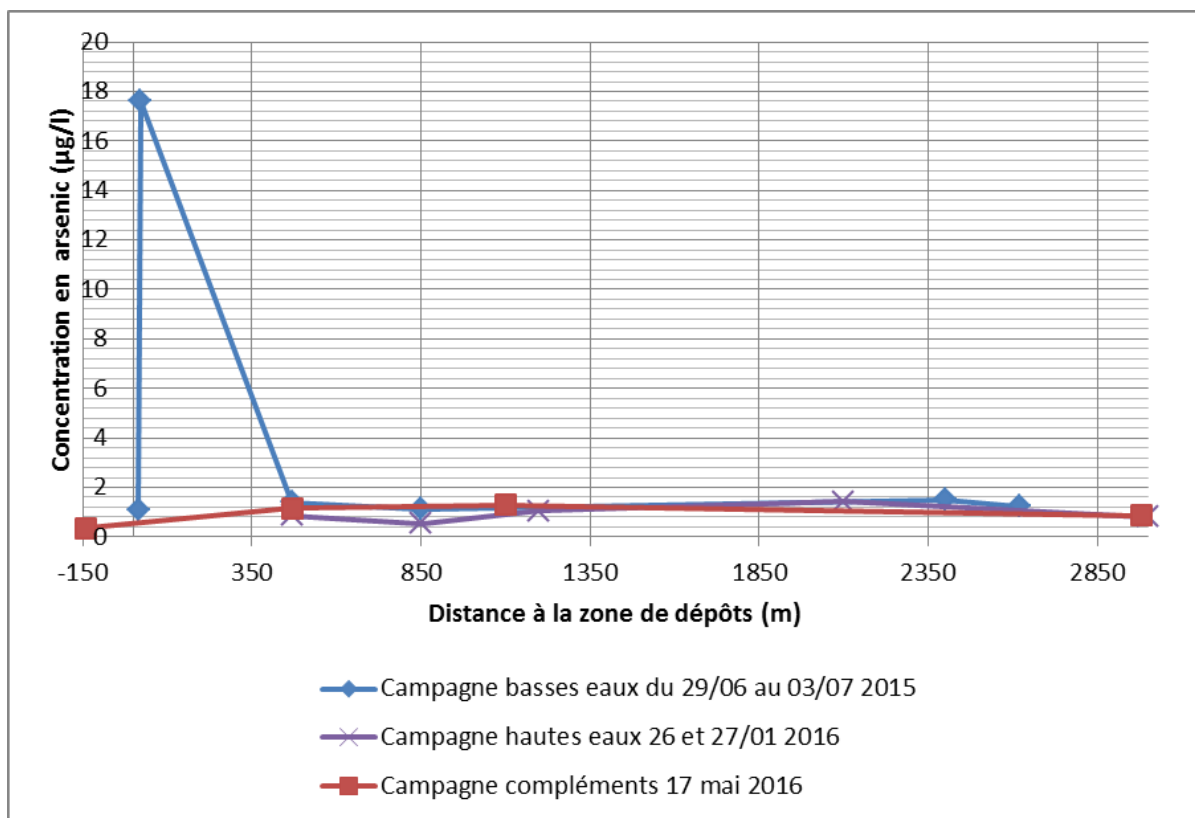


Figure 58 : Variations des concentrations en arsenic avec la distance à la zone de dépôts selon le régime hydrologique saisonnier

## 5.2.2 Sédiments

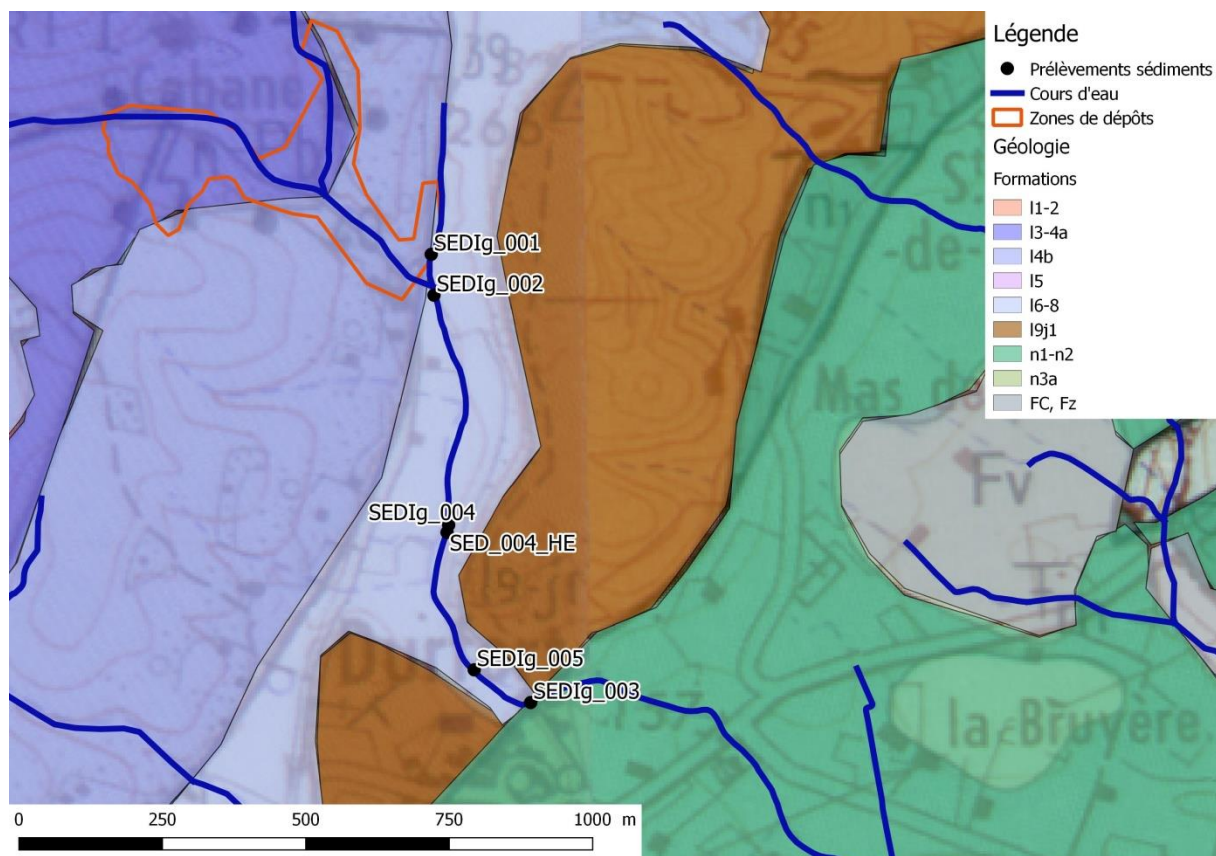
La qualité des sédiments en contexte minier, permet de caractériser la nature des éléments érodés ou lessivés à partir des sources de contamination, puis transportés sous forme particulaire et sédimentés au fond du cours d'eau. Six prélèvements ont été effectués au total. Ils sont décrits dans le Tableau 31 et localisés sur la Figure 59. L'ensemble des résultats d'analyse est fourni en annexe 2.

NOM	Description	Localisation	Informations
SEDig_001_0-2	Matériau millimétrique, non oxydé, humide, brun foncé	Pied de la digue à stériles	Pied du dépôt, le résidu s'est répandu dans le ruisseau
SEDig_002_0-2	Matériau infra-millimétrique, non oxydé, très sec, beige clair	Sud du bassin de décantation, aval de la retenue, dans le Vassorgues	Zone de sédiment prélevée en évitant les particules sableuses de résidus
SED_004_HE	Matériau millimétrique, non oxydé, très humide, gris avec des agrégats orangés	Vassorgues, aval des dépôts. Devant les champs	De nombreux agrégats orange ont été prélevés, considérés comme du résidu.
SEDig_004	Matériau millimétrique, non oxydé, humide à très humide, gris bleuté	Vassorgues 450 m aval dépôts, dans vigne	Sédiments sur berge. Hauteur eau : qqs cm, léger écoulement



NOM	Description	Localisation	Informations
SEDig_003_0-2	Matériau infra-millimétrique, non oxydé, très sec, gris beige	Vassorgues, gué au nord de Durfort	Sédiment sur rocher calcaire, probablement mélange sedi-terre charriée par les eaux. Beaucoup de MO, épaisseur de qq mm
SEDig_005_0-10	Matériau inframillimétrique à millimétrique, non oxydé, humide, marron foncé	Dans le lit du Vassorgues, au début du canal	Sedi/sol marron foncé, humide, avec qq passées sableuses (résidus probablement). Structure de retenue ayant permis l'accumulation. Beaucoup de végétaux, d'eau et de racines

**Tableau 31 : Description des prélèvements de sédiments sur le secteur de Lacoste**



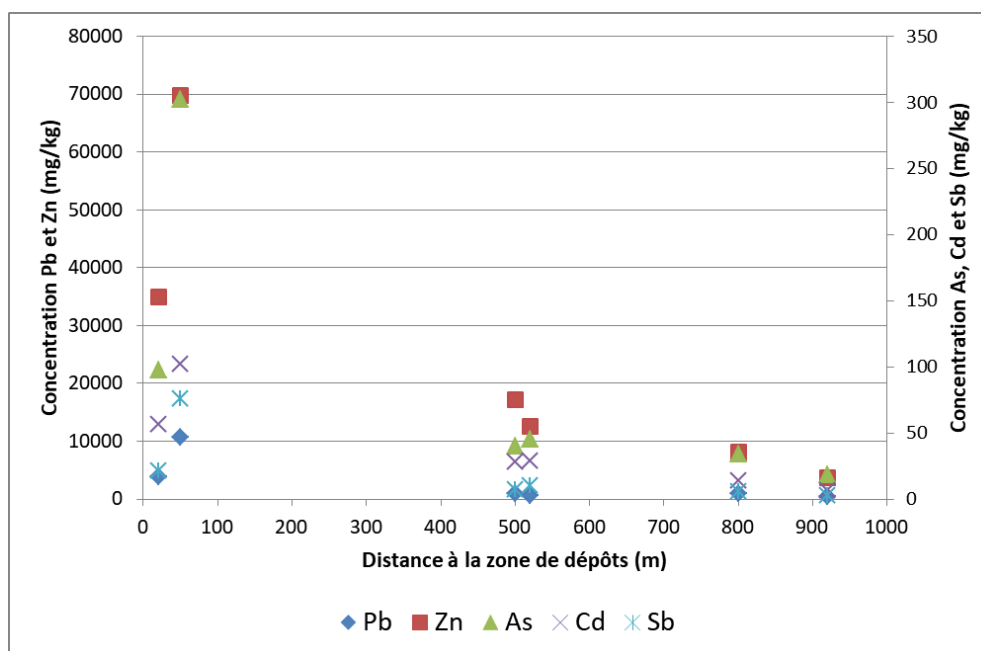
**Figure 59 : Carte de localisation des prélèvements de sédiments**

Le Tableau 32 présente les compositions en éléments chimiques caractéristiques constituant les sédiments et la Figure 60 représente leur évolution en fonction de la distance à la zone de dépôts. La Figure 61 illustre les différentes classes granulométriques constituant les échantillons prélevés.

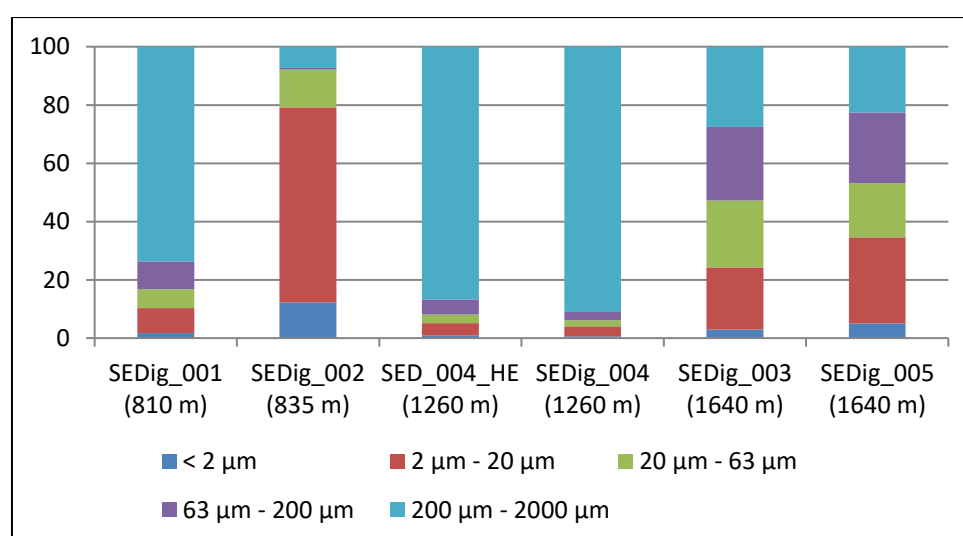
NOM	Distance aux dépôts (m)	Ca	Mg	COT	Zn	Fe	Pb	K	Mn	Ba	Na	As	Cd	Cu	Sb	Ni
SEDig_001	20	168000	84500	57300	35000	7690	3900	3140	447	186	174	97,5	56,8	22,1	21,6	5,4
SEDig_002	50	111000	53100	9030	<b>69800</b>	<b>12400</b>	<b>10600</b>	4360	309	586	97,2	302	<b>102</b>	77,5	<b>76</b>	6,9
SEDig_004	500	162000	54500	42200	17200	13200	993	7530	471	66,6	255	39,8	28,4	23,4	7,15	14,2

NOM	Distance aux dépôts (m)	Ca	Mg	COT	Zn	Fe	Pb	K	Mn	Ba	Na	As	Cd	Cu	Sb	Ni
SED_004_HE	520	209000	94100	61300	12600	8580	550	3000	418	97,6	205	45,1	28,5	7,1	10,2	5,1
SEDig_005	800	128000	38900	17100	8150	15300	856	5810	447	73,2	156	34	14	27,1	5,31	16,6
SEDig_003	920	187000	18600	23300	3620	10600	445	3360	377	99,3	173	18,2	6,43	20,9	2,54	13,1

**Tableau 32 : Composition chimique caractéristique des sédiments prélevés (unités en mg/kg MS)**



**Figure 60 : Evolution de la composition chimique des sédiments en fonction de la distance à la zone de dépôts**



**Figure 61 : Répartition des classes granulométriques dans les différents échantillons de sédiments collectés**

Ces sédiments sont majoritairement riches en calcium (entre 100000 et 200000 mg/kg) et magnésium (entre 20000 et 90000 mg/kg) correspondant logiquement à l'encaissant et à la gangue calcaro-dolomitique des minerais exploités.

Trois des échantillons (SEDig\_001 et SEDigg\_004 pris à 2 saisons) sont majoritairement constitués par un matériau ayant une granularité élevée (> 200 µm) les rapprochant des sables fins, en principe moins appropriés à fixer des éléments traces qu'un matériaux fin limoneux.

L'échantillon SEDig\_002, prélevé à 50 m au SE de la zone de dépôts, contient une forte proportion (3/4) de matériaux possédant une granularité inférieure à 20 µm. Il est aussi celui où les teneurs sont les plus élevées pour tous les éléments considérés. On y trouve en effet près de 70000 mg/kg en zinc, 100 mg/kg en cadmium, plus de 10000 mg/kg en plomb et 300 mg/kg en arsenic. On notera aussi les concentrations les plus élevées en cuivre (77 mg/kg), en antimoine (76 mg/kg) et en baryum (586 mg/kg). La fiche d'observation et les photos relatives à ce prélèvement montrent qu'il s'agit d'un sédiment très riche en résidus fins.

Jusqu'à environ près de 800 m à l'aval de la zone de dépôt, les sédiments sont aussi riches en zinc (17000 à 8000 mg/kg) et dans une moindre mesure en cadmium (28 à 14 mg/kg). A l'opposé, ils ne contiennent que peu de fer (8000 à 13000 mg/kg) sans qu'il soit noté de corrélations marquées avec l'arsenic ou d'autres métaux.

### **5.2.3 Conclusions sur les eaux superficielles et les sédiments**

Le réseau hydrographique du secteur de Lacoste est dominé par le ruisseau de Vassorgues dont les eaux possèdent un pH légèrement alcalin toute l'année malgré une très légère acidification en période d'étiage, et une conductivité parfois élevée. Bien que son débit soit intermittent, le cours d'eau draine l'essentiel de la zone de dépôts de Lacoste où ses eaux se chargent en éléments traces métalliques (Zn, Cd, As, Pb) issus des dépôts de stériles et surtout de résidus fins. Les éléments traces concernés se retrouvent sous forme à la fois soluble et particulaire et leurs concentrations dans les eaux diminuent vers l'aval des anciennes installations. A l'aplomb de la zone de la mine, les teneurs en arsenic, cadmium et plomb dépassent les valeurs seuils de potabilité (cadmium : 5 µg/L ; arsenic : 10 µg/L ; plomb : 10 µg/L). Les concentrations en plomb excèdent le seuil de potabilité jusqu'à environ 450 m à l'aval des zones de dépôts pour retrouver avant Durfort des valeurs de bonne qualité.

Les teneurs en arsenic, cadmium, plomb et zinc dépassent, pour l'essentiel des prélèvements avals (jusqu'à plus de 2 km), les normes de qualité environnementales. De légers dépassements pour le cuivre sont également à noter.

L'impact sur l'eau du ruisseau dû à la présence de la zone de la mine, bien que très atténué, est encore visible jusqu'à environ 2.5 km en aval.

Les sédiments issus de l'érosion hydrique et du lessivage des stériles et résidus stockés dans la zone de dépôts, constituent le principal réservoir en zinc (entre 7 et 0,8%), en plomb (entre 0,5 et 1%) et dans une moindre mesure en arsenic (entre 300 et 34 mg/kg) et cadmium (entre 100 et 14 mg/kg) dans le cours d'eau Vassorgues. Ils sont la mémoire des pollutions historiques et surtout actuelles en relation avec la sédimentation des matières en suspension et ont donc un impact direct sur la qualité de l'eau dès lors qu'ils sont remis en mouvement lors du ruissellement ou des crues.

## 5.2.4 Eaux souterraines

### 5.2.4.1 Localisation des prélèvements

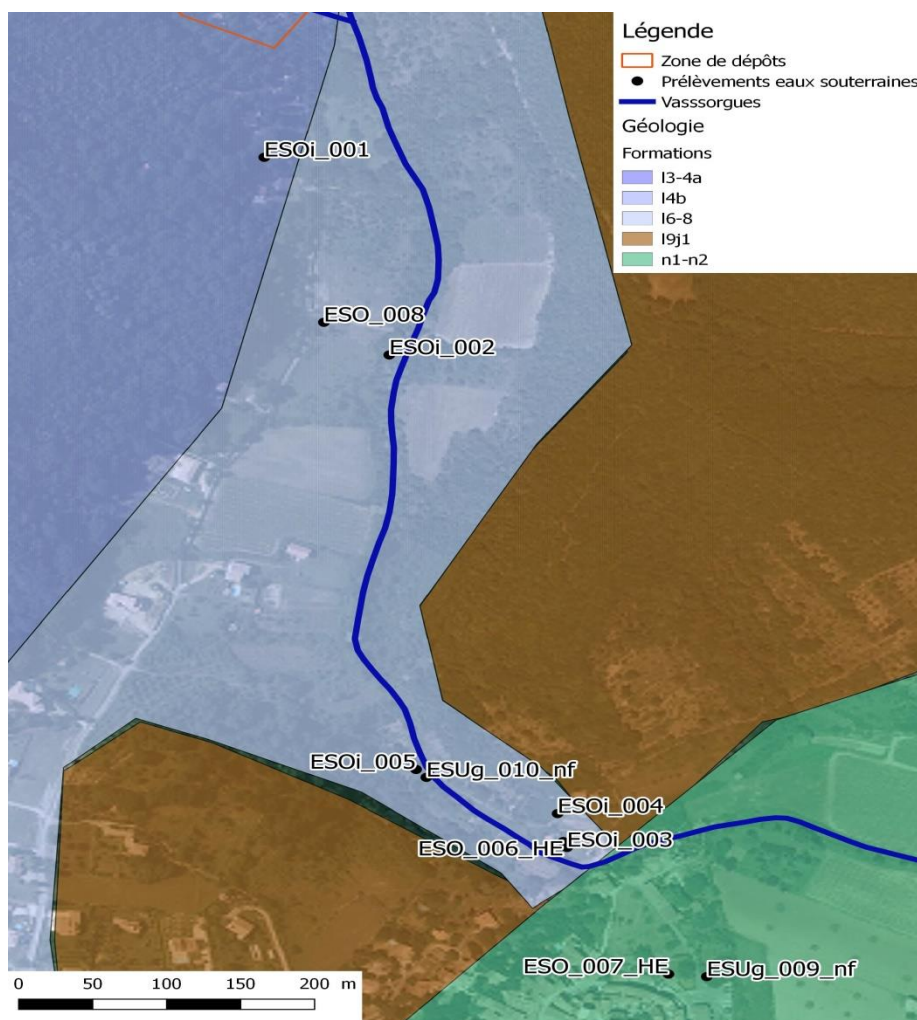
Sur la commune de Durfort/Saint Martin de Sossenac, les prélèvements ont été majoritairement effectués sur des puits et des forages. Aucune source ou résurgence n'a été prélevée. Certains prélèvements ont été effectués sur les mêmes ouvrages à des périodes différentes pour pouvoir évaluer l'évolution de la qualité de l'eau souterraine. Le Tableau 33 indique la localisation des ouvrages échantillonnés ainsi que leur description.

Campagne de terrain (dates)	Nom du prélèvement (non filtré / filtré)	Ouvrage	Profondeur nappe	Distance au Vassorgues	Description
Campagne basses eaux du 29/06 au 03/07 2015	ESOi_001 / ESOi_001_F	Puits de 45 m de profondeur situé dans un jardin potager	Moins de 40 m	Environ 90 m	Eau moyennement orangée
Campagne basses eaux du 29/06 au 03/07 2015	ESOi_002 / ESOi_002_F	Puits peu profond situé dans un jardin privé <b>Parcelle AT201</b>	Environ 2,5 m	Environ 10 m	Eau claire, fort débit
Campagne basses eaux du 29/06 au 03/07 2015	ESOi_003 / ESOi_003_F	Puits en pierres et béton situé dans un jardin potager privé (même ouvrage que ESO_006_HE)	1,5 à 2 m	Environ 12 m	Eau claire
Campagne basses eaux du 29/06 au 03/07 2015	ESOi_004 / ESOi_004_F	Large puits en pierre et béton situé dans un jardin privé	Environ 2 m	Environ 35 m	Eau claire avec forte odeur de solvant
Campagne basses eaux du 29/06 au 03/07 2015	ESOi_005 / ESOi_005_F	Puits en pierre inutilisé de 3 m de fond dans jardin privé (même ouvrage que le point ESUg_010)	1,5 à 2 m	Environ 7 m	Eau claire
Campagne compléments du 21/09 au 23/09 2015	ESUg_009_nf / ESUg_009_f	Cuve alimentée par le forage dans jardin potager	Inconnu	Environ 120 m	Eau légèrement jaune, avec nombreuses particules
Campagne compléments du 21/09 au 23/09 2015	ESUg_010_nf / ESUg_010_f	Puits en pierre inutilisé de 3 m de fond dans jardin privé (même ouvrage que le point ESOi_005)	2,40 m	Environ 7 m	Eau stagnante avec nombreuses particules, odeur de pourriture
Campagne hautes eaux 26 et 27/01 2016	ESO_006_HE / ESO_006_HE_F	Puits en pierres et béton situé dans un jardin potager privé (même ouvrage que ESOi_003)	Environ 6 m	Environ 12 m	Eau claire
Campagne hautes eaux 26 et 27/01 2016	ESO_007_HE / ESO_007_HE_F	Puits de 28 m de profondeur situé dans un jardin privé	Inconnu	Environ 110 m	Eau claire
Campagne compléments 17 mai 2016	ESO_008_HE / ESO_008_HE_F	Emergence dans jardin privé, alimentée par les eaux de pluie <b>Parcelle AT201</b>	Inconnu	Environ 60 m	Eau claire

**Tableau 33 : Points d'eau souterraines identifiés sur la zone d'étude**

L'origine des eaux captées reste en partie inconnue dans la mesure où les circulations des eaux souterraines sont de nature karstique. Il convient donc de se montrer prudent dans l'interprétation des données analytiques sur les échantillons prélevés.

La Figure 62 présente la localisation des différents points échantillonnés.



**Figure 62 : Localisation des points de prélèvement des eaux souterraines (ESO) retenus sur la zone d'étude**

#### 5.2.4.2 Composition chimique des eaux souterraines

Comme pour les eaux de surface, les eaux souterraines ont été prélevées et analysées en période de hautes eaux et de basses eaux. Le Tableau 34 ci-dessous rassemble les principaux paramètres physico-chimiques et cations majeurs pour la période de hautes eaux. L'ensemble des résultats d'analyse est fourni en annexe 2.

Les valeurs de pH varient entre 6,1 et 7,2, valeurs neutres à légèrement acides alors que les conductivités sont élevées avec de plus fortes variations (800 à plus de 3000  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ).

NOM	Distance au dépôt (m)	pH	Conductivité (µS/cm)	Calcium (mg/L)	Sodium (mg/L)	Magnésium (mg/L)	Potassium (mg/L)
ESOi_001_nF	110	6,49	862	152	15,2	5,91	2,21
ESO_008_nF	270	7,08	3170	144	4,73	26,3	2,97
ESOi_002_nF	284	6,12	900	171	7,57	26,7	2,67
ESOi_005_nF	700	-	-	157	5,48	14,5	1,14
ESUg_010_nf	700	7,15	1280	165	8,58	13,3	2,97
ESOi_004_nF	820	-	-	178	6,81	5,97	1,06
ESOi_003_nF	840	-	-	119	4,37	15,7	2,18
ESO_006_HE_nF	840	7,21	910	123	5,13	15,7	1,87
ESUg_009_nf	980	8,42	940	70,4	9,93	25,7	2,81
ESO_007_HE_nF	985	7,2	960	88,3	13,2	15,9	46

**Tableau 34 : Paramètres physico-chimiques et cations majeurs analysés sur eaux brutes des puits et forage investigués en hautes eaux sur la zone d'étude**

Les eaux sont principalement calciques et magnésiques, correspondant à la nature calcaire-dolomitique des aquifères. On note une forte concentration en potassium (46 mg/L) dans l'échantillon ESO\_007\_HE, anomalie n'ayant pas pour l'instant d'explication particulière.

Le Tableau 35 ci-après rassemble les principaux résultats analytiques en éléments traces rattachées aux prélèvements avec les valeurs surlignées en gras correspondant aux valeurs supérieures aux normes de potabilité.

On observe que les eaux souterraines surtout proches de la zone de dépôts possèdent bien la signature en plomb-zinc du gisement et du contexte géologique sans toutefois dépasser les normes de potabilité pour aucun des éléments toxiques ou indésirables retenus.

On notera une anomalie significative en arsenic (25 µg/L) à près d'un km à l'aval de la zone de dépôts (ESO\_007), qui ne semble pas en relation directe avec cette dernière. En effet, l'arsenic et le cuivre présentent des concentrations à l'endroit du prélèvement, en relation avec un changement de lithologie des terrains jurassiques aux terrains crétacés, séparés par la faille de Corconne. Ce prélèvement a été effectué dans un puits inutilisé dont le débit est assez fort (environ 11L/min par estimation du propriétaire), l'eau claire étant sans odeur ou couleur particulière. Le prélèvement ESUg\_009 a été effectué dans une cuve alimentée par un forage situé sur la même parcelle.

NOM	Distance au dépôt (m)	Zinc (µg/L)	Cuivre (µg/L)	Plomb (µg/L)	Arsenic (µg/L)	Antimoine (µg/L)	Cadmium (µg/L)
Seuil de potabilité		3000	1000	10	10	5	-5
ESOi_001_BE_F	110	1450	23,3	<0,5	1	1,74	2,97
ESOi_001_BE_nF		170	20,2	3,74	3,42	1,59	0,42
ESO_008_HE_F	270	229	2,61	<0,5	<0,20	<0,20	0,24
ESO_008_HE_nF		230	1,8	<0,5	<0,20	<0,20	0,26
ESOi_002_BE_F	284	98	0,56	0,93	0,35	<0,20	<0,20
ESOi_002_BE_nF		35,1	0,56	0,8	0,37	<0,20	<0,20
ESOi_005_BE_F	700	74,5	<0,50	<0,50	0,95	<0,20	<0,20
ESOi_005_BE_nF		183	0,62	1,11	1,15	<0,20	0,37
ESUg_010_BE_f	700	56,5	0,56	<0,50	1,78	0,22	<0,20
ESU_010_BE_nf		148	1,44	3,41	2,55	<0,20	0,34
ESOi_004_HE_F	820	<5	<0,50	<0,50	0,96	<0,20	<0,20
ESOi_004_HE_nF		<5	<0,50	<0,50	1,16	<0,20	<0,20
ESOi_003_BE_F	840	60,7	3,06	<0,50	2,61	0,42	<0,20
ESOi_003_BE_nF		56,3	2,78	<0,50	2,53	0,41	<0,20
ESO_006_HE_F	840	47,4	1,96	<0,50	1,66	<0,20	<0,20
ESO_006_HE_nF		50,8	2,19	<0,50	1,69	<0,20	<0,20
ESUg_009_HE_f	980	7,2	2,66	<0,50	3,99	<0,20	<0,20
ESUg_009_HE_nf		8,1	4,55	0,6	4,16	0,23	<0,20
ESO_007_HE_F	985	15	4,93	<0,50	<b>25,4</b>	0,67	<0,20
ESO_007_HE_nF		18,5	5,93	<0,50	<b>25,2</b>	0,67	<0,20

**Tableau 35 : Concentrations des éléments traces dans les eaux souterraines aux deux périodes hautes eaux (HE) et basses eaux (BE)**

## 5.2.5 Sols

### 5.2.5.1 Remarques générales

La présente étude constitue la première étude sanitaire et environnementale de GEODERIS où des campagnes de mesures ont été spécifiquement dédiées à l'évaluation du fond géochimique naturel. Elle a notamment servi de base au développement de la démarche méthodologique maintenant utilisée pour l'évaluation du fond pédogéochimique dans le cadre des études sanitaires et environnementales de GEODERIS.

Pour cette première approche, les résultats des mesures et analyses de sols ont été traités selon une analyse statistique. Pour la suite de l'interprétation, les premiers et troisièmes quartiles (Q1 et Q3) des résultats présentés dans le Tableau 36 ont ainsi été retenus comme valeurs de référence pour la comparaison des résultats d'analyse au fond géochimique naturel pour chaque substance et chaque formation géologique considérée.

### 5.2.5.2 Fond géochimique naturel

Les exploitations minières sont, par nature, implantées au droit d'anomalies géochimiques naturelles d'extension spatiale variable caractérisées par des teneurs en différents métaux et métalloïdes qui peuvent être élevées.

Ces anomalies se développent souvent au sein d'un contexte géologique complexe, dans des formations perturbées par la tectonique et des circulations de fluides, comme c'est le cas pour le gisement de Lacoste et La Grande Vernissière. De ce fait, la caractérisation du fond géochimique naturel à l'échelle de la zone d'étude (Lemière et Auger, 2016) est particulièrement délicate, notamment après la phase d'exploitation.

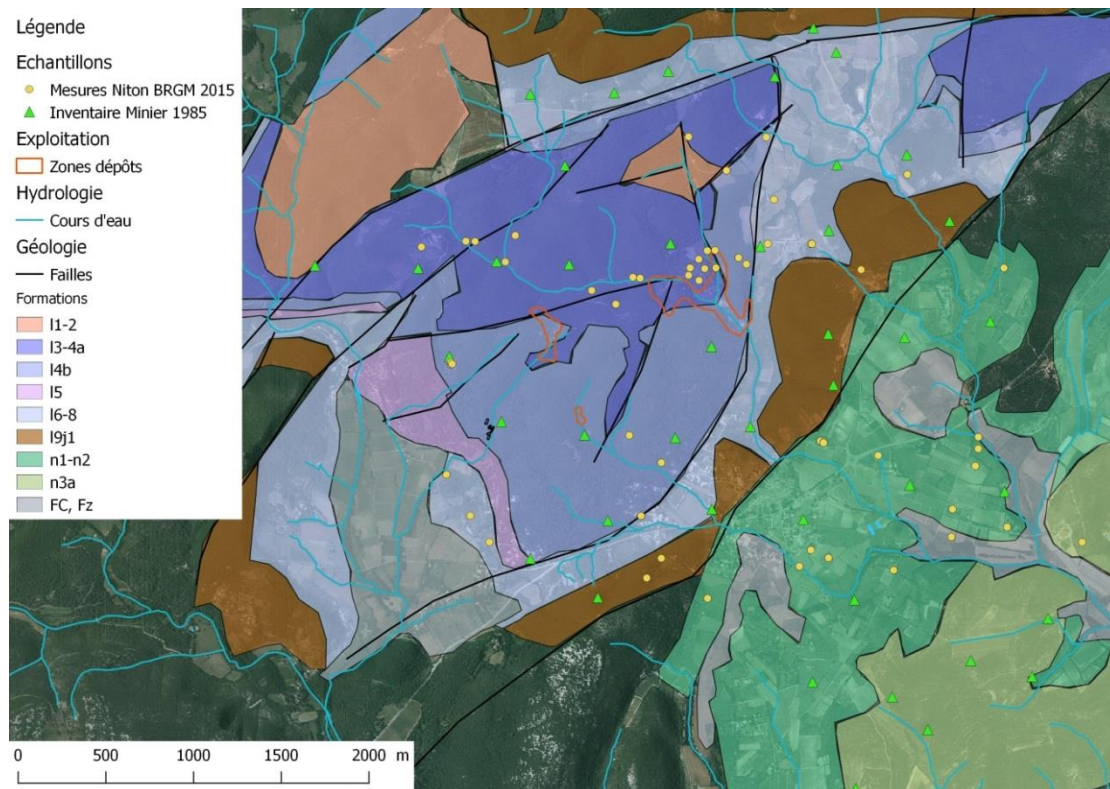
Lors des investigations menées sur site, des mesures pXRF ont été réalisées spécifiquement en vue de caractériser le fond géochimique naturel. Ces mesures ont été réparties au droit de différentes formations géologiques, dans des zones non impactées directement ou indirectement par l'activité minière, ni par aucune autre activité anthropique dans la mesure du possible. Le choix de ces zones a été déterminé en fonction des informations recueillies dans le cadre de l'étude historique et documentaire menée préalablement. La localisation des mesures pXRF et des points de l'Inventaire Minier retenus pour la détermination du fond géochimique est reportée sur la Figure 63.

Cette démarche est complétée par une approche régionale basée sur l'étude de données existantes. L'emprise des cartes géologiques d'Anduze (feuille 938) et Le Vigan (feuille 937) a été couverte par une campagne de prospection géochimique sur sols et sédiments de ruisseau, menée par le BRGM en 1985 dans le cadre de l'Inventaire Minier du Territoire National.

Le Tableau 36 présente les résultats statistiques des échantillons de l'Inventaire Minier et des mesures pXRF réalisées par le BRGM pour le plomb, le zinc, le cadmium et l'arsenic. L'ensemble des points sont localisés sur la carte de la Figure 63.

La Figure 64 indique la représentation de la distribution statistique des teneurs en plomb, zinc et cadmium dans les différentes formations considérées.





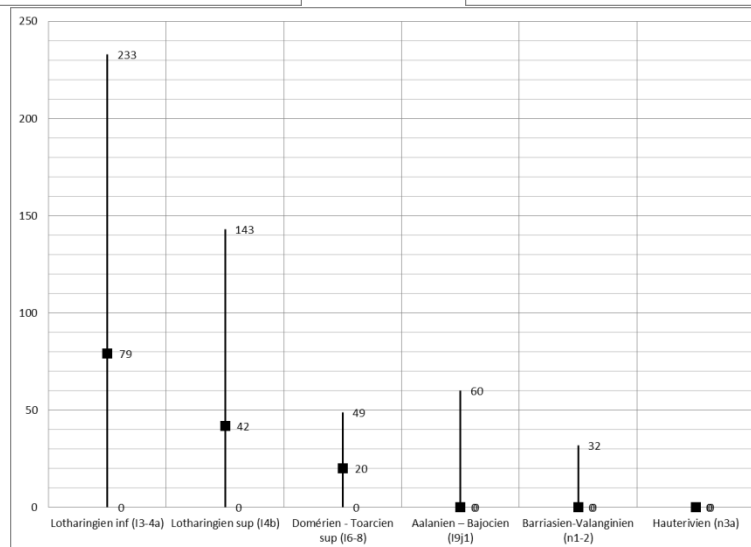
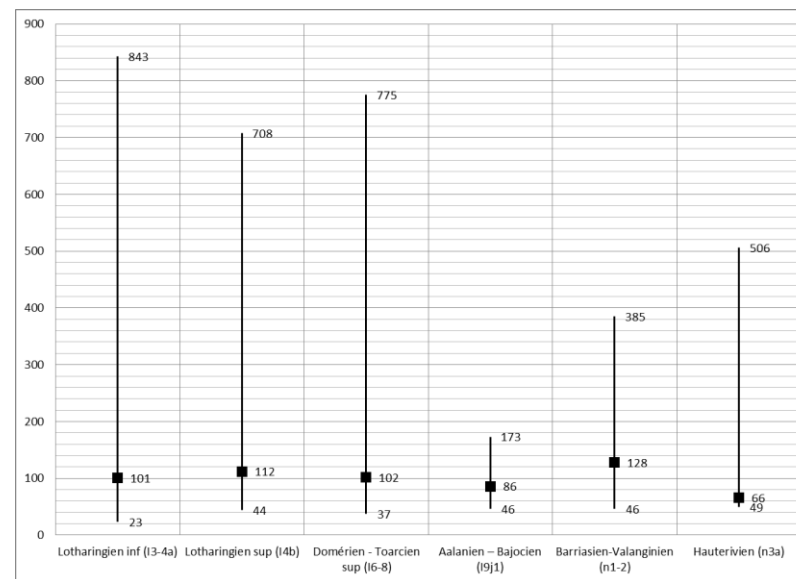
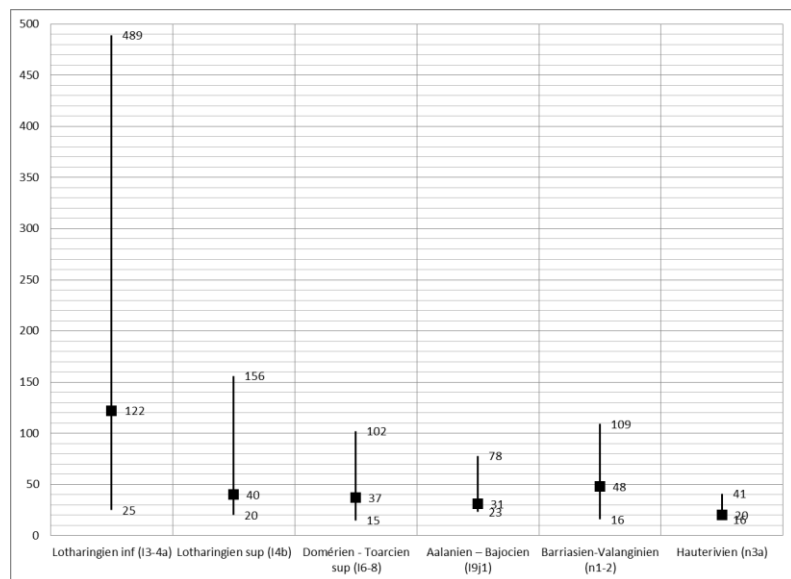
**Figure 63 : Localisation des mesures pXRF et des échantillons de l’Inventaire Minier National retenus pour la caractérisation du fond géochimique**

Paramètres (en mg/kg)	Lotharingien inf (I3-4a)	Lotharingien sup (I4b)	Domérien - Toarcien sup (I6-8)	Aalanien – Bajocien (I9j1)	Barriasien-Valanginien (n1-2)	Hauterivien (n3a)
<b>Nombre d'échantillons</b>	23	29	29	7	31	10
<b>Pb</b>	Minimum	25	20	15	23	16
	1 <sup>er</sup> quartile	88,5	27	27,5	28,5	35
	<b>Médiane</b>	<b>122</b>	<b>40</b>	<b>37</b>	<b>31</b>	<b>48</b>
	3 <sup>ème</sup> quartile	184	69	48,5	43	55
	Maximum	489	156	102	78	109
<b>Zn</b>	Minimum	23	44	37	46	46
	1 <sup>er</sup> quartile	73	84	62	80,5	104,5
	<b>Médiane</b>	<b>101</b>	<b>112</b>	<b>102</b>	<b>86</b>	<b>128</b>
	3 <sup>ème</sup> quartile	231,5	188	131	110	157,5
	Maximum	843	708	775	173	385
<b>Cd</b>	Minimum	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
	1 <sup>er</sup> quartile	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
	<b>Médiane</b>	<b>&lt; LOD</b>	<b>&lt; LOD</b>	<b>&lt; LOD</b>	<b>&lt; LOD</b>	<b>&lt; LOD</b>
	3 <sup>ème</sup> quartile	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
	Maximum	23	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
<b>As</b>	Minimum	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD
	1 <sup>er</sup> quartile	45	29	< LOD	< LOD	< LOD
	<b>Médiane</b>	<b>79</b>	<b>42</b>	<b>20</b>	<b>&lt; LOD</b>	<b>&lt; LOD</b>
	3 <sup>ème</sup> quartile	127,5	69	32	23	< LOD
	Maximum	233	143	49	60	32

Unités : mg/kg

**Tableau 36 : Résultats statistiques sur les échantillons de l’Inventaire Minier et des mesures pXRF sélectionnés pour la caractérisation du fond géochimique**





**Figure 64 : Distribution statistique des teneurs en plomb (sup. gauche), zinc (sup. droit) et cadmium (inf) relevées dans les sols des différentes formations géologiques concernant le secteur d'étude (unité : mg/kg)**



Les teneurs en plomb concernant la formation du Lotharingien inférieur s'échelonnent de 25 mg/kg à 489 mg/kg, avec une médiane à 122 mg/kg. Cette valeur est bien plus élevée que les médianes des autres formations, qui varient entre 20 et 48 mg/kg.

Concernant les valeurs en zinc, la répartition des valeurs présente davantage d'homogénéité entre les formations du Lotharingien inférieur, Lotharingien supérieur et Domérien-Toarcien, avec des valeurs médianes respectivement de 101, 112 et 102 mg/kg, et des valeurs maximales respectivement de 843, 708 et 775 mg/kg. Plus haut dans la série stratigraphique, les valeurs médianes dans les formations de l'Aalénien-Bajocien, Barriasien-Valanginien et Hauterivien restent également du même ordre de grandeur, respectivement de 86 mg/kg, 128 mg/kg, et 66 mg/kg.

En ce qui concerne le cadmium, qui devrait étroitement suivre le comportement du zinc, les valeurs les plus élevées sont enregistrées comme attendues dans la formation du Lotharingien inférieur, avec une médiane à 79 mg/kg et une valeur maximale à 233 mg/kg. Les valeurs décroissent ensuite progressivement dans la suite stratigraphique de la série sédimentaire, avec des médianes de 42 mg/kg et 20 mg/kg dans les formations respectives du Lotharingien supérieur et du Domérien-Toarcien, devenant nulles dans les autres formations.

En conclusion, les formations géologiques du Lotharingien inférieur, principal encaissant aux minéralisations de Lacoste et Grande Vernissière présentent une forte anomalie géochimique en plomb, zinc et cadmium qui diminuent ensuite progressivement au fur et à mesure que l'on monte dans la série stratigraphique.

### **5.2.5.3 Caractérisation de l'état des sols**

Les mesures de sols effectuées sont, comme celles concernant les résidus, de différentes natures :

- Les mesures pXRF effectuées sur site ;
- Les mesures ICP/AES réalisées au laboratoire Eurofins.

Les mesures au pXRF sont davantage utilisées à des fins qualitatives pour différencier la contamination des sols du fond géochimique, tandis que les mesures ICP/AES permettent de contrôler la validité des teneurs mesurées.

La caractérisation de l'état des sols est effectuée sur la base des mesures Niton et des prélèvements effectués par GEODERIS et l'INERIS lors des campagnes du 29 juin au 3 juillet, du 21 au 23 septembre 2015 et celle du 16 août 2016. Tous les résultats des mesures pXRF sont fournis dans les rapports BRGM de 2015 et 2016. Les résultats des analyses de laboratoire sont quant à eux fournis en annexe 2.

Les teneurs retenues pour la caractérisation des sols par formation géologique sont indiquées dans les tableaux qui suivent (Tableau 37 à Tableau 42).

NOM	Arsenic	Cadmium	Plomb	Zinc
<b>Sinémurien à Lotharingien inférieur I3-4a</b>				
SOLg_019_0-02	10,4	1,41	40,2	725
SOLg_019_0-10	8,27	<0,4	19,4	156
SOLg_020_0-10	78,7	8,14	1560	8000
SOLg_028_0-10	167	42,4	2520	29000
SOLi_C036_0-05	131	8,16	3760	6090
SOLi_C038_0-05	144	14,7	6310	13200
SOLi_C042_0-05	142	14,5	6320	12500
SOLi_C047_0-02	54,4	4,23	2380	3670
SOLi_C051_0-05	91,5	17,5	4710	12100
SOLi_C057_0-05	69,9	0,84	128	231
SOLi_C058_0-05	70,1	2,85	610	1300
<b>Corrélations</b>				
As-Cd	As-Pb	As-Zn	Cd-Zn	
0,76	0,75	0,81	0,99	

Unités : mg/kg

**Tableau 37 : Résultats des analyses de laboratoire sur les échantillons de sols de la formation I3-4a (dolomie siliceuse du Sinémurien-Lotharingien inférieur)**

NOM Mesure	Arsenic	Cadmium	Plomb	Zinc
<b>Lotharingien supérieur I4b</b>				
lac-15-sol-n008	<LOD	<LOD	51	170
lac-15-sol-n019	<LOD	<LOD	654	9506
lac-15-sol-n020	<LOD	<LOD	36	128
SOLg_007_0-02	43,8	29,3	1440	18800
SOLg_007_0-20	49,8	20,6	3320	12000
SOLg_013_0-10	25	1,45	83,9	466
SOLg_013_0-35	23,4	1,18	75,7	476
SOLg_014-0-02	61,9	46,2	1740	35400
SOLg_014-0-10	65,2	51,7	1930	42200
SOLg_016_0-10	117	52,5	2160	39700
SOLg_017_0-10	55,2	63	728	38900
SOLg_018_0-02	16,5	2,81	97,6	2100
SOLg_018_0-10	38,4	31,5	525	21100
SOLg_018_0-60	61	36,8	505	37300
SOLg_026_0-05	28,3	325	4400	110000
SOLg_042_0-05	36	<0,41	29,9	163
SOLg_043_0-02	31,4	2,42	54,3	318
SOLg_045_0-05	86,3	0,74	75,8	267
SOLi_C061_0-02	89,8	0,55	37,9	220
SOLi_C064_0-20	26,4	<0,4	61	157
SOLi_C065_0-20	24,7	0,44	59,6	197
SOLi_C067_0-02	36,9	1,14	116	420
SOLi_C069_0-02	39,7	0,87	59	415
SOLi_C080_0-05	115	1,15	55,7	319
SOLi_C087_0-10	46,9	4,53	191	2410
SOLi_C090_0-30	18,4	<0,4	30	153
SOLi_C093_0-05	19,7	<0,4	32,9	157
SOLi_C122_0-02	28,9	338	6520	119000
SOLi_C124_0-10	19,5	207	1020	72000
SOLi_C127_0-02	28	8,7	145	2480
SOLi_C131_0-05	35,8	<0,4	65,9	97,4
<b>Corrélations</b>				
Cd-Pb	Cd-Zn		Pb-Zn	
0,84	0,97		0,86	

Unités : mg/kg

**Tableau 38 : Résultats des mesures pXRF et des analyses de laboratoire sur les sols de la formation I4b (calcaires bleus du Lotharingien supérieur)**

NOM	Arsenic	Cadmium	Plomb	Zinc
<b>Domérien – Toarcien supérieur I6-8</b>				
SOLg_008_0-10	8,26	<0,4	25,3	100
SOLg_009_0-10	16	0,53	82,3	351
SOLg_010_0-10	7,34	<0,4	30,1	100
SOLg_011_0-10	9,14	<0,4	53,8	167
SOLg_012_0-10	4,01	<0,4	27,8	157
SOLg_015_0-10	36,1	14,4	495	8790
SOLg_015_0-60	44,5	17,2	695	10900
SOLg_029_0-10	41,6	1,67	116	615
SOLg_030_0-10	47,6	1,76	104	402
SOLg_031_0-10	37	0,99	69,7	208
SOLg_032_0-10	39,4	1,01	69,9	224
SOLg_033_0-10	30,9	0,82	43,1	154
SOLg_036_0-30	25,8	4,35	326	2150
SOLg_044_0-05	84,7	0,89	51,9	309
SOLg_049_0-05	23,4	0,74	155	451
SOLg_050_0-05	19,4	0,52	89,1	257
SOLi_034_0-25	34,8	10,4	640	5680
SOLi_035_0-25	31,5	9,46	594	5230
SOLi_C003_0-05	9,35	<0,4	22,2	92,3
SOLi_C004_0-05	9,67	<0,41	20,6	141
SOLi_C007_0-05	14,2	1,29	139	518
SOLi_C012_0-25	16,3	<0,4	26,2	128
SOLi_C025_0-02	28,7	3,31	209	1800
SOLi_C026_0-02	20,5	0,77	53,8	176
SOLi_C030_0-25	21	2,94	279	1370
SOLi_C063_0-05	69	0,82	59,9	281
SOLi_C071_0-30	40,7	7,72	424	4370
SOLi_C073_0-30	30,7	2,19	145	977
SOLi_C075_0-05	37,4	5,88	329	3530
SOLi_C077_0-02	34,4	4,07	193	2040
SOLi_C082_0-05	38,5	1,36	54	245
SOLi_C085_0-05	78,2	1,01	61,6	271
SOLi_C097_0-10	25,4	5,98	623	2780
SOLi_C100_0-15	22	3,33	389	1500
SOLi_C105_0-05	22,5	1,17	168	429
SOLi_C107_0-05	23,9	1,48	189	529
SOLi_C111_0-05	27,2	4,17	363	1720
SOLi_C115_0-05	38,4	17,1	1070	8770
SOLi_C119_0-10	23,7	2,32	195	747
SOLi_C133_0-30	13,4	<0,4	23,1	77,6
SOLi_C134_0-20	26,5	5,81	517	3110
lac-15-sol-n015	<LOD	<LOD	18	104
lac-15-sol-n016	<LOD	<LOD	<LOD	105
lac-15-sol-n017	<LOD	<LOD	28	82
lac-15-sol-n018	<LOD	<LOD	25	69
lac-15-sol-n077	50	<LOD	125	633
lac-15-sol-n078	44	<LOD	84	342
lac-15-sol-n079	62	<LOD	665	7102
lac-15-sol-n080	<LOD	<LOD	111	620
lac-15-sol-n091	<LOD	<LOD	327	2100
lac-15-sol-n092	<LOD	<LOD	89	280



NOM	Arsenic	Cadmium	Plomb	Zinc
<b>Corrélations</b>				
Cd-Pb	Cd-Zn		Pb-Zn	
0,84	0,9		0,89	

Unités : mg/kg

**Tableau 39 : Résultats des mesures pXRF et des analyses de laboratoire sur les sols de la formation I6-8 (marnes et argilites du Domérien - Toarcien supérieur)**

NOM	Arsenic	Cadmium	Plomb	Zinc
<b>Aalénien – Bajocien I9j1</b>				
SOLi_C033_0-25	16,1	1,1	118	357
SOLi_C020_0-05	16,3	0,42	61,2	113
lac-15-sol-n100	<LOD	<LOD	65	1387

Unités : mg/kg

**Tableau 40 : Résultats des mesures pXRF et des analyses de laboratoire sur les sols de la formation I9-j1 (calcaires siliceux gris de l'Aalénien – Bajocien du Jurassique moyen)**

NOM	Arsenic	Cadmium	Plomb	Zinc
<b>Berriasien – Valanginien n1-2</b>				
SOLg_034_0-10	18,8	2,29	128	784
SOLg_034_10-30	18,3	1,58	91,9	501
SOLg_046_0-05	29,7	4,22	203	1350
SOLg_047_0-05	77,6	2,95	227	768
SOLg_048_0-10	75,9	2,49	216	658
SOLg_051_0-20	25,6	1,06	113	237
SOLi_C016_0-10	18,2	6,1	129	1780
SOLi_C121_0-30	62,3	2,51	214	715
lac-15-sol-n081	<LOD	<LOD	470	2475
lac-15-sol-n082	<LOD	<LOD	89	495
lac-15-sol-n083	<LOD	<LOD	54	233
lac-15-sol-n090	<LOD	<LOD	44	224
<b>Corrélations</b>				
Zn-Cd			Pb-As	
0,99			0,86	

Unités : mg/kg

**Tableau 41 : Résultats des mesures pXRF et des analyses de laboratoire sur les sols de la formation n1-2 (Berriasien-Valanginien du Crétacé inférieur)**

NOM	Arsenic	Cadmium	Plomb	Zinc
<b>Alluvions Fz (n3a)</b>				
lac-15-sol-n084	<LOD	<LOD	71	171
lac-15-sol-n085	<LOD	<LOD	220	1438
lac-15-sol-n086	<LOD	<LOD	291	2024
lac-15-sol-n087	<LOD	<LOD	399	2977
lac-15-sol-n088	<LOD	<LOD	109	250
lac-15-sol-n089	<LOD	<LOD	546	3216
SOLg_035_0-05	22,5	8,97	633	4800

Unités : mg/kg

**Tableau 42 : Résultats des mesures pXRF et des analyses de laboratoire sur les sols de la formation Fz (n3a) (alluvions au-dessus de la formation Hauterivien du Crétacé inférieur)**

Afin de déterminer les anomalies géochimiques des sols vis-à-vis du fond pédogéochimique, les teneurs indiquées dans les tableaux précédents ont été comparées aux valeurs du fond pédogéochimique selon la classification suivante :

- Teneurs inférieures à la valeur du premier quartile (Q1) de la distribution statistique des teneurs déterminées pour le fond pédogéochimique ;
- Teneurs comprises entre la valeur du premier quartile et celle du troisième quartile (Q1-Q3) ;
- Teneurs comprises entre la valeur du troisième quartile et deux fois cette valeur (Q3-2Q3) ;
- Teneurs comprises entre deux fois la valeur du troisième quartile et cinq fois cette valeur (2Q3-5Q3) ;
- Teneurs comprises entre cinq fois la valeur du troisième quartile et dix fois cette valeur (5Q3-10Q3) ;
- Teneurs comprises entre dix fois la valeur du troisième quartile et cinquante fois cette valeur (10Q3-50Q3) ;
- Teneurs comprises entre cinquante fois la valeur du troisième quartile et cent fois cette valeur (50Q3-100Q3).

### **Teneurs en plomb et en zinc**

Les teneurs les plus élevées en plomb et zinc dans les sols se situent logiquement au niveau de la zone de dépôt de Lacoste, en particulier les haldes centrales de la laverie, et de la laverie de Fressac. C'est également à ces niveaux que les écarts par-rapport aux valeurs du fond géochimique sont les plus élevés, allant jusqu'à plus de 100 fois la valeur du troisième quartile.

En-dehors de ces zones, les teneurs diminuent très fortement. L'exemple des points SOLg\_014 et SOLi\_C067, respectivement localisés dans la zone de dépôt, et à l'écart des exploitations (à 70 m de la zone de dépôt et une centaine de mètres du Vassorgues) montre des teneurs respectives en plomb de 1 740 mg/kg et de 116 mg/kg, en zinc de 35 400 mg/kg et de 420 mg/kg.

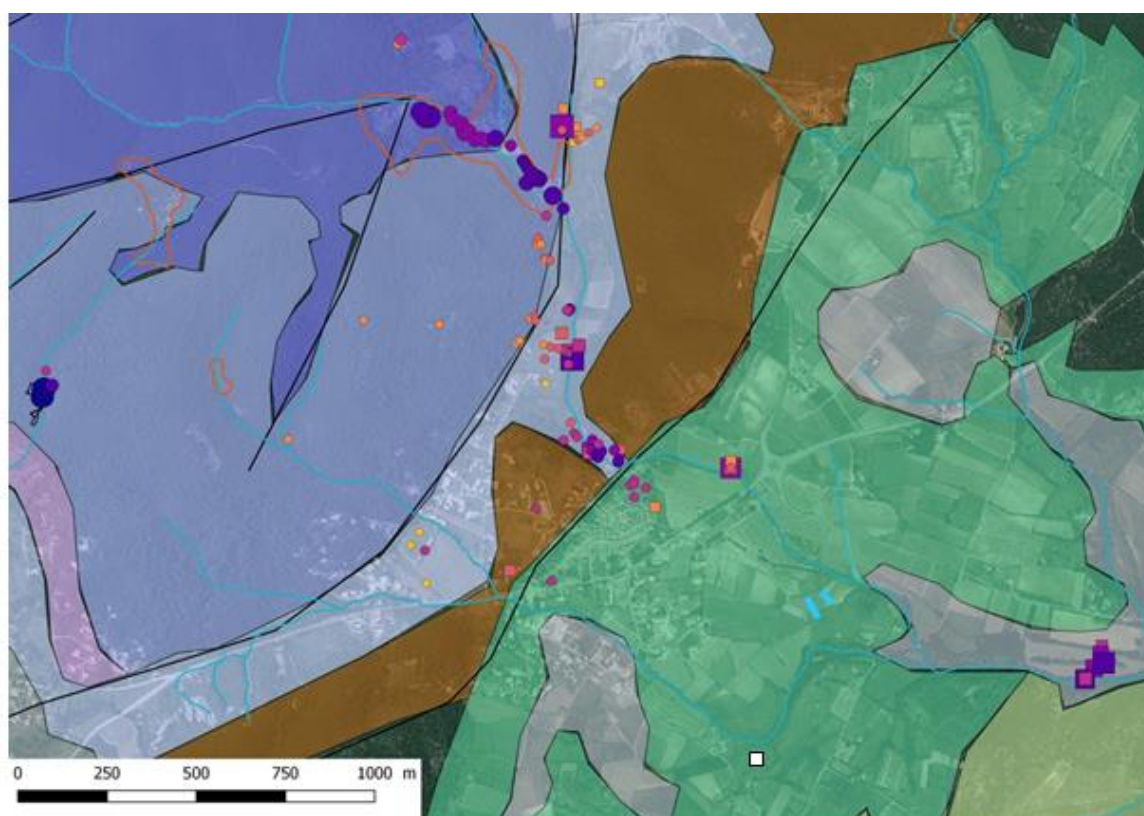
En-dehors de la zone de dépôt, les points ayant des teneurs et des écarts au fond pédogéochimique les plus élevés sont ceux qui se situent aux abords du cours d'eau du Vassorgues qui est considéré comme une voie de transfert privilégiée de la contamination en plomb et zinc.

Au niveau de la faille de Corconne, qui marque un changement de lithologie entre les formations du Jurassique (Lias) et du Crétacé, les teneurs sont nettement plus élevées dans le Lias (teneurs entre 280 et 1 070 mg/kg pour le plomb et entre 1500 et 8770 mg/kg pour le zinc) que dans le Crétacé inférieur (teneurs autour des 150 mg/kg pour le plomb et entre 200 et 1350 mg/kg pour le zinc). La comparaison avec le fond géochimique de ces deux formations indique que l'écart avec le fond géochimique du Lias reste élevé (5 à 100 fois la valeur du troisième quartile) tandis que celui avec le fond géochimique du Crétacé reste plus faible (2 à 10 fois la valeur du troisième quartile). Il y a donc une anomalie géochimique particulière au niveau du passage de la faille de Corconne.

A 2,5 km de la zone de dépôt en suivant le cours du Vassorgues, l'échantillon SOLg\_035 et les mesures pXRF associées, sont toute effectuées dans une zone d'alluvions recouvrant le changement de lithologie entre les formations du Valanginien et de l'Hauterivien.

Elles indiquent des teneurs allant jusqu'à 550 mg/kg pour le plomb et 4 800 mg/kg pour le zinc avec des écarts par-rapport au fond géochimique pouvant aller jusqu'à 50 fois le troisième quartile. Bien que peu d'échantillons et de mesures aient été faits en amont de ces points, il s'agit probablement d'une anomalie ponctuelle correspondant à des alluvions caractérisées par des matériaux transportés anciens de chimie très variable, donc peu représentatifs du fond pédo-géochimique de la formation sous-jacente.

Les cartes des Figure 65 à Figure 68 suivantes, indiquent respectivement la distribution des teneurs en plomb et en zinc comparées au fond pédo-géochimique des formations concernées. La Figure 67 prend en compte la zone de dépôt qui en est exclue sur les cartes des Figure 66 et Figure 68. Cela permet de mieux rendre compte des variations de teneurs dans les sols situés à l'écart des anciennes exploitations.



**Concentrations en Plomb dans les sols**

Seuils de concentration (mg/kg)

pXRF	Labo
□ 200	○ 2000
□ 400	○ 4000
□ 600	○ 6000
□ 665	○ 6520

□ Zone\_Depots

— Réseau hydrologique

Comparaison au fond géochimique

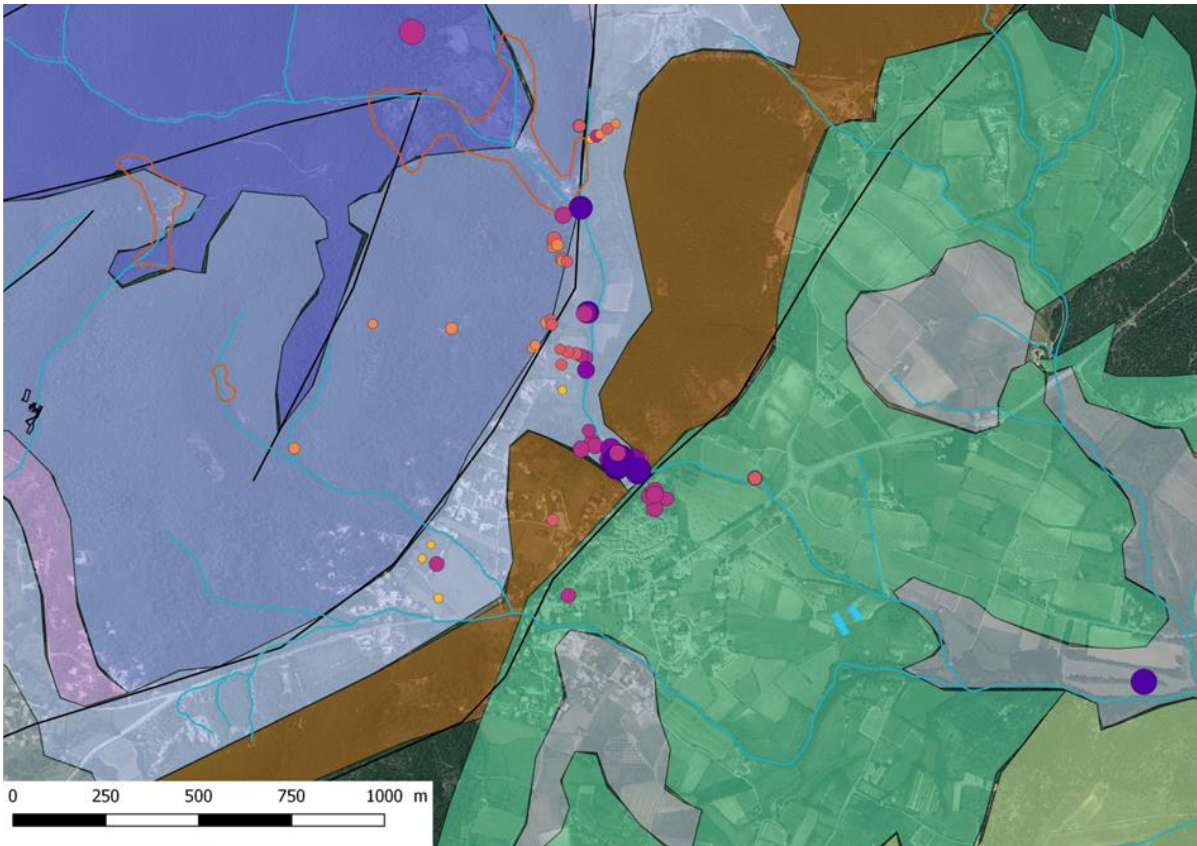
■ 50.Q3-100.Q3
■ 10.Q3-50.Q3
■ 5.Q3-10.Q3
■ 2.Q3-5.Q3
■ Q3-2.Q3
■ Q1-Q3
■ <Q1
■ <LOD

— Failles

Géologie

■ l3-4a
■ l4b
■ l5
■ l6-8
■ l9j1
■ n1-n2
■ n3a
■ FC, Fz

**Figure 65 : Carte des teneurs en plomb dans les sols en prenant en compte les mesures dans la zone de dépôt**



### Concentrations en Plomb dans les sols

Seuils de concentration (mg/kg)

pXRF	Labo
□ 200	○ 2000
□ 400	○ 4000
□ 600	○ 6000
□ 665	○ 6520

Zone\_Depots

Réseau hydrologique

Comparaison au fond géochimique

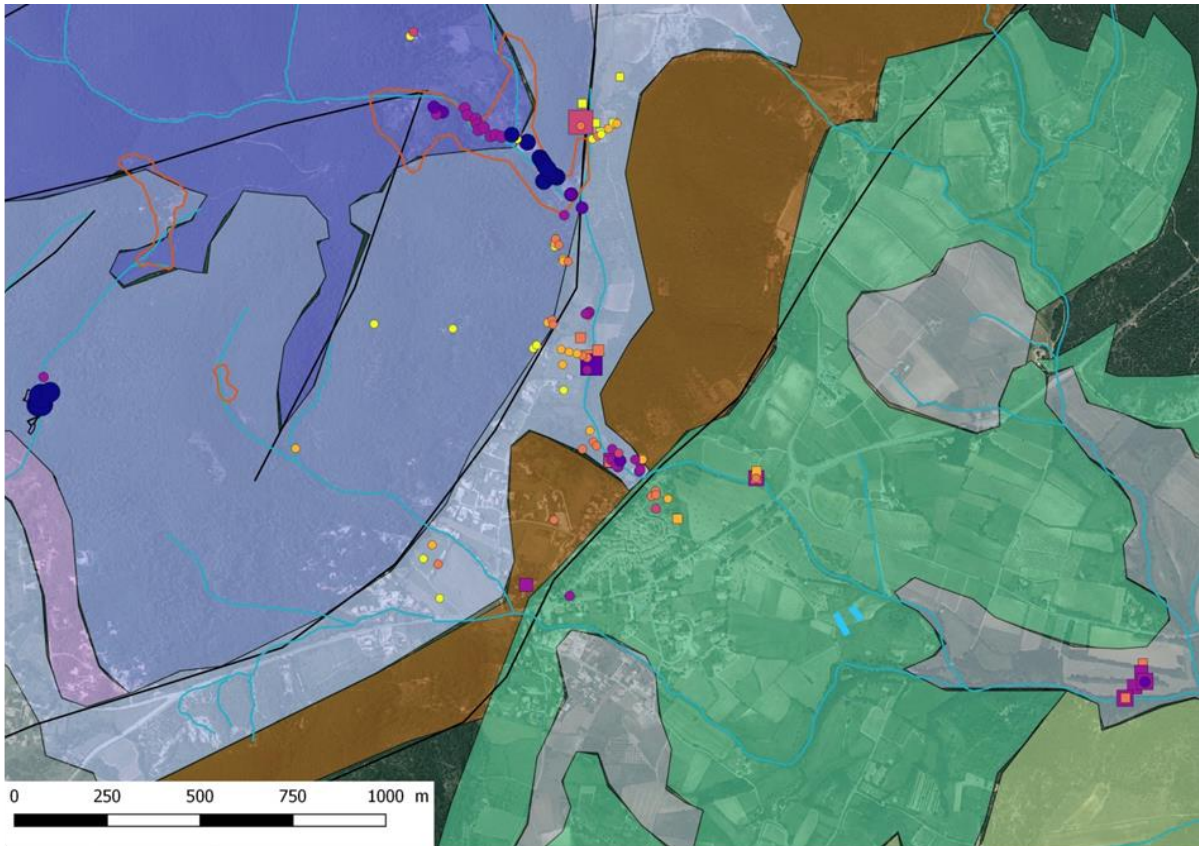
■ 50.Q3-100.Q3
■ 10.Q3-50.Q3
■ 5.Q3-10.Q3
■ 2.Q3-5.Q3
■ Q3-2.Q3
■ Q1-Q3
■ <Q1
■ <LOD

Failles

Géologie

■ I3-4a
■ I4b
■ I5
■ I6-8
■ I9j1
■ n1-n2
■ n3a
■ FC, Fz

Figure 66 : Carte des teneurs en plomb dans les sols à l'extérieur de la zone de dépôt



**Concentrations en Zinc dans les sols**

Seuils de concentration (mg/kg)

pXRF	Labo
□ 2000	○ <50000
□ 4000	○ 50000
□ 6000	○ 100000
□ 8000	○ 120000
□ 9506	

Comparaison au fond géochimique

■	>100.Q3
■	50.Q3-100.Q3
■	10.Q3-50.Q3
■	5.Q3-10.Q3
■	2.Q3-5.Q3
■	Q3-2.Q3
■	Q1-Q3

Géologie

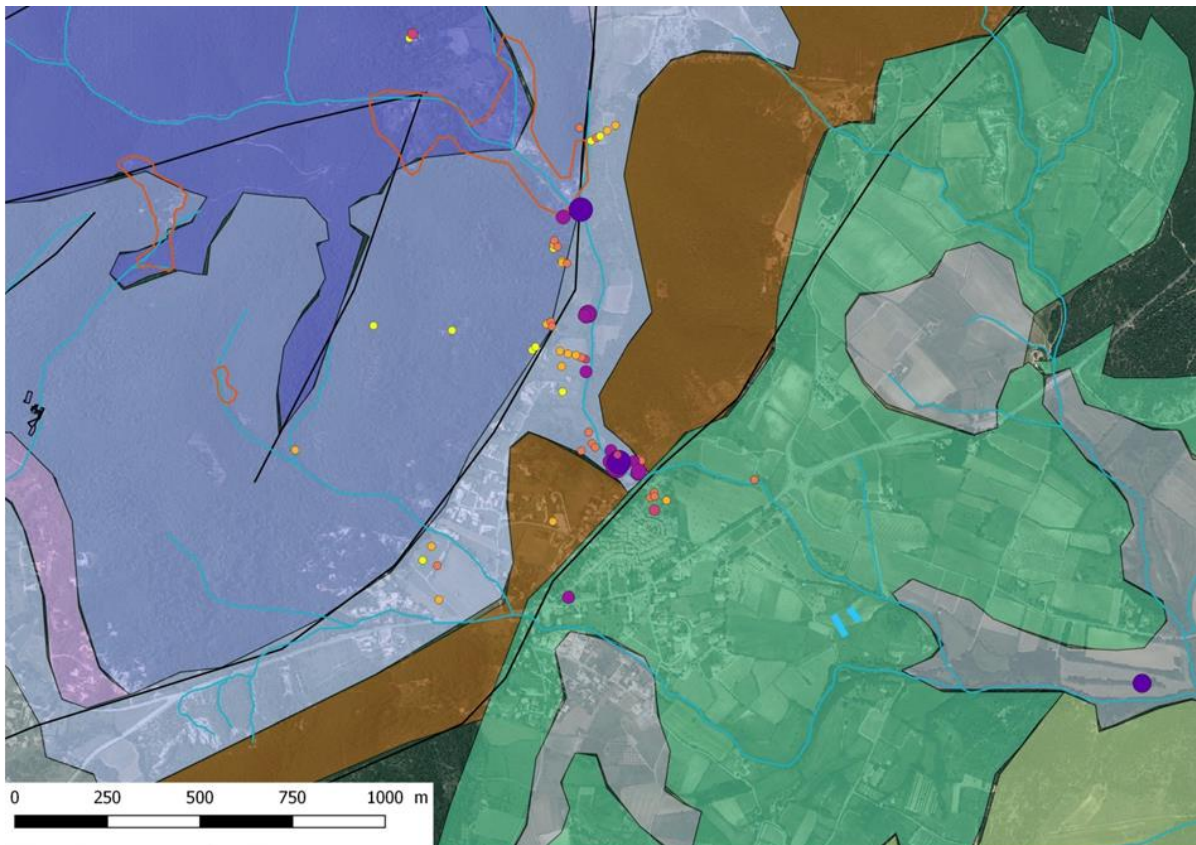
■	I3-4a
■	I4b
■	I5
■	I6-8
■	I9j1
■	n1-n2
■	n3a
■	FC, Fz

□ Zone\_Depots

— Réseau hydrologique

— Failles

**Figure 67 : Carte des teneurs en zinc dans les sols en prenant en compte les mesures dans la zone de dépôt**



### Concentrations en Zinc dans les sols

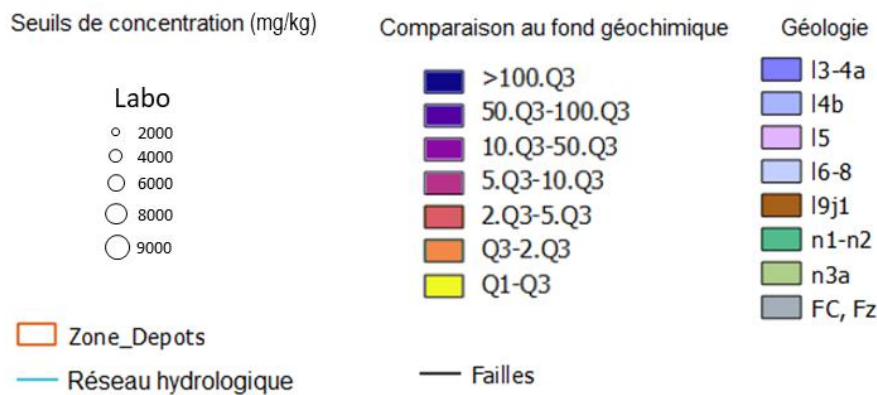
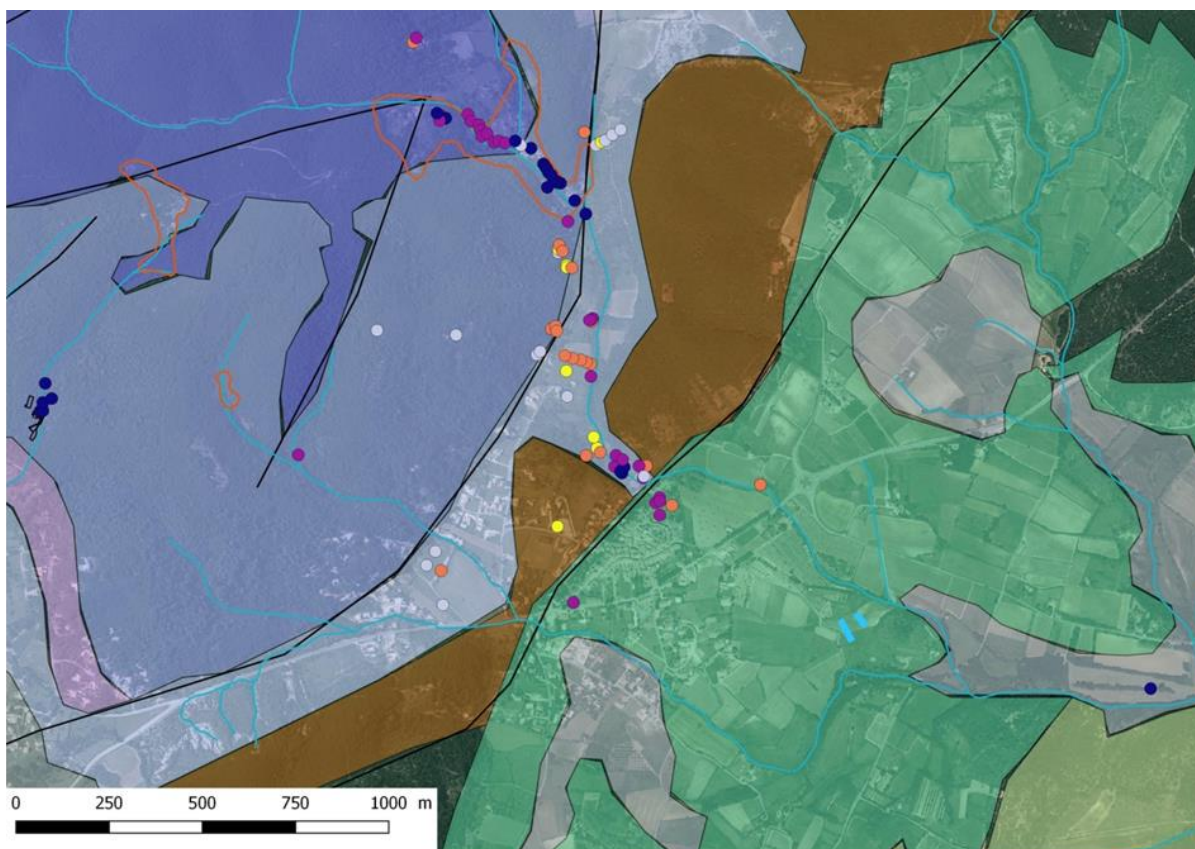


Figure 68 : Carte des teneurs en zinc dans les sols à l'extérieur de la zone de dépôt

### Teneurs en cadmium

Le fond pédo-géochimique est caractérisé par des mesures en cadmium en-dessous du seuil de détection. Toute valeur supérieure est donc considérée comme au-dessus du fond pédo-géochimique et leur distribution dans les sols est illustrée par la carte de la Figure 69.

Les teneurs les plus élevées se retrouvent logiquement dans la zone de dépôt de Lacoste, au niveau de la laverie de Fressac, au niveau de la faille de Corconne, ainsi que sur le point de mesure SOLg\_035 présent dans les formations alluvionnaires de l'Hauterivien. En d'autres termes, la distribution du cadmium suit de façon étroite celle du zinc auquel il est associé ainsi que celle du plomb.



### Concentrations en Cadmium dans les sols

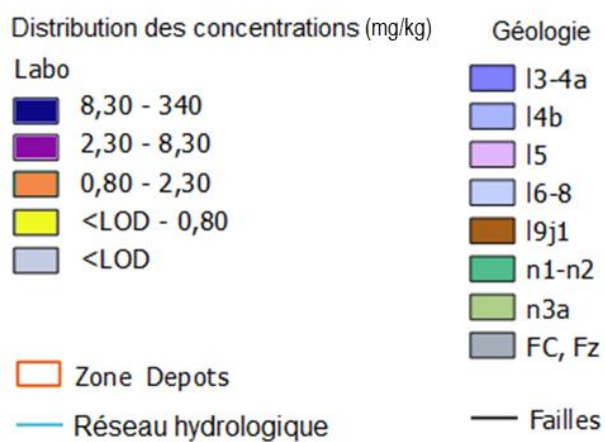


Figure 69 : Carte des teneurs en cadmium dans les sols en incluant la zone de dépôt

### Teneurs en arsenic

Les teneurs en arsenic restent majoritairement comprises entre le premier et le troisième quartile de la distribution des teneurs du fond pédo-géochimique. Les écarts les plus importants se situent dans la zone de dépôt et les zones proches du ruisseau de Vassorgues comme l'illustre la carte de la Figure 70.

Néanmoins les teneurs en arsenic ne suivent pas toujours les mêmes tendances que celles du plomb ou du zinc. Sur la zone de dépôt de Lacoste, les teneurs sont les plus élevées, mais on trouve également quelques concentrations significatives en dehors des zones exploitées, là où les teneurs en plomb et en zinc sont les moins élevées dans le Lotharingien supérieur.

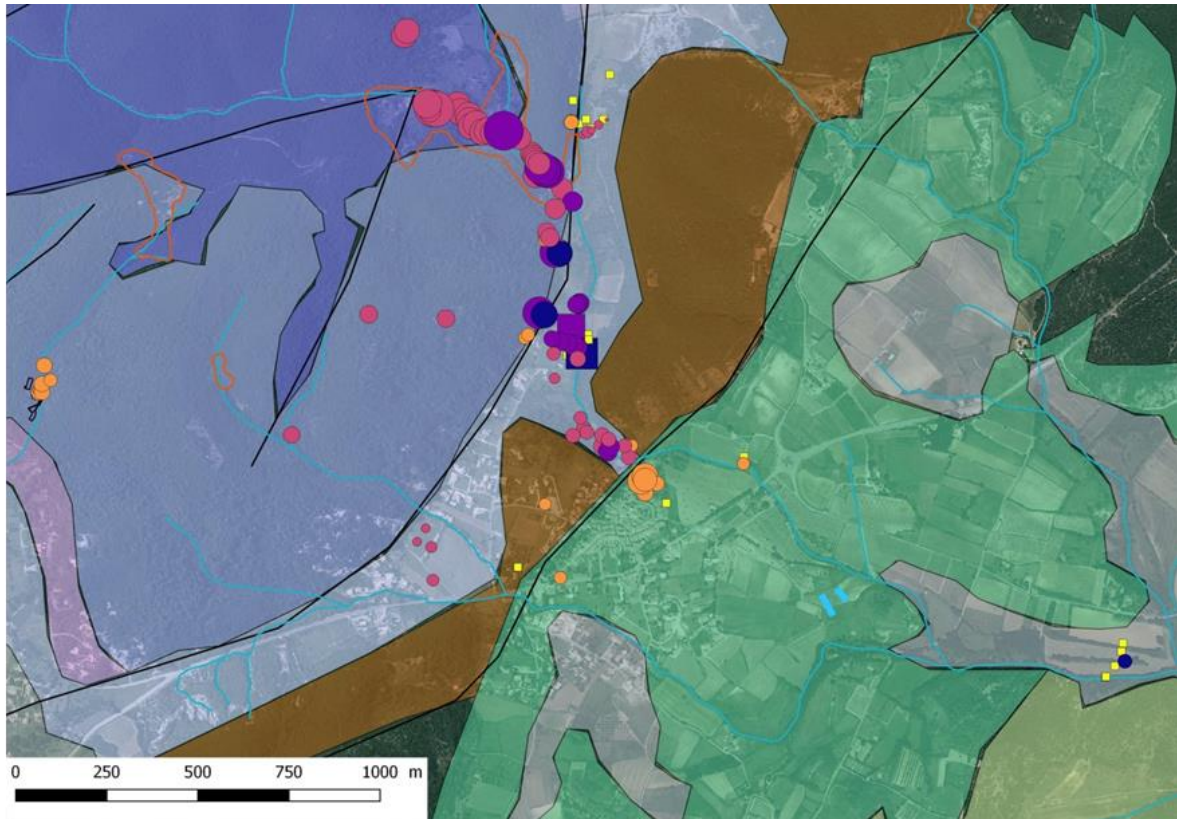
On note également que les écarts par rapport au fond pédo-géochimique ne sont pas les plus élevés sur les zones de dépôt de Lacoste ou au niveau de la laverie de Fressac, contrairement au cas du plomb et du zinc.

Le Tableau 43 récapitule les coefficients de corrélation de Pearson pour l'arsenic, le plomb et le zinc dans les sols des différentes formations géologiques de la zone d'étude.

<b>Formation</b>	<b>Coefficient de Pearson Arsenic-Plomb</b>	<b>Coefficient de Pearson Arsenic-Zinc</b>
Lotharingien inférieur I3-4a	0,75	0,81
Lotharingien supérieur I4b	0,09	0,05
Domérien-Toarcien I6-8	0,26	0,30
Aalénien-Bajocien I9j1	Pas assez de points de données	Pas assez de points de données
Berriasien-Valanginien n1-2	0,86	-0,23
Alluvions Fz (n3a)	0,64	0,70

**Tableau 43 : Coefficients de Pearson entre l'arsenic, le plomb, le zinc pour les différentes formations géologiques investiguées**





### Concentrations en Arsenic dans les sols

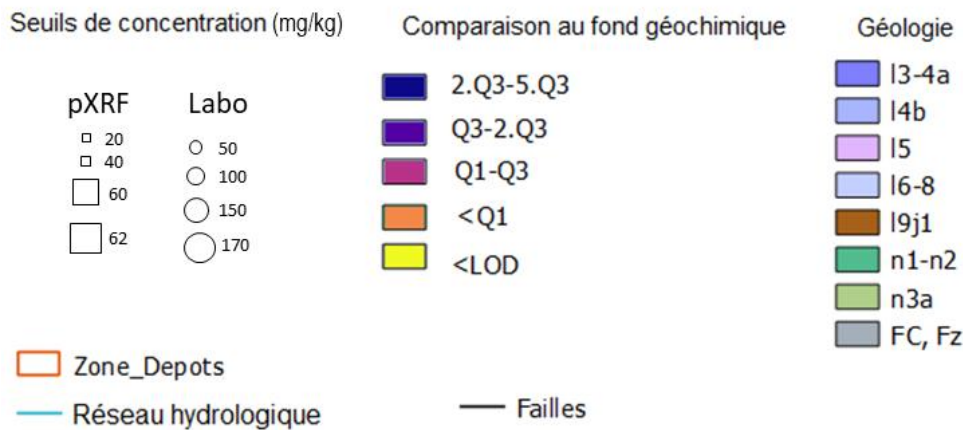


Figure 70 : Teneurs en arsenic dans les sols en incluant la zone de dépôt

#### 5.2.5.4 Identification des voies de transfert de matériaux contaminés vers les sols, exemple de la parcelle AT201

L'étude de la parcelle AT201 située en rive droite du Vassorgues, à mi-chemin entre la zone de dépôts et le nord du village de Durfort, illustre le mode de transport des polluants vers les sols. Les cartes des Figure 71 à Figure 73 indiquent la distribution et les valeurs des teneurs en plomb, zinc et cadmium dans les différents compartiments de l'environnement de la parcelle à savoir : sols inondables, sédiments des berges, eaux du Vassorgues et eau souterraine au niveau d'une émergence (ESO\_008) et d'un puit (ESO\_002) déjà investigués dans le cadre des eaux souterraines. La Figure 74 montre que les concentrations en ces

différents métaux sont d'autant plus élevées que les prélèvements sont effectués à proximité du cours d'eau.

Le Vassorgues constitue donc la voie de transfert principale des polluants concernés vers les différents compartiments de l'environnement et en particulier vers les sols. Ce transfert se fait par dépôt de particules dans les terrains inondables, dépôts d'autant plus éloignés du lit du cours d'eau que les épisodes de crue sont marqués. Ces derniers plus rares de nos jours expliquent pourquoi les matériaux fins contaminés se retrouvent plus abondamment localisées à proximité directe du cours d'eau, et/ou par infiltration des eaux chargées en éléments solubles, depuis le cours d'eau vers l'intérieur des berges.



**Figure 71 : Variations des teneurs en plomb dans les sols, sédiments et eaux sur la parcelle AT201**



**Figure 72 : Variations des teneurs en zinc dans les sols, sédiments et eaux sur la parcelle AT201**



**Figure 73 : Variations des teneurs en cadmium dans les sols, sédiments et eaux sur la parcelle AT201**

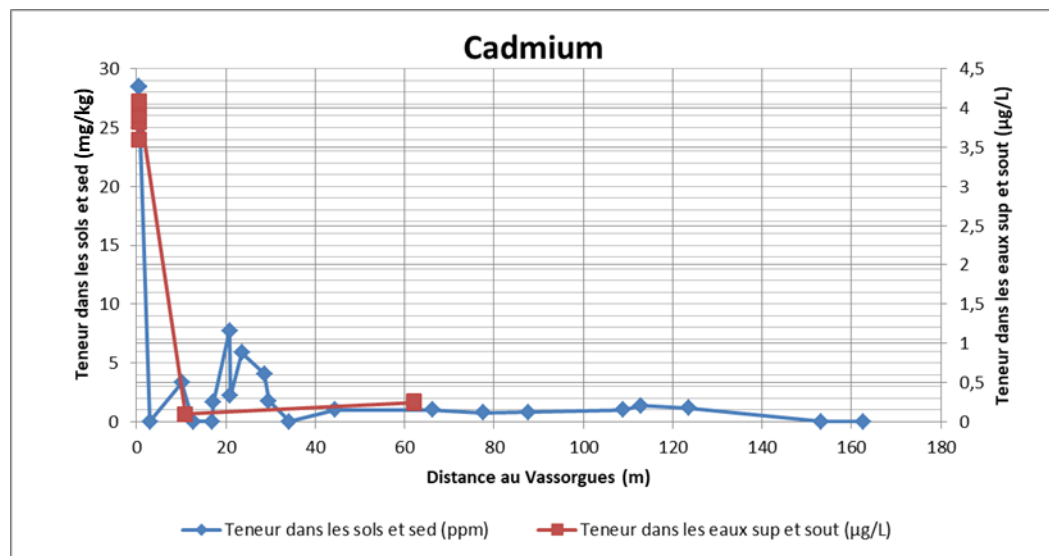
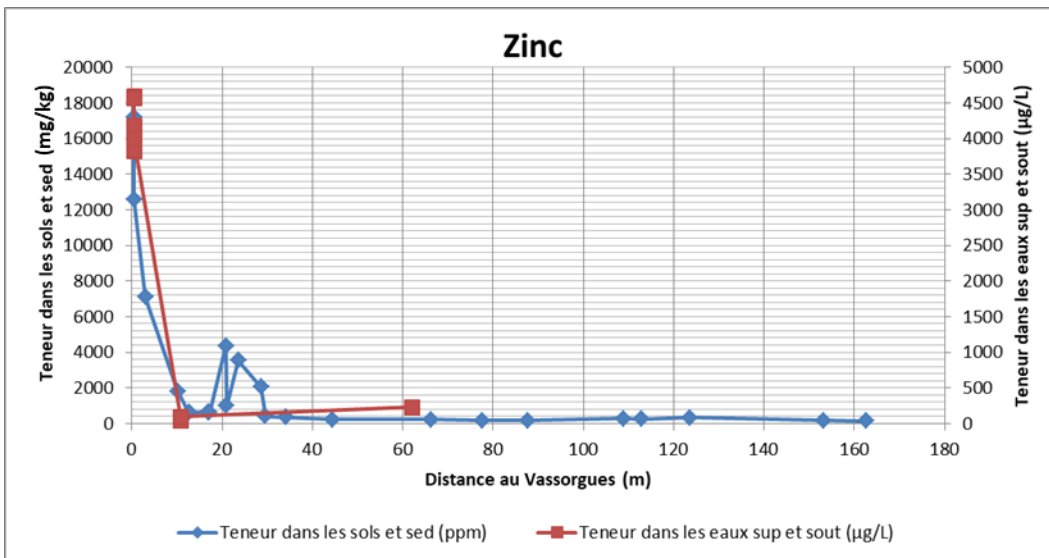
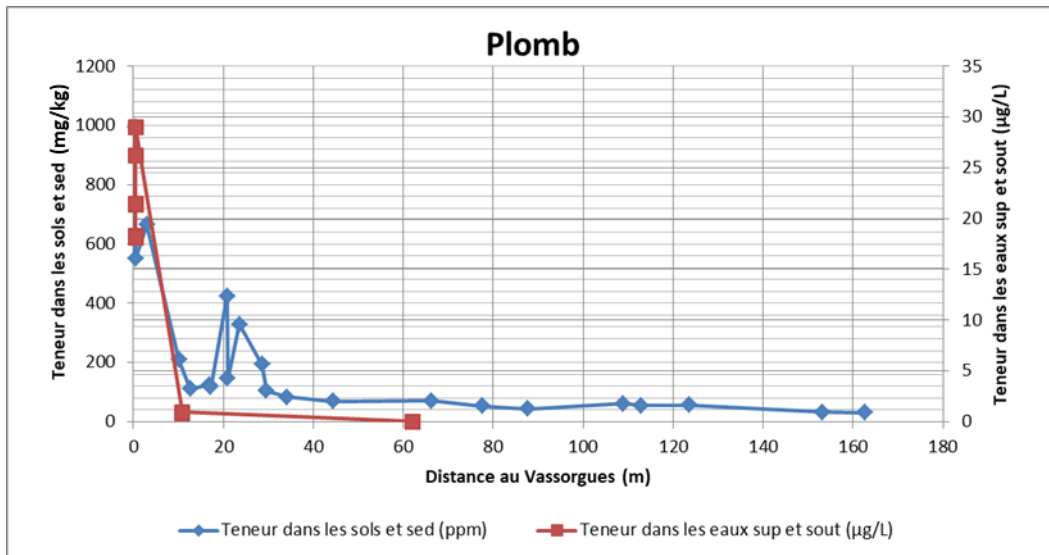


Figure 74 : Évolution des teneurs en plomb, zinc et cadmium dans les sols et les eaux de la parcelle AT201 selon la distance au Vassorgues

### 5.3 Conclusion sur la partie environnementale

Les investigations menées sur les matériaux issus de l'extraction et du traitement des minerais du secteur de Lacoste et de la Grande Vernissière ainsi que sur les différents milieux susceptibles d'être impactés permettent de souligner les faits suivants :

- **La zone de dépôts de Lacoste** est celle qui présente le plus d'impact sur le plan environnemental alors que celle de la Grande Vernissière, plus réduite, est largement stabilisée. La zone de Lacoste est constituée par trois anciens principaux dépôts de résidus généralement sableux à limoneux, (bassins de décantation et digue à résidus) ainsi que par des déblais (haldes) de stériles de creusement. Ces dépôts renferment encore des minéralisations sulfurées et sulfatées avec des concentrations résiduelles élevées en plomb, zinc, cadmium et arsenic. Ils sont aujourd'hui largement érodés par des phénomènes de lessivage et surtout d'entraînement mécanique (ravinement) à l'œuvre depuis de nombreuses décennies. Les concentrations mesurées et analysées dans les différents types de matériaux encore en place, peuvent atteindre localement 2,6% de plomb, 11,8% de zinc, 327 mg/kg en cadmium et 517 mg/kg en arsenic ;
- **Le cours d'eau du Vassorgues** qui draine la zone de dépôt de Lacoste constitue la principale voie de transfert pour les métaux et métalloïdes étudiés. Le transfert se fait par voie particulaire, en particulier pour le plomb et l'arsenic mais également par voie soluble pour le zinc et le cadmium. Les eaux de surface ont un pH neutre à légèrement alcalin conforme au contexte géologique et des minéralisations peu acidogènes et possèdent localement une conductivité élevée issue de la dissolution des sulfates. Les eaux sont fortement impactées au droit et à l'aval immédiat des anciennes installations minières et, la pollution en plomb et surtout en zinc se détecte à près de 1,5 km à l'aval des dépôts (concentration en zinc supérieure à 1 mg/L et en plomb de 12,8 µg/L). **Le compartiment sédimentaire** du Vassorgues est également et logiquement fortement impacté du fait de l'apport en fines et matériaux contaminés en provenance des dépôts. Ce sont les facies présentant la plus fine granularité qui apparaissent comme les plus pollués et qui ont la plus forte propension à être remis en suspension et à migrer vers l'aval lors des épisodes de ruissellement ;
- **Les eaux souterraines** étudiées grâce à l'existence de plusieurs puits et de quelques émergences, sont bien caractérisées par une signature géochimique typique du contexte géologique et des anciens gisements. Mais les concentrations analysées en éléments indésirables ou toxiques ne dépassent jamais les normes de potabilité en vigueur pour les différents métaux ;
- Une évaluation du fonds géochimique naturel **dans les sols** a été faite à partir de mesures sur le terrain et de données historiques de prospection régionales. Le but est de tenter de discriminer les anomalies naturelles en métaux et métalloïdes liées au contexte géologique, des apports anthropiques en provenance des anciennes activités minières. Ce sont les formations géologiques du Lotharingien inférieur, (encaissant les gisements) qui logiquement renferment les teneurs naturelles les plus élevées en plomb, zinc, cadmium et arsenic. Les sols des terrains inondables en bordure du Vassorgues peuvent aussi présenter des concentrations significatives comme l'illustre le cas de la parcelle AT206 qui a fait par ailleurs, l'objet d'un scénario d'exposition (scénario n°8) dans le volet sanitaire développé dans le chapitre suivant.

## 6 INTERPRETATIONS EN MATIERE DE RISQUE SANITAIRE

### 6.1 Rappel des objectifs de l'étude

Le volet sanitaire de l'étude portant sur les sites de Lacoste et de la Grande Vernissière a pour objectif d'évaluer **la compatibilité entre la qualité des milieux et les usages constatés**, au droit de la zone d'étude.

La démarche adoptée est basée sur la démarche de l'Interprétation de l'Etat des Milieux (IEM), au sens la note du 19 avril 2017 relative aux « Sites et sols pollués - Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués », actualisant les documents de méthodologie du 8 février 2007.

Cette méthodologie, décrite dans le chapitre introductif de ce rapport, dresse un bilan factuel de l'état du site au moment de l'étude en s'appuyant sur les observations et les documents à disposition lors de l'étude.

### 6.2 Documents consultés

En termes de référentiels, l'INERIS a mené cette étude conformément aux règles de l'art, aux recommandations des documents et méthodologies applicables, et en s'appuyant en particulier sur :

- La Note du 19 avril 2017 relative aux « Sites et sols pollués - Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués », actualisant les documents de méthodologie du 8 février 2007 ;
- Les Guides méthodologiques du Ministère de l'Environnement, relatifs aux « diagnostics du site », au « schéma conceptuel et modèle de fonctionnement », à l'« Interprétation de l'Etat des Milieux (IEM) » (MTES, 2017) ;
- La Circulaire BPSPR/2008-1/DG du 11 janvier 2008. Installations classées. Prévention de la pollution des sols - Gestion des sols pollués. Ce texte complète la note ministérielle du 8 février 2007 ;
- Les propositions méthodologiques sur les conditions de mise en œuvre de la démarche d'interprétation de l'état des milieux en contexte d'après-mine, GEODERIS, rapport N2015/014DE-15NAT24080, 9 avril 2015 ;
- D'autres réglementations et normes en vigueur à la date des études ;
- Les connaissances scientifiques et techniques disponibles au moment de sa réalisation.

Les documents remis par GEODERIS et sur lesquels l'INERIS s'est appuyé en partie pour réaliser ce volet sanitaire sont principalement :

- L'inventaire des dépôts issus des exploitations minières selon l'article 20 de la Directive 2006/21/CE : Monographie sur la région Languedoc-Roussillon Volet « métallique » (Rapport GEODERIS 2013 N2012/042DE – 12NAT2121)
- La synthèse historique sur les sites de La Coste et de La Grande Vernissière
- L'étude sanitaire et environnementale détaillée du site de Lacoste (Gard) : Caractérisation de l'environnement local témoin (Rapport BRGM/RP-FR mars 2016).

## 6.3 Schéma conceptuel préliminaire

L'élaboration du schéma conceptuel préliminaire se base sur les informations acquises dans le cadre de l'étude historique et documentaire, et notamment :

- Les sources potentielles de pollution identifiées (et les substances associées) ;
- Les voies de transferts potentielles ;
- Les usages signalés par GEODERIS dans le cadre de la phase informative et/ou identifiés par l'INERIS lors de la visite de site.

### 6.3.1 Détermination des sources potentielles de pollution

A l'issue de l'étude historique et documentaire, plusieurs « milieux source »<sup>11</sup> de pollution peuvent être retenus au droit du titre de Lacoste, à savoir :

- Compte tenu des activités d'exploitation et de traitement du minerai mises en œuvre :
  - les installations de préparation et/ou de traitement du minerai (criblage, lavage, four de calcination, traitement gravimétrique, etc.) ;
  - les dépôts de matériaux liés à l'extraction ou au traitement du minerai ;
  - l'aquifère (incluant les eaux souterraines et les eaux d'exhaures), potentiellement utilisé pour divers usages sensibles tel que l'arrosage des jardins potagers ;
- Compte tenu de la mention, dans les documents d'archives, de déversements de résidus liés à l'extraction ou au traitement du minerai dans le lit du cours d'eau :
  - les eaux du ruisseau du Vassorgues ;
  - les sédiments présents dans le lit du ruisseau du Vassorgues ;
- Compte tenu du fonctionnement passé des unités de préparation et/ou de traitement de la laverie de La Coste :
  - les sols des jardins ornementaux et jardins potagers situés le long du chemin des mines ;
  - les sols de prairies et champs de culture limitrophes aux dépôts ;
- Les sols des jardins ornementaux et jardins potagers, situés en bordure de cours d'eau, compte tenu de l'utilisation potentielle des eaux du ruisseau du Vassorgues pour l'irrigation de ces terrains, voire de d'épisodes ponctuels de crues du ruisseau ;
- Les végétaux potagers, compte tenu de la potentielle contamination des eaux d'arrosage et des sols de jardins potagers ;
- Des espaces publics aménagés, tels que les installations sportives, parcs et aires de jeux pour enfants.

Ces « milieux source » potentiels sont situés sur la commune de Durfort et Saint Martin de Sossenac et plus particulièrement :

- Sur le chemin des mines, reliant la départementale au site de l'ancienne laverie de La Coste ;
- Les berges du ruisseau du Vassorgues.

---

<sup>11</sup> Conformément au rapport GEODERIS 2015/014DE sur l'application de la méthodologie « IEM » à l'après-mine, les sources primaires et secondaires ne font plus l'objet de distinction. En effet le caractère primaire ou secondaire d'une source peut dans certains cas être difficile à déterminer. C'est pourquoi, seul le terme de « milieux source » est retenu.

De la même manière, l'étude historique et documentaire permet de mettre en évidence plusieurs « milieux source » potentiels au droit du titre de La Grande Vernissière, à savoir :

- Compte tenu des activités d'exploitation et de traitement du minerai mises en œuvre :
  - les installations de préparation et/ou de traitement du minerai (criblage, lavage, four de calcination, traitement gravimétrique, etc.) ;
  - les dépôts et bassins de décantation ;
- Les sols des jardins ornementaux et jardins potagers, situés en bordure de cours d'eau, compte tenu de l'utilisation potentielle des eaux du ruisseau du Conturby pour l'irrigation de ces terrains ;
- Les végétaux potagers, compte tenu de la potentielle contamination des eaux d'arrosage et des sols de jardins potagers ;
- Des espaces publics aménagés, tels que les installations sportives, parcs et aires de jeux pour enfants ;
- Les sols des chemins de randonnée (forêt), compte tenu de leur proximité avec le careau de mine.

### **6.3.2 Usages et enjeux potentiels**

La méthodologie associée au volet sanitaire de l'étude environnementale et sanitaire détaillée des titres miniers de Lacoste et La Grande Vernissière comprend une étude détaillée des usages réalisée parallèlement aux investigations de terrain. Les usages considérés dans le cadre du schéma conceptuel préliminaire sont donc issus, d'une part de la phase informative et documentaire instruite par GEODERIS et d'autre part, des observations annotées par l'INERIS lors de la visite de site.

Les dépôts identifiés dans le cadre de l'inventaire DDIE ne font, actuellement, l'objet d'aucun usage connu des administrations. Ils sont végétalisés de manière très hétérogène. Certaines zones sont aujourd'hui boisées, d'autres restent dépourvues de toute végétation et soumises à des phénomènes d'érosion hydrique intenses.

Les anciens bâtiments des carreaux de mine de Lacoste et de La Grande Vernissière sont aujourd'hui abandonnés et en ruines. Aucun usage de ces bâtiments n'est connu des administrations.

En ce qui concerne le titre minier de Lacoste, les « milieux source » potentiels sont situés le long du chemin des mines situé sur le territoire administratif de la commune de Durfort et Saint Martin de Sossenac, et sur les berges du ruisseau du Vassorgues. Au droit de ces espaces, les usages potentiels sont principalement :

- Des habitations principales ou secondaires avec jardins ornementaux et jardins potagers, dont certaines possèdent des sources d'eau privées utilisées pour l'arrosage des végétaux cultivés ;
- Des espaces publics aménagés (terrain sportif, parc, aire de jeux, etc.) ;
- Des terrains peu entretenus sans usage ou utilisés très ponctuellement en tant que jardins ornementaux et/ou jardins potagers ;
- La promenade voire la randonnée .



D'autres usages peuvent également être considérés comme :

- La pratique de la pêche ou de la chasse ;
- La baignade dans le ruisseau du Vassorgues ;
- La cueillette de denrées alimentaires sauvages (champignons, fruits rouges, etc.).

Les usages détaillés identifiés sur la commune de Durfort/Saint Martin de Sossenac en 2015 sont synthétisés sur la carte de l'Annexe 4.

La population locale actuelle se compose principalement d'adultes, d'enfants (dont certains de moins de 6 ans) et d'adolescents.

En ce qui concerne le titre minier de la Grande Vernissière, les « milieux source » sont principalement situés à proximité immédiate de l'ancien carreau de mine, c'est-à-dire, aujourd'hui dans la forêt. Au droit de ces espaces, les usages potentiels sont principalement :

- La promenade voire la randonnée ;
- Le pique-nique voire le bivouac ;
- La pratique de la pêche ou de la chasse ;
- La cueillette de denrées alimentaires sauvages (champignons, fruits rouges, etc.).

Néanmoins, compte tenu de la proximité de la commune de Fressac (1 km environ), d'autres usages sont également pris en compte :

- Des habitations principales ou secondaires avec jardins ornementaux et jardins potagers, dont certaines possèdent des sources d'eau privées utilisées pour l'arrosage des végétaux cultivés ;
- Des espaces publics aménagés (parc, aire de jeux, etc.).

Enfin, d'autres usages sont également retenus tels que la baignade dans le ruisseau du Conturby.

La population locale actuelle se compose principalement d'adultes, d'enfants (dont certains de moins de 6 ans) et d'adolescents.

### **6.3.3 Voies d'exposition potentielles**

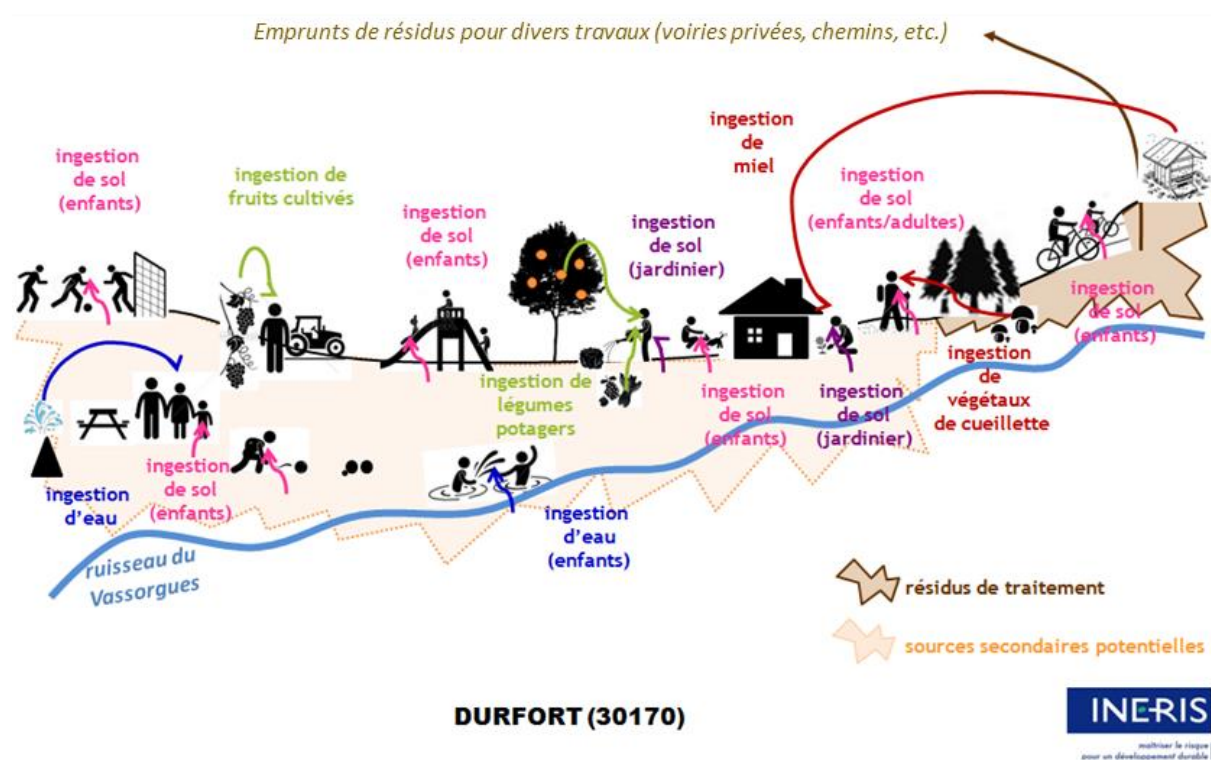
Au regard des usages (habitats résidentiels, jardins potagers, terrains sportifs, aire de pique-nique, randonnée, etc.) et des caractéristiques physico-chimiques des substances, les voies d'exposition potentielles, pour les populations humaines, comprennent :

- Pour les voies d'exposition directe :
  - l'ingestion de terre et de particules issues du sol :
    - par les enfants fréquentant les jardins ornementaux, les jardins potagers, ainsi que les espaces publics et chemins de promenade ou de randonnée ;
    - par les adultes exerçant une activité de jardinage (entretien du jardin ornemental et du jardin potager) ;
  - l'ingestion d'eau par les enfants et les adultes fréquentant les espaces publics (fontaines ou points d'eau en accès libre) ou se baignant dans les ruisseaux du Vassorgues et du Conturby ;

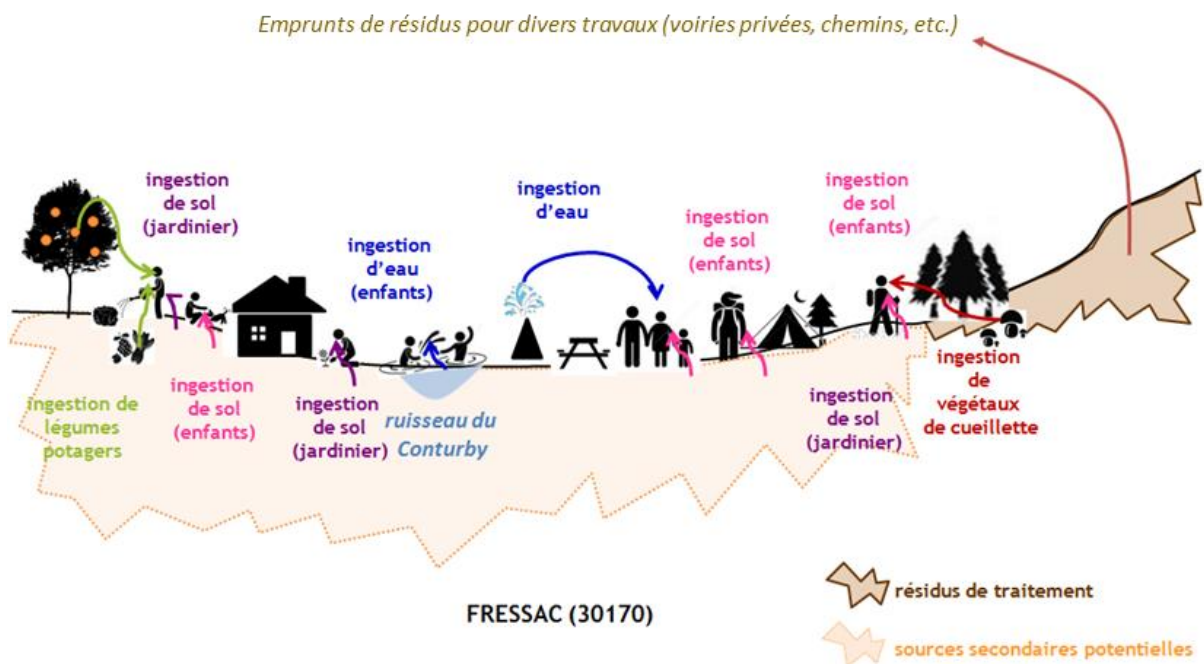
- l'inhalation de poussières suite au ré-envol de particules depuis le dépôt ou le sol par les enfants et les adultes fréquentant les « milieux source ».
- Pour les voies d'exposition indirecte :
  - l'ingestion de légumes potagers cultivés dans des jardins potentiellement contaminés par le sol, le ré-envol et/ou l'arrosage avec de l'eau potentiellement contaminée ;
  - la consommation de produits issus de la cueillette (champignons, fruits rouges, miel) ;
  - la consommation des produits issus de la pêche et de la chasse.

### 6.3.4 Bilan du schéma conceptuel préliminaire

Tenant compte des sources potentielles de pollution, de la nature des substances retenues et des usages potentiels au droit des deux titres miniers, deux schémas conceptuels préliminaires sont définis. Le premier concerne le titre minier de Lacoste et la commune de Durfort et Saint Martin de Sossenac (Figure 75). Le second concerne le titre minier de La Grande Vernissière et la commune de Fressac (Figure 76).



**Figure 75 : Schéma conceptuel préliminaire relatif à la commune de Durfort et Saint Martin de Sossenac (30170)**



**Figure 76 : Schéma conceptuel préliminaire relatif à la commune de Fressac (30170)**

## 6.4 Pan d'échantillonnage et protocoles d'investigations

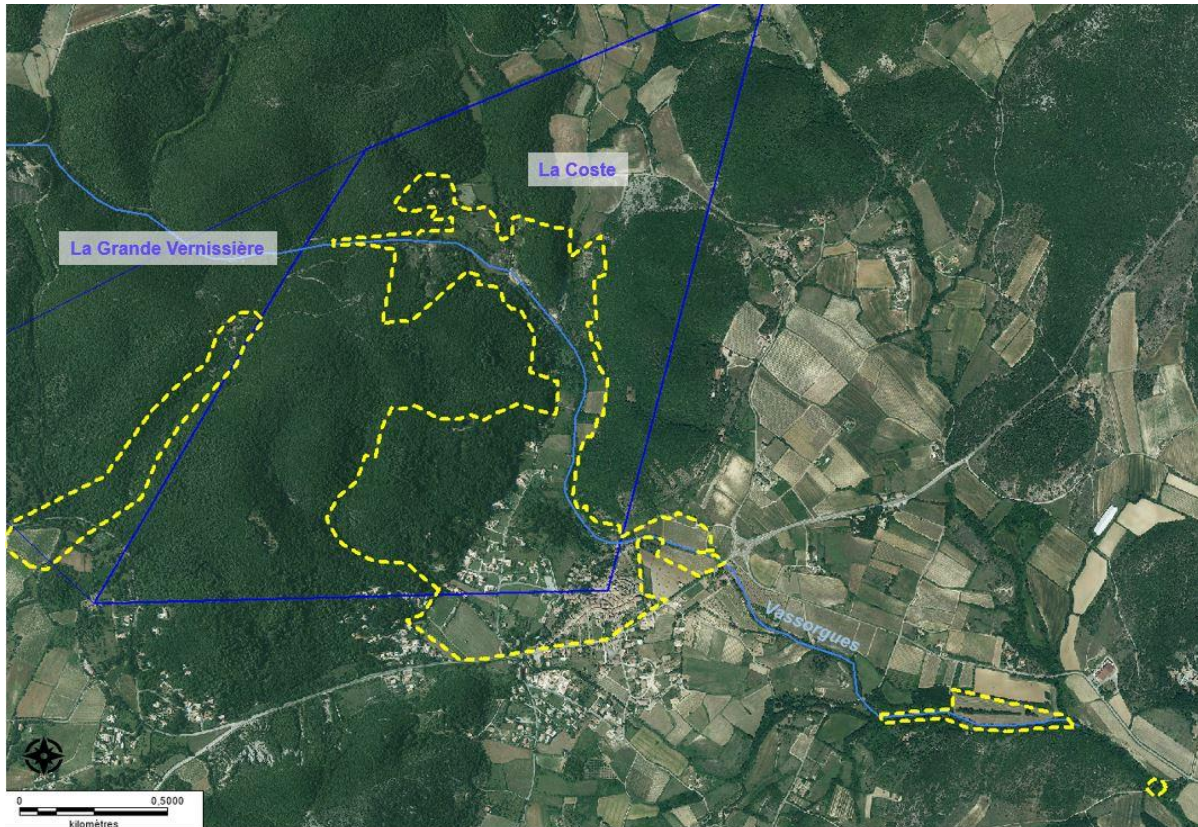
Les investigations de terrain relatives au volet sanitaire ont pour objectif d'affiner la connaissance des expositions des populations fréquentant la « zone d'étude » ou « zone d'investigations ». Le plan d'investigations se décompose selon trois axes :

- Définition détaillée des usages ;
- Caractérisation des milieux d'exposition ;
- Caractérisation de l'environnement local témoin par la réalisation de prélèvements dans une zone hors de l'influence de l'activité minière.

La « zone d'investigations » a été définie sur la base des éléments transmis par GEODERIS, suite à l'étude historique et documentaire. Compte tenu de la nature et de la localisation des « milieux source » potentiels identifiés mais également des usages sensibles potentiels au droit des titres miniers de Lacoste et de la Grande Vernissière, la « zone d'investigations » a été prioritairement centrée sur le titre minier de Lacoste et la commune de Durfort et Saint Martin de Sossenac. La Figure 77 présente les limites de la zone d'investigations relative au titre minier de Lacoste et de La Grande Vernissière. Celles-ci sont matérialisées par un contour jaune discontinu. Le titre minier de La Grande Vernissière a fait l'objet d'investigations uniquement au droit et dans l'environnement immédiat de l'ancien carreau de mine (chemin de randonnée).

Sur la base d'un plan d'échantillonnage prévisionnel, l'INERIS a transmis à GEODERIS, la liste des parcelles cadastrales concernées par les investigations de terrain. Les propriétaires des parcelles retenues dans le plan d'échantillonnage ont été avertis, par un courrier de la mairie de Durfort et Saint Martin de Sossenac, de la mise en œuvre d'investigations de terrain dans le cadre d'une étude environnementale et sanitaire détaillée en lien avec les

anciennes activités du titre minier de Lacoste. Ce courrier<sup>12</sup> précisait les dates d'intervention des équipes de GEODERIS, de l'INERIS et du BRGM et explicitait aux riverains la teneur de ces investigations (prélèvements de sol, prélèvements d'eau, prélèvements de végétaux, etc.).



**Figure 77 : Périmètre d'investigations associées au titre minier de Lacoste et de La Grande Vernissière**

La campagne d'investigations relative au volet sanitaire s'est déroulée en deux phases. La première campagne a eu lieu du 29 juin 2015 au 3 juillet 2015. Elle a consisté à conduire l'enquête détaillée des usages auprès des riverains présents sur site pendant les investigations et à réaliser l'ensemble des prélèvements nécessaires, tenant compte des usages constatés et des éléments d'informations apportés par les personnes interrogées.

A la demande de la DREAL, une campagne complémentaire s'est déroulée du 12 au 16 septembre 2016. Ces investigations complémentaires ont été réalisées afin de compléter l'échantillonnage des plantes potagères, d'une part en sélectionnant des espèces spécifiques à Lacoste, d'autre part en réalisant une campagne de fin d'été afin de varier les espèces échantillonnées.

<sup>12</sup> L'INERIS n'a pas reçu de copie du courrier envoyé aux propriétaires. Les informations sont indiquées à titre indicatif, sur la base des échanges lors de la réunion de lancement du 4 juin 2015, à la Mairie de Durfort et Saint Martin de Sossenac.

Parallèlement, le BRGM a conduit les investigations de terrain relatives à la caractérisation de la qualité des sols et de l'Environnement Local Témoin<sup>13</sup> et GEODERIS a conduit les investigations de terrain relatives au volet environnemental.

Conformément à la méthodologie de l'Interprétation de l'Etat des Milieux (IEM), le plan d'échantillonnage est dimensionné de manière proportionnée et orientée en fonction des enjeux sanitaires et environnementaux pertinents identifiés au travers du schéma conceptuel préliminaire.

Le plan d'échantillonnage prévisionnel a été dimensionné par l'INERIS et finalisé dans le cadre d'échanges entre l'INERIS et GEODERIS, en amont des investigations. Le schéma conceptuel préliminaire tel que présenté en section 6.3.4 et les informations recueillies dans le cadre de l'étude détaillée des usages, ont conduit l'INERIS à proposer la réalisation :

- De prélèvements de sols de surface non remaniés au droit des jardins ornementaux et des espaces publics ;
- De prélèvements de sol de surface remaniés (horizon cultivable) au droit des zones cultivées telles que les jardins potagers ou anciens jardin potagers ;
- De prélèvements d'échantillons d'eau (eaux souterraines, eaux de surface) dans la mesure où un usage est identifié ;
- De prélèvements de végétaux potagers auto-produits.

Les détails du périmètre de la zone étudiée sont représentés sur la carte de l'Annexe 5.

Parmi l'ensemble des parcelles investiguées dans le cadre du volet sanitaire, la plupart des parcelles situées sur les berges du Vassorgues correspondent à des parcelles anciennement utilisées comme jardin potager. Elles sont dépourvues de résidence (temporaire ou permanente).

Par ailleurs, le plan d'échantillonnage comprend aussi la caractérisation d'un environnement local témoin via la mise en œuvre de prélèvements dans une zone hors de l'influence de l'activité minière mais présentant les mêmes caractéristiques géologiques et dans la mesure du possible, les mêmes usages. Dans un souci de cohérence et d'homogénéité, l'INERIS a proposé de confronter les mesures sur les échantillons « Environnement Local Témoin » pressentis dans le cadre du volet sanitaire, aux concentrations « Environnement Locaux Témoins », telles que définies dans le cadre du volet Environnement Local Témoin, pour chaque entité géologique. La caractérisation de l'environnement local témoin a été réalisée par le BRGM et les données ont été agrégées par GEODERIS.

Compte tenu de la végétalisation de l'environnement et du relief local, le ré-envoi de poussières a été écarté du plan d'échantillonnage. De ce fait, l'INERIS n'a pas installé de station météorologique lors de la campagne d'investigations, au droit ou à proximité du carreau de mine et des dépôts identifiés.

Plusieurs matrices ont été écartées du plan d'échantillonnage. Ainsi, en première approche, les fruits et végétaux issus de la cueillette sauvage n'ont pas été échantillonnés car les

---

<sup>13</sup> Rapport BRGM/RP-FR mars 2016 : Etude sanitaire et environnementale détaillée du site minier de La Coste (Gard) : Caractérisation de l'environnement local témoin.

riverains interrogés ont mentionné pratiquer cette activité de façon très ponctuelle. En outre, les lieux de cueillette n'ont pu être indiqués précisément. Cette voie d'exposition n'est donc pas retenue en première approche. Toutefois, des prélèvements ponctuels de végétaux sauvages (mûres et thym) ont été effectués suite à l'identification de lieux de cueillette à proximité des habitations. Dans le cadre d'une approche sécuritaire, cette voie d'exposition a aussi été considérée pour certains scénarios relatifs aux chemins de randonnées.

De plus, le gibier chassé dans l'environnement proche des dépôts n'a pas fait l'objet d'échantillonnage. Si la chasse est une activité connue, aucun chasseur n'a été rencontré dans le cadre de l'étude détaillée des usages. De plus, la fréquentation des dépôts par le gibier n'a pu être démontrée. Cette voie d'exposition n'est donc pas retenue en première approche.

Notons que l'étude détaillée des usages avait mis en évidence des activités de baignade dans le Vassorgues, au Nord-est du village de Durfort. Or, lors des investigations réalisées en juillet 2015 et septembre 2016 par l'INERIS mais également lors des investigations complémentaires réalisées par GEODERIS en septembre 2015, le Vassorgues était à sec. De ce fait, ce milieu n'a pas pu être échantillonné.

Les protocoles de prélèvements associés à ces différentes matrices environnementales sont détaillés en Annexe 6.

L'ensemble des résultats d'analyses de laboratoire est fourni en annexe 2.

## **6.5 Programme analytique**

### **6.5.1 Détermination des substances d'intérêt**

Les principales minéralisations identifiées sur les titres miniers de Lacoste et de La Grande Vernissière ont permis d'établir une liste des éléments chimiques marqueurs d'impact de l'activité minière passée.

Pour déterminer les substances chimiques présentes dans les « milieux source » attribuables à l'activité minière, les hypothèses suivantes sont énoncées :

- Les éléments présents dans le réseau cristallin des minéraux les plus abondants sont pris en compte ;
- Les minéraux « traces » et les minéraux rares, mentionnés pour certaines minéralisations, ne sont pas pris en compte, du fait des très faibles quantités qu'ils peuvent représenter au sein des minéraux (et donc des « milieux sources » potentiels qui les concentrent) ;
- Les « milieux source » potentiels associés aux travaux d'extraction et d'exploitation contiennent les éléments naturellement présents dans les faciès minéralisés, c'est-à-dire la paragenèse minérale d'intérêt (appelée « minéralisation ») ;
- Les « milieux sources » potentiels associés au traitement du minerai contiennent les éléments naturellement présents dans les faciès minéralisés traités<sup>14</sup>.

---

<sup>14</sup> L'étude historique n'ayant pas mis en évidence l'utilisation de procédés de traitement chimique du minerai brut, alors aucun réactif chimique n'est pris en compte.

## 6.5.2 Métaux et métalloïdes retenus dans le cadre du volet sanitaire

Tenant compte des hypothèses précitées, de la minéralisation associée aux titres miniers de Lacoste et de La Grande Vernissière, des éléments issus de l'étude historique et de la toxicité des métaux et métalloïdes, le Tableau 44 recense les substances chimiques retenues dans le cadre de la présente étude sanitaire.

Titre minier	Eléments chimiques retenus														
	Sb	Ag	As	Ba	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	F	Mg	Mn	Ni	Pb	Zn
LA COSTE / LA GRANDE VERNISSIERE															
LEGENDE :															
	<i>élément potentiellement abondant en termes de concentration</i>														
	<i>élément potentiellement présent, à des concentrations variables</i>														
	<i>toxicité justifiant la prise en compte de l'élément</i>														
abc	<i>substances retenues (à minima) dans le plan analytique</i>														

**Tableau 44 : Eléments chimiques retenus dans l'évaluation des risques sanitaires**

Sont retenus dans le plan analytique :

- Le plomb et le zinc qui constituent les principales substances recherchées et exploitées ;
- Le calcium, le fer, le fluor et le magnésium, compte tenu de la nature des phases minérales présentes et des entités géologiques existant au droit des titres miniers ;
- l'antimoine, l'arsenic, le cadmium, le chrome, le cuivre, le manganèse et le nickel, compte tenu de leur présence dans certaines phase minérales et de leur intérêt toxicologique.

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

## 6.5.3 Mesures semi-quantitatives réalisées in situ

Un spectromètre de fluorescence X portable (pXRF NITON®) a été utilisé pour des mesures semi-quantitatives sur les échantillons de sol.

Ces mesures ont été utilisées afin d'acquérir une information sur la qualité des sols, et plus particulièrement concernant les teneurs en éléments métalliques. D'après le constructeur, en mode sol, il est possible d'analyser plusieurs éléments : Ba, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Sn, Pb, Hg, Sr, Cd, Ag, Sb, Rb, Ca, K, V, Ti, Sc, Pd, Zr, W, Au et S.

Ces mesures permettent uniquement d'orienter et/ou d'affiner le plan d'échantillonnage des sols.

Ainsi, tenant compte des éléments renseignés dans le cadre de la phase informative mais également dans le cadre de l'étude du contexte environnemental, certains éléments métalliques tels que le plomb, le zinc, l'arsenic et le cuivre, sont utilisés comme éléments traceurs de l'activité minière passée. En fonction des valeurs mesurées, le plan

d'échantillonnage est affiné directement sur site. Ceci est plus particulièrement utilisé pour déterminer la composition des échantillons de sol composites. Les valeurs mesurées ne font pas l'objet d'un traitement mathématique, ni d'une quelconque interprétation, à l'issue des investigations.

Ces mesures sont réalisées sur la matrice sol non tamisée. Les éventuels cailloux, rochers et racines sont préalablement retirés.

#### **6.5.4 Méthodes analytiques**

L'essentiel des analyses (sols, eaux et végétaux) a été réalisé par le laboratoire Eurofins.

Les méthodes analytiques utilisées, les limites de quantification (LQ) ainsi que les incertitudes de l'analyse sont fournies en annexe 1.

#### **6.5.5 Sols**

Les analyses des métaux/métalloïdes (Sb, Ag, As, Cd, Crtotal, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn) ont concerné 106 échantillons de sol prélevés par INERIS, et GEODERIS.

#### **6.5.6 Eaux superficielles et eaux souterraines**

Au total, ont été prélevés par l'INERIS et analysés 9 échantillons d'eaux brutes et 9 échantillons d'eaux filtrées à 0,45 µm. Quatre échantillons d'eau prélevés par GEODERIS sont inclus dans l'interprétation des résultats. Les analyses concernent :

- Métaux et métalloïdes : Sb, Ag, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn ;
- Cations-anions dissous : Ca, Mg, K, Na ;
- Azote nitrique, nitrates, ammonium, chlorures, sulfates, orthophosphates, anhydride carbonique agressif et libre, titre alcalimétrique (TA) et titre alcalimétrique complet (TAC).

Les échantillons filtrés et bruts destinés à l'analyse des métaux sont conditionnés dans les flacons fournis par le laboratoire, contenant un conservateur acide.

#### **6.5.7 Végétaux potagers et herbes**

Les analyses ont concerné les métaux suivants : Ag, Sb, As, Cd, Cu, Crtotal, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn, sur la matière fraîche pour tous les échantillons.

#### **6.5.8 Conservation et acheminement au laboratoire**

Les échantillons de sols, d'eaux et de végétaux ont été conditionnés dans les flacons ou sachets plastiques (notamment pour les végétaux) fournis par le laboratoire. Ils ont été placés dans des glacières au frais et à l'abri de la lumière avant leur envoi.

L'ensemble des échantillons a été envoyé en glacière réfrigérée sous 48h au maximum après leur prélèvement.



## 6.6 Etude détaillée des usages

### 6.6.1 Stratégie associée à l'étude détaillée des usages

L'étude détaillée des usages consiste en un recensement des usages ayant pour objectif de préciser :

- Le « profil » des personnes susceptibles de fréquenter l'espace considéré (composition du foyer, âge, etc.) ;
- Les activités réalisées au droit de l'espace considéré (jeux pour enfants, aire de pique-nique, jardin potagers, etc.) ;
- La fréquence de ces activités (dans la mesure du possible).

Il s'agit de renseigner les éléments nécessaires au choix des paramètres d'exposition des populations (présence d'enfants, leur âge, la consommation de végétaux autoproduits, etc.). Il s'agit également d'identifier, en fonction des usages, les matrices environnementales présentant un intérêt particulier pour l'échantillonnage, le nombre d'échantillons le plus approprié, ainsi que les protocoles de prélèvement associés.

Le recensement des usages dans la zone d'investigations a été mis en œuvre sur la base :

- Des divers échanges que l'INERIS a eu avec les riverains présents sur site pendant les investigations de terrain ;
- Des échanges que l'INERIS a eu avec les riverains à l'issue des investigations (contact téléphonique) ;
- Des constatations relevés par l'INERIS tout au long de l'étude (visite de site, investigations).

Sont distinguées trois catégories d'usages :

- Des usages « résidentiels », c'est-à-dire que les activités sont réalisées au droit de parcelles privées et spécifiques au foyer familial interrogé ;
- Des usages « agricoles », c'est-à-dire que les activités sont réalisées au droit des exploitations agricoles ;
- Des usages « collectifs », c'est-à-dire que les activités sont réalisées au droit d'espaces publics en accès libre.

En ce qui concerne les usages « résidentiels » et « agricoles », l'INERIS a rencontré tout ou partie des riverains et exploitants concernés par les investigations<sup>15</sup> et les a interrogés sur leurs habitudes de vie et les activités agricoles. Ces échanges ont été menés parallèlement à l'échantillonnage des matrices environnementales et se sont basés sur un questionnaire « type » (Annexe 3). Toutefois, certaines informations recueillies proviennent également d'observations de terrain. Les usages « résidentiels » et « agricoles » identifiés sont présentés de manière exhaustive.

En ce qui concerne les usages « collectifs », plusieurs sources d'informations ont été recoupées telles que la mairie, les riverains rencontrés sur site mais également toute autre personne présente sur les lieux publics lors des investigations de terrain. Certaines informations sont également issues d'observations de terrain réalisées par l'INERIS lors des investigations.

---

<sup>15</sup> Pour certaines parcelles, les échanges ont été sommaires et n'ont pas permis de renseigner l'ensemble du questionnaire d'enquête. Pour ces cas, des paramètres génériques (rapport GEODERIS N2015/014DE – 15NAT24080) ont été utilisés

## **6.6.2 Usages constatés au droit du site de Lacoste**

### **6.6.2.1 Usages résidentiels**

Les usages résidentiels concernent principalement des maisons individuelles avec des pelouses, des espaces verts, des jardins potagers de tailles plus ou moins importantes. Certaines maisons sont des résidences secondaires, fréquentées le week-end ou durant les vacances scolaires.

A l'entrée du quartier des jardins à Montloubiers situé au nord de la commune de Durfort et Saint Martin de Sossenac, plusieurs parcelles de jardins type jardins familiaux longent les deux rives du Vassorgues. Ces parcelles sont assimilables à des jardins ornementaux ou des jardins potagers avec présence ou non de puits.

### **6.6.2.2 Usages agricoles**

Des champs de vignes et d'oliviers ainsi que des pâtures ont été identifiés sur les rives du Vassorgues en aval hydraulique par rapport aux dépôts.

### **6.6.2.3 Usages collectifs**

La mairie de Durfort et Saint Martin de Sossenac a aménagé plusieurs parcs ou aires de jeux pour enfants et un terrain sportif. Des chemins de randonnées ont également été identifiés au niveau des haldes de l'ancienne laverie et au nord de la commune de Durfort et Saint Martin de Sossenac.

Dans le cadre de l'étude détaillée des usages et sur la base des différents échanges avec la mairie et les riverains, mais également suite à la consultation du site internet de la mairie<sup>16</sup> et de diverses associations de la commune, ont plus particulièrement été identifiés :

- Un terrain de foot, situé à l'Ouest de la commune de Durfort et Saint Martin de Sossenac. Ce terrain est entretenu par les services communaux. Il est utilisé pour des activités sportives, notamment dans le cadre des cours d'éducation physique et sportive dispensés par l'école primaire et maternelle communale. Il est également mis à la disposition de l'ensemble des administrés pour des activités de loisirs. Aucune association sportive susceptible d'utiliser le terrain n'a été identifiée.

Lors des investigations réalisées par l'INERIS, le couvert végétal était globalement homogène sur la première moitié du terrain. Il était constitué d'une pelouse dense, tondue à ras. Seuls les espaces devant les buts étaient partiellement végétalisés avec des zones nues. La seconde moitié du terrain de foot n'était pas tondue. Le couvert végétal était alors constitué d'herbes hautes et de fleurs sauvages.

- Un skate parc situé à l'Ouest de la commune de Durfort et Saint Martin de Sossenac et en limite Sud du terrain de foot ;
- Un terrain de pétanque ;
- Un parc (monument aux morts) ;
- Un square ou aire de jeux pour enfants ;

---

<sup>16</sup> <http://www.mairie-durfort.fr/>

- Des chemins de randonnées au nord de la commune de Durfort et Saint Martin de Sossenac.

### **6.6.3 Usages constatés au droit du site de la Grande Vernissière**

#### **6.6.3.1 Usages agricoles**

Sur la commune de Fressac en aval du titre minier de la Grande Vernissière, il a été identifié un champ de vigne (vigne cultivée et entretenue destinée à la production du vin) situé en aval hydraulique du Conturby par rapport aux dépôts.

#### **6.6.3.2 Usages collectifs**

Suite à la visite de terrain et lors des différents échanges que l'INERIS a pu avoir avec les riverains au cours des différentes campagnes d'investigations, des chemins de randonnée ont été identifiés au départ des ruines de l'ancienne laverie avec des zones de potentiel bivouac, de pique-nique ou de jeux au pied de l'ancienne laverie.

### **6.7 Schéma conceptuel actualisé**

Le schéma conceptuel est, selon les textes du Ministère en charge de l'environnement, une véritable représentation de l'état des lieux du site considéré. Le schéma conceptuel, présenté au paragraphe 6.3.4 au stade préliminaire est mis à jour à l'issue des résultats des investigations.

#### **6.7.1 Sources de pollution**

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

Sur les zones investiguées, les sources « primaires » principales sont les sols. Les sols caractérisés ont tous été considérés comme des « sources » et ont été comparés à l'environnement local témoin pour caractériser la contribution de l'activité minière ou industrielle connexe dans le niveau de concentrations observées. La caractérisation de l'environnement local témoin a été réalisée par le BRGM et les données ont été agrégées par GEODERIS. En cas de dépassement des concentrations de l'ELT, les calculs d'exposition et de risques sanitaires sont réalisés sur la base d'un échantillon « pire cas » présentant les concentrations maximales obtenues pour chaque substance au sein d'une zone supposée homogène (en termes d'usage ou en termes de concentrations).

#### **6.7.2 Vecteurs de transfert, milieux d'exposition et enjeux**

Pour les individus résidents (enfants et adultes), le schéma conceptuel permet d'identifier :

- Une « source primaire » principale, les sols,
- Des vecteurs et milieux de transferts (notamment les sols, les eaux),
- Des milieux d'exposition (principalement les sols, les végétaux potagers).

Dans le cas des résidences et des parcelles investiguées, les voies d'exposition retenues sont les suivantes :

- L'ingestion non intentionnelle de sol de surface pour les enfants les plus exposés au regard de leur comportement « porter main-bouche » et des zones de jardins avec des zones avec terre à nu, des zones enherbées ou cultivées (potager). Les adultes sont également considérés, notamment lors des activités de jardinage ;
- L'ingestion de plantes potagères, de fruits ou d'herbes aromatiques potentiellement contaminés par les sols ou l'eau servant à l'arrosage du potager ;
- L'ingestion non intentionnelle d'eau : l'eau souterraine sert à l'arrosage des jardins potagers. Aucune consommation directe comme eau potable n'a été rapportée ;
- L'ingestion de denrées alimentaires issues de produits dérivés apicoles (miel) ;
- En rappel, l'IEM est uniquement basée sur des mesures dans les milieux d'exposition des populations.

### 6.7.3 Bilan du schéma conceptuel

Le Tableau 45 présente les sources, les voies de transfert et d'exposition, et les enjeux à protéger retenus pour la présente étude, sur la base des observations de terrain, des résultats analytiques et de l'interview des usagers pour les scénarii d'exposition.

Source	Voies de transfert	Voies d'exposition	Enjeux à protéger
Sol	Contact direct	Ingestion non intentionnelle de sol	Adultes et enfants – jardin potager Adultes et enfants – jardin d'agrément Adultes et enfants – terrain agricole
	Transfert dans les végétaux (jardin potager ; champs) / miel	Consommation de légumes / miel auto-produits et fruits/herbes sauvages	Adultes et enfants
Eau	Arrosage du jardin potager		
	Puits	Ingestion non intentionnelle d'eau	Adultes et enfants

**Tableau 45 : Voies de transfert et d'exposition retenues pour l'évaluation des risques sanitaires (tiré du rapport INERIS-DRC-15-153381-04996B)**

## 6.8 Interprétation de l'Etat des Milieux

### 6.8.1 Rappel méthodologique

Sur la base des résultats présentés dans les sections précédentes, une interprétation de l'état des milieux (IEM) centrée sur les zones retenues a été menée afin d'évaluer les impacts des activités minières ou industrielles connexes sur les milieux et de s'assurer que l'état des milieux est compatible avec les usages qui en sont faits. Elle permet de distinguer :

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

- Les milieux pouvant faire l'objet d'actions simples pour rétablir la compatibilité entre l'état des milieux et les usages constatés (« Intervalle nécessitant une réflexion plus approfondie avant de s'engager dans un plan de gestion ») ;
- Les milieux nécessitant d'emblée la mise en œuvre d'un plan de gestion.

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

Les concentrations mesurées dans les milieux d'exposition sont comparées notamment aux valeurs réglementant en France pour la qualité des milieux environnementaux (valeurs de gestion réglementaires et les objectifs de qualité des milieux en vigueur) ; et cela en cohérence avec les voies et les scénarii d'exposition pertinents identifiés dans le schéma conceptuel (usages effectivement constatés).

Ces valeurs de gestion réglementaires mises en place par les pouvoirs publics correspondent au niveau du risque accepté par les pouvoirs publics pour l'ensemble de la population française. Au regard de la présente étude les valeurs de gestion sont notamment les suivantes :

- Les limites de qualité des eaux destinées à la consommation humaine à l'exclusion des eaux conditionnées, reprises dans l'article R1321-2 du Code de la Santé Publique (CSP) modifié par l'article 1<sup>er</sup> du décret n°2007-49, repris dans l'annexe I et II de l'arrêté du 11 janvier 2007. Par défaut, elles seront utilisées pour tout usage de ces eaux : une eau potable est réputée saine pour la consommation humaine et pour tous les autres usages domestiques ou assimilés ;
- Pour les denrées alimentaires : le règlement CE ou règlement européen (CE n° 1881/2006 de la Commission du 19 décembre 2006, modifié successivement par les règlements CE n°835/2011 du 19 août 2011, CE n°1259/2011 du 2 décembre 2011, CE n°488/2014 du 12 mai 2014, et CE n°2015/1005 du 25 juin 2015 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires ; cf. 4.2.2.5).

Concernant le plomb, dans son avis du 23 mai 2014, publié le 10 juillet 2014<sup>17</sup>, le Haut Conseil de Santé Publique (HCSP) a défini des seuils d'intervention pour des teneurs en dans les sols de 100 et 300 mg/kg (ainsi que des concentrations dans l'eau et les poussières déposées). Le dépassement de ces seuils conduit à mettre en œuvre un ensemble de modalités de gestion (selon le cas, une prise en charge sanitaire des enfants, des diagnostics environnementaux, des études technico économiques de dépollution...) :

- Concentrations (moyenne arithmétique<sup>18</sup>) < 100 mg/kg : pas de préconisations particulières,
- Concentrations (moyenne arithmétique) > 100 mg/kg:
  - Le HCSP recommande la mise en place d'un suivi et de conseils : nécessité d'informer les populations de la contamination des sols, de les informer sur les risques liés au plomb, de leur fournir des conseils adéquats permettant de réduire leur exposition et de leur proposer, le cas échéant un accompagnement social.
  - Pour des espaces collectifs, réalisation d'une évaluation des risques tenant compte des conditions locales d'exposition avec la VTR de l'EFSA et analyse technico-économique pour déterminer les mesures de gestion adéquates,

<sup>17</sup> « avis du HCSP en juillet 2014 », intitulée « Expositions au plomb : détermination de nouveaux objectifs de gestion ». Lien pour le téléchargement <http://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapportsdomaine?clefr=444>

<sup>18</sup> A défaut de pouvoir calculer une valeur moyenne en la pondérant par la durée d'exposition, l'utilisation de la moyenne arithmétique revient à attribuer une durée d'exposition équivalente pour chacun des lieux fréquentés par un enfant

- Concentrations > 300 mg/kg et de 70 µg/m<sup>2</sup> (respectivement pour les sols et les poussières) : suivi des recommandations, dépistage du saturnisme chez les enfants de moins de 7 ans, les femmes enceintes ou envisageant une grossesse dans les 6 mois, préconisé dans la zone à considérer, étude de risque (une attention particulière aux sols d'espaces collectifs et conditions d'exposition actuelles et futures),

Le Tableau 46 indique les concentrations correspondant au « niveau déclenchant un dépistage » dans différents milieux.

Milieu	Sols	Poussières déposées dans les logements <sup>19</sup>	Eau de boisson
Concentration moyenne entraînant un dépistage du saturnisme (plombémie attendue > 50 µg/L chez environ 5 % des enfants)	300 mg(Pb)/kg (sol)	70 µg/m <sup>2</sup>	20 µg/L

**Tableau 46 : Concentration en plomb dans différents milieux - Niveau déclenchant un dépistage du saturnisme (HCSP, 2014)**

Lorsque la comparaison à l'état des milieux naturels du site montre une dégradation des milieux et qu'aucune valeur de gestion n'est disponible, ce qui est le cas pour les sols en France (hormis pour le plomb), ou pour certaines substances dans les végétaux (plomb et cadmium), une Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) est réalisée en dernier recours.

Elle est basée sur les scénarios et les voies d'exposition identifiés dans le schéma conceptuel, et apporte alors des éléments de jugement. Une grille de calculs des risques, à laquelle sont associés des intervalles de gestion des risques, est adossée à la méthodologie d'IEM et permet la réalisation d'une évaluation quantitative des risques sanitaires pour chacune des substances et voies d'exposition étudiées prises indépendamment, en cohérence avec la démarche de gestion des pouvoirs publics.

Les intervalles de gestion présentés dans la Figure 78 ci-dessous ont été définis par le Ministère en charge de l'Environnement pour interpréter les résultats de l'évaluation quantitative des risques sanitaires menés dans la cadre de la démarche d'IEM. Les intervalles sont précisés pour le quotient de danger (QD – lié aux substances avec des effets à seuil) et l'excès de risque individuel (ERI – lié aux substances avec des effets sans seuil) :

- QD < 0,2 et ERI < 10<sup>-6</sup> : l'état des milieux est compatible avec les usages constatés ;
- 0,2 < QD < 5 ou 10<sup>-6</sup> < ERI < 10<sup>-4</sup> : intervalle nécessitant une réflexion plus approfondie avant de s'engager dans un plan de gestion ;
- QD > 5 ou ERI > 10<sup>-4</sup> : l'état des milieux n'est pas compatible avec les usages, un plan de gestion est requis.

<sup>19</sup> Pour information, la littérature indique une masse moyenne de poussières par m<sup>2</sup> évaluée à 0,33 mg/m<sup>2</sup>, ainsi en multipliant par 3 la concentration surfacique (µg/m<sup>2</sup>) est obtenue la concentration massique (µg/g).

Intervalle de gestion des risques		L'interprétation des résultats	Les actions à engager
Substances			
à effet de seuil	à effet sans seuil		
$QD \leq 0,2$	$ERI \leq 10^{-6}$	L'état des milieux est compatible avec les usages constatés	<p>Le processus se poursuit selon les dispositions du § 2.5.1.</p> <p>S'assurer que les pollutions sont maîtrisées, dans le cas contraire, élaborer et mettre en œuvre un plan de gestion.</p> <p>La mise en place d'une surveillance peut être nécessaire pour vérifier la pérennité de la situation.</p> <p>Afin d'assurer la pérennité de la compatibilité entre les usages et l'état des milieux, il peut être nécessaire de mettre en place des servitudes ou des restrictions d'usages.</p>
$0,2 < QD < 5$	$10^{-6} < ERI < 10^{-4}$	Intervalle nécessitant une réflexion plus approfondie avant de s'engager dans un plan de gestion	<p>Le processus se poursuit selon les dispositions du § 2.5.2</p> <p>Selon le cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- réalisation d'une évaluation quantitative des risques sanitaires avec additivité (avec seuils classiques de 1 et <math>10^{-5}</math>) ;</li> <li>- mise en œuvre de mesures simples de gestion ;</li> <li>- identification et mise en œuvre des premières mesures de maîtrise des risques : mesures sanitaires ou mesures environnementales ;</li> <li>- mise en œuvre de restrictions d'usage ;</li> </ul> <p>Pour gérer les pollutions et maîtriser leurs impacts, un plan de gestion est à élaborer et à mettre en œuvre.</p>
$QD \geq 5$	$ERI \geq 10^{-4}$	L'état des milieux n'est pas compatible avec les usages	<p>Pour gérer les pollutions et maîtriser leurs impacts, un plan de gestion est à élaborer et à mettre en œuvre.</p>

**Figure 78 : Intervalles de gestion donnés par la grille de calculs de l'IEM (source : MTEs, 2017)**

Lorsque les résultats des calculs de risques pour les substances à effet de seuil et sans effet de seuil, sont compris respectivement comme suit  $0,2 < QD < 5$  ou  $10^{-6} < ERI < 10^{-4}$ , comme indiqué dans la Figure 78, parmi les actions à engager est citée la réalisation d'une EQRS réfléchie, avec dans ce cas :

- Les niveaux de risque de référence suivants :
  - Quotient de Danger : pour les effets à seuil, le Quotient de Danger (QD) théorique doit être inférieur à 1 ; lorsqu'il est supérieur à 1, la possibilité d'apparition d'un effet toxique ne peut être exclue ;
  - Excès de Risque Individuel : pour les effets sans seuil, l'Excès de Risques Individuel théorique (ERI) doit être inférieur à  $10^{-5}$  (probabilité d'apparition d'un cas supplémentaire de cancer sur une population de 100 000 personnes exposées) ;

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

Toutefois, il n'apparaît pas pertinent de dérouler l'évaluation des risques sanitaires dans sa globalité lorsque certains ERI sont déjà élevés ( $> 10^{-5}$ ) et / ou la somme des QD ou des ERI est supérieure aux seuils de l'EQRS (respectivement  $> 1$  et  $> 10^{-5}$ ).

## 6.8.2 Synthèse des scénarios d'exposition

Les scénarios d'exposition des usagers ont été constitués en fonction :

- Des usages recensés sur la zone d'étude ;
- Des sources de pollution, voies de transfert et milieux d'exposition décrits précédemment et synthétisés dans le schéma conceptuel final.

Ces scénarios ont été définis par l'INERIS et complétés par GEODERIS. Les fiches suivantes, intitulées « fiche scénario », décrivent les différents scénarios d'exposition appliqués à l'échelle de la parcelle.

Au final, 28 « fiches scénarios » types ont été créés, présentés ci-dessous par une fiche de synthèse qui indique la situation générale, la description succincte des usages, le scénario d'exposition retenu et les principaux paramètres d'exposition.



## FICHE SCENARIO N°1 : PARCELLES A L'EST DU QUARTIER DES JARDINS (RESIDENTIELS)

### SITUATION GENERALE

Commune	<b>Durfort et Saint Martin de Sossenac</b>	Zone / parcelle	Quartier des jardins Parcelles : AV001 ; AV002 ; AD045 ; AD043/044 ; AD051 ; AD316/54/52 ; AD057/058/063
---------	--	-----------------	---

### DESCRIPTION SUCCINCTE

Parcelles de jardins type jardins familiaux situées à l'entrée du quartier "des jardins" au Montloubiers (au nord de la commune de Durfort et Saint Martin de Sossenac). Parcelles situées sur les deux rives du ruisseau du Vassorgues, le long du "canal de la mine". Certaines parcelles sont en escalier. Des puits sont présents sur certaines parcelles.

### PHOTOGRAPHIES



### SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Scénarios d'exposition et nombre de jours d'exposition retenus	Jardin potager : Enfants 0-6 ans - Ingestion non intentionnelle de sols	136 jours / an <sup>20</sup>
	Jardin potager : Adulte - Ingestion non intentionnelle de sols	136 jours / an
	Jardin d'agrément : Enfants 0-6 ans - Ingestion non intentionnelle de sols	234 jours / an
	Jardin d'agrément : Adulte - Ingestion non intentionnelle de sols	234 jours / an
	Végétaux : Enfant 0-6 ans - Ingestion	365 jours / an
	Végétaux : Adulte - Ingestion	365 jours / an
	Eau : Enfant 0-6 ans - Ingestion	365 jours / an
	Eau : Adulte - Ingestion	365 jours / an

<sup>20</sup> Paramètres génériques décrits dans le rapport GEODERIS (N2015/014DE – 15NAT24080).

## FICHE SCENARIO N°2 : PARCELLES A L'OUEST DU QUARTIER DES JARDINS (RESIDENTIELS)

### SITUATION GENERALE

Commune	<b>Durfort et Saint Martin de Sossenac</b>	Zone / parcelle	<b>Quartier des jardins Parcelles : AT270 ; AT272/273/274/275/276</b>
---------	--	-----------------	---

### DESCRIPTION SUCCINCTE

Parcelles de jardins type jardins familiaux situées à l'entrée du quartier "des jardins" au Montloubiers (au nord de la commune de Durfort et Saint Martin de Sossenac). Parcelles situées sur la rive gauche du ruisseau du Vassorgues, le long du "canal de la mine". Certaines parcelles sont en escalier. Des puits sont présents sur certaines parcelles.

### PHOTOGRAPHIES



### SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Scénarios d'exposition et nombre de jours d'exposition retenus	Jardin d'agrément : Enfants 0-6 ans - Ingestion non intentionnelle de sols	234 jours / an
	Jardin d'agrément : Adulte - Ingestion non intentionnelle de sols	234 jours / an
	Eau : Enfant 0-6 ans - Ingestion	365 jours / an
	Eau : Adulte - Ingestion	365 jours / an

## FICHE SCENARIO N°3 : CHEMIN PUBLIC QUARTIER DES JARDINS (PROMENADE)

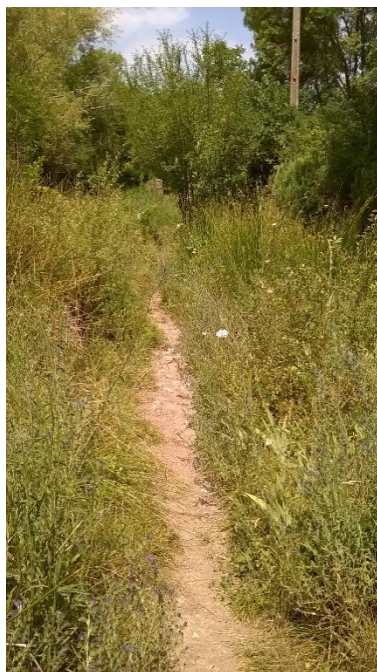
### SITUATION GENERALE

Commune	<b>Durfort et Saint Martin de Sossenac</b>	Zone / parcelle	<b>Chemin quartier des jardins</b>
---------	--	-----------------	------------------------------------

### DESCRIPTION SUCCINCTE

Chemin public situé dans le quartier "des jardins" en rive gauche du Vassorgues (zone inondable).

### PHOTOGRAPHIES



### SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Scénarios d'exposition et nombre de jours d'exposition retenus	Chemin public : Adulte - Ingestion non intentionnelle de sols	2 jours / an
	Chemin public : Enfants 0-6 ans - Ingestion non intentionnelle de sols	2 jours / an

## FICHE SCENARIO N°4 : PARCELLE AT 155 (RESIDENTIEL)

### SITUATION GENERALE

Commune	<b>Durfort et Saint Martin de Sossenac</b>	Zone / parcelle	<b>Parcelle AT 155</b>
---------	--	-----------------	------------------------

### DESCRIPTION SUCCINCTE

Parcelle située sur la route d'accès aux ruines de la laverie de Durfort. Il s'agit d'une résidence secondaire sans aménagement extérieur (uniquement une terrasse avec un salon de jardin) avec un jardin d'agrément.

### PHOTOGRAPHIES



### SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Scénarios d'exposition et nombre de jours d'exposition retenus	Jardin d'agrément : Enfants 0-6 ans - Ingestion non intentionnelle de sols	21 jours / an
	Jardin d'agrément : Adulte - Ingestion non intentionnelle de sols	21 jours / an
	Végétaux : Enfant 0-6 ans - Ingestion	365 jours / an
	Végétaux : Adulte - Ingestion	365 jours / an

## FICHE SCENARIO N°5 : PARCELLES AV181, AV500 ET AV501 (RESIDENTIELS)

### SITUATION GENERALE

Commune	<b>Durfort et Saint Martin de Sossenac</b>	Zone / parcelle	<b>Parcelles : AV181 ; AV500 ; AV501</b>
---------	--	-----------------	--

### DESCRIPTION SUCCINCTE

Parcelles situées au Nord du village historique de Durfort et en contre-bas de la route non loin du Vassorgues. Sur la parcelle AV181 il y a un vaste jardin ornemental avec des arbres fruitiers et un jardin potager. Sur les parcelles AV500 et AV501 des jardins ornementaux ont été identifiés.

### PHOTOGRAPHIES



### SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Scénarios d'exposition et nombre de jours d'exposition retenus	Jardin potager : Enfants 0-6 ans - Ingestion non intentionnelle de sols	136 jours / an <sup>21</sup>
	Jardin potager : Adulte - Ingestion non intentionnelle de sols	136 jours / an
	Jardin d'agrément : Enfants 0-6 ans - Ingestion non intentionnelle de sols	234 jours / an
	Jardin d'agrément : Adulte - Ingestion non intentionnelle de sols	234 jours / an
	Végétaux : Enfant 0-6 ans - Ingestion	365 jours / an
	Végétaux : Adulte - Ingestion	365 jours / an
	Eau : Enfant 0-6 ans - Ingestion	365 jours / an
	Eau : Adulte - Ingestion	365 jours / an

<sup>21</sup> Paramètres génériques décrits dans le rapport GEODERIS (N2015/014DE – 15NAT24080).

## FICHE SCÉNARIO N°6 : PARCELLES AT144 ; AT145 ; AT146 ; AT147 ; AT148 ; AT149 ET AT150 (RÉSIDENTIELS)

### SITUATION GENERALE

Commune	<b>Durfort et Saint Martin de Sossenac</b>	Zone / parcelle	<b>Parcelles : AT144 ; AT145 ; AT146 ; AT147 ; AT148 ; AT149 et AT150</b>
---------	--	-----------------	---

### DESCRIPTION SUCCINCTE

Parcelles situées sur la route d'accès aux ruines de la laverie de Durfort. Il s'agit d'une résidence permanente et du lieu de travail du propriétaire. Sur les parcelles, ont été identifiés : un jardin ornemental doté d'un salon de jardin ombragé (sol à nu), un jardin potager (sur sol avec de la terre rapportée) et un forage équipé d'un système de stockage d'eau pour l'arrosage des espaces verts et du potager.

### PHOTOGRAPHIES



### SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Scénarios d'exposition et nombre de jours d'exposition retenus	Jardin potager : Adulte - Ingestion non intentionnelle de sols	136 jours / an <sup>22</sup>
	Jardin d'agrément : Adulte - Ingestion non intentionnelle de sols	234 jours / an
	Jardin (scénario générique avec les concentrations maximales) : Enfants 0-6 ans - Ingestion non intentionnelle de sols	234 jours / an
	Végétaux : Adulte - Ingestion	365 jours / an
	Végétaux (scénario générique) : Enfant 0-6 ans - Ingestion	365 jours / an
	Eau : Adulte - Ingestion	365 jours / an
	Eau : Enfant 0-6 ans - Ingestion	365 jours / an

<sup>22</sup> Paramètres génériques décrits dans le rapport GEODERIS (N2015/014DE – 15NAT24080).

## FICHE SCENARIO N°7 : PARCELLE AT216 (RESIDENTIEL)

### SITUATION GENERALE

Commune	<b>Durfort et Saint Martin de Sossenac</b>	Zone / parcelle	<b>Parcelle : AT216</b>
---------	--	-----------------	-------------------------

### DESCRIPTION SUCCINCTE

Parcelles situées sur la route d'accès aux ruines de la laverie de Durfort. Résidence permanente avec un jardin ornemental (avec terrasse et balançoire pour enfants) et un jardin potager.

### PHOTOGRAPHIES



### SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Scénarios d'exposition et nombre de jours d'exposition retenus	Jardin potager : Adulte - Ingestion non intentionnelle de sols	136 jours / an <sup>23</sup>
	Jardin potager : Enfants 0-6 ans - Ingestion non intentionnelle de sols	13 jours / an
	Jardin d'agrément : Adulte - Ingestion non intentionnelle de sols	234 jours / an
	Jardin d'agrément : Enfants 0-6 ans - Ingestion non intentionnelle de sols	13 jours / an
	Végétaux : Adulte - Ingestion	365 jours / an
	Végétaux : Enfant 0-6 ans - Ingestion	365 jours / an

<sup>23</sup> Paramètres génériques décrits dans le rapport GEODERIS (N2015/014DE – 15NAT24080).

## FICHE SCENARIO N°8 : PARCELLE AT201 (RESIDENTIEL)

### SITUATION GENERALE

Commune	<b>Durfort et Saint Martin de Sossenac</b>	Zone / parcelle	<b>Parcelles : AT201</b>
---------	--	-----------------	--------------------------

### DESCRIPTION SUCCINCTE

Parcelle non close située sur la route d'accès aux ruines de la laverie de Durfort. Le Vassorgues longe la limite Ouest de la parcelle.

Résidence de type cabanon en bois avec un jardin ornemental qui présente plusieurs espaces dont un petit terrain de pétanque et un salon de jardin.

Un puits est situé sur les berges de la rivière. Il est équipé d'une pompe immergée et d'un système d'arrosage pour les potagers. Prélèvements de sols dans le futur potager en bordure de rivière. Pas de végétaux potagers car tout est en pot avec de la terre d'apport. 20 ou 30 camions ont apporté de la terre d'apport pour rehausser le niveau du terrain (zone de parking et petites terrasses). Aménagement d'une zone de baignade dans le ruisseau.

### PHOTOGRAPHIES



### SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Scénarios d'exposition et nombre de jours d'exposition retenus	Jardin potager : Adulte - Ingestion non intentionnelle de sols	136 jours / an <sup>24</sup>
	Jardin d'agrément : Adulte - Ingestion non intentionnelle de sols	234 jours / an
	Jardin d'agrément : Enfants 0-6 ans - Ingestion non intentionnelle de sols	234 jours / an
	Végétaux : Adulte - Ingestion	365 jours / an
	Végétaux : Enfant 0-6 ans - Ingestion	365 jours / an
	Eau : Adulte - Ingestion	365 jours / an
	Eau : Enfant 0-6 ans - Ingestion	365 jours / an

<sup>24</sup> Paramètres génériques décrits dans le rapport GEODERIS (N2015/014DE – 15NAT24080).



## FICHE SCENARIO N°9 : PARCELLES AT122 / AT403 (RESIDENTIELS)

### SITUATION GENERALE

Commune	<b>Durfort et Saint Martin de Sossenac</b>	Zone / parcelle	<b>Parcelles : AT122 / AT403</b>
---------	--	-----------------	----------------------------------

### DESCRIPTION SUCCINCTE

Parcelles situées en bordure Nord du dépôt 30\_0047\_A\_T1. Résidence principale avec quelques aménagements extérieurs (étendoir à linge, salon de jardin, piscine hors sol, jeux pour enfants, transats...). Jardin ornemental très peu végétalisé (terre à nu). Adulte seul recevant ponctuellement ses petits-enfants.

### PHOTOGRAPHIES



### SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Scénarios d'exposition et nombre de jours d'exposition retenus	Jardin d'agrément : Adulte - Ingestion non intentionnelle de sols	234 jours / an
	Jardin d'agrément : Enfants 0-6 ans - Ingestion non intentionnelle de sols	52 jours / an
	Végétaux : Adulte - Ingestion	365 jours / an
	Végétaux : Enfant 0-6 ans - Ingestion	365 jours / an

## FICHE SCENARIO N°10 : PARCELLES AT207/208/209/210/211 (RESIDENTIELS)

### SITUATION GENERALE

Commune	<b>Durfort et Saint Martin de Sossenac</b>	Zone / parcelle	<b>Parcelles : AT207/208/209/210/211</b>
---------	--	-----------------	--

### DESCRIPTION SUCCINCTE

Parcelles situées sur la route d'accès aux ruines de la laverie de Durfort, le lit du Vassorgues juxtapose à la propriété du côté est.

Résidence permanente occupée par un couple. La résidence ne reçoit pas particulièrement de visite de jeunes enfants.

La propriété dispose d'une terrasse avec salon de jardin, d'une piscine enterrée, d'un jardin potager et d'un verger (plusieurs arbres fruitiers).

### PHOTOGRAPHIES

Pas de Photos associées

### SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Scénarios d'exposition et nombre de jours d'exposition retenus	Jardin potager : Adulte - Ingestion non intentionnelle de sols	136 jours / an
	Jardin potager (scénario générique) : Enfants 0-6 ans - Ingestion non intentionnelle de sols	234 jours / an
	Végétaux : Adulte - Ingestion	365 jours / an
	Végétaux (scénario générique) : Enfant 0-6 ans - Ingestion	365 jours / an

## FICHE SCENARIO N°11 : PARCELLES AB021 / AB022(RESIDENTIELS)

### SITUATION GENERALE

Commune	<b>Durfort et Saint Martin de Sossenac</b>	Zone / parcelle	<b>Parcelles : AB021 / AB022</b>
---------	--	-----------------	----------------------------------

### DESCRIPTION SUCCINCTE

Parcelle non close située sur les hauteurs de Durfort au nord géographique du village

Résidence secondaire ou de vacances avec piscine creusée et terrasse. Famille avec jeunes enfants. Jardin ornemental sans espace aménagé spécifique sur le couvert végétal. Couverture végétale du jardin ornemental variable selon les zones

### PHOTOGRAPHIES



### SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Scénarios d'exposition et nombre de jours d'exposition retenus	Jardin d'agrément : Adulte - Ingestion non intentionnelle de sols	15 jours / an
	Jardin d'agrément : Enfants 0-6 ans - Ingestion non intentionnelle de sols	15 jours / an

## FICHE SCENARIO N°12 : PARCELLE AV192 (RESIDENTIEL)

### SITUATION GENERALE

Commune	<b>Durfort et Saint Martin de Sossenac</b>	Zone / parcelle	<b>Parcelle : AV192</b>
---------	--	-----------------	-------------------------

### DESCRIPTION SUCCINCTE

Parcelle située au nord du village historique de Durfort, non loin du Vassorgues. Parcelle utilisée comme jardin potager biologique avec un système de récupération et de stockage des eaux de pluie (2 m<sup>3</sup>), l'eau du réseau ou l'eau du forage du voisin (puits au droit de la parcelle 501 puits\_051).

### PHOTOGRAPHIES



### SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Scénarios d'exposition et nombre de jours d'exposition retenus <sup>25</sup>	Jardin potager : Adulte - Ingestion non intentionnelle de sols	136 jours / an
	Jardin potager (scénario générique) : Enfants 0-6 ans - Ingestion non intentionnelle de sols	234 jours / an
	Eaux : Adulte - Ingestion	365 jours / an
	Eaux (scénario générique) : Enfant 0-6 ans - Ingestion	365 jours / an

<sup>25</sup> Malgré la présence d'un potager, aucun scénario relatif à la consommation de végétaux n'a ici été retenu, le propriétaire de la parcelle n'ayant pu être joint pour les autorisations de prélèvements de végétaux ;

## FICHE SCÉNARIO N°13 : PARCELLE AT230 / AT231 / AT232 / AT233 (RÉSIDENTIEL)

### SITUATION GENERALE

Commune

**Durfort et Saint Martin  
de Sossenac**

Zone / parcelle

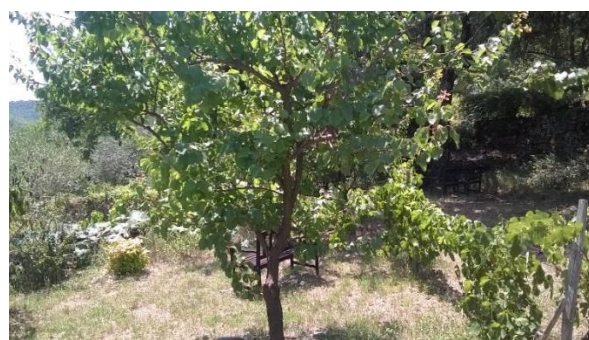
**Parcelles : AT230 /  
AT231 / AT232 / AT233**

### DESCRIPTION SUCCINCTE

Parcelles situées sur les hauteurs, en cœur de forêt, accessibles via un chemin privé, depuis la route d'accès aux ruines de la laverie de Durfort. Résidence permanente occupée par un couple sans enfants et ne recevant pas spécialement de visite de jeunes enfants.

La propriété présente un jardin ornemental et un jardin potager (non investigué)<sup>26</sup>. Le jardin est irrigué via un système de récupération des eaux de pluie. La pelouse est rase et relativement peu fournie, hétérogène selon les endroits.

### PHOTOGRAPHIES



### SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Scénarios d'exposition et nombre de jours d'exposition retenus	Jardin d'agrément : Adulte - Ingestion non intentionnelle de sols	234 jours / an
	Jardin d'agrément (scénario générique) : Enfants 0-6 ans - Ingestion non intentionnelle de sols	234 jours / an

<sup>26</sup> Absence de végétaux de taille suffisante lors des investigations de début juillet.

## FICHE SCENARIO N°14 : PARCELLE AT217 / AT218 / AT219 (RESIDENTIEL)

### SITUATION GENERALE

Commune	<b>Durfort et Saint Martin de Sossenac</b>	Zone / parcelle	<b>Parcelles : AT217 / AT218 / AT219</b>
---------	--	-----------------	--

### DESCRIPTION SUCCINCTE

Parcelle située sur la route d'accès aux ruines de la laverie de Durfort. Résidence principale d'une famille sans jeunes enfants. La propriété présente un jardin ornemental. Les prélèvements ont été effectués au niveau du chemin d'accès et le long de l'étendoir (côté Ouest) et du salon de jardin (côté Nord) ainsi qu'au niveau de la pelouse devant la maison (façade Est).

### PHOTOGRAPHIES



### SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Scénarios d'exposition et nombre de jours d'exposition retenus	Jardin d'agrément : Adulte - Ingestion non intentionnelle de sols	234 jours / an
	Jardin d'agrément (scénario générique) : Enfants 0-6 ans - Ingestion non intentionnelle de sols	234 jours / an

## FICHE SCENARIO N°15 : CHEMINS DE LA ZONE DE LA LAVERIE (PROMENADE)

### SITUATION GENERALE

Commune	<b>Durfort et Saint Martin de Sossenac</b>	Zone / parcelle	<b>Chemins de la zone de la laverie</b>
---------	--	-----------------	---

### DESCRIPTION SUCCINCTE

1. Chemin au pied du bassin de décantation
2. Bord du chemin quittant la digue des stériles
3. Parking situé devant la laverie
4. Haldes de la laverie

### PHOTOGRAPHIES



### SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Scénarios d'exposition et nombre de jours d'exposition retenus	Chemin public : Adulte - Ingestion non intentionnelle de sols	2 jours / an
	Chemin public : Enfants 0-6 ans - Ingestion non intentionnelle de sols	2 jours / an
	Végétaux : Adulte – Ingestion (consommation de végétaux issus de la cueillette)	365 jours / an
	Végétaux : Enfant 0-6 ans – Ingestion (consommation de végétaux issus de la cueillette)	365 jours / an

## FICHE SCENARIO N°16 : PARCELLES AD005 ET AD287 – CHAMPS D'OLIVIERS (AGRICOLE)

### SITUATION GENERALE

Commune	<b>Durfort et Saint Martin de Sossenac</b>	Zone / parcelle	<b>Parcelles : AT217 / AT218 / AT219</b>
---------	--	-----------------	--

### DESCRIPTION SUCCINCTE

1. Champ d'oliviers situé au nord du quartier « des jardins » à Monloubiers en bordure du Vassorgues (rive droite)
2. Champ d'oliviers situé en bordure Nord du dépôt 30\_0047\_A\_T1

### PHOTOGRAPHIES



### SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Scénarios d'exposition et nombre de jours d'exposition retenus	Champ d'olivier : Adulte (agriculteur et ouvrier) - Ingestion non intentionnelle de sols	117 jours / an
	Champ d'olivier (scénario générique : jeu en extérieur) : Enfants 0-6 ans - Ingestion non intentionnelle de sols	234 jours / an



## FICHE SCENARIO N°17 : PARCELLE AT205 – PATURE EN AVAL DU DEPOT (AGRICOLE)

### SITUATION GENERALE

Commune	<b>Durfort et Saint Martin de Sossenac</b>	Zone / parcelle	<b>Parcelles : AT205</b>
---------	--	-----------------	--------------------------

### DESCRIPTION SUCCINCTE

Pâturée située sur la route d'accès aux ruines de la laverie de Durfort et à environ 450 m du dépôt.

### PHOTOGRAPHIES



### SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Scénarios d'exposition et nombre de jours d'exposition retenus	Pâturée : Adulte (agriculteur et ouvrier) - Ingestion non intentionnelle de sols	117 jours / an
	Pâturée (scénario générique : jeu en extérieur) : Enfants 0-6 ans - Ingestion non intentionnelle de sols	234 jours / an

## FICHE SCENARIO N°18 : PARCELLES AT389 / AT390 – VIGNE (AGRICOLE)

### SITUATION GENERALE

Commune	<b>Durfort et Saint Martin de Sossenac</b>	Zone / parcelle	<b>Parcelles AT389 / AT390</b>
---------	--	-----------------	--------------------------------

### DESCRIPTION SUCCINCTE

Champ de vigne situé à la sortie de Durfort (en direction de Fressac). Il s'agit d'une production vinicole privée et non commercialisée. Pas de système d'irrigation constaté sur la parcelle.

### PHOTOGRAPHIES



### SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Scénarios d'exposition et nombre de jours d'exposition retenus	Champ de vigne : Adulte (agriculteur et ouvrier) - Ingestion non intentionnelle de sols	117 jours / an
	Champ de vigne : Enfants 0-6 ans (scénario générique : jeu en extérieur) - Ingestion non intentionnelle de sols	234 jours / an
	Végétaux : Adulte - Ingestion	365 jours / an
	Végétaux (scénario générique) : Enfant 0-6 ans - Ingestion	365 jours / an

## FICHE SCENARIO N°19 : PARCELLES AT206 – VIGNE (AGRICOLE)

### SITUATION GENERALE

Commune	<b>Durfort et Saint Martin de Sossenac</b>	Zone / parcelle	<b>Parcelles AT206</b>
---------	--	-----------------	------------------------

### DESCRIPTION SUCCINCTE

Champ de vigne longé à l'Est par le ruisseau de Vassorgues (en aval hydraulique par rapport aux dépôts 30\_0047\_A\_T6 et 30\_0047\_A\_T7).  
 Vigne cultivée et entretenue, permettant la production de raisin pour le vin (a priori production non commercialisée)

### PHOTOGRAPHIES



### SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Scénarios d'exposition et nombre de jours d'exposition retenus	Champ de vigne : Adulte (agriculteur et ouvrier) - Ingestion non intentionnelle de sols	117 jours / an
	Champ de vigne : Enfants 0-6 ans (scénario générique : jeu en extérieur) - Ingestion non intentionnelle de sols	234 jours / an
	Végétaux : Adulte - Ingestion	365 jours / an
	Végétaux (scénario générique) : Enfant 0-6 ans - Ingestion	365 jours / an

## FICHE SCENARIO N°20 : PARCELLES AD070 ET AV197 – VIGNE (AGRICOLE)

### SITUATION GENERALE

Commune	<b>Durfort et Saint Martin de Sossenac</b>	Zone / parcelle	<b>Parcelles AD070 et AV197</b>
---------	--	-----------------	---------------------------------

### DESCRIPTION SUCCINCTE

Champs de vigne sur les rives du Vassorgues

### PHOTOGRAPHIES



### SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Scénarios d'exposition et nombre de jours d'exposition retenus	Champ de vigne : Adulte (agriculteur et ouvrier) - Ingestion non intentionnelle de sols	117 jours / an
	Champ de vigne : Enfants 0-6 ans (scénario générique : jeu en extérieur) - Ingestion non intentionnelle de sols	234 jours / an
	Végétaux : Adulte - Ingestion	365 jours / an
	Végétaux (scénario générique) : Enfant 0-6 ans - Ingestion	365 jours / an

## FICHE SCENARIO N°21 : PARCELLE AV123 – PATURE (AGRICOLE)

### SITUATION GENERALE

Commune	<b>Durfort et Saint Martin de Sossenac</b>	Zone / parcelle	<b>Parcelles : AE123</b>
---------	--	-----------------	--------------------------

### DESCRIPTION SUCCINCTE

Parcelle située sur la route d'accès aux ruines de la laverie de Durfort



### SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Scénarios d'exposition et nombre de jours d'exposition retenus	Pâturer : Adulte (agriculteur et ouvrier) - Ingestion non intentionnelle de sols	117 jours / an
	Pâturer (scénario générique : jeu en extérieur) : Enfants 0-6 ans - Ingestion non intentionnelle de sols	234 jours / an

## FICHE SCENARIO N°22 : PARCELLES AT106/AT083 – CHEMINS DE RANDONNEES AU NORD DU VERDIER (PROMENADE)

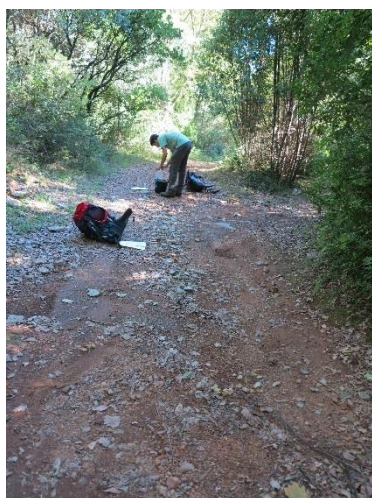
### SITUATION GENERALE

Commune	<b>Durfort et Saint Martin de Sossenac</b>	Zone / parcelle	<b>Parcelles AT106/AT083 Chemins au nord du Verdier</b>
---------	--	-----------------	---

### DESCRIPTION SUCCINCTE

Chemin public situé au nord-ouest de la commune de Durfort/Saint Martin de Sossenac et au nord du village le Verdier

### PHOTOGRAPHIES



### SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Scénarios d'exposition et nombre de jours d'exposition retenus	Chemin public : Adulte - Ingestion non intentionnelle de sols	2 jours / an
	Chemin public : Enfants 0-6 ans - Ingestion non intentionnelle de sols	2 jours / an

## FICHE SCENARIO N°23 : PARCELLES AT121/AT125 – CHEMIN PUBLIC AU NORD DE DURFORT (PROMENADE)

### SITUATION GENERALE

Commune	<b>Durfort et Saint Martin de Sossenac</b>	Zone / parcelle	<b>Parcelles AT121/AT125 Chemin public</b>
---------	--	-----------------	--

### DESCRIPTION SUCCINCTE

Chemin de promenade proche des parcelles AT122/AT403 et longeant le ruisseau de Tresfont.

### PHOTOGRAPHIES



### SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Scénarios d'exposition et nombre de jours d'exposition retenus	Chemin public : Adulte - Ingestion non intentionnelle de sols	2 jours / an
	Chemin public : Enfants 0-6 ans - Ingestion non intentionnelle de sols	2 jours / an
	Végétaux : Adulte – Ingestion (consommation de végétaux issus de la cueillette)	365 jours / an
	Végétaux : Enfant 0-6 ans – Ingestion (consommation de végétaux issus de la cueillette)	365 jours / an

## FICHE SCENARIO N°24 : PARCELLE AV291 – JARDIN PUBLIC (PROMENADE)

### SITUATION GENERALE

Commune	<b>Durfort et Saint Martin de Sossenac</b>	Zone / parcelle	<b>Parcelle : AV291</b>
---------	--	-----------------	-------------------------

### DESCRIPTION SUCCINCTE

Jardin public situé avant la sortie du village, en direction de Fressac. Jardin ombragé avec des bancs et un point d'eau (hors service) et un monument aux morts.

### PHOTOGRAPHIES



### SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Scénarios d'exposition et nombre de jours d'exposition retenus	Jardin public : Adulte - Ingestion non intentionnelle de sols	15 jours / an
	Jardin public : Enfants 0-6 ans - Ingestion non intentionnelle de sols	15 jours / an



## FICHE SCENARIO N°25 : PARCELLE AT447 – JARDIN PUBLIC (PROMENADE)

### SITUATION GENERALE

Commune	<b>Durfort et Saint Martin de Sossenac</b>	Zone / parcelle	<b>Parcelle : AT447</b>
---------	--	-----------------	-------------------------

### DESCRIPTION SUCCINCTE

Jardin public situé en sortie Nord-Ouest du village. Il est aménagé avec des jeux pour enfants dont certains (toboggan) entourés de graviers rapportés grossiers et calibrés, d'autres (bascules) sont situés sur la pelouse, quatre bancs publics. Il s'agit d'un point de rencontre pour les jeunes (adolescents à jeunes adultes) de Durfort et des communes voisines

### PHOTOGRAPHIES



### SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Scénarios d'exposition et nombre de jours d'exposition retenus	Jardin public : Adulte (agriculteur et ouvrier) - Ingestion non intentionnelle de sols	15 jours / an
	Jardin public : Enfants 0-6 ans - Ingestion non intentionnelle de sols	15 jours / an

## FICHE SCENARIO N°26 : PARCELLE AT411 – STADE DE FOOTBALL / SKATE PARC / TERRAIN DE PETANQUE (SPORT ET LOISIR)

### SITUATION GENERALE

Commune	<b>Durfort et Saint Martin de Sossenac</b>	Zone / parcelle	<b>Parcelle : AT411 Stade de football Skate parc Terrain de pétanque</b>
---------	--	-----------------	--

### DESCRIPTION SUCCINCTE

Sur la même parcelle, située à la sortie de Durfort en direction de Fressac, il y a un stade de football, skate parc et un terrain de pétanque (gravillonné).

Le stade est entretenu et utilisé notamment par l'école de Durfort pour les activités sportives. La pelouse est tondue sur la moitié de la superficie du terrain, homogène et dense sauf devant les buts où le sol est à nu, la seconde moitié du terrain est plus irrégulièrement entretenue (herbes à 15-20 cm).

### PHOTOGRAPHIES



### SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Scénarios d'exposition et nombre de jours d'exposition retenus	Stade de football et skate parc : Adulte (agriculteur et ouvrier) - Ingestion non intentionnelle de sols	72 jours / an
	Stade de football et skate parc : Enfants 0-6 ans - Ingestion non intentionnelle de sols	72 jours / an

## FICHE SCENARIO N°27 : PARCELLE AD0047 – VIGNE (AGRICOLE)

### SITUATION GENERALE

Commune	<b>Fressac</b>	Zone / parcelle	<b>Parcelles AD047</b>
---------	----------------	-----------------	------------------------

### DESCRIPTION SUCCINCTE

Vigne longée à l'Est par le ruisseau de Vassorgues (en aval hydraulique par rapport aux dépôts 30\_0047\_A\_T6 et 30\_0047\_A\_T8). Vigne cultivée et entretenue, permettant la production de raisin pour le vin (a priori production non commercialisée)

### PHOTOGRAPHIES



### SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Scénarios d'exposition et nombre de jours d'exposition retenus	Champ de vigne : Adulte (agriculteur et ouvrier) - Ingestion non intentionnelle de sols	117 jours / an
	Champ de vigne : Enfants 0-6 ans (scénario générique : jeu en extérieur) - Ingestion non intentionnelle de sols	234 jours / an
	Végétaux : Adulte - Ingestion	365 jours / an
	Végétaux (scénario générique) : Enfant 0-6 ans - Ingestion	365 jours / an

## FICHE SCENARIO N°28 : PARCELLES AD61/AD63 – CHEMIN PUBLIC A L'EST DE FRESSAC (PROMENADE)

### SITUATION GENERALE

Commune	<b>Fressac</b>	Zone / parcelle	<b>Parcelles AD61/AD63 Chemin public</b>
---------	----------------	-----------------	--

### DESCRIPTION SUCCINCTE

Chemin de randonnée à l'Est de la commune de Fressac, au départ des ruines de l'ancienne laverie avec une zone de potentiel bivouac (zone présentant des traces de travaux de recherche de minéraux réalisés par des particuliers).

### PHOTOGRAPHIES



### SCÉNARIO(S) D'EXPOSITION(S) RETENU(S)

Scénarios d'exposition et nombre de jours d'exposition retenus	Chemin public : Adulte - Ingestion non intentionnelle de sols	2 jours / an
	Chemin public : Enfants 0-6 ans - Ingestion non intentionnelle de sols	2 jours / an
	Végétaux : Adulte – Ingestion (consommation de végétaux issus de la cueillette)	365 jours / an
	Végétaux : Enfant 0-6 ans – Ingestion (consommation de végétaux issus de la cueillette)	365 jours / an

## 6.9 Calculs de risques sanitaires

### 6.9.1 Evaluation de la toxicité

L'évaluation de la toxicité d'une substance est composée de deux étapes :

- L'identification du potentiel dangereux de la substance considérée, c'est-à-dire les effets indésirables que la substance est intrinsèquement capable de provoquer chez l'homme.
- La 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 est traduite par la Valeur Toxicologique de Référence (VTR),

Les valeurs toxicologiques de référence (VTR) ont été choisies conformément aux instructions des ministères en charge de la santé et de l'environnement (cf. circulaire DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014<sup>27</sup>), relatives entre autres aux modalités de sélection des VTR.

En outre, la position de l'INERIS est de proposer la meilleure approche, au vu des connaissances disponibles ; le niveau d'approfondissement vers la meilleure connaissance disponible est proportionné aux enjeux. Ainsi, ont été pris en compte les avis d'experts toxicologues lorsqu'ils étaient disponibles pour les substances étudiées, notamment ceux de l'INERIS.

Le Tableau 47 synthétise les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) retenues pour une exposition chronique dans le cadre de cette évaluation des risques sanitaires, compte tenu de la liste des substances préétablie.

Substance	VTR à seuil (mg/kg.j)	Organisme élaborateur	VTR sans seuil (mg/kg.j) <sup>-1</sup>	Organisme élaborateur
<b>Antimoine</b>	4,00E-04	US EPA (1991) <sup>28</sup>	nc	-
<b>Argent</b>	5,00E-03	US EPA (1991)	nc	-
<b>Arsenic</b>	4,50E-04	Fobig (2009) <sup>29</sup>	1,50E+00	US EPA (1998), OEHHA (2009) <sup>30</sup>
<b>Cadmium</b>	3,60E-04	EFSA (2011) <sup>31</sup>	nc	-
<b>Chrome III (sels solubles)</b>	5,00E-03	RIVM (2001) <sup>32</sup>	nc	-
<b>Cuivre</b>	1,40E-01	RIVM (2001)	nc	-
<b>Fer</b>	8,00E-01	OMS/FAO (1983) <sup>33</sup>	nc	

<sup>27</sup> La démarche de choix des VTR indiquée permet une démarche de choix approfondie conduite par les toxicologues de l'INERIS.

<sup>28</sup> US EPA : United States Environmental Protection Agency (Agence américaine de protection de l'environnement).

<sup>29</sup> FoBig : Forschungs- und Beratungsinstitut Gefahrstoffe GmbH (Institut de Recherche allemand sur les dangers des substances chimiques).

<sup>30</sup> OEHHA : Office of Environmental Health Hazard Assessment (Bureau d'évaluation des risques pour la santé environnementale).

<sup>31</sup> EFSA : European Food Safety Authority (Autorité européenne de sécurité des aliments).

<sup>32</sup> RIVM : Rijksinstituut voor Volksgezondheid & Milieu (Institut National de Santé Publique et de l'Environnement, Pays-Bas).

<sup>33</sup> OMS : Organisation mondiale de la Santé ; FAO : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

Substance	VTR à seuil (mg/kg.j)	Organisme élaborateur	VTR sans seuil (mg/kg.j) <sup>-1</sup>	Organisme élaborateur
<b>Manganèse</b>	1,40E-01	US-EPA (1996)	nc	-
<b>Nickel</b>	1,10E-02	OEHHA (2012)	nc	-
<b>Plomb</b>	6,30E-04	ANSES (2013)	8,50E-03	OEHHA (2011)
<b>Zinc</b>	3,00E-01	US EPA (2005)	nc	-

**Tableau 47 : Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) retenues (nc : non concerné)**

## 6.9.2 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, par exemple dans le cas de la voie d'exposition par ingestion.

L'évaluation de l'exposition consiste, d'un côté, à identifier les personnes exposées (âge, sexe, caractéristiques physiologiques, budgets espace-temps, etc.) et les voies d'exposition / de pénétration des substances. De l'autre, elle doit tenir compte de la fréquence, de la durée et de l'intensité de l'exposition à ces substances - exprimée par une dose moyenne journalière ou, pour l'inhalation, par une concentration moyenne dans l'air - pour chaque voie pertinente.

Les choix des valeurs des paramètres d'exposition ont été réalisés de façon raisonnablement conservatoire en consultant les réponses au questionnaire d'habitude de vie auxquels ont répondu les habitants des résidences investiguées.

Pour tous les foyers, les usages conduisant à une exposition vis-à-vis des milieux a été étudiée.

Pour les sols et les végétaux potagers, une approche conservatoire a été retenue puisque la biodisponibilité des métaux retenue est de 100%. Ce paramètre, qui caractérise la fraction absorbée d'une substance, peut être approché notamment par la bioaccessibilité (fraction d'une substance libérée dans les sucs gastro-intestinaux (humains) et donc disponible pour absorption).

De plus, lorsque plusieurs sondages de sol sont retenus sur une zone liée à un usage, les concentrations maximales sont retenues, en vue de considérer les zones les plus impactées.

Certains paramètres sont issus de l'outil de modélisation et de simulation MODUL'ERS mis à disposition par l'INERIS pour estimer les concentrations, les expositions et les risques sanitaires. Cet outil permet à l'utilisateur de définir de 1 à 10 classes d'âge pour estimer les niveaux d'exposition et de risque, de manière plus ou moins précise, en fonction des besoins et des données disponibles.

En effet, il a été identifié que les enfants sont des cibles plus sensibles aux contaminants que les adultes. En scénario résidentiel, leur niveau d'exposition, compte-tenu de leur activité (contact main-bouche, ...) et de leur poids est généralement proportionnellement

plus élevé que celui des adultes (source : INERIS 2015<sup>34</sup>). Ces classes d'âge permettent de prendre en compte les conditions d'exposition spécifiques des jeunes enfants et ne pas sous-estimer leurs niveaux d'exposition et de risque.

Compte-tenu de ces impératifs, sept classes d'âge ont été prédéfinies dans MODUL'ERS :

- Classe 1 : de 0 à 1 an,
- Classe 2 : de 1 à 3 ans,
- Classe 3 : de 3 à 6 ans,
- Classe 4 : de 6 à 11 ans,
- Classe 5 : de 11 à 15 ans,
- Classe 6 : de 15 à 18 ans,
- Classe 7 : les plus de 18 ans.

Chaque classe d'âge inclut la borne inférieure et exclut la borne supérieure. Le découpage retenu est en grande partie lié aux sources d'informations disponibles pour définir les quantités d'aliments ingérés (cf. INERIS 2015).

Pour répondre à l'IEM, 2 classes seront examinées : 0-6 ans et plus de 18 ans. Le Tableau 48 et le Tableau 49 présentent la détermination des classes d'âges retenues pour l'IEM et leur durée associée ainsi que la détermination des masses corporelles.

Classes d'âges dans MODUL'ERS (ans)		Classes d'âges considérées dans cette étude (ans)	Durée d'exposition associée (ans)
CLASSE 1	0 – 1	0 – 6	6
CLASSE 2	1 – 3		
CLASSE 3	3 – 6		
CLASSE 7	Plus de 18	Plus de 18	64

**Tableau 48 : Détermination des classes d'âges (source : INERIS 2015)**

Masses corporelles dans MODUL'ERS (kg)		Masses corporelles utilisées dans cette étude
CLASSE 1	7,6	14,3
CLASSE 2	12,4	
CLASSE 3	17,8	
CLASSE 7	70,4	70,4

**Tableau 49 : Détermination des masses corporelles (source : INERIS 2015)**

Du Tableau 50 au Tableau 53 sont présentées les valeurs des paramètres temporels retenues pour la voie ingestion de sols et ingestion de végétaux pour les enfants (de moins de 6 ans) et les adultes.

En l'absence d'information spécifique au foyer, les durées d'exposition proposées dans le rapport GEODERIS N2015/014DE-15NAT24080 du 09/04/2015 sont retenues pour le scénario usage générique développé pour les enfants de moins de 6 ans à raison de 234 jours/an (365 jours auxquels sont retranchés 15 jours de vacances, pondérés au 1/3 pour des raisons de mauvais temps).

<sup>34</sup> Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel MODUL'ERS, INERIS-DRC-14-141968-11173B, 21/02/2015

Les calculs sont réalisés pour les usages actuels avec les cibles présentes. Si les calculs sont réalisés pour des adultes et que les usages et les occupants changent, il sera nécessaire de réaliser une nouvelle étude intégrant la nouvelle population présente (enfants).

Les expositions potentielles aux substances étudiées sont directement proportionnelles à la concentration de ces substances dans les milieux considérés (les sols de surface) et caractéristiques de l'exposition (durée, fréquence).

L'équation permettant de calculer une dose d'exposition pour la voie d'exposition par ingestion est donnée ci-après, ainsi que les paramètres associés :

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

Symbole	Paramètres	Dimensions
DJE <sub>ij</sub>	dose d'exposition moyenne sur la période d'exposition liée à une exposition au milieu i par la voie d'exposition j	M M <sup>-1</sup> T <sup>-1</sup>
C <sub>i</sub>	concentration d'exposition relative au milieu i (sol, aliments, eau...)	M M <sup>-1</sup>
Q <sub>ij</sub>	quantité de milieu i, c'est-à-dire de sol, d'eau... administrée par la voie j par unité de temps d'exposition (exprimée par rapport à la concentration dans le sol)	M T <sup>-1</sup>
F	fréquence d'exposition : fraction du nombre annuel d'unités de temps d'exposition (heures ou jours) d'exposition sur le nombre d'unités de temps de l'année	
P	poids corporel de la personne	M
T	durée d'exposition	T
T <sub>m</sub>	période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée ; pour une substance à effet à seuil T = T <sub>m</sub> et pour une substance à effet sans seuil, T <sub>m</sub> est assimilé à la durée de la vie entière (prise conventionnellement égale à 70 ans) <sup>35</sup>	T

La DJE va ainsi s'exprimer en mg/kg.jour. A titre d'exemple, pour l'effet à seuil de l'arsenic et pour la voie d'exposition « ingestion de sol », une DJE < 4,5 10<sup>-4</sup> mg/kg.jour assure ici d'une compatibilité état de milieux/usages.

A noter que l'exposition par ingestion d'eau ne sera pas évaluée ; les concentrations mesurées dans les eaux souterraines étant directement comparées aux valeurs de réglementaires disponibles.

<sup>35</sup> Cette distinction repose sur l'hypothèse d'un mécanisme d'action différent dans chacun des deux cas. Pour les effets à seuil, le risque est associé au dépassement d'une dose donnée pendant la période d'exposition. Pour les effets sans seuil, il est considéré que l'effet de chaque dose reçue isolément s'ajoute sans aucune perte et que la survenue de la réponse cancéreuse est fonction de la somme totale des doses reçues ; une forte dose sur une courte période produit le même effet qu'une plus faible dose reçue sur une période plus longue. Dans ce cas, le risque s'exprime sous la forme d'une probabilité d'occurrence qui augmente avec la dose reçue tout au long de la vie.



INGESTION DE SOL DE SURFACE			
ADULTE (PLUS DE 18 ANS)			
SCENARII	PARAMETRES		SOURCE
	Âge (ans)	18-70	Estimation INERIS
	Poids (kg)	70,4	INERIS 2015 <sup>36</sup>
	Q <sub>ingestion</sub> (mg/j)	50	US EPA 2011 <sup>37</sup>
Activités de jardinage dans un jardin potager	Fréquence d'exposition (j <sub>exposition</sub> /an)	136	Questionnaire d'enquête et GEODERIS 2015 <sup>38</sup>
Activités de jardinage dans un jardin d'agrément		15 - 234	
Activités agricoles dans un champ		117	
Promenade sur un chemin public		2	
Promenade dans un jardin public		15	
Activités sportives dans un stade de foot		72	
	T (ans - durée de la période d'exposition)	64	Estimation INERIS basée sur l'hypothèse que l'activité est initiée à 6 ans
	T <sub>m</sub> (ans)	64 70	Pour les effets à seuil : T = T <sub>m</sub> Pour les effets sans seuil : durée assimilée à la vie entière (prise conventionnellement égale à 70 ans)

**Tableau 50 : Paramètres d'exposition retenus pour les différents scenarii associés à la voie ingestion de sol pour les adultes de plus de 18 ans**

<sup>36</sup> Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel MODUL'ERS, INERIS-DRC-14-141968-11173B, 21/02/2015.

<sup>37</sup> U.S. EPA. Exposure Factors Handbook 2011 Edition (Final Report). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-09/052F, 2011.

<sup>38</sup> Propositions méthodologiques sur les conditions de mise en œuvre de la démarche d'interprétation de l'état des milieux en contexte d'après-mine, GEODERIS, rapport N2015/014DE-15NAT24080, 9 avril 2015.

INGESTION DE SOL DE SURFACE			
ENFANT DE MOINS DE 6 ANS			
SCENARII	PARAMETRES		SOURCE
	Âge (ans)	0-6	Estimation conventionnelle
	Poids (kg)	14,3	INERIS, 2015 <sup>Erreur ! Signet non défini.</sup>
	Q <sub>ingestion</sub> (mg/j)	91	InVS INERIS 2012
Jeux en extérieur dans un jardin potager	Fréquence d'exposition (j <sub>exposition</sub> /an)	13 - 136	Questionnaire d'enquête et GEODERIS 2015
Jeux en extérieur dans un jardin d'agrément		13 - 234	
Jeux en extérieur dans un champ		234	
Promenade sur un chemin public		2	
Promenade dans un jardin public		15	
Activités sportives dans un stade de foot		72	
	T (ans - durée de la période d'exposition)	6	Durée conventionnelle pour les enfants
	T <sub>m</sub> (ans)	6 70	Pour les effets à seuil : T = T <sub>m</sub> Pour les effets sans seuil : durée assimilée à la vie entière (prise conventionnellement égale à 70 ans)

**Tableau 51 : Paramètres d'exposition retenus pour les différents scenarii associés à la voie ingestion de sol pour les enfants de moins de 6 ans**

INGESTION DE VEGETAUX POTAGERS AUTOPRODUITS			
ADULTE (PLUS DE 18 ANS)			
SCENARII	PARAMETRES		SCENARII
	SOURCE		
Consommation de végétaux Consommation d'eau	Âge (ans)	18-70	Estimation INERIS
	Poids (kg)	70,4	INERIS 2015
	Fréquence (j <sub>exposition</sub> /an)	365	Toute l'année
	T (ans - durée de la période d'exposition)	64	Estimation INERIS pour la catégorie d'âges 6 - 70 ans
	T <sub>m</sub> (ans)	64 70	Pour les effets à seuil : T = T <sub>m</sub> Pour les effets sans seuil : durée assimilée à la vie entière (prise conventionnellement égale à 70 ans)

**Tableau 52 : Paramètres d'exposition retenus pour les différents scenarii associés à la voie ingestion de denrées alimentaires et d'eau pour les adultes de plus de 18 ans**

INGESTION DE VEGETAUX POTAGERS AUTOPRODUITS			
ENFANT DE MOINS DE 6 ANS			
SCENARII	PARAMETRES SOURCE		SCENARII
Consommation de végétaux Consommation d'eau	Âge (ans)	0-6	Estimation conventionnelle
	Poids (kg)	14,3	INERIS, 2015
	Fréquence (J <sub>exposition</sub> /an)	365	Toute l'année
	T (ans - durée de la période d'exposition)	6	Durée conventionnelle pour les enfants
	T <sub>m</sub> (ans)	6 70	Pour les effets à seuil : T = T <sub>m</sub> Pour les effets sans seuil : durée assimilée à la vie entière (prise conventionnellement égale à 70 ans)

**Tableau 53 : Paramètres d'exposition retenus pour les différents scenarii associés à la voie ingestion de denrées alimentaires et d'eau pour les enfants de moins de 6 ans**

### 6.9.2.1 Quantité ingérée de sol

#### Enfant

La quantité ingérée de sol par un enfant est un élément largement débattu en matière d'évaluation des risques liés aux sites et sols pollués. De nombreuses études de mesure d'ingestion de particules de sol ont été menées<sup>39</sup>, ainsi que quelques études de synthèse durant ces dernières années en Europe<sup>40</sup>.

Plus particulièrement, pour la cible enfant, deux synthèses ont été élaborées en France (Guide pratique - Quantités de terre et poussières ingérées par un enfant de moins de 6 ans et bioaccessibilité des polluants : état des connaissances et propositions – InVS – INERIS, 2012) et en Belgique (région flamande) (Van Holderbeke et al. 2008).

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

Il n'est pas étudié dans le cadre de la présente étude, le cas d'un enfant présentant un comportement particulier de type Pica<sup>41</sup>, pour lequel la quantité ingérée de sol à retenir est plus importante (1 000 mg/j).

<sup>39</sup> Hawley, 1997; Binder et al. 1986; Clausing et al. 1987; Thompson et al. 1991, Calabrese et al. 1998, 1989, 1990, 1991, 1995, 1997, 1998; Stanek et al. 2000, 2001, 2006; etc.

<sup>40</sup> Glorennec 2005, 2006; Van Holderbeke et al. 2008; Dor et al. 2009; etc.

<sup>41</sup> Trouble du comportement alimentaire consistant à ingérer des substances non comestibles (définition extraite du Larousse).

## Adulte

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

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

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

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

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

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

Au regard de ces données et en l'absence de données spécifiques aux scénarios étudiés dans la présente étude, une valeur de 50 mg/j est retenue. En effet, l'activité en lien avec un jardin potager comporte des périodes de bêchage, de plantation des légumes, d'entretien du jardin et de récolte des légumes et également de mise au « repos », la valeur de Hawley (1985) de 480 mg/j pour les scénarios avec activités de jardinage n'apparaît pas pertinente pour l'ensemble des activités de jardinage

### 6.9.2.2 Quantité ingérée de végétaux et de miel

MODUL'ERS propose les quantités journalières consommées de végétaux par l'Homme pour les différentes classes d'âge présentées ci-dessus. Les sources d'information accessibles au public utilisées pour renseigner les quantités d'aliments solides, consommés par la population française en fonction de l'âge sont listées dans le rapport INERIS 2015<sup>42</sup>.

Dans un jardin de taille restreinte, les récoltes ne permettent pas de subvenir à la consommation annuelle de la famille. En considérant l'achat de végétaux dans le commerce, le taux d'autarcie issu de la littérature est inférieur à 100 %.

Pour le miel, la quantité consommée par jour pour un français a été calculée à partir des données de la consommation du miel en France (40 000 tonnes en 2016 pour 75% des français consommant du miel).

---

<sup>42</sup> Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel MODUL'ERS, INERIS-DRC-14-141968-11173B, 21/02/2015

## Part de la consommation de légumes

Pour l'ensemble des légumes, la valeur de 25% figurant dans le rapport INERIS 2015 repose sur les données relatives aux légumes frais, légumes secs et légumes surgelés pour la population générale et la population agricole (INSEE, 1993). Ces valeurs ont été pondérées par la répartition des consommations entre légumes (hors pomme de terre) et légumes secs, données par l'AFSSA (2009). Elles se rapportent donc aux différents types de légumes, et ne sont donc pas spécifiques aux légumes-feuilles (source : INERIS 2015).

## Part de la consommation de fruits

La valeur ponctuelle a été calculée à partir des données de l'INSEE (1994) relatives aux ménages possédant un jardin. Elle tient compte des quantités autoproduites et de celles reçues en dons. La borne inférieure de 10% considérée correspond à l'autoconsommation de la population générale. Elle a été calculée à partir des données de l'INSEE reportées pour les fruits métropolitains, les fruits secs à coques, les compotes et confitures (1993). Ces valeurs ont été pondérées par la répartition des consommations entre fruits, fruits secs et graines oléagineuses, compotes et fruits cuits, issues des données de l'AFSSA (2009) et synthétisées dans le Tableau 54 (source : INERIS 2015).

## Part de la consommation d'herbes aromatiques

Dans le cadre de cette étude et selon une approche conservatoire, le taux d'autarcie est fixé à 100 %.

TYPE DE VEGETAUX	Enfant			Adulte		
	0 à 6 ans			18 à 70 ans		
	Quantité consommée par jour (gfrais/j)	Autarcie (%)	Quantité autoproduite consommée par jour (gfrais/j)	Quantité consommée par jour (gfrais/j)	Autarcie (%)	Quantité autoproduite consommée par jour (gfrais/j)
LEGUME FEUILLE	12,2	25	3,06	24	25	6
LEGUME RACINE	14,7	25	3,68	12	25	3
LEGUME FRUIT	48,2	25	12,04	110	25	27,5
TUBERCULES	43,3	25	10,83	58	25	14,5
FRUITS	65,3	10	6,53	160	10	16
HERBES AROMATIQUES	2	100	2	5	100	5

**Tableau 54 : Quantité de végétaux ingérés (source : INERIS 2015)**

## **6.9.3 Concentrations dans les milieux**

### **6.9.3.1 Concentrations dans le sol**

Les concentrations dans les sols sont reprises dans les tableaux de la section suivante. Les concentrations dans les sols correspondent aux concentrations maximales si plus d'un prélèvement a été effectué au droit de la zone étudiée. Cette démarche est considérée comme conservatoire.

Pour chaque scénario, les calculs de risque sont réalisés seulement si les concentrations dans le sol prélevé sur la parcelle investiguée dépassent celles mesurées dans l'ELT.

### **6.9.3.2 Concentrations dans les végétaux potagers**

Les concentrations dans les végétaux retenues pour les différents jardins sont reprises dans les tableaux de la section suivante. Comme pour les sols, les calculs ne sont réalisés que si les concentrations dans les végétaux prélevés sur les parcelles investiguées dépassent celles des végétaux prélevés dans l'ELT lorsque ce dernier a pu être déterminé.

D'une manière générale, les analyses chimiques ont permis de mettre en évidence, au niveau des sols des jardins ornementaux, potagers, des chemins de randonnée et des pâtures, des marquages métalliques en Pb (centaines à milliers de mg/kg) et en As (dizaines à centaines de mg/kg) ; avec, pour le plomb, des dépassements des valeurs d'alerte proposées par le HCSP dont la valeur de 300 mg/kg dans le sol, valeur pour laquelle le HCSP recommande le dépistage du saturnisme chez les enfants et les femmes en âge de procréer.

Au niveau des végétaux potagers, des marquages métalliques en Ag, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni et Pb ont été mis en évidence notamment (par comparaison aux zones témoins) et des dépassements des valeurs réglementaires fixées pour les denrées alimentaires ont également été observés.

### **6.9.3.3 Concentrations dans les eaux superficielles et souterraines**

Pour les eaux souterraines et de surface, les résultats des analyses chimiques mettent en évidence des dépassements des valeurs réglementaires pour l'eau potable notamment pour le Fe et le Mn dans certains prélèvements réalisés.

## 6.10 Caractérisation des risques sanitaires – résultats par « fiches scénario »

La démarche à l'aide de la grille de calcul IEM43 dans sa version 0-02.2007 (MTES, 2017) a été appliquée. Pour rappel, les fiches intitulées « fiche scénario », se rapportent aux différents scénarios d'exposition appliqués à l'échelle de la parcelle.

Pour chaque scénario retenu est présenté un tableau avec les valeurs choisies pour les calculs des expositions et des risques avec les modalités précédemment indiquées. Dans un souci de synthèse, seuls les scénarios d'exposition pour lesquels les résultats de calcul de risque dépassent les intervalles de gestion sont présentés.

### 6.10.1.1 Commune de Durfort/Saint Martin de Sossenac

#### Fiche scénario n°1 : Parcelles à l'est du quartier des jardins (résidentiels)

Pour les sols des jardins potagers et d'agrément, des risques sanitaires se situent dans la zone d'interprétation en raison des concentrations en plomb dans les sols superficiels. Concernant les enfants de moins de 6 ans, l'approfondissement de la démarche consistant à mener une EQRS en sommant les QD pour l'ensemble des substances dépasse le critère d'acceptabilité de 1 (Tableau 55).

Le nombre maximal de jours d'exposition qui ne présenterait pas de risque sanitaire n'a pas été déterminé car plusieurs voies d'exposition sont concernées (voir paragraphe « incertitudes »).

CALCULS DE RISQUE POUR LA VOIE INGESTION DE SOLS LORS D'ACTIVITES DE JARDINAGE												
	Sb	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
QD Adulte	3,53E-03	<LQ	<ELT		7,64E-03	<ELT	3,61E-04	<ELT		5,65E-04	2,69E-01	5,01E-03
ERI Adulte	Non concerné – aucun dépassement des concentrations ELT										1,32E-06	N.C
QD Enfant	3,17E-02	<LQ	<ELT		6,85E-02	<ELT	3,23E-03	<ELT		5,07E-03	2,41E+00	4,49E-02
ERI Enfant	Non concerné – aucun dépassement des concentrations ELT										1,11E-06	N.C
<b>Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et critères de risques de 1 (QD) et 10<sup>-5</sup> (ERI)</b>								Adulte	QD total ingestion sol potager = 2,86E-01 et ERI total sol potager = 1,32E-06			
								Enfant	Pas mise en œuvre car QD (Pb) >1			
QD Adulte	3,86E-03	<LQ	<ELT	-	5,27E-03	<ELT	5,37E-04	1,43E-02	<ELT	9,40E-04	2,62E-01	2,61E-03
ERI Adulte	Non concerné – aucun dépassement des concentrations ELT										1,28E-06	N.C

<sup>43</sup> Grille de calcul disponible à l'adresse suivante : <http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Outils-de-gestion.html#iem>

CALCULS DE RISQUE POUR LA VOIE INGESTION DE SOLS LORS D'ACTIVITES DE JARDINAGE												
	Sb	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
QD Enfant	3,46E-02	<LQ	< ELT	-	4,73E-02	< ELT	4,81E-03	1,28E-01	< ELT	8,42E-03	2,35E+00	2,34E-02
ERI Enfant	Non concerné – aucun dépassement des concentrations ELT										1,08E-06	N.C
<b>Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et critères de risques de 1 (QD) et 10<sup>-5</sup> (ERI)</b>									Adulte	QD total ingestion sol jardin agrément = 2,90E-01 et ERI total ingestion sol jardin agrément = 1,28E-06		
									Enfant	Pas mise en œuvre car QD (Pb) >1		

**Tableau 55 : Calculs de risque pour la voie ingestion de sols dans le jardin potager et le jardin d'agrément.**

Pour les parcelles AV002 ; AD045 et AD043/044 les concentrations en Pb sont supérieures au seuil d'alerte de 100 mg/kg du HCSP et pour les parcelles AV001 ; AD051 ; AD316/54/52 et AD057/058/063, les concentrations en Pb sont supérieures au seuil d'alerte de 300 mg/kg établi par le HCSP dans sa publication « avis du HCSP en juillet 2014 », intitulée « Expositions au plomb : détermination de nouveaux objectifs de gestion » (Tableau 56).



Echantillon	Parcelle	Pb (mg/kg MS)
SOLi_C111_0-05	AD043/44	363
SOLi_C210_0-20	AD045	307
SOLi_C119_0-10	AD045	195
SOLi_C211_0-10	AD045	169
SOLi_C100_0-15	AD051	389
SOLi_C097_0-10	AD057/058/063	623
SOLi_C134_0-20	AD057/058/063	517
SOLi_C030_0-25	AD316/54/52	279
SOLi_C033_0-25	AD316/54/52	118
SOLg_036_0-30	AV001	326
SOLi_034_0-25	AV002	640
SOLi_035_0-25	AV002	594

**Tableau 56 : Concentrations en plomb dans les échantillons de sols des parcelles concernées. Les valeurs indiquées en orange sont supérieures au seuil de 100 mg/kg MS, les valeurs indiquées en rouge sont supérieures au seuil de 300 mg/kg MS établis par le HCSP**

Pour les végétaux potagers, des risques sanitaires se situent dans la zone d'interprétation en raison des concentrations en Sb, As, Cd, Mn, Ni, Pb, et Zn dans les topinambours. L'approfondissement de la démarche EQRS n'est pas menée car le critère d'acceptabilité des risques est dépassé pour le QD (Pb) (Tableau 57).

CALCULS DE RISQUE POUR LA VOIE INGESTION DE VEGETAUX											
QD Adulte	Cr	Ag	Sb	As	Cd	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	Fe
VEGi_018_topinambour	1,94E-01	< LQ	9,78E-02	9,61E-01	3,03E-01	9,42E-03	6,47E-02	7,49E-02	7,19E+00	8,24E-02	< LQ
ERI Adulte	Cr	Ag	Sb	As	Cd	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	Fe
VEGi_018_topinambour	nc		9,27E-06		nc			5,50E-07		nc	
CALCULS DE RISQUE POUR LA VOIE INGESTION DE VEGETAUX											
QD Enfant	Cr	Ag	Sb	As	Cd	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	Fe
VEGi_018_topinambour	< LQ		3,60E-01	3,53E+00	1,11E+00	3,46E-02	2,38E-01	2,75E-01	2,64E+01	3,03E-01	< LQ
ERI Enfant	Cr	Ag	Sb	As	Cd	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	Fe
VEGi_018_topinambour	Nc		3,41E-05		Nc			2,02E-06		nc	
<b>Pas de démarche d'approfondissement EQRS car déjà le QD (Pb) &gt; 5 pour VEGi_018_topinambour</b>					Adulte		Plan de gestion à mettre en œuvre pour rétablir la compatibilité usage / état du milieu et/ ou maîtriser la source				
					Enfant						

**Tableau 57 : Calculs de risque pour la voie ingestion de végétaux.**

Notons que les concentrations en Pb du topinambour et de la mélisse dépassent la valeur réglementaire de 0,1 mg/kg (Tableau 58).

Paramètres mg/kg MF	Cr	Ag	Sb	As	Cd	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	Fe
VEGi_018_topinambour	4,7	<0,05	0,19	2,1	0,53	6,4	44	4	22	120	-
VEGi_C210_MEL	<0,2	<0,05	-	<0,05	<0,005	1,1	-	<0,1	0,18	12	16

**Tableau 58 : Concentrations des substances mesurées dans les végétaux. Les concentrations présentées en rouge sont supérieures aux valeurs réglementaires fixées par le Règlement Européen 1881/2006 modifié.**

## Fiche scénario n°2 : Parcelles à l'ouest du quartier des jardins (résidentiels)

Pour les sols des jardins d'agrément, des risques sanitaires se situent dans la zone d'interprétation en raison des concentrations en Pb dans les sols superficiels. Concernant les enfants de moins de 6 ans, l'approfondissement de la démarche consistant à mener une EQRS en sommant les QD pour l'ensemble des substances dépasse le critère d'acceptabilité de 1 (Tableau 59).

Pour information, en termes de risques sanitaires pour les enfants, une durée d'exposition supérieure à 130 j/an dans le jardin d'agrément conduirait à un QD total supérieur à 1. De même, pour la durée d'exposition maximale des enfants retenue dans le scénario, les concentrations en Pb supérieures à 93 mg/kg dans le jardin d'agrément conduiraient à des QD totaux supérieurs à 1.

CALCULS DE RISQUE POUR LA VOIE INGESTION DE SOLS LORS D'ACTIVITES DANS UN JARDIN D'AGREMENT												
	Sb	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
QD Enfant	2,00E-02	<LQ	< ELT	-	1,68E-02	< ELT	1,71E-03	1,25E-01	< ELT	8,09E-03	1,22E+00	7,19E-03
ERI Enfant	Non concerné – aucun dépassement des concentrations ELT										5,62E-07	N.C
<b>Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et critères de risques de 1 (QD) et 10<sup>-5</sup> (ERI)</b>							Enfant		Pas mise en œuvre car QD (Pb) >1			

Tableau 59 : Calculs de risque pour la voie ingestion de sols dans le jardin d'agrément.

Au vu des concentrations en Pb mesurées, tous les sols des parcelles de ce scénario présentent un risque sanitaire pour les enfants de moins de 6 ans à l'exception de la parcelle AT270. En effet, les concentrations en plomb dans les sols superficiels de toutes les parcelles sont supérieures au seuil d'alerte de 100 mg/kg établi par le HCSP, à l'exception du sol de la parcelle AT270 dont la concentration en Pb (89,1 mg/kg) est inférieure au seuil d'alerte (Tableau 60).

Echantillon	Parcelle	Pb (mg/kg MS)
SOLi_C105_0-05	AT274	168
SOLi_C107_0-05	AT276	189
SOLg_049_0-05	AT273	155
SOLg_050_0-05	AT270	89,1

Tableau 60 : Concentrations en plomb dans les échantillons de sols des parcelles concernées. Les valeurs indiquées en orange sont supérieures au seuil de 100 mg/kg MS établis par le HCSP

Pour les eaux souterraines, les concentrations en Fe et Mn dépassent les valeurs réglementaires pour l'eau potable (Tableau 61).

PRELEVEMENTS : EAU											
Eau souterraine (ESO) et superficielle (ESU) :						ESOi_005					
Paramètres µg/l	Sb	Ag	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Valeurs réglementaires	5		10	5	50	2000	200	50		10	
ESOi_005	<0,20	<0,50	1,15	0,37	<0,50	0,62	210	66,7	<2,00	1,11	183
ESOi_005_F	<0,20	<0,50	0,95	<0,20	<0,50	<0,50	120	81,3	<2,00	<0,50	74,5
ESUg_010_f	0,22	<0,50	1,78	<0,20	<0,50	0,56	20	96,8	<2,00	<0,50	56,5
ESUg_010_nf	<0,20	<0,50	2,55	0,34	<0,50	1,44	370	99,7	<2,00	3,41	148

**Tableau 61 : Concentrations mesurées dans les eaux souterraines et eaux superficielles. Les concentrations en rouges sont supérieures aux valeurs réglementaires de l'eau potable.**

### Fiche scénario n°3 : Chemin public quartier des jardins (promenade)

L'état des milieux investigués est compatible avec les usages qui en sont faits.

La concentration en plomb dans les sols superficiels est supérieure au seuil d'alerte de 300 mg/kg établi par le HCSP dans sa publication « avis du HCSP en juillet 2014 », intitulée « Expositions au plomb : détermination de nouveaux objectifs de gestion » (Tableau 62).

Echantillon	Parcelle	Pb (mg/kg MS)
SOLi_C115_0-05	Chemin public quartier des jardins	1070

**Tableau 62 : Concentrations en plomb dans les échantillons de sols des parcelles concernées. Les valeurs indiquées en rouge sont supérieures au seuil de 300 mg/kg MS établis par le HCSP**

### Fiche scénario n°4 : Parcelle AT 155 (résidentiel)

L'état des milieux investigués est compatible avec les usages qui en sont faits. Pour information, en termes de risques sanitaires pour les enfants, une durée d'exposition supérieure à 49 j/an dans le jardin d'agrément conduirait à un ERI total supérieur à 10-5 pour la voie d'exposition ingestion de sols dans le jardin d'agrément.

Notons également que la concentration en Cd dans les arbruses dépasse la valeur réglementaire de 0,1 mg/kg (Tableau 63).

PRELEVEMENTS : VEGETAUX											
Végétaux prélevés :				VEGg_001_arb							
Paramètres mg/kg MF	Cr	Ag	Sb	As	Cd	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	Fe
VEGg_001_arb	<0,2	<0,05	<0,05	<0,05	0,14	1,1	1	0,7	<0,05	4,3	4,9

**Tableau 63 : Concentrations des substances mesurées dans les arbruses. Les concentrations présentées en rouge sont supérieures aux valeurs réglementaires fixées par le Règlement Européen 1881/2006 modifié.**

## Fiche scénario n°5 : Parcelles AV181, AV500 et AV501 (résidentiels)

Pour les sols des jardins potagers et d'agrément, des risques sanitaires se situent dans la zone d'interprétation en raison des concentrations en As et Pb dans les sols superficiels. L'approfondissement de la démarche par la mise en œuvre d'une EQRS aboutit à une somme des QD et ERI pour l'ensemble des substances dépassant, respectivement, les critères d'acceptabilité de 1 et 10<sup>-5</sup>. Le nombre maximal de jours d'exposition qui ne présenterait pas de risque sanitaire n'a pas été déterminé car plusieurs voies d'exposition sont concernées (Tableau 64).

CALCULS DE RISQUE POUR LA VOIE INGESTION DE SOLS LORS D'ACTIVITES DE JARDINAGE												
	Sb	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
QD Adulte	3,04E-03	< LQ	3,90E-02	-	2,76E-03	1,65E-03	<ELT	1,08E-02	2,00E-03	6,28E-04	1,43E-01	1,43E-03
ERI Adulte	N.C		2,41E-05	N.C							7,01E-07	N.C
QD Enfant	2,72E-02	< LQ	3,49E-01	-	2,47E-02	1,48E-02	<ELT	9,66E-02	1,80E-02	5,63E-03	1,28E+00	1,28E-02
ERI Enfant	N.C		2,02E-05	N.C							5,89E-07	N.C
<b>Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et critères de risques de 1 (QD) et 10<sup>-5</sup> (ERI)</b>							Adulte	Pas mise en œuvre car ERI (As) >10 <sup>-5</sup>				
							Enfant	Pas mise en œuvre car QD (Pb) >1 et ERI (As) >10 <sup>-5</sup>				
CALCULS DE RISQUE POUR LA VOIE INGESTION DE SOLS LORS D'ACTIVITES DANS UN JARDIN D'AGREMENT												
	Sb	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
QD Adulte	5,11E-03	< LQ	7,85E-02	-	5,68E-03	3,07E-03	<ELT	1,93E-02	4,13E-03	1,21E-03	2,35E-01	2,44E-03
ERI Adulte	N.C		4,85E-05	N.C							1,15E-06	N.C
QD Enfant	4,58E-02	< LQ	7,04E-01	-	5,09E-02	2,75E-02	<ELT	1,73E-01	3,70E-02	1,09E-02	2,10E+00	2,19E-02
ERI Enfant	N.C		4,07E-05	N.C							9,66E-07	N.C
<b>Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et critères de risques de 1 (QD) et 10<sup>-5</sup> (ERI)</b>							Adulte	Pas mise en œuvre car ERI (As) >10 <sup>-5</sup>				
							Enfant	Pas mise en œuvre car QD (Pb) >1 et ERI (As) >10 <sup>-5</sup>				

Tableau 64 : Calculs de risque pour la voie ingestion de sols dans le potager et le jardin d'agrément.

Pour les parcelles AV500 et AV181, la concentration en Pb est supérieure au seuil d'alerte de 100 mg/kg et pour la parcelle AV501 les concentrations en Pb sont supérieures au seuil d'alerte de 300 mg/kg établis par le HCSP dans sa publication « avis du HCSP en juillet 2014 », intitulée « Expositions au plomb : détermination de nouveaux objectifs de gestion » (Tableau 65).

Echantillon	Parcelle	Pb (mg/kg MS)
SOLg_048_0-10	AV181	216
SOLi_C204_0-30	AV181	199
SOLg_046_0-05	AV181	203
SOLg_047_0-05	AV181	227
SOLi_C205_0-05	AV500	178
SOLi_C121_0-30	AV500	214
SOLi_C200_0-05	AV501	325
SOLi_C201_0-25	AV501	341

**Tableau 65 : Concentrations en plomb dans les échantillons de sols des parcelles concernées. Les valeurs indiquées en orange sont supérieures au seuil de 100 mg/kg MS, les valeurs indiquées en rouge sont supérieures au seuil de 300 mg/kg MS établis par le HCSP**

Pour les végétaux potagers, des risques sanitaires pour les enfants se situent dans la zone d'interprétation en raison des concentrations en As et Pb dans le thym et la tomate. L'approfondissement de la démarche EQRS montre que la somme des QD dépasse le critère d'acceptabilité de 1 (Tableau 66).

CALCULS DE RISQUE POUR LA VOIE INGESTION DE VEGETAUX											
QD Enfant	Cr	Ag	Sb	As	Cd	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	Fe
VEGg_006_thym	8,67E-02	<LQ		8,08E-02	1,63E-02	<ELT		-	2,04E-01	<ELT	3,15E-02
VEGi_C204_THY	2,80E-02			1,68E-01	1,90E-02	<ELT	-	6,36E-03	3,77E-01	<ELT	4,90E-02
ERI Enfant	Cr	Ag	Sb	As	Cd	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	Fe
VEGi_C204_TOM				1,62E-06					2,89E-08		
Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et critères de risques de 1 (QD) et 10 <sup>-5</sup> (ERI)					Enfant	QD ingestion végétaux = 2,41E+00 ERI ingestion végétaux = 3,04E-06					

**Tableau 66 : Calculs de risque pour la voie ingestion de végétaux chez les enfants.**

La concentration en Pb dans les pommes de terre du prélèvement « VEGi\_C204\_PDT2 » dépasse par ailleurs la valeur réglementaire de 0,1 mg/kg (Tableau 67).

PRELEVEMENTS : VEGETAUX											
Paramètres mg/kg MF	Cr	Ag	Sb	As	Cd	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	Fe
VEGi_C204_PDT2	<0,2	<0,05	<0,05	<0,05	0,047	2,2	-	<0,1	0,13	5	20

**Tableau 67 : Concentrations des substances mesurées dans les pommes de terre. Les concentrations présentées en rouge sont supérieures aux valeurs réglementaires fixées par le Règlement Européen 1881/2006 modifié.**

## Fiche scénario n°6 : Parcelles AT144 ; AT145 ; AT146 ; AT147 ; AT148 ; AT149 et AT150 (résidentiels)

L'état des milieux investigués est compatible avec les usages qui en sont faits, mais, dans le cadre d'un scénario générique, les risques sanitaires pour les enfants de moins de 6 ans se situent dans la zone d'interprétation en raison des concentrations en Pb dans les sols superficiels. L'approfondissement de la démarche EQRS n'est pas réalisé car il y a déjà un dépassement de la valeur seuil de 1 pour le QD (Pb) (Tableau 68).

SCENARIO GENERIQUE (ENFANTS 0-6 ANS) AVEC LES CONCENTRATIONS MAXIMALES DE TOUS LES PRELEVEMENTS DU SOL												
Paramètres mg/kg MS	Sb	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
QD Enfant	6,15E-02	< LQ	<ELT	-	5,13E-02	<ELT	1,94E-03	<ELT	1,74E-02	1,12E-02	1,24E+00	3,28E-02
ERI Enfant	N.C		<ELT	N.C							5,68E-07	N.C
<b>Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et critères de risques de 1 (QD) et 10<sup>-5</sup> (ERI)</b>						Scénario générique (Enfant)	Pas mise en œuvre car QD (Pb) >1 pour le sol					

Tableau 68 : Calculs de risque pour le scénario générique

La concentration en plomb dans les sols superficiels du jardin ornemental situé en haut de la parcelle AT142 (191 mg/kg MS) et celle dans les sols superficiels de la parcelle AT146 (116 mg/kg MS) sont supérieures au seuil d'alerte de 100 mg/kg établi par le HCSP dans sa publication « avis du HCSP en juillet 2014 », intitulée « Expositions au plomb : détermination de nouveaux objectifs de gestion » (Tableau 69).

Echantillon	Parcelle	Pb (mg/kg MS)
SOLi_C064_0-20	AT147	61
SOLi_C065_0-20	AT147	59,6
SOLi_C213_0-20	AT147	85,6
SOLi_C214_0-20	AT147	75,3
SOLi_c067_0-02	AT146	116
SOLi_C069_0-02	AT148	59
SOLi_C087_0-10	AT142	191

Tableau 69 : Concentrations en plomb dans les échantillons de sols des parcelles concernées. Les valeurs indiquées en orange sont supérieures au seuil de 100 mg/kg MS établis par le HCSP

## Fiche scénario n°8 : Parcelle AT201(résidentiel)

Pour les sols du jardin potager, des risques sanitaires se situent dans la zone d'interprétation en raison des concentrations en As dans les sols superficiels. L'approfondissement de la démarche EQRS n'est pas réalisé en raison du dépassement de la valeur seuil de 10<sup>-5</sup> pour l'ERI (As). Pour le sol du jardin d'agrément, des risques sanitaires se situent dans la zone d'interprétation en raison des concentrations en Pb dans les sols superficiels. L'approfondissement de la démarche EQRS n'est pas réalisé car il y a déjà un dépassement de la valeur seuil de 1 pour le QD (Pb) (Tableau 70).

Le nombre maximal de jours d'exposition qui ne présenterait pas de risque sanitaire n'a pas été déterminé car plusieurs voies d'exposition sont concernées.

PRELEVEMENTS : JARDINS POTAGERS												
CALCULS DE RISQUE POUR LA VOIE INGESTION DE SOLS LORS D'ACTIVITES DE JARDINAGE												
	Sb	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
QD Adulte	3,78E-03	< LQ	2,49E-02	-	5,67E-03	<ELT	6,63E-04	9,06E-03	<ELT	9,14E-04	1,78E-01	3,85E-03
ERI Adulte	N.C		1,54E-05	N.C							8,72E-07	N.C
CALCULS DE RISQUE POUR LA VOIE INGESTION DE SOLS LORS D'ACTIVITES DANS UN JARDIN D'AGREMENT												
	Sb	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
QD Adulte	5,71E-03	< LQ	<ELT	-	7,44E-03	<ELT	7,38E-04	1,50E-02	3,77E-03	1,55E-03	2,38E-01	5,36E-03
ERI Adulte	N.C		<ELT	N.C							1,16E-06	N.C
	Sb	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
QD Enfant	5,12E-02	< LQ	<ELT	-	6,66E-02	<ELT	6,61E-03	1,34E-01	3,38E-02	1,39E-02	2,13E+00	4,80E-02
ERI Enfant	N.C		<ELT	N.C							9,78E-07	N.C
<b>Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et critères de risques de 1 (QD) et 10<sup>-5</sup> (ERI)</b>						Adulte	Pas mise en œuvre car ERI (As) >10 <sup>-5</sup>					
						Enfant	Pas mise en œuvre car QD (Pb) >1					

**Tableau 70 : Calculs de risque pour la voie ingestion de sols dans le jardin potager et le jardin d'agrément.**

Les concentrations en plomb dans les prélèvements de sol superficiel sont supérieures au seuil d'alerte de 100 et 300 mg/kg établi par le HCSP (Tableau 71).

Echantillon	Parcelle	Pb (mg/kg MS)
SOLi_C071_0-30	AT201	424
SOLi_C073_0-30	AT201	145
SOLi_C216_0-20	AT201	409
SOLi_C075_0-05	AT201	329
SOLi_C077_0-02	AT201	193

**Tableau 71 : Concentrations en plomb dans les échantillons de sols des parcelles concernées. Les valeurs indiquées en orange sont supérieures au seuil de 100 mg/kg MS, les valeurs indiquées en rouge sont supérieures au seuil de 300 mg/kg MS établis par le HCSP**

### Fiche scénario n°9 : Parcelles AT122 / AT403 (résidentiels)

Pour les enfants de moins de 6 ans, les risques associés à l'ingestion de sols du jardin d'agrément conduisent à un QD (Pb) supérieur à 5 et un ERI (As) supérieur à 10-5. Pour l'adulte, les risques sanitaires se situent dans la zone d'interprétation en raison des concentrations en Pb et en As dans les sols superficiels et l'approfondissement de la démarche EQRS n'est pas réalisé car il y a déjà un dépassement de la valeur seuil de 1 et 10-5 respectivement pour le QD du Pb et l'ERI de l'As (Tableau 72).

CALCULS DE RISQUE POUR LA VOIE INGESTION DE SOLS LORS D'ACTIVITES DANS UN JARDIN D'AGREMENT												
	Sb	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
QD Adulte	2,29E-02	< LQ	1,46E-01	-	2,21E-02	<ELT	1,49E-04	2,11E-02	5,04E-03	7,16E-04	4,57E+00	2,00E-02
ERI Adulte	N.C		8,99E-05	N.C							2,24E-05	N.C
QD Enfant	4,56E-02	< LQ	2,90E-01	-	4,41E-02	<ELT	2,96E-04	4,20E-02	1,00E-02	1,43E-03	9,09E+00	3,99E-02
ERI Enfant	N.C		1,68E-05	N.C							4,17E-06	N.C
<b>Pas de démarche d'approfondissement EQRS car QD (Pb) &gt; 1 et ERI (As) &gt; 10<sup>-5</sup></b>						Adulte	Plan de gestion à mettre en œuvre pour rétablir la compatibilité usage / état du milieu et/ ou maîtriser la source					
						Enfant						

Tableau 72 : Calculs de risque pour la voie ingestion de sols dans le jardin d'agrément.

La concentration en Pb dans le sol du jardin est très élevée (6320 mg/kg MS) et largement supérieure au seuil d'alerte de 300 mg/kg établi par le HCSP dans sa publication « avis du HCSP en juillet 2014 », intitulée « Expositions au plomb : détermination de nouveaux objectifs de gestion » (Tableau 73).

Echantillon	Parcelle	Pb (mg/kg MS)
SOLi_C036_0-05	AT122 / AT403	3760
SOLi_C038_0-05	AT122 / AT403	6310
SOLi_C042_0-05	AT122 / AT403	6320
SOLi_C047_0-02	AT122 / AT403	2380
SOLi_C051_0-05	AT122 / AT403	4710

Tableau 73 : Concentrations en plomb dans les échantillons de sols des parcelles concernées. Les valeurs indiquées en rouge sont supérieures au seuil de 300 mg/kg MS établis par le HCSP

Pour les végétaux, les risques sanitaires pour les enfants et les adultes se situent dans la zone d'interprétation en raison des concentrations en Pb dans le thym. L'approfondissement de la démarche EQRS montre que les critères d'acceptabilité des risques sont dépassés pour le QD (Pb) chez l'enfant (Tableau 74).

CALCULS DE RISQUE POUR LA VOIE INGESTION DE VEGETAUX											
QD Adulte	Cr	Ag	Sb	As	Cd	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	Fe
VEGi_C203_THY	7,10E-03	<LQ		2,53E-02	1,46E-02	1,62E-03	-	1,94E-03	4,96E-01	2,84E-02	8,88E-03
ERI Adulte	Cr	Ag	Sb	As	Cd	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	Fe
VEGi_C203_THY				2,44E-07					3,79E-08		
QD Enfant	Cr	Ag	Sb	As	Cd	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	Fe
VEGi_C203_THY	1,40E-02	<LQ		4,97E-02	2,87E-02	3,20E-03	-	3,81E-03	9,77E-01	5,59E-02	1,75E-02
ERI Enfant	Cr	Ag	Sb	As	Cd	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	Fe
VEGi_C203_THY				4,80E-07					7,47E-08		
<b>Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et critères de risques de 1 (QD) et 10<sup>-5</sup> (ERI)</b>						Adulte	QD ingestion végétaux = 6,88E-01 ERI ingestion végétaux = 2,86E-07				
						Enfant	QD ingestion végétaux = 1,36E+00 ERI ingestion végétaux = 5,64E-07				

Tableau 74 : Calculs de risque pour la voie ingestion de végétaux.



Notons que les concentrations en Cd et Pb dans les mûres dépassent les valeurs réglementaires de 0,1 mg/kg pour le Pb et 0,05 mg/kg pour le Cd. Dans le thym, les concentrations en Cd dépassent la valeur réglementaire de 0,2 mg/kg (Tableau 75).

PRELEVEMENTS : VEGETAUX											
Végétaux prélevés :		VEGi_C202_MUR VEGi_C203_THY									
Paramètres mg/kg MF	Cr	Ag	Sb	As	Cd	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	Fe
VEGi_C202_MUR	<0,2	<0,05	<0,05	<0,05	0,054	1,4	-	<0,1	0,17	6,6	5,1
VEGi_C203_THY	0,5	<0,05	<0,05	0,16	0,074	3,2	-	0,3	4,4	120	100

**Tableau 75 : Concentrations des substances mesurées dans les végétaux. Les concentrations présentées en rouge sont supérieures aux valeurs réglementaires fixées par le Règlement Européen 1881/2006 modifié.**

### Fiche scénario n°11 : Parcelles AB021 / AB022(résidentiels)

Les usages sont compatibles avec les scénarios d'exposition considérés. Pour information, en termes de risques sanitaires pour les enfants, une durée d'exposition supérieure à 57 j/an dans le jardin d'agrément conduirait à un QD total supérieur à 1. De même, pour la durée d'exposition maximale des enfants de 234 j/an, des concentrations en Pb supérieures à 133 mg/kg dans le jardin d'agrément conduiraient à un QD total supérieur à 1.

La concentration en Pb dans le sol du jardin est supérieure au seuil d'alerte de 300 mg/kg établi par le HCSP dans sa publication « avis du HCSP en juillet 2014 », intitulée « Expositions au plomb : détermination de nouveaux objectifs de gestion » (Tableau 76).

Echantillon	Parcelle	Pb (mg/kg MS)
SOLi_C057_0-05	AB021	128
SOLi_C058_0-05	AB021	610

**Tableau 76 : Concentrations en plomb dans les échantillons de sols des parcelles concernées. Les valeurs indiquées en orange sont supérieures au seuil de 100 mg/kg MS, les valeurs indiquées en rouge sont supérieures au seuil de 300 mg/kg MS établis par le HCSP**

### Fiche scénario n°12 : Parcelle AV192 (résidentiel)

Dans le cadre d'un scénario générique, l'évaluation du risque a permis de conclure que pour les enfants de moins de 6 ans le jeu en extérieur est non compatible avec la qualité des sols du potager en raison des concentrations en As (ERI >10-5) (Tableau 77).

SCENARIO GENERIQUE (ENFANTS 0-6 ANS) : CALCULS D'ITEM												
	Sb	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
QD Enfant	2,18E-02	< LQ	2,32E-01	-	1,20E-02	1,56E-02	<ELT	1,10E-01	1,39E-02	8,46E-03	7,32E-01	3,22E-03
ERI Enfant	N.C		1,34E-05	N.C							3,36E-07	N.C

**Tableau 77 : Calculs de risque pour le scénario générique.**

La concentration en Pb dans le sol du jardin est supérieure au seuil d'alerte de 100 mg/kg établi par le HCSP dans sa publication « avis du HCSP en juillet 2014 », intitulée « Expositions au plomb : détermination de nouveaux objectifs de gestion » (Tableau 78).

Echantillon	Parcelle	Pb (mg/kg MS)
SOLg_051_0-20	AV192	113

**Tableau 78. Concentrations en plomb dans les échantillons de sols des parcelles concernées. Les valeurs indiquées en orange sont supérieures au seuil de 100 mg/kg MS établis par le HCSP**

### Fiche scénario n°14 : Parcelle AT217 / AT218 / AT219 (résidentiel)

Les risques sanitaires pour l'adulte se situent dans la zone d'interprétation en raison des concentrations en As dans les sols superficiels. L'approfondissement de la démarche selon une EQRS sommant l'ensemble des ERI des substances montre un dépassement du critère d'acceptabilité de 10<sup>-5</sup> (Tableau 79). Pour information, en termes de risques sanitaires pour l'adulte, une durée d'exposition supérieure à 32 j/an dans le jardin d'agrément conduirait à un ERI supérieur à 10<sup>-5</sup>.

CALCULS DE RISQUE POUR LA VOIE INGESTION DE SOLS LORS D'ACTIVITES DANS UN JARDIN D'AGREMENT												
	Sb	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
QD Adulte	8,74E-03	< LQ	1,16E-01	-	1,72E-03	<ELT	2,88E-04	1,96E-02	2,78E-03	2,08E-03	<ELT	4,84E-04
ERI Adulte	N.C		7,18E-05	N.C							<ELT	N.C
<b>Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et critères de risques de 1 (QD) et 10<sup>-5</sup> (ERI)</b>						Adulte		Pas mise en œuvre car ERI (As) >10 <sup>-5</sup>				

**Tableau 79 : Calculs de risque pour la voie ingestion de sols dans le jardin d'agrément.**

Dans le cadre d'un scénario générique, l'évaluation du risque a permis de conclure que pour les enfants de moins de 6 ans le jeu en extérieur dans le jardin d'agrément est non compatible avec la qualité des sols du potager en raison des concentrations en As (Tableau 80).

SCENARIO GENERIQUE (ENFANTS 0-6 ANS) : CALCULS D'ITEM												
	Sb	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
QD Enfant	7,83E-02	< LQ	1,04	-	1,54E-02	<ELT	2,58E-03	1,75E-01	2,49E-02	1,86E-02	<ELT	4,34E-03
ERI Enfant	N.C		6,03E-05	N.C							<ELT	N.C

**Tableau 80 : Calculs de risque pour le scénario générique.**

## Fiche scénario n°15 : Chemins de la zone de la laverie (promenade)

A l'exception des prélèvements : SOLg\_013\_0-10 ; SOLg\_013\_0-35 ; SOLg\_018\_0-02 ; SOLg\_019\_0-02 et SOLg\_019\_0-10 réalisés au nord des chemins de promenade, les concentrations en plomb dans les sols superficiels sont largement supérieures au seuil d'alerte de 300 mg/kg établi par le HCSP dans sa publication « avis du HCSP en juillet 2014 », intitulée « Expositions au plomb : détermination de nouveaux objectifs de gestion » (Tableau 81).

Echantillon	Parcelle	Pb (mg/kg MS)
SOLg_007_0-02	Chemins de promenade laverie	1440
SOLg_007_0-20	Chemins de promenade laverie	3320
SOLg_013_0-10	Chemins de promenade laverie	83,9
SOLg_013_0-35	Chemins de promenade laverie	75,7
SOLg_014_0-02	Chemins de promenade laverie	1740
SOLg_014_0-10	Chemins de promenade laverie	1930
SOLg_015_0-10	Chemins de promenade laverie	495
SOLg_015_0-60	Chemins de promenade laverie	695
SOLg_016_0-10	Chemins de promenade laverie	2160
SOLg_017_0-10	Chemins de promenade laverie	728
SOLg_018_0-02	Chemins de promenade laverie	97,6
SOLg_018_0-10	Chemins de promenade laverie	525
SOLg_018_0-60	Chemins de promenade laverie	505
SOLg_019_0-02	Chemins de promenade laverie	40,2
SOLg_019_0-10	Chemins de promenade laverie	19,4
SOLg_020_0-10	Chemins de promenade laverie	1560
SOLg_026_0-05	Chemins de promenade laverie	4400
SOLg_028_0-10	Chemins de promenade laverie	2520

**Tableau 81 : Concentrations en plomb dans les échantillons de sols des parcelles concernées. Les valeurs indiquées en rouge sont supérieures au seuil de 300 mg/kg MS établis par le HCSP**

Les risques sanitaires associés à l'ingestion de thym se situent dans la zone d'interprétation en raison des concentrations en As et Pb. L'approfondissement de la démarche EQRS n'est pas menée car le critère d'acceptabilité des risques est dépassé (QD(Pb) et ERI(As)) (Tableau 82).

CALCULS DE RISQUE POUR LA VOIE INGESTION DE VEGETAUX											
<b>QD Adulte</b>	<b>Cr</b>	<b>Ag</b>	<b>Sb</b>	<b>As</b>	<b>Cd</b>	<b>Cu</b>	<b>Mn</b>	<b>Ni</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>	<b>Fe</b>
VEGi_012_thym	3,27E-02	<LQ	1,60E-02	1,26E-01	5,92E-02	1,78E-03	-	5,17E-03	1,35E+00	3,55E-02	1,95E-02
VEGi_215_THY	2,70E-02		-	1,29E-01	8,68E-02	1,83E-03		7,75E-03	9,81E-01	3,08E-02	2,93E-02
<b>ERI Adulte</b>	<b>Cr</b>	<b>Ag</b>	<b>Sb</b>	<b>As</b>	<b>Cd</b>	<b>Cu</b>	<b>Mn</b>	<b>Ni</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>	<b>Fe</b>
VEGi_012_thym	N.C			1,22E-06	N.C				1,03E-07	N.C	
VEGi_215_THY	N.C			1,25E-06	N.C				7,50E-08	N.C	
<b>QD Enfant</b>	<b>Cr</b>	<b>Ag</b>	<b>Sb</b>	<b>As</b>	<b>Cd</b>	<b>Cu</b>	<b>Mn</b>	<b>Ni</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>	<b>Fe</b>
VEGi_012_thym	6,43E-02	<LQ	3,15E-02	2,49E-01	1,17E-01	3,50E-03	-	1,02E-02	2,66E+00	6,99E-02	3,85E-02
VEGi_215_THY	5,31E-02		-	2,55E-01	1,71E-01	3,60E-03		1,53E-02	1,93E+00	6,06E-02	5,77E-02
<b>ERI Enfant</b>	<b>Cr</b>	<b>Ag</b>	<b>Sb</b>	<b>As</b>	<b>Cd</b>	<b>Cu</b>	<b>Mn</b>	<b>Ni</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>	<b>Fe</b>
VEGi_012_thym	N.C			2,40E-06	N.C				2,04E-07	N.C	
VEGi_215_THY	N.C			4,49E-04	N.C				2,70E-05	N.C	
<b>Pas de démarche d'approfondissement EQRS car ERI (As) chez l'enfant &gt; 10<sup>-4</sup> pour le VEGi_215_THY</b>					Adulte	Plan de gestion à mettre en œuvre pour rétablir la compatibilité usage / état du milieu et/ ou maîtriser la source					
					Enfant						

Tableau 82 : Calculs de risque pour la voie ingestion de végétaux.

Notons que les concentrations en Cd dans les deux prélèvements de thym dépassent la valeur réglementaire de 0,2 mg/kg (Tableau 83).

PRELEVEMENTS : VEGETAUX											
<b>Végétaux prélevés :</b>					VEGi_012_thym VEGi_215_THY						
Paramètres mg/kg MF	<b>Cr</b>	<b>Ag</b>	<b>Sb</b>	<b>As</b>	<b>Cd</b>	<b>Cu</b>	<b>Mn</b>	<b>Ni</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>	<b>Fe</b>
VEGi_012_thym	2,3	<0,05	0,09	0,8	0,3	3,5	-	0,8	12	150	220
VEGi_215_THY	1,9	<0,05	-	0,82	0,44	3,6	-	1,2	8,7	130	330

Tableau 83 : Concentrations des substances mesurées dans le thym. Les concentrations présentées en rouge sont supérieures aux valeurs réglementaires fixées par le Règlement Européen 1881/2006 modifié.

## Fiche scénario n°17 : Parcelle AT205 – pâture en aval du dépôt (agricole)

Les risques sanitaires pour l'adulte se situent dans la zone d'interprétation en raison des concentrations en As dans les sols superficiels. L'approfondissement de la démarche n'est pas mené car l'ERI(As) dépasse le critère d'acceptabilité de 10<sup>-5</sup>. Pour information, en termes de risques sanitaires pour l'adulte, une durée d'exposition inférieure à 78 j/an conduirait à un ERI inférieur à 10<sup>-5</sup> (Tableau 84).

CALCULS DE RISQUE POUR LA VOIE INGESTION DE SOLS												
	Sb	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
QD Adulte	2,18E-03	< LQ	2,41E-02	<ELT	1,11E-03	-	2,03E-04	9,25E-03	2,52E-03	8,03E-04	4,19E-02	<ELT
ERI Adulte	N.C		1,49E-05	N.C							2,05E-07	N.C
<b>Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et critères de risques de 1 (QD) et 10<sup>-5</sup> (ERI)</b>						Adulte	Pas mise en œuvre car ERI (As) >10 <sup>-5</sup> pour l'ingestion de sol					

Tableau 84 : Calculs de risque pour la voie ingestion de sols.

Dans le cadre d'un scénario générique, les risques sanitaires pour les enfants se situent dans la zone d'interprétation en raison des concentrations en As et Pb dans les sols superficiels. L'approfondissement de la démarche EQRS n'est pas menée car le critère d'acceptabilité de 10<sup>-5</sup> est dépassé pour l'ERI(As) (Tableau 85).

SCENARIO GENERIQUE (ENFANTS 0-6 ANS) : CALCULS D'ITEM												
	Sb	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
QD Enfant	3,91E-02	< LQ	4,32E-01	<ELT	1,99E-02	-	3,64E-03	1,66E-01	4,52E-02	1,44E-02	7,51E-01	<ELT
ERI Enfant	N.C		2,50E-05	N.C							3,45E-07	N.C
<b>Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et critères de risques de 1 (QD) et 10<sup>-5</sup> (ERI)</b>						Enfant (scénario générique)	Pas mise en œuvre car ERI (As) >10 <sup>-5</sup> pour l'ingestion de sol					

Tableau 85 : Calculs de risque pour le scénario générique.

Les concentrations en Pb des prélèvements du sol « SOLg\_029\_0-10 et SOLg\_030\_0-10 » situés au sud-est de la parcelle, sont supérieures au seuil d'alerte de 100 mg/kg établi par le HCSP dans sa publication « avis du HCSP en juillet 2014 », intitulée « Expositions au plomb : détermination de nouveaux objectifs de gestion » (Tableau 86).

Echantillon	Parcelle	Pb (mg/kg MS)
SOLg_029_0-10	AT205	116
SOLg_030_0-10	AT205	104
SOLg_031_0-10	AT205	69,7
SOLg_032_0-10	AT205	69,9
SOLg_033_0-10	AT205	43,1

Tableau 86 : Concentrations en plomb dans les échantillons de sols des parcelles concernées. Les valeurs indiquées en orange sont supérieures au seuil de 100 mg/kg MS établis par le HCSP

## Fiche scénario n°19 : Parcelles AT206 – Vigne (agricole)

L'état des milieux investigués est compatible avec les usages qui en sont faits. Pour information, en termes de risques sanitaires pour l'adulte, une durée d'exposition supérieure à 126 j/an conduirait à un ERI supérieur à 10<sup>-5</sup>.

Dans le cadre d'un scénario générique, les risques sanitaires pour les enfants se situent dans la zone d'interprétation en raison des concentrations en As et Pb dans les sols superficiels. L'approfondissement de la démarche EQRS n'a pas été déroulé car QD (Pb) >1 et ERI (As) >10<sup>-5</sup> (Tableau 87).

SCENARIO GENERIQUE (ENFANTS 0-6 ANS) : CALCULS D'ITEM												
	Sb	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
QD Enfant	3,31E-02	<LQ	2,60E-01	-	3,75E-02	<ELT				9,94E-03	1,35E+00	2,45E-02
ERI Enfant	N.C		1,51E-05	N.C						6,21E-07	N.C	
<b>Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et critères de risques de 1 (QD) et 10<sup>-5</sup> (ERI)</b>						Enfant (scénario générique)		Pas mise en œuvre car QD (Pb) >1 et ERI (As) >10 <sup>-5</sup>				

Tableau 87 : Calculs de risque pour le scénario générique.

La concentration en Pb du prélèvement du sol « SOLi\_C025\_0-02 » localisé au sud-est de la parcelle sur la rive du Vassorgues est supérieure au seuil d'alerte de 100 mg/kg établi par le HCSP dans sa publication « avis du HCSP en juillet 2014 », intitulée « Expositions au plomb : détermination de nouveaux objectifs de gestion » (Tableau 88).

Echantillon	Parcelle	Pb (mg/kg MS)
SOLi_C025_0-02	AT206	209
SOLi_C026_0-02	AT206	53,8

Tableau 88 : Concentrations en plomb dans les échantillons de sols des parcelles concernées. Les valeurs indiquées en orange sont supérieures au seuil de 100 mg/kg MS établis par le HCSP

## Fiche scénario n°20 : Parcelles AD070 et AV197 – Vigne (agricole)

L'état des milieux investigués est compatible avec les usages qui en sont faits. Les concentrations en Pb des prélèvements du sol « SOLg\_034\_0-10 et SOLi\_C219\_0-20 » réalisés sur la parcelle AD070 sur la rive gauche du Vassorgues sont supérieures au seuil d'alerte de 100 mg/kg établi par le HCSP dans sa publication « avis du HCSP en juillet 2014 », intitulée « Expositions au plomb : détermination de nouveaux objectifs de gestion » (Tableau 89).

Echantillon	Parcelle	Pb (mg/kg MS)
SOLg_034_0-10	AD070	128
SOLg_034_10-30	AD070	91,9
SOLi_C219_0-20	AD070	241
SOLi_C209_0-05	AV197	94,5

Tableau 89 : Concentrations en plomb dans les échantillons de sols des parcelles concernées. Les valeurs indiquées en orange sont supérieures au seuil de 100 mg/kg MS établis par le HCSP

## Fiche scénario n°21 : Parcelle AV123 – pâture (agricole)

L'état des milieux investigués est compatible avec les usages qui en sont faits, mais, dans le cadre d'un scénario générique, les risques sanitaires pour les enfants se situent dans la zone d'interprétation en raison des concentrations en As et Pb dans les sols superficiels. L'approfondissement de la démarche EQRS n'a pas été déroulé car le QD (Pb)>1 et ERI (As) >10<sup>-5</sup> (Tableau 90).

SCENARIO GENERIQUE (ENFANTS 0-6 ANS) : CALCULS D'ITEM												
	Sb	Ag	As	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
QD Enfant	<ELT	< LQ	2,04E-01	<ELT	1,02E-01	-	<ELT		1,30E-02	7,79E-03	4,10E+00	6,53E-02
ERI Enfant	N.C		1,18E-05	N.C							1,88E-06	N.C
<b>Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et critères de risques de 1 (QD) et 10<sup>-5</sup> (ERI)</b>						Enfant (scénario générique)	Pas mise en œuvre car QD (Pb)>1 et ERI (As) >10 <sup>-5</sup> pour le sol					

Tableau 90 : Calculs de risque pour le scénario générique.

La concentration en Pb dans le sol est supérieure au seuil d'alerte de 300 mg/kg établi par le HCSP dans sa publication « avis du HCSP en juillet 2014 », intitulée « Expositions au plomb : détermination de nouveaux objectifs de gestion » (Tableau 91).

Echantillon	Parcelle	Pb (mg/kg MS)
SOLg_035_0-05	AE123	633

Tableau 91 : Concentrations en plomb dans les échantillons de sols des parcelles concernées. Les valeurs indiquées en rouge sont supérieures au seuil de 300 mg/kg MS établis par le HCSP

## Fiche scénario n°23 : Parcelles AT121/AT125 – Chemin public au nord de Durfort (promenade)

L'état des milieux investigués est non compatible avec certains usages qui en sont faits.

Les concentrations en plomb dans les sols superficiels sont largement supérieures au seuil d'alerte de 300 mg/kg établi par le HCSP dans sa publication « avis du HCSP en juillet 2014 », intitulée « Expositions au plomb : détermination de nouveaux objectifs de gestion » (Tableau 92).

Echantillon	Parcelle	Pb (mg/kg MS)
SOLi_C202_0-10	AT121	2300
SOLi_C203_0-05	AT125	2020

Tableau 92 : Concentrations en plomb dans les échantillons de sols des parcelles concernées. Les valeurs indiquées en rouge sont supérieures au seuil de 300 mg/kg MS établis par le HCSP

Les risques sanitaires associés à l'ingestion de végétaux pour les enfants se situent dans la zone d'interprétation en raison des concentrations en Pb dans le thym. L'approfondissement de la démarche EQRS montre que les critères d'acceptabilité des risques sont dépassés pour le QD (Pb) (Tableau 93).

CALCULS DE RISQUE POUR LA VOIE INGESTION DE VEGETAUX											
QD Enfant	Cr	Ag	Sb	As	Cd	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	Fe
VEGi_C203_THY	1,40E-02	<LQ		4,97E-02	2,87E-02	3,20E-03	-	3,81E-03	9,77E-01	5,59E-02	1,75E-02
ERI Enfant	Cr	Ag	Sb	As	Cd	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	Fe
VEGi_C203_THY				4,80E-07					7,47E-08		
<b>Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et critères de risques de 1 (QD) et 10<sup>-5</sup> (ERI)</b>					Enfant	QD total ingestion végétaux = 1,36E+00 ERI total ingestion végétaux = 5,64E-07					

Tableau 93 : Calculs de risque pour l'ingestion de végétaux.

Notons que les concentrations en Cd et Pb dans les mûres dépassent les valeurs réglementaires de 0,1 mg/kg pour le Pb et 0,05 mg/kg pour le Cd. Dans le thym, les concentrations en Cd dépassent la valeur réglementaire de 0,2 mg/kg (Tableau 94).

PRELEVEMENTS : VEGETAUX											
Végétaux prélevés :				VEGi_C202_MUR VEGi_C203_THY							
Paramètres mg/kg MF	Cr	Ag	Sb	As	Cd	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	Fe
VEGi_C202_MUR	<0,2	<0,05	<0,05	<0,05	0,054	1,4	-	<0,1	0,17	6,6	5,1
VEGi_C203_THY	0,5	<0,05	<0,05	0,16	0,074	3,2	-	0,3	4,4	120	100

Tableau 94 : Concentrations des substances mesurées dans le thym et les mûres. Les concentrations présentées en rouge sont supérieures aux valeurs réglementaires fixées par le Règlement Européen 1881/2006 modifié

### Fiche scénario n°24 : Parcelle AV291 – Jardin public (promenade)

La concentration en Pb est supérieure au seuil d'alerte de 100 mg/kg (Tableau 83) établi par le HCSP dans sa publication « avis du HCSP en juillet 2014 », intitulée « Expositions au plomb : détermination de nouveaux objectifs de gestion » (Tableau 95).

Echantillon	Parcelle	Pb (mg/kg MS)
SOLi_C016_0-10	AV291	129

Tableau 95 : Concentrations en plomb dans les échantillons de sols des parcelles concernées. Les valeurs indiquées en orange sont supérieures au seuil de 100 mg/kg MS établis par le HCSP



## Fiche scénario n°26 : Parcelle AT411 – Stade de football / Skate parc / Terrain de pétanque (sport et loisir)

L'état des milieux investigués est compatible avec les usages qui en sont faits.

La concentration en Pb du prélèvement « SOLi\_C007\_0-05 » réalisé au niveau du skate parc est supérieure au seuil d'alerte de 100 mg/kg établi par le HCSP dans sa publication « avis du HCSP en juillet 2014 », intitulée « Expositions au plomb : détermination de nouveaux objectifs de gestion » (Tableau 96).

Echantillon	Parcelle	Pb (mg/kg MS)
SOLi_C003_0-05	AT411	22,20
SOLi_C004_0-05	AT411	20,6
SOLi_C007_0-05	AT411	139

**Tableau 96 : Concentrations en plomb dans les échantillons de sols des parcelles concernées. Les valeurs indiquées en orange sont supérieures au seuil de 100 mg/kg MS établis par le HCSP**

### 6.10.1.2 Commune de Fressac

## Fiche scénario n°28 : Parcelles AD61/AD63 – Chemin public à l'est de Fressac (promenade)

Les concentrations en plomb dans les sols superficiels sont pour deux d'entre elles largement supérieures au seuil d'alerte de 300 mg/kg établi par le HCSP dans sa publication « avis du HCSP en juillet 2014 », intitulée « Expositions au plomb : détermination de nouveaux objectifs de gestion » (Tableau 97).

Echantillon	Parcelle	Pb (mg/kg MS)
SOLi_C122_0-02	AD61/AD63	6520
SOLi_C124_0-10	AD61/AD63	1020
SOLi_C127_0-02	AD61/AD63	145
SOLi_C207_0-05	AD61/AD63	228

**Tableau 97 : Concentrations en plomb dans les échantillons de sols des parcelles concernées. Les valeurs indiquées en orange sont supérieures au seuil de 100 mg/kg MS, les valeurs indiquées en rouge sont supérieures au seuil de 300 mg/kg MS établis par le HCSP**

Les risques sanitaires associés à l'ingestion de végétaux se situent dans la zone d'interprétation en raison des concentrations en Cr, Cd, Pb et Fe. L'approfondissement de la démarche EQRS n'est pas menée car le critère d'acceptabilité des risques est dépassé avec le QD (Pb) du thym (VEGi\_208\_THY) pour les enfants, supérieur à 1 (Tableau 98).

CALCULS DE RISQUE POUR LA VOIE INGESTION DE VEGETAUX											
<b>QD Adulte</b>	<b>Cr</b>	<b>Ag</b>	<b>Sb</b>	<b>As</b>	<b>Cd</b>	<b>Cu</b>	<b>Mn</b>	<b>Ni</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>	<b>Fe</b>
VEGi_C207_THY	1,56E-01	8,52E-04	<LQ	5,05E-02	2,17E-01	1,62E-03	-	2,91E-02	2,25E-01	4,97E-02	2,13E-02
VEGi_C208_THY	4,26E-02	7,10E-04		5,05E-02	2,76E-01	1,88E-03		7,75E-03	9,92E-01	5,68E-02	2,22E-01
<b>ERI Adulte</b>	<b>Cr</b>	<b>Ag</b>	<b>Sb</b>	<b>As</b>	<b>Cd</b>	<b>Cu</b>	<b>Mn</b>	<b>Ni</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>	<b>Fe</b>
VEGi_C207_THY	N.C			4,87E-07	N.C				1,72E-08	N.C	
VEGi_C208_THY	N.C			4,87E-07	N.C				7,59E-08	N.C	
<b>QD Enfant</b>	<b>Cr</b>	<b>Ag</b>	<b>Sb</b>	<b>As</b>	<b>Cd</b>	<b>Cu</b>	<b>Mn</b>	<b>Ni</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>	<b>Fe</b>
VEGi_C207_THY	3,08E-01	1,68E-03	<LQ	9,95E-02	4,27E-01	3,20E-03	-	5,72E-02	4,44E-01	9,79E-02	4,20E-02
VEGi_C208_THY	8,39E-02	1,40E-03		9,95E-02	5,44E-01	3,70E-03		1,53E-02	1,95E+00	1,12E-01	4,37E-01
<b>ERI Enfant</b>	<b>Cr</b>	<b>Ag</b>	<b>Sb</b>	<b>As</b>	<b>Cd</b>	<b>Cu</b>	<b>Mn</b>	<b>Ni</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>	<b>Fe</b>
VEGi_C207_THY	N.C			9,59E-07	N.C				3,40E-08	N.C	
VEGi_C208_THY	N.C			9,59E-07	N.C				1,49E-07	N.C	
<b>Démarche d'approfondissement : EQRS avec l'ensemble des substances et critères de risques de 1 (QD) et 10<sup>-5</sup> (ERI)</b>					Adulte	QD ingestion végétaux = 2,4E+00 ERI ingestion végétaux = 1,07E-06					
					Enfant	Pas mise en œuvre car QD (Pb) >1 pour le VEGi_C208_THY					

**Tableau 98 : Calculs de risque pour le scénario ingestion de végétaux.**

Notons que les concentrations en Cd dans les deux prélèvements de thym dépassent la valeur réglementaire de 0,2 mg/kg (Tableau 99).

PRELEVEMENTS : VEGETAUX											
<b>Végétaux prélevés :</b>				VEGi_C207_THY VEGi_C208_THY							
Paramètres mg/kg MF	<b>Cr</b>	<b>Ag</b>	<b>Sb</b>	<b>As</b>	<b>Cd</b>	<b>Cu</b>	<b>Mn</b>	<b>Ni</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>	<b>Fe</b>
VEGi_C207_THY	11	0,06	<0,05	0,32	1,1	3,2	-	4,5	2	210	240
VEGi_C208_THY	3	0,05	<0,05	0,32	1,4	3,7	-	1,2	8,8	240	2500

**Tableau 99 : Concentrations des substances mesurées dans le thym. Les concentrations présentées en rouge sont supérieures aux valeurs réglementaires fixées par le Règlement Européen 1881/2006 modifié.**

## 6.11 Incertitudes associées à la caractérisation des risques sanitaires

Des incertitudes entourent les résultats de l'évaluation des risques même si les résultats sont exprimés par des expressions numériques exactes. Pour les différents scénarii étudiés, certains choix relèvent d'une approche conservatoire d'évaluation du risque. Néanmoins, l'enquête de terrain réalisée permet de se placer au plus proche des expositions.

L'utilisation de données propres aux foyers réduit les incertitudes mais certaines persistent principalement au regard de l'estimation prédictive des concentrations d'exposition des populations à très long terme dans le cadre de la présente étude. Cette étude a été réalisée en l'état actuel des connaissances.

L'analyse attentive des incertitudes constitue une phase importante et doit être prise en compte dans l'évaluation des conclusions de l'étude car elle permet de donner les éléments pour valider les conclusions, en identifiant les incertitudes les plus significatives pouvant interférer dans les résultats de l'étude.

Les incertitudes identifiées et présentées ci-après regroupent donc les sources d'incertitudes majeures des étapes de la présente étude.

## **6.11.1 Incertitudes sur le terme source**

### **6.11.1.1 Incertitudes sur l'échantillonnage**

Le choix des parcelles et la constitution d'échantillons composites ont été effectués afin de couvrir des zones les plus représentatives des expositions.

Ni l'inhalation de particules en suspension, ni l'ingestion de poussière déposée à l'intérieur des habitations n'ont été retenues dans le schéma conceptuel préliminaire. En effet, aucune caractérisation n'a été conduite dans le cadre de la campagne de terrain vis-à-vis de ces voies d'exposition, en raison de la granulométrie souvent grossière des résidus rencontrés au droit des dépôts et de l'éloignement des dépôts par rapport aux habitations.

En termes de végétaux autoproduits, une attention a été portée à la sélection des espèces végétales prélevées dans les jardins. Il a été privilégié un maximum d'espèces communes disponibles et à maturité, cultivées et consommées par les usagers, sans toutefois disposer de suffisamment de prélèvements représentatifs des principales familles de végétaux sur chaque parcelle.

Les prélèvements d'eaux souterraines quant à eux, ne sont représentatifs de la qualité des eaux de la nappe qu'au moment du prélèvement. Une estimation plus large de la qualité de ces eaux ne peut être évaluée sans un suivi régulier.

### **6.11.1.2 Incertitudes sur les analyses chimiques**

Au regard des informations transmises par Eurofins, des incertitudes existent sur les résultats analytiques des métaux.

Des incertitudes existant sur les formes chimiques du chrome et celles de l'arsenic, le chrome total et l'arsenic total ont été analysés.

Dans l'environnement, le chrome existe sous plusieurs états d'oxydation de 0 à +6. Les états les plus stables sont +3 (trivalents) et +6 (hexavalents). Ils ne présentent pas la même toxicité. Les VTR chroniques sont établies pour le chrome III ainsi que pour le chrome VI. La VTR retenue dans cette étude est celle du CrIII compte-tenu de la plus faible proportion du CrVI dans les sols en général<sup>44</sup>.

L'arsenic existe aussi sous différents degrés d'oxydoréduction : -3, 0, +3, +5. Mis à part les sulfures, les composés minéraux les plus courants sont les combinaisons avec l'oxygène : arsénites (Arsenic III) et arséniates (Arsenic V). L'arsenic forme également des composés organiques très stables, tant trivalents que pentavalents. Les VTR chroniques sont établies pour l'arsenic inorganique.

---

<sup>44</sup> INERIS, 2005. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques : chrome et ses dérivés.

### **6.11.1.3 Incertitudes sur la recherche et la sélection des substances à impact potentiel**

La sélection des substances chimiques retenues pour l'étude est une source d'incertitudes. Les analyses ont été limitées aux substances polluantes présentant une toxicité par ingestion directe (sol, eau ou végétaux), et aux comportements physico-chimiques, biologiques pertinents (transfert racinaire des métaux dans les végétaux par exemple). Elles ont concerné 14 composés inorganiques (antimoine, argent, arsenic, cadmium, calcium, chrome, cuivre, fer, fluor, manganèse, magnésium, nickel, plomb, zinc). Le programme analytique n'a pas été restreint et spécifique à chacun des échantillons prélevés.

Les substances présentes dans les milieux ont été retenues en considérant respectivement l'exposition des enfants et des adultes.

### **6.11.2 Incertitudes sur l'identification des dangers et l'évaluation des relations dose-réponse**

En plus du choix des valeurs toxicologiques de référence (VTR), de nombreuses sources d'incertitudes sont associées à la détermination des VTR, notamment du fait de l'extrapolation de la réponse dose-effet pour de faibles doses à partir de hautes doses, de l'extrapolation de réponses pour des expositions de courtes durées à de longues durées, de l'extrapolation des résultats d'expérimentations chez l'animal pour prédire des effets chez l'homme, de l'extrapolation de réponses à partir d'études provenant de populations animales homogènes pour prédire les effets sur une population composée d'individus avec un large spectre de sensibilité...

Le choix des valeurs toxicologiques de référence a une importance significative sur les résultats des calculs de risques. Les choix réalisés par l'INERIS sont conformes aux connaissances scientifiques actuelles et représentent la connaissance disponible à un moment donné.

Au vu des temps d'exposition retenus, les VTR retenues et présentées sont des VTR chroniques.

### **6.11.3 Incertitudes sur les scénarios d'exposition**

Des incertitudes existent au niveau des scénarios d'exposition qui ont été retenus. Par exemple, pour certaines parcelles, à défaut d'informations précises sur les durées d'exposition, des expositions génériques ont été considérées sans que l'exposition réelle de la personne ne soit évaluée. Ce choix est conservatoire. Conformément à la méthodologie définie par GEODERIS, un scénario générique a été considéré, afin d'anticiper un éventuel changement d'usage, pour les résidences où la présence d'un enfant âgé de moins de 6 ans (enjeu à protéger le plus sensible par rapport aux autres catégories) n'est pas avérée. Dans le cadre de ce scénario, la présence d'un enfant résident permanent, ayant des activités de loisirs en extérieur 234 jours par an (365 jours en retranchant 15 jours de vacances, pondérés par 1/3 de mauvais temps) est prise en compte.

De même, un choix conservatoire a été fait concernant les quantités consommées de végétaux. Par exemple, les valeurs très élevées du QD et de l'ERI obtenues pour le Pb présent dans le topinambour sont surestimées car la quantité consommée par jour utilisée dans le calcul du risque correspond à celle de l'ensemble des légumes de la catégorie des tubercules. Or la consommation réelle du topinambour est probablement beaucoup moins importante.

#### **6.11.4 Incertitudes sur la caractérisation du risque**

Les incertitudes inhérentes à la caractérisation du risque sont directement fonction des incertitudes précisées dans les sections précédentes.

Il est à noter que la quantification de ces incertitudes n'est pas toujours réalisable.

## **7 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS**

### **7.1 Synthèse historique**

Les concessions de Lacoste et de La Grande Vernissière sont établies sur les communes de Fressac et Durfort-et-Saint-Martin-de-Sossenac. Ces deux communes, situées dans le département du Gard en région Occitanie, se trouvent sur les contreforts sud-est du massif des Cévennes.

La première mention d'une demande de concession date de 1789 mais les concessions n'ont été instituées que le 29 juin 1839 au profit de M. Pascal-Vallongue pour Lacoste et M. Cavolle pour La Grande Vernissière, toutes deux pour l'exploitation du plomb et du zinc.

Au total les réserves des mines du secteur de Lacoste ont représenté environ 25 000 t de métal de zinc et de plomb avec le ratio Zn/Pb = 5. Environ 20 000 t ont été produites à différentes périodes entre 1839 et 1971 à partir d'un minerai tout-venant titrant 4-6 % métal. En 1994 les derniers travaux d'exploration ont été définitivement arrêtés et les deux concessions ont été renoncées en 1995.

Plusieurs types de déchets liés à l'extraction ou au traitement du minerai sont encore en place sur les anciennes concessions de Lacoste et de la Grande Vernissière :

- Des stériles d'exploitation ou de creusement issus du fonçage des anciens ouvrages auxquels ont été ajoutés parfois d'autres stériles rocheux correspondant aux minerais pauvres. Ils sont généralement dispersés en tas près des anciennes installations ;
- Des résidus de traitement générés par différents procédés physiques et chimiques utilisés dans la laverie.

Les résidus de laverie ont été dispersés, dans une « digue à stériles », au sein de bassins de décantation et au niveau de dépôts nommés « haldes de laverie ».

Des travaux de mise en sécurité, réalisés entre décembre 1993 et mars 1994 ont porté sur les ouvrages débouchant au jour (puits, galeries), sur les exploitations à ciel ouvert ainsi que sur les « haldes de laverie ».

Les « haldes de laveries » ont fait l'objet d'un réaménagement dont la date reste imprécise. Les travaux ont consisté à mettre en place une couverture en stériles rocheux sur les résidus ainsi qu'à renforcer l'enrochement en pied du dépôt permettant de limiter l'érosion par le ruisseau de Vassorgues, notamment lors des épisodes de crue.

### **7.2 Impact de l'exploitation minière sur l'état des milieux**

Les investigations menées dans le cadre de cette étude ont permis de mettre en évidence une dégradation de l'état des milieux en liaison avec la présence des anciennes installations des concessions de Lacoste et de La Grande Vernissière (travaux d'extraction ou de traitement du minerai et dépôts associés) Cette dégradation, notamment constatée au niveau du village de Durfort et Saint-Martin-de-Sossenac a été caractérisée pour les eaux superficielles et son compartiment sédimentaire, les sols, les végétaux de consommation, et dans une moindre mesure pour les eaux souterraines.

### **7.2.1 Les anciens déblais et dépôts de résidus, sources de contamination**

L'ancien site de Lacoste comporte quatre sites principaux de dépôts qui présentent des teneurs résiduelles élevées en métaux et métalloïdes, notamment en plomb (jusqu'à 2,59%), zinc (jusqu'à 11,8%) et cadmium (jusqu'à 239 mg/kg). Les ouvrages de retenue (mur, digue) sont en ruine et les matériaux qui subsistent sont toujours affectés par des phénomènes récurrents d'érosion hydrique. Ces dépôts sont localisés principalement en rive gauche du ruisseau de Tresfont et de celui du Vassorgues, et sont accessibles par le chemin des mines. Ils constituent ainsi une voie d'exposition directe aux matériaux contaminés pour les personnes qui les fréquentent.

L'ancien site de La Grande Vernissière de moindre importance, comporte lui deux sites de dépôts (stériles et résidus) renfermant encore des métaux et métalloïdes en concentrations significatives notamment en zinc (plus de 10%). Aujourd'hui ces sites sont naturellement stabilisés grâce au développement d'un couvert végétal et de l'absence de traces d'érosions hydriques, ils sont moins accessibles mais peuvent tout de même être fréquentés en partie par le chemin des Ramiers.

### **7.2.2 Impacts sur les eaux superficielles et les sédiments**

Des dépôts de matériaux depuis la zone de dépôt dans le ruisseau de Vassorgues ont été identifiés en de nombreux endroits. Les analyses effectuées sur les eaux et les sédiments associés du ruisseau révèlent une dégradation importante de ces 2 milieux au droit et à l'aval immédiat des anciennes installations. A l'aplomb de la zone de la mine, les teneurs en arsenic, cadmium et plomb dépassent les valeurs seuils de potabilité (cadmium : 5 µg/L ; arsenic : 10 µg/L ; plomb : 10 µg/L). Les concentrations en arsenic, cadmium, plomb et zinc diminuent vers l'aval. Les concentrations en plomb excèdent le seuil de potabilité jusqu'à environ 450 m à l'aval des zones de dépôts pour retrouver avant Durfort des valeurs de bonne qualité.

Les teneurs en arsenic, cadmium, plomb et zinc dépassent, pour l'essentiel des prélèvements avals (jusqu'à plus de 2 km), les normes de qualité environnementales. De légers dépassements pour le cuivre sont également à noter.

L'impact sur l'eau du ruisseau dû à la présence de la zone de la mine, bien que très atténué, est encore visible jusqu'à environ 2.5 km en aval.

La corrélation entre les fortes concentrations dans les eaux non filtrées et celles analysées dans les sédiments soulignent qu'en plus de la phase dissoute, une part significative des contaminants est transportée sous forme solide ou particulaire contribuant à dégrader durablement la qualité du Vassorgues. Les sédiments constituent ainsi le principal réservoir de zinc dans le cours d'eau jusqu'au village de Durfort.

### **7.2.3 Impacts sur les sols**

Les investigations menées le long du ruisseau du Vassorgues ont permis d'identifier une contamination des sols en plomb, zinc et cadmium notamment, avec des teneurs pouvant dépasser jusqu'à cent fois la limite supérieure de la gamme de teneurs du fond géochimique déterminé pour les principales formations géologiques du secteur.

Les teneurs les plus importantes dans les sols ont été mesurées à proximité immédiate du site minier d'une part, et au niveau de la faille de Corconne à 850 m à l'aval de la zone de dépôt d'autre part. Entre ces différents points les teneurs dans les sols en plomb, zinc et cadmium tendent à diminuer avec l'augmentation de la distance par rapport à la zone de dépôts ainsi qu'avec l'éloignement du cours d'eau. Les résultats obtenus sur les sols d'une parcelle de terrain de la plaine alluviale du Vassorgues montrent en particulier des apports de matériaux contaminés par les crues sur les berges et les terrains inondables proches du cours d'eau. Ces résultats témoignent ainsi de l'importance du transport hydrique comme voie de transfert privilégiée des contaminants dans le secteur étudié.

#### **7.2.4 Impacts sur les eaux souterraines**

Malgré des données disponibles en nombre limité, les eaux souterraines investiguées au moyen de plusieurs puits et forages privés, apparaissent beaucoup moins impactées par les anciennes installations minières.

La qualité de l'eau du forage AEP desservant la commune de Durfort/Saint Martin de Sossenac, situé en amont de la zone de dépôts, n'est pas impactée et respecte tous les critères de potabilité vis-à-vis des métaux au moment de l'étude.

#### **7.2.5 Impacts sur les végétaux autoproduits**

Les analyses réalisées sur les végétaux prélevés dans les jardins potagers de la commune de Durfort ont mis en évidence des dépassements des valeurs réglementaires en plomb et en cadmium sur quelques échantillons. Ces valeurs anormales sont à rapprocher des teneurs élevées en métaux dans les sols. Comme pour ces derniers, les végétaux les plus impactés sont ceux situés à proximité immédiate de la zone de dépôts.

### **7.3 Compatibilité des milieux avec les usages**

Dans le cadre de la démarche IEM les enjeux, présents dans les zones potentiellement impactées par l'ancienne exploitation minière, ont été recensés et une évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS) a été entreprise afin d'évaluer la compatibilité entre l'état des milieux et les usages associés à ces enjeux.

Les usages pris en compte dans les calculs de risque sanitaire sont :

- Le jardinage et la consommation de légumes cultivés dans les jardins potagers ;
- L'entretien et la fréquentation des cours et jardins d'agrément ;
- La fréquentation de chemins de randonnée ;
- La fréquentation des aires de pique-nique aménagées ;
- La fréquentation des aires de jeux pour enfants ;
- La fréquentation du terrain de foot de la commune de Durfort / Saint Martin de Sossenac par les élèves des établissements scolaires et par les associations sportives ;
- La fréquentation d'un skate-park sur la commune de Durfort, utilisé par les jeunes habitants de la commune ;
- La fréquentation d'un terrain de pétanque.



Lors de la réalisation de l'enquête sur les usages, la commune de Durfort/Saint Martin de Sossenac comportait pour l'essentiel des foyers composés d'adultes, résidant pour la plupart de façon saisonnière sur place (entre 4 et 7 mois par an). Ces résidences secondaires étaient souvent fréquentées par les petits-enfants en bas âge des propriétaires, bas âge considéré entre 0 et 6 ans.

Au vu des usages recensés, des sources de contamination et des voies de transfert identifiées, les voies d'exposition « ingestion de sol », « ingestion d'eaux » et « ingestion de végétaux » ont été considérées pour l'évaluation des risques sanitaires.

Les investigations en vue de l'évaluation des risques sanitaires ont porté sur les sols, les eaux et les végétaux de consommation prélevés au droit de :

- 13 espaces résidentiels, jardins d'agrément et jardins potagers confondus ;
- 7 espaces publics, jardins publics et chemins de promenade ;
- 7 espaces d'activité agricole, pâtures, champs d'oliviers et champs de vignes ;
- 1 espace de sport et loisir, stade de football, skate-park et terrain de pétanque.

Les scénarios pour les calculs de risques sanitaires ont été élaborés en fonction des différents profils de populations exposées définis à l'aide de l'enquête sur les usages.

Par ailleurs, sur certains scénarios, un « scénario générique » défini selon des critères conservatoires (enfant de moins de 6 ans résident permanent) a été considéré en plus des usages constatés afin d'anticiper un éventuel changement d'usage.

Pour la voie d'exposition « ingestion de sol », seule une résidence présente une incompatibilité des usages qui nécessiterait des aménagements spécifiques, notamment le recouvrement de sol dans le jardin d'agrément. D'autres sites présentent une incompatibilité qui donne suite à des recommandations simples.

La voie d'exposition « ingestion de végétaux » présente également des incompatibilités et des dépassements de valeurs réglementaires en plomb et cadmium qui entraînent comme préconisation de limiter la consommation de certains végétaux, au droit de trois jardins potagers privés et de trois espaces public (jardin public et chemins de randonnées).

La voie d'exposition « ingestion des eaux » ne présente aucune incompatibilité. Un seul puits privé inutilisé révèle des teneurs en fer et manganèse qui excèdent les normes de potabilité.

Les populations les plus sensibles s'avèrent être les jeunes enfants, même exposés de façon temporaire. Les résultats des calculs de risques sanitaires montrent également que l'incompatibilité des milieux avec les usages est imputable aux teneurs en plomb et arsenic pour les sols, fer et manganèse pour le point d'eau souterraine, et aux teneurs en plomb, arsenic et cadmium pour les végétaux.

## **7.4 Recommandations environnementales et sanitaires**

Au vu des résultats des investigations menées dans le cadre de la présente étude, les recommandations répondent à 3 objectifs principaux :

- Supprimer l'exposition directe des populations aux dépôts abandonnés de résidus où des teneurs particulièrement élevées en plomb, cadmium et arsenic ont été mesurées ;
- Limiter l'érosion hydrique des dépôts et la migration de matériaux solides et d'éléments lessivés dissouts contaminés vers le réseau hydrographique ;

- Informer les élus et les riverains de l'état des milieux et les sensibiliser aux actions à mettre en œuvre.

Ces recommandations sont préliminaires à l'élaboration d'un plan de gestion détaillé où les différentes options de gestion pourront faire l'objet d'une étude de faisabilité.

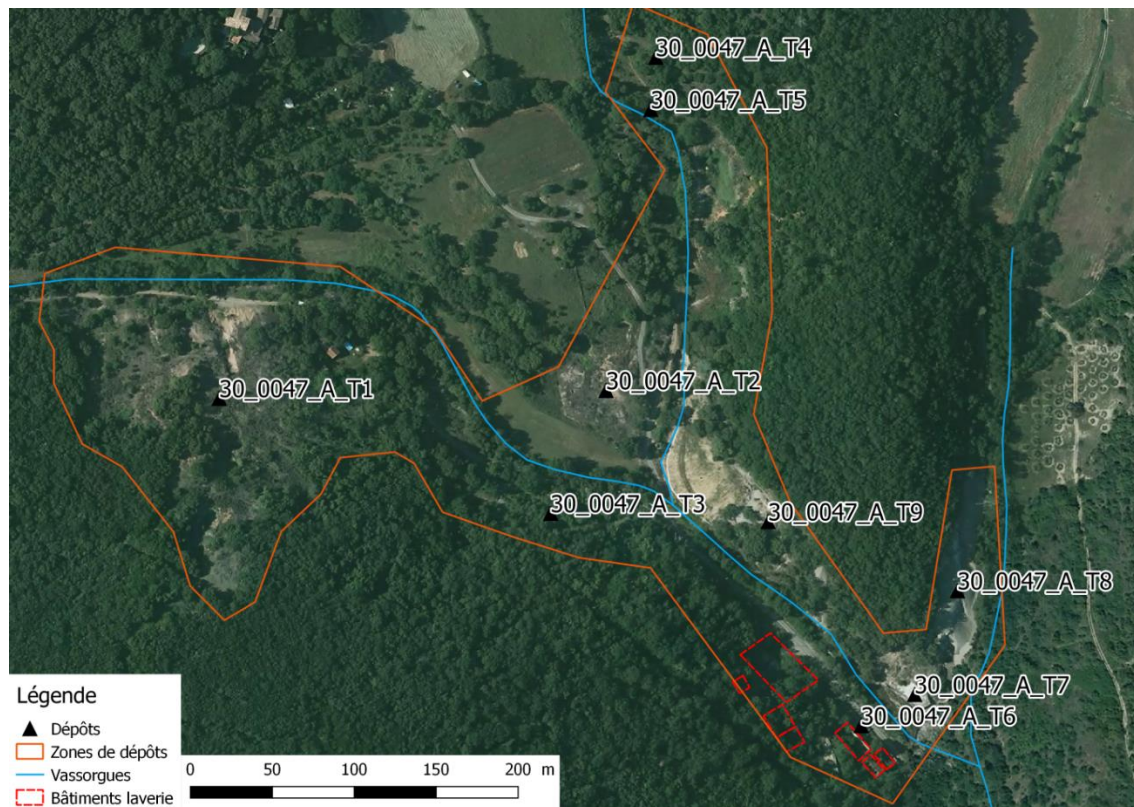
Conformément à l'instruction N°DGS/EA1/DGPR/DGAL/2017/145 du 27 avril 2017, relative à la gestion des sites pollués et de leurs impacts, nécessitant la mise en œuvre de mesures de gestion sanitaire et d'études de santé et/ou de mesures de gestion sanitaire des productions animales et végétales, les recommandations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

## 7.4.1 Réhabilitation des dépôts de résidus liés à l'extraction et au traitement du minerai

### 7.4.1.1 Site de Lacoste

De par la nature des matériaux qu'ils renferment et leur proximité avec le ruisseau du Vassorgues, les sites de l'ancienne laverie, bassins de décantation, et de la digue à stériles (identifiés 30\_0047\_A\_T6 à T9) (Figure 79) constituent les principales sources de pollution métallique du secteur et devraient faire l'objet d'actions prioritaires de réhabilitation.

Des actions de restauration ou de mise en sécurité sont également proposées sur les quelques dépôts de stériles de creusement identifiés sur la zone et inventoriés 30\_0047\_A\_T2 et T1, ainsi que sur l'ancienne zone d'extraction à ciel ouvert.



**Figure 79 : Rappel de l'emplacement des différents sites de la zone de dépôts de Lacoste identifiés par l'inventaire DDIE et concernés par les travaux de réhabilitation**

### Ancienne laverie et bassins de décantation

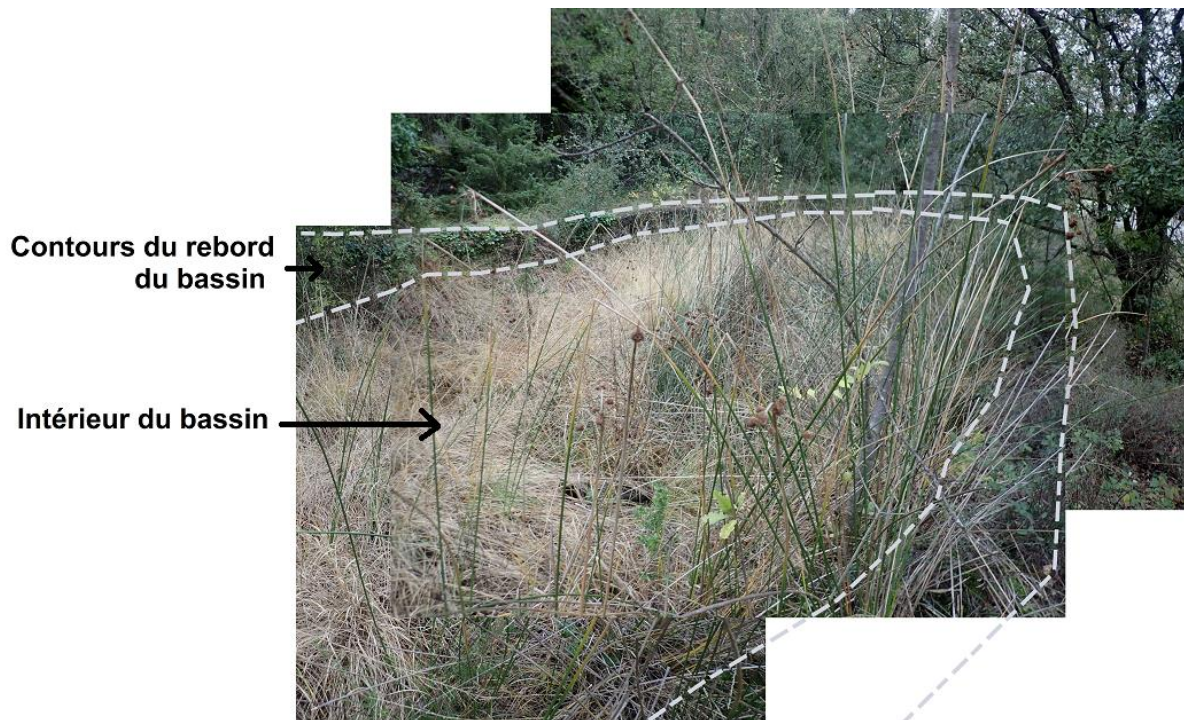
La Figure 80 détaille les anciennes installations qui en dehors de la contamination métallique présentent également des risques de dommages physiques car le site est aussi propice à la promenade et aux jeux en extérieur.

Au niveau des bâtiments de la laverie, et les anciens bassins situés au sud de la route d'accès (Figure 81), il est recommandé :

- La mise en place de barrières ou dispositifs équivalents interdisant l'accès aux bâtiments ;
- La mise en place de panneaux signalétiques avertissant de la pollution et des risques de chutes et blessures.



**Figure 80 : Localisation des anciens bâtiments de la laverie et des anciens bassins de décantation sur le site de Lacoste**



**Figure 81 : Bassin de décantation située au sud de la route dont le fond est partiellement stabilisé par le développement de végétation**

Au niveau du bassin de décantation principal en ruine et encore partiellement rempli de résidus, situé immédiatement au-dessus du Vassorgues (Figure 82 et Figure 83), GEODERIS recommande les actions suivantes dans le cadre de 2 options possibles :

- OPTION 1 :
  - Rehaussement et confortement de l'ancienne digue du bassin ;
  - Recouvrement de l'ensemble de l'ouvrage au moyen d'un géosynthétique semi-étanche, couverture en toile de jute et couche de terre arable pour permettre une revégétalisation rapide ;
  - Signalisation à l'aide de panneaux interdisant l'accès du site.



**Figure 82 : Bassin de décantation et son contenu en résidus de traitement fins et limoneux largement raviné par les eaux de ruissèlement**



**Figure 83 : Vue sur l'intérieur du bassin de décantation dont une partie du mur de retenue s'est effondrée.**

- **OPTION 2**
  - Compte-tenu du volume résiduel modeste de matériaux contaminés encore en place, une deuxième option moins onéreuse consisterait à supprimer cette source de pollution en déplaçant l'ensemble des matériaux du bassin sur le site proche de la digue à stériles où des travaux importants seraient à mettre en œuvre (voir infra).

#### **« Digue à stériles »**

La « digue à stériles » située dans le prolongement nord de la zone de la laverie et des bassins de décantation (Figure 84) est aussi particulièrement soumise au ravinement par les eaux de pluie. Les résidus s'écoulent par un petit affluent du Vassorgues qui longe la partie inférieure de la digue (Figure 85).



**Figure 84 : Rappel de la localisation de la digue à stériles (résidus) sur le site de Lacoste**



**Figure 85 : Vue des résidus encore en place et fortement ravinés dans la « digue à stériles »**

Sur ce site, GEODERIS préconise les actions suivantes :

- Drainage du dépôt par la construction d'un fossé de ceinture destiné à collecter les eaux de ruissèlement (Figure 85) et (Figure 86).

- Connection du système de drainage en contrebas à un bassin de piégeage des fines ;
- Retalutage du dépôt avec une faible pente, enrochement en pieds puis recouvrement à l'aide d'une couche stabilisatrice de stériles rocheux provenant du site identifié 30\_047\_A\_T1 (ancienne mine à ciel ouvert) (voir infra paragraphe 7.4.1.1.6) ou encore par un géosynthétique type « toile de jute » avant la mise en place d'une couche de terre arable permettant une revégétalisation à partir d'espèces végétales locales ;
- Pose d'un grillage de protection et mise en place d'une signalisation interdisant l'accès au site (moto cross, quad).



**Figure 86 : Vue sur le haut de la digue à stériles. Un canal de conduite des eaux de pluie peut être aménagé sur le sommet de la digue pour éviter le ravinement de la digue**

#### « Haldes de laverie »

Les « haldes de laverie » constituées par des résidus de traitement forment un talus d'une quarantaine de mètres de hauteur, partiellement stabilisé par la présence d'un mur de soutènement et d'un enrochement sur la partie nord et d'un couvert végétal partiel sur sa partie sud et centrale (Figure 87) et (Figure 88). GEODERIS recommande les mesures de gestion suivantes :

- Restaurer le mur de soutènement en bordure du Vassorgues de manière à protéger l'ensemble du dépôt des crues éventuellement dévastatrices du ruisseau ;
- Mettre en place un drain de collecte des eaux de ruissellement en tête de dépôt en vue de limiter le ruissellement et le ravinement des matériaux ;
- Réparer les zones ravinées en retalutant et installant des pièges à fines par exemple ;

- Revégétaliser les parties réparées ou non couvertes (plantes, arbustes locaux) sans endommager le couvert végétal déjà en place (Figure 89) ;
- Mettre en place une signalisation interdisant l'accès au site.



**Figure 87 : Localisation des haldes de laverie partiellement stabilisées sur le site de Lacoste (mur de soutènement, végétalisation)**



**Figure 88 : Vue sur le talus stabilisé des haldes de laverie, et sur le mur de soutènement situé à la base.**





**Figure 89 : Vue sur les haldes de laverie partiellement ravinées au milieu de la revégétalisation naturelle**

### **Haldes de stériles de creusement de la partie centrale**

Les haldes localisées à la Figure 90 sont constituées par des matériaux rocheux hétérogènes qui forment un mamelon à la topographie irrégulière, recouvert d'une végétation rase (Figure 91). GEODERIS ne préconise pas de réaménagement sur ce site par ailleurs assez bien stabilisé. GEODERIS recommande par contre la mise en place de panneaux signalant la présence du dépôt.



**Figure 90 : Localisation des haldes de creusement centrales sur le site de Lacoste**



**Figure 91 : Vue sur les haldes de stériles de creusement, qui forment un mamelon de matériaux rocheux partiellement revégétalisé**

### **Ancienne mine à ciel ouvert et haldes de stériles de creusement**

La zone de l'ancienne mine à ciel ouvert de Lacoste se situe à l'extrémité ouest du site, en surplomb sud du ruisseau du Vassorgues, sur une hauteur d'une centaine de mètres environ. Une habitation se situe à proximité de la mine, accolée à des haldes de stériles qui longent le chemin de la mine (Figure 92).

Le site présente une topographie irrégulière et des traces importantes de ravinement, mais il est globalement bien végétalisé, sans pour cela être durablement stabilisé (Figure 93).

Peu de travaux sont préconisés à l'exception d'un suivi et d'une amélioration de la végétalisation sur les ravines réparées. GEODERIS recommande l'interdiction de l'accès à ce site et la mise en place de panneaux d'information sur la présence de sols chargés en métaux et métalloïdes.



**Figure 92 : Localisation de la mine à ciel ouvert et des haldes de stériles de creusement sur le site de Lacoste**



**Figure 93 : Vue sur l'ancienne mine à ciel ouvert de Lacoste. La surface est très irrégulière, et recouverte d'une végétation rase**

Les haldes de stériles de creusement situés en contrebas de la mine, se présentent sous la forme d'un talus partiellement éboulé aux pentes instables, ravinées en permanence par les eaux de pluie qui s'écoulent ensuite dans le Vassorgues (Figure 94). L'habitation se situe en contact direct avec ce dépôt.

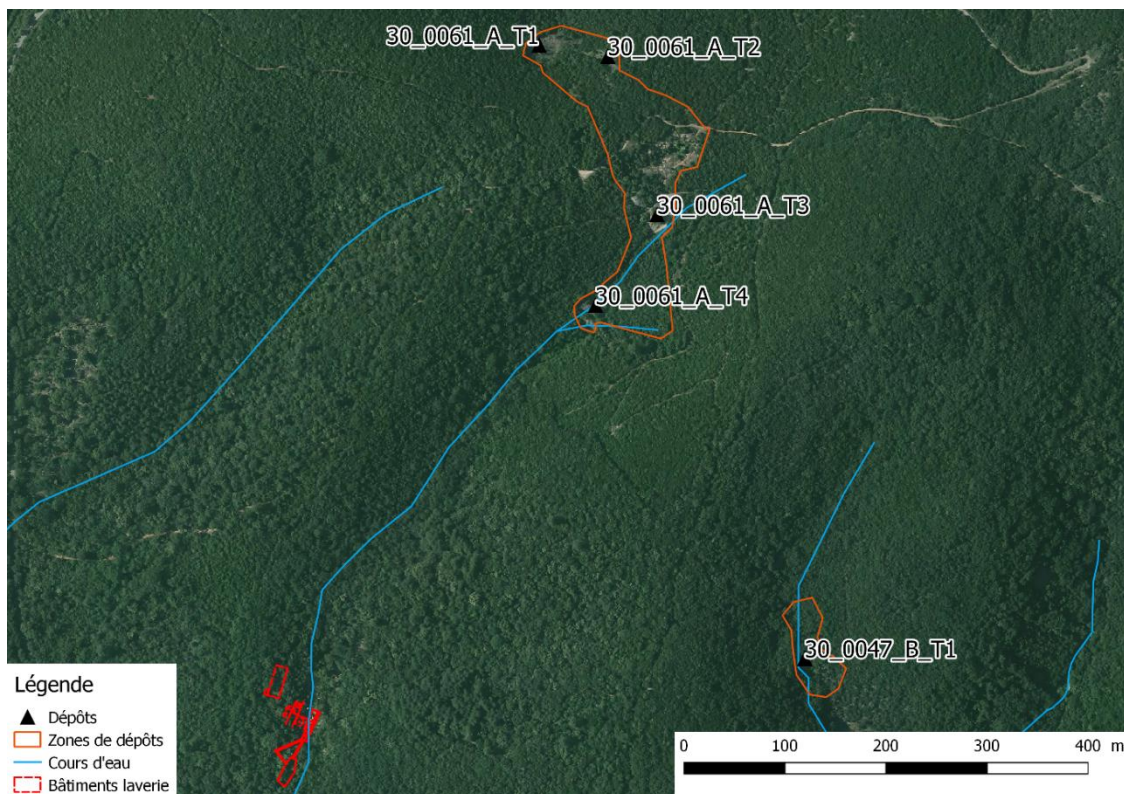
Compte tenu du volume réduit de matériaux mis en jeu, ainsi que de la perspective de coûts élevés pour un programme éventuel de réhabilitation, GEODERIS propose de déplacer l'ensemble des matériaux et de les utiliser sur le site de la digue à stériles (résidus) qui nécessite les travaux les plus importants. En effet, parmi les actions préconisées pour réhabiliter l'ancienne digue à stériles proche de la laverie, un recouvrement des résidus par une couche de matériaux rocheux permettrait de stabiliser durablement l'ensemble avant la pose d'une couche de terre arable.



**Figure 94 : Vue sur les haldes de stériles de creusement formant un talus instable en contrebas de la mine à ciel ouvert de Lacoste**

### 7.4.1.2 Site de la Grande Vernissière

Le site de La Grande Vernissière est accessible par un chemin de randonnée partant de l'ancienne mine de Lacoste. Il se compose uniquement de haldes de stériles réparties en plusieurs dépôts, visible sur la Figure 95. La laverie de Fressac se situe environ 400 m en aval du site, elle est très peu accessible car isolée dans la végétation.



**Figure 95 : Vue sur le site de La Grande Vernissière et les différentes zones concernées par des travaux de réhabilitation**

### **Haldes de stériles de creusement de la mine de la Grande Vernissière**

Les haldes sont de granulométrie hétérogène et forment une zone à la topographie irrégulière, stabilisée car fortement végétalisée, mais d'où émergent encore quelques dépôts (Figure 96). A l'exception de la pose de panneaux avertissant de la présence de pollution et de risques d'accidents, aucune préconisation n'est faite sur ce site dont la stabilisation naturelle est déjà bien avancée. Les teneurs en plomb sur ce site sont de l'ordre de 500 mg/kg.



*Figure 96 : Vue sur les haldes de stériles de creusement de La Grande Vernissière*

### **Ancienne laverie de Fressac**

Les bâtiments de la laverie sont partiellement éboulés et confondus dans la végétation. Des résidus de traitement fins avec des teneurs en plomb pouvant aller jusqu'à 7060 mg/kg sont présents à proximité des anciens bassins de décantation (Figure 97).

Compte-tenu de la faible accessibilité du site, de l'absence d'érosion importante et de surface concernée très réduite, GEODERIS recommande une mise en sécurité (grillage avec panneaux) avec implantation d'une végétalisation adaptée, sans recouvrement particulier.



*Figure 97 : Bâtiments de la laverie de Fressac. Le sol est couvert de résidus de traitement fins*

## **7.4.2 Recommandations relatives aux autres milieux d'exposition**

### **7.4.2.1 Espaces privés : jardins privés et résidences principales ou secondaires avec jardin potager et/ou jardin d'agrément**

Les voies d'exposition considérées sont :

- Ingestion de sol lors d'activités de jardinage ou de jeux en extérieur ;
- Ingestion de végétaux cultivés dans les jardins potagers et les arbres fruitiers des jardins d'agrément ;
- Ingestion d'eaux pour les propriétés possédant des puits.

#### **Ingestion de sols**

Les activités de jardinage, dans le cadre d'un jardin potager ou de l'entretien d'un terrain d'agrément, présentent des risques d'ingestion de particules de sols contaminés. Pour les enfants, les activités de jeux sur les terrains d'agrément présentent des risques similaires.

Les parcelles AT122 et AT403 présentent des risques sanitaires particulièrement élevés, avec des teneurs en plomb atteignant les 6320 mg/kg et 144 mg/kg en arsenic, dans le jardin d'agrément. Ces parcelles sont en contact direct avec les haldes de creusement du site de Lacoste. Le Tableau 100 résume les calculs de risque effectués sur ces parcelles pour la voie d'exposition ingestion de sol. Les teneurs en plomb évaluées selon le seuil d'alerte de 300 mg/kg fixé par le HCSP sont également indiquées.

N° fiche scénario	Voie d'exposition	Cibles	Substance	EQRS	Commune	Parcelles	Plomb (mg/kg)	Arsenic (mg/kg)
9	Ingestion de sol	Enfants	Plomb	QD(Pb) = <b>9,09</b>	Durfort/Saint Martin de Sossenac	AT122/AT403	<b>6320</b>	144
			Arsenic	ERI(As) = $1,68.10^{-5}$				
		Adultes	Plomb	QD(Pb) = 4,57				
			Arsenic	ERI(As) = $8,99.10^{-5}$				

**Tableau 100 : Résultats des calculs de risque et teneurs maximales en plomb et en arsenic mesurées sur les parcelles AT122 et AT403 (rouge si supérieure au seuil d'alerte de 300 mg/kg fixé par HCSP)**

Pour ces parcelles, GEODERIS recommande de limiter au maximum l'exposition au sol, en particulier pour les enfants et les femmes enceintes.

Les recommandations sur ces parcelles sont les suivantes :

- Restreindre l'accès au jardin aux enfants et femmes enceintes ;
- Recouvrir les sols d'enrobé, de graviers ou de 30 cm de terre saine ;
- Aménager si besoin des aires de jeux hors sol (bac à sable avec matériau contrôlé) ;
- Maintenir une couverture végétale dense sur les sols ;
- Eviter la mise à nu des sols pouvant par exemple être due à la pratique de cultures, à l'excavation, au terrassement, ou autre.

La création de nouveaux potagers, cultures ou aménagements de nature à créer une exposition aux particules du sol sur ces zones à proximité des dépôts serait par ailleurs à proscrire.

Deux autres scénarios présentent des calculs de risque et des teneurs en plomb et arsenic qui amènent à la préconisation de mesures particulières. Il s'agit des scénarii 1 et 5.

Concernant le scénario 1, quartier des jardins, les calculs de risque concernant le scénario ingestion de sol par des enfants conduisent à un QD de 2,14, ce qui reste une valeur relativement peu élevée, à considérer à la baisse au vu des incertitudes mentionnées plus haut. Néanmoins les teneurs en plomb mesurées dans ces parcelles excèdent pour la majorité le seuil d'alerte de 300 mg/kg fixé par le HCSP (Tableau 101).

N° fiche scénario	Voie d'exposition	Cibles	Substance	EQRS	Commune	Parcelle	Teneurs en plomb (mg/kg MS)
1	Ingestion de sol	Enfants	Plomb	QD =2,14	Durfort/Saint Martin de Sossenac	AV001	326
						AV002	640
						AD045	195
						AD043	363
						AD044	363
						AD051	389
						AD052	279
						AD316	279
						AD054	279
						AD057	623
						AD058	623
AD063	623						

**Tableau 101 : Résultats des calculs de risque sanitaire et teneurs maximales en plomb mesurées sur les parcelles de la « fiche scénario 1 » (orange si supérieure au seuil d'alerte de 100 mg/kg et rouge si supérieure au seuil d'alerte de 300 mg/kg fixé par HCSP)**

Au vu de ces éléments, les recommandations sur les parcelles concernées sont les suivantes :

- Limiter l'exposition des enfants et femmes enceintes ;
- Maintenir la couverture végétale des sols ;
- Eviter la mise à nu des sols pouvant par exemple être due à la pratique de cultures, à l'excavation, au terrassement, ou autre.

Concernant le scénario 5, les substances concernées sont à la fois le plomb et l'arsenic. Les calculs de risque sanitaire concernent à la fois les enfants et les adultes. Les teneurs en plomb mesurées n'excèdent pas de beaucoup les seuils d'alerte fixés par le HCSP. Néanmoins les calculs de risque pour la substance arsenic donnent des résultats qui montrent, au niveau des effets sans seuil (Excès de Risque Individuel – ERI), des valeurs qui excèdent de presque cinq fois la valeur seuil de 10-5 (Tableau 102).

Au vu de ces éléments, les recommandations sur les parcelles concernées sont les suivantes :

- Limiter l'exposition des enfants et femmes enceintes ;
- Maintenir la couverture végétale des sols ;
- Eviter la mise à nu des sols pouvant par exemple être due à la pratique de cultures, à l'excavation, au terrassement, ou autre.



N° fiche scénario	Voie d'exposition	Cibles	Substance	EQRS	Commune	Parcelle	Teneurs en plomb (mg/kg)	Arsenic (mg/kg)
5	Ingestion de sol	Enfants	Plomb	QD = 2,10	Durfort/Saint Martin de Sossenac	AV500	214	62,29
			Arsenic	ERI = 4,07.10 <sup>-5</sup>				
		Adultes	Arsenic	ERI = 4,85.10 <sup>-5</sup>		AV501	341	33,39
						AV181	216	77,59

**Tableau 102 : Résultats des calculs de risque sanitaire et teneurs maximales en plomb et en arsenic mesurées sur les parcelles de la « fiche scénario 5 » (orange si supérieure au seuil d'alerte de 100 mg/kg et rouge si supérieure au seuil d'alerte de 300 mg/kg fixé par HCSP)**

Les scénarii 14, 11 et 8 (Tableau 103) présentent des résultats de calculs de risque et des concentrations en plomb et arsenic qui conduisent à des recommandations simples.

Le scénario 14 présente des teneurs en plomb relativement faibles avec une valeur de QD très proche du seuil de 1 dans le cas d'une EQRS approfondie, qui plus est dans le cas d'un scénario générique. En revanche les valeurs d'arsenic suscitent une valeur d'ERI relativement élevée, avec des teneurs en arsenic assez élevées (78,2 mg/kg, pour une valeur maximale d'ELT de 69 mg/kg).

Le scénario 11 présente une compatibilité des usages, mais a des teneurs en plomb et arsenic relativement élevées.

Le scénario 8 présente des valeurs de calculs de risque proches des seuils de QD=1 et ERI=10-5 pour le cas d'une EQRS approfondie. Les concentrations en plomb excèdent légèrement le seuil d'alerte de 300 mg/kg fixé par le HCPS.

Sur ces scénarii, GEODERIS recommande :

- De respecter les règles d'hygiène fondamentales : lavage de main après activités ;
- D'éviter l'apport de poussières extérieures dans l'habitation ;
- De maintenir la couverture végétale des sols.

N° fiche scénario	Cibles	Substance	EQRS	Commune	Parcelle	Teneurs en plomb (mg/kg)	Teneurs en arsenic (mg/kg)
14	Adultes	Arsenic	ERI = 7,18.10 <sup>-5</sup>	Durfort/Saint Martin de Sossenac	AT217	-	-
	Enfants scénario générique		QD = 1,06		AT218	61,6	78,2
					AT219	-	-
11	Enfants / Adultes	Plomb	-		AB021	610	70,09
					AB022	-	
8	Enfants	Plomb	QD = 2,13		AT201	424	42,29
	Adultes	Arsenic	ERI = 1,54.10 <sup>-5</sup>				

**Tableau 103 : Résultats des calculs de risque sanitaire et teneurs maximales en plomb et en arsenic mesurées sur les parcelles des « fiches scénarii 14, 11 et 8 » (orange si supérieure au seuil d'alerte de 100 mg/kg et rouge si supérieure au seuil d'alerte de 300 mg/kg fixé par HCSP)**

Pour les parcelles des scénarii 6, 2, et 12, les résultats des calculs de risque sanitaire restent proches du seuil d'incompatibilité qui, dans le cadre d'une EQRS approfondie, est de 1 pour les effets à seuil (Quotient de Danger – QD) et de 10<sup>-5</sup> pour les effets sans seuil (Excès de Risque Individuel – ERI). Par ailleurs les teneurs en plomb et arsenic restent faibles. Le Tableau 104 résume les calculs de risque associés à ces scénarii.

Sur ces scénarii, GEODERIS recommande :

- D'appliquer les règles d'hygiène fondamentales : lavage des mains à la suite d'activités ;
- D'éviter l'apport de poussières extérieures dans l'habitation (retrait des chaussures qui viennent de l'extérieur).

N° fiche scénario	Cibles	Substance	EQRS	Commune	Parcelle	Teneurs en plomb (mg/kg)
6	Enfants scénario générique	Plomb	QD =1,24	Durfort/Saint Martin de Sossenac	AT144	-
					AT145	-
					AT146	116
					AT147	85,6
					AT148	59
					AT149	-
2	Enfants	Plomb	QD =1,22		AT150	-
					AT270	89,1
					AT272	-
					AT273	155
					AT274	168
	Adultes	Arsenic	ERI = 1,54.10 <sup>-5</sup>		-	-
12	Enfants / Adultes	Plomb / Arsenic	ERI(As) = 1,34.10 <sup>-5</sup>	AV192	113	

**Tableau 104 : Résultats des calculs de risque sanitaire et teneurs maximales en plomb mesurées sur les parcelles des « fiches scénarii 6, 2 et 12 » (orange si supérieure au seuil d'alerte de 100 mg/kg fixé par HCSP)**

Toutes les parcelles de la zone d'étude n'ayant pu faire l'objet d'investigations dans le cadre de ce travail, il est conseillé d'appliquer ces recommandations à toute parcelle sur laquelle la présence de matériaux issus des dépôts de résidus est suspectée (tout particulièrement les parcelles situées en bordure du ruisseau de Vassorgues en aval du site minier et les parcelles jouxtant les dépôts et/ou les zones de travaux).

### Consommation de végétaux

Seuls trois scénarii présentent des teneurs mesurées dans les végétaux qui excèdent les valeurs réglementaires et génèrent des calculs de risque dont les résultats dépassent les valeurs seuils. Il s'agit des scénarios 1, 5 et 9.

Concernant le scénario 1, des valeurs exceptionnellement élevées des teneurs en plomb dans un topinambour conduisent à des QD très élevés (Tableau 105). Cette unique mesure, exceptionnellement élevée, représente un cas isolé qui ne se retrouve pas dans le restant des végétaux prélevés dans les jardins concernés.

Les dépassements de valeur réglementaire concernent par ailleurs la mélisse, les pommes de terre, les mûres et le thym qui peut se retrouver également sur des sentiers de randonnée. Ces dépassements restent peu élevés.

Dans les autres scénarii, les valeurs de QD calculés sur la substance plomb restent relativement peu élevées.

N° fiche scénario	Commune	Parcelles	Voie d'exposition	Cibles	Substance	EQRS (topinambour)	Végétaux	Valeur réglementaire + excédant (mg/kg)
1	Durfort/Saint Martin de Sossenac	AV001 ; AV002 ; AD045 ; AD043/044 ; AD051 ; AD316/54/52 ; AD057/058/063	Ingestion de végétaux	Adultes	Plomb	QD = 7,19	Topinambour	0,1 + 21,9
				Enfants		QD = 26,4	Mélisse	0,1 + 0,08
5		AV181	Ingestion de végétaux	Enfants	Plomb	QD = 2,41	Pomme de terre	0,10 + 0,03
9		AT122 ; AT403	Ingestion de végétaux	Enfants	Plomb	QD = 1,36	Mûres	0,10 + 0,07
				Adultes /enfants	Cadmium	-		0,05 + 0,004

**Tableau 105 : Résultats des calculs de risque sanitaire pour les végétaux des parcelles des « fiches scénario 1, 5 et 9 ».**

Pour ces scénarios, GEODERIS recommande :

- D'appliquer les règles d'hygiène essentielles : lavage des mains à la suite d'activités de jardinage, laver et éplucher les des végétaux avant consommation ;
- D'éviter les cultures accumulatrices comme le topinambour ;
- De limiter la cueillette des plantes sauvages et herbes aromatiques en particulier le thym et les mûres ;
- D'assurer une consommation variée des plantes potagères.

### Consommation des eaux

Parmi les points d'eau investigués dans le cadre de l'étude, l'un d'entre eux présente des teneurs en fer et manganèse supérieures à la limite de potabilité. Il s'agit d'un puits inutilisé sur la parcelle AT275, riche en particules en suspension. Si ce puits doit être réutilisé, il faudra prévoir une purge et refaire une mesure de la qualité des eaux.

### Recommandations générales pour les usages des espaces privés

Aux recommandations spécifiques à certaines parcelles et/ou certains usages énoncés précédemment, s'ajoutent un certain nombre de bonnes pratiques quotidiennes qu'il convient de rappeler.

Ces bonnes pratiques doivent permettre de limiter l'exposition des usagers au plomb.

Ces conseils sanitaires, émis pour certains par l'ARS dès 2008 (Direction des Affaires Sanitaires et Sociales de la Lozère, 2008), concernent l'ensemble des personnes

fréquentant la commune de Durfort/Saint Martin de Sossenac et les abords du ruisseau du Vassorgues :

- Ne pas consommer l'eau des puits et sources privés (boisson et cuisson des aliments) sans s'être assuré de sa potabilité tout particulièrement au niveau des teneurs en métaux et métalloïdes ;
- Ne pas arroser les potagers avec l'eau provenant du ruisseau du Vassorgues, de puits ou de sources privées sans s'être assuré de sa potabilité tout particulièrement au niveau des teneurs en métaux et métalloïdes ;
- Laver soigneusement les végétaux des potagers avec l'eau du réseau public avant de les consommer ;
- Préférer le nettoyage humide des habitations (serpillère et éponge plutôt que balai et aspirateur afin d'éviter la remise en suspension des poussières) ;
- Limiter au maximum l'entrée des poussières et de la terre venant de l'extérieur (se déchausser après avoir travaillé dans le jardin, être attentif aux allers et venues des animaux domestiques) ;
- En présence d'enfants habitant ou fréquentant régulièrement le logement :
  - Laver régulièrement leurs mains surtout lorsqu'ils ont joué à l'extérieur ;
  - Couper leurs ongles courts ;
  - Laver régulièrement les jouets.

#### **7.4.2.2 Espaces publics : jardins publics, chemins de randonnées, terrain de football, skate-park et terrains de pétanque**

Les voies d'exposition considérées sont :

- Ingestion de sol lors d'activités de randonnées ou jeux en extérieur. Ces voies d'exposition concernent à la fois les adultes et les enfants ;
- Ingestion de végétaux sur les sentiers de randonnées. Ces voies d'exposition concernent à la fois les adultes et les enfants.

#### **Ingestion de sols**

Le Tableau 106 indique les teneurs maximales en plomb et arsenic mesurées sur les sentiers de randonnée.

N° fiche scénario	Usage	Commune	Parcelle	Substance	Plomb (mg/kg)	Arsenic (mg/kg)
28	Chemin de promenade + bivouac éventuel	Fressac	AD061/063	Plomb	6520	60,7
15	Chemin de promenade	Durfort/Saint Martin de Sossenac	Chemin public	Plomb	4400	78,7
23	Chemin de promenade		AT121	Plomb	2300	110
			AT125		2020	89,8
3	Chemin de promenade		Chemin public	Plomb	1070	38,4
24	Jardin public		AV291	Plomb	129	18,2
26	Stage de football / Skate-park / Terrain de pétanque		AT411	Plomb	139	14,2

**Tableau 106 : Teneurs maximales en plomb et arsenic mesurées dans les sols des chemins de randonnée**

Avec une exposition fixée à deux jours par an, tous les scénarii sont compatibles. Néanmoins les teneurs en plomb et arsenic dans les zones de randonnées proches de la laverie de Durfort et des haldes de creusement sont particulièrement élevées, et dépassent largement, dans le cas du plomb, les seuils d'alerte fixés par le HCSP.

Pour les scénarii 28, 15, 23 et 3, GEODERIS recommande :

- De ne pas aménager d'aire de repos, ni de pique-nique favorisant le stationnement des promeneurs ;
- De mettre en place une signalisation prévenant de la présence de pollution.

En cas de fréquentation prolongée ou régulière, il pourrait être envisagé un recouvrement de cette zone (enrobé, graviers ou 30 cm de terre végétale compactée) sur des sentiers spécifiquement aménagés.

Pour les scénarii 24 et 26, les recommandations relèvent des précautions basiques de nettoyage de mains après toute activité en extérieur.

### **Ingestion de végétaux**

Seuls trois scénarii présentent des teneurs mesurées dans les végétaux qui excèdent les valeurs réglementaires et qui sont responsables de résultats dépassant les valeurs seuils pour les calculs de risque sanitaire. Il s'agit des scénarii 15, 23 et 28, présentés dans le Tableau 107.

N° fiche scénario	Commune	Parcelle	Voie d'exposition	Cibles	Substance	EQRS	Végétaux	Valeur réglementaire + excédant (mg/kg)
15	Durfort/Saint Martin de Sossenac	Chemin public	Ingestion de végétaux	Enfants	Plomb	2,66	Thym	
					Arsenic	4,49.10 <sup>-5</sup>		
				Adultes	Plomb	1,35		
				Adultes/enfants	Cadmium			0,2 + 0,22
28	Fressac	AD61/AD63	Ingestion de végétaux	Adultes	Toutes substances	QD = 2,4	Thym	
				Enfants	Plomb	QD = 1,95		
				Adultes/enfants	Cadmium			0,2 + 1,2
23	Durfort/Saint Martin de Sossenac	AT121/AT125	Ingestion de végétaux	Enfants	Plomb	QD = 1,36	Tous végétaux	
				Adultes/enfants		Cadmium	-	Mûres
						Thym	0,05 + 0,004	
								0,05 + 0,024

**Tableau 107 : Résultats des calculs de risque sanitaire pour les végétaux des parcelles des « fiches scénarii 15, 23 et 28 ».**

Concernant les scénarii 15 et 28, les résultats des calculs de risque sanitaire pour le plomb et l'arsenic sont légèrement plus élevés que les valeurs seuils. Par ailleurs, des dépassements importants de valeurs réglementaires en cadmium sont relevés dans le thym prélevé sur les parcelles correspondant au scénario 28 (6 fois la valeur réglementaire).

Pour le scénario 23, le calcul de risque sanitaire concernant les enfants pour tous les végétaux donne un QD de 1,36, qui reste très proche de la valeur seuil. Les dépassements des valeurs réglementaires pour les mûres et le thym sont très peu élevés.

Compte tenu de ces scénarii, GEODERIS recommande d'interdire la cueillette des plantes sauvages et herbes aromatiques en particulier le thym et les mûres.

### 7.4.2.3 Usages professionnels agricoles

Seule la voie d'exposition « ingestion de sol » a été considérée pour ce type d'usage. Il s'agit d'usages agricoles concernant des pâtures et des champs de vigne. Les résultats des calculs de risque et des teneurs en plomb et arsenic mesurées sont présentés dans le Tableau 108.

Les prélèvements effectués sur la parcelle AE123 révèlent des teneurs en plomb deux fois supérieures au seuil d'alerte de 300 mg/kg fixé par le HCSP, qui conduisent à un calcul du QD de 4,10, dans le cadre d'un scénario générique pour les enfants. Par ailleurs les teneurs en arsenic mènent à un calcul de ERI de 1,18.10<sup>-5</sup>, ce qui reste une valeur très proche de la valeur seuil.

En conclusion, les usages sur ces scénarii présentent peu de risques pour les adultes et encore moins pour les enfants dans la mesure où l'application d'un scénario générique les impliquant sur des parcelles agricoles semble peu probable.

Les recommandations sur ces usages sont donc d'appliquer les règles d'hygiène essentielles, à savoir ; lavage des mains à la suite d'activités de jardinage, lavage et

épluchage des végétaux avant consommation, éviter le contact trop fréquent avec les particules des sols.

N° fiche scénario	Commune	Parcelle	Usage	Cibles	Substance	EQRS	Plomb (mg/kg)	Arsenic (mg/kg)
21	Durfort/Saint Martin de Sossenac	AE123	Pâture	Enfants scénario générique	Plomb	QD = 4,10	<b>633</b>	22,5
					Arsenic	ERI = $1,18.10^{-5}$		
17		AT205	Pâture	Adultes	Arsenic	ERI = $1,49.10^{-5}$	<b>116</b>	47,6
				Enfants scénario générique		ERI = $2,5.10^{-5}$		
19	AT206	Vignes	Enfants scénario générique	Plomb	QD = 1,35	<b>209</b>	28,7	
				Arsenic	ERI = $1,15.10^{-5}$			
20	AD070	Vignes	Enfants / Adultes	Plomb	-	<b>128</b>	18,3	
	AV197							94,5

**Tableau 108 : Résultats des calculs de risque sanitaire et teneurs maximales en plomb et arsenic sur les parcelles des « fiches scénarii 17, 19, 20 et 21 »**

### 7.4.3 Information

GEODERIS recommande de conserver la mémoire des sources de pollution identifiées à l'issue du diagnostic dans les documents d'urbanisme et les secteurs d'informations des sols (SIS) et de porter à connaissance les résultats des études menées.





## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Résultats de l'inventaire, en terme de classe "population-environnement", à l'échelle métropolitaine (source : GEODERIS N2014/0003DE - 14NAT2420, 2014) .....	12
Figure 2 : Localisation des dépôts des titres miniers de Lacoste et de La Grande Vernissière .....	13
Figure 3 : Les deux démarches de gestion des sites pollués (Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, 2017) .....	14
Figure 4 : Principe de la démarche IEM (Direction générale de la Prévention des Risques, Bureau du Sol et du Sous-Sol, 2017).....	15
Figure 5 : Schéma conceptuel général d'exposition des personnes à un site pollué (modifié d'après INERIS, 2001, Fiche « Sites et sols potentiellement pollués ») .....	16
Figure 6 : Cartographie des titres miniers de Lacoste et de la Grande Vernissière, qui concernent majoritairement les communes de de Durfort-et-Saint-Martin-de-Sossenac, et Fressac. Les zones de dépôts 30_0047_A, 30_0047_B et 30_0061 sont indiqués en bleu. ....	24
Figure 7: Localisation des concessions de Lacoste et de La Grande Vernissière sur les terrains jurassiques du dôme de Durfort. La ligne en pointillés noirs indique le tracé de la coupe géologique qui détaille la structure des terrains au niveau de dôme (source : BRGM 1988 et 1991) .....	26
Figure 8 : Localisation des différents amas explorés sur les concessions de Lacoste et de La Grande Vernissière.....	28
Figure 9 : Masses d'eau souterraines répertoriées au droit des titres miniers de Lacoste et de la Grande Vernissière, niveau 01(source : Infoterre, 2015) .....	30
Figure 10 : Entités hydrogéologiques répertoriées au droit des titres miniers de Lacoste et de la Grande Vernissière (source : Infoterre, 2015).....	31
Figure 11 : Carte de situation des ouvrages et points d'eau dans les concessions minières issus de la BSS sur fond de la carte géologique au 1/50 000 Le Vigan .....	32
Figure 12 : Réseau hydrographique dans l'environnement proche des titres miniers de Lacoste et de La Grande Vernissière (source : Infoterre, 2015).....	33
Figure 13 : Etat de la qualité chimique des eaux de surface dans l'environnement proche des titres miniers de Lacoste et La Grande Vernissière (source : Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 2015).....	34
Figure 14 : Etat de la qualité écologique des eaux de surface dans l'environnement proche des titres miniers de La Coste et La Grande Vernissière (source : Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, 2015).....	35
Figure 15 : Ruisseau du Vassorgues s'écoulant au droit des titres miniers de Lacoste et La Grande Vernissière.....	35
Figure 16 : Fréquences des vents mensuels moyennées entre 2010 et 2015 (source : Météo France, station de Cognac – Gard) .....	36
Figure 17 : Moyennes mensuelles des cumuls des hauteurs de précipitation et moyenne des températures de la région de Durfort entre 2000 et 2015 .....	37
Figure 18 : Localisation des principales zones de travaux de Lacoste et la Grande Vernissière (Fond de carte : SCAN 25® de l'IGN).....	47
Figure 19 : Localisation des étages d'exploitation de la mine de Lacoste .....	49
Figure 20 : Travaux de la société Vieille Montagne entre 1955 et 1957 .....	51
Figure 21 : Travaux de la société Vieille Montagne entre 1967 et 1971 .....	51
Figure 22 : Localisation des travaux de Lacoste et Cazalis (fond de carte : BD ORTHO® de l'IGN)...	52
Figure 23 : Localisation des travaux de la Grande Vernissière.....	54
Figure 24 : Localisation des travaux de la Grande Vernissière (fond de carte : BD ORTHO® de l'IGN) .....	55
Figure 25 : Description succincte de la méthode de préparation du minerai de plomb de Lacoste vers 1820.....	57
Figure 26 : Localisation des installations de l'ancienne laverie de Lacoste .....	61
Figure 27 : Localisation des installations de l'ancienne laverie de la Grande Vernissière.....	63

Figure 28 : Schéma du bassin de décantation de Lacoste fin 1912 (source : rapport de l'ingénieur des mines de 21/12/1912).....	65
Figure 29 : Image d'archives localisant les zones de dépôts de résidus encore visibles aujourd'hui ..	71
Figure 30 : Haldes de laveries avant réaménagement en 1994 .....	72
Figure 31 : Les haldes de laverie (résidus) stabilisées et son mur de soutènement en 2007 .....	72
Figure 32 : Localisation des dépôts observés dans le cadre de l'étude environnementale.....	82
Figure 33 : Localisation des points de mesure et d'analyse relevés sur la zone de dépôt de Lacoste	83
Figure 34 : Répartition des différentes classes granulométriques sur la zone de dépôt de Lacoste....	84
Figure 35 : Localisation et observation des matériaux fins constituant les résidus au niveau de la laverie et du bassin de décantation. A noter sur la photo intermédiaire de l'échantillon RESg_021, les précipités blanchâtres de sulfates sur et autour des fragments les plus grossiers.....	85
Figure 36 : Localisation et observation des matériaux sableux (sables moyens à grossiers) des résidus au niveau de la digue à stériles de la zone de dépôt de Lacoste.....	86
Figure 37 : Localisation et observation des matériaux hétérogènes de stériles rocheux au niveau des haldes de la partie centrale de Lacoste.....	87
Figure 38 : Distribution des éléments chimiques d'intérêt en fonction de la granulométrie des échantillons considérés .....	88
Figure 39 : Cartes des teneurs obtenues par fluorescence X de terrain (xPRF) pour les éléments Zn, Pb, As et Cd sur la zone de dépôt de Lacoste .....	93
Figure 40 : Carte des teneurs pour l'élément Ca sur la zone de dépôt de Lacoste.....	95
Figure 41 : Localisation des anciennes installations et dépôts analysés sur la concession de la Grande Vernissière (l'ancienne laverie de Fressac est située au sud de la figure) .....	100
Figure 42 : Vue sur les haldes de stériles de la zone de dépôt de la Grande Vernissière .....	101
Figure 43 : Vestige du bassin de décantation de la laverie de Fressac.....	101
Figure 44 : Résidus échantillonnés sur la laverie de Fressac. Les matériaux sont très fins, beige clair virant sur le brun en profondeur .....	102
Figure 45 : Carte de localisation des prélèvements d'eaux superficielles (ESU).....	105
Figure 46 : Evolution de la teneur en zinc et en plomb des eaux superficielles en fonction de la distance à la zone de dépôts.....	108
Figure 47 : Evolution de la teneur en zinc et en cadmium en fonction de la distance à la zone de dépôts.....	109
Figure 48 : Evolution de la teneur en arsenic, en antimoine et en cuivre en fonction de la distance à la zone de dépôts .....	109
Figure 49 : Vue de l'échantillon ESUg_001 prélevé au pied de la digue de stériles dans un cours d'eau quasi-stagnant .....	110
Figure 50 : Comparaison des concentrations en plomb dans les prélèvements d'eaux superficielles brutes et filtrées d'amont en aval .....	111
Figure 51 : Vue sur le cours d'eau du Vassorgues au niveau du prélèvement ESU_005_HE. Des flocs orangés témoignant de la présence de précipités chargés en oxydes de fer sont visibles .....	111
Figure 52 : Comparaison des concentrations en zinc dans les prélèvements d'eaux superficielles brutes et filtrées .....	112
Figure 53 : Comparaison des concentrations en cadmium dans les prélèvements d'eaux superficielles brutes et filtrées .....	112
Figure 54 : Comparaison des concentrations en arsenic dans les prélèvements d'eaux superficielles brutes et filtrées .....	113
Figure 55 : Variations des concentrations en plomb avec la distance à la zone de dépôts selon le régime hydrologique saisonnier .....	114
Figure 56 : Variations des concentrations en zinc avec la distance à la zone de dépôts selon le régime hydrologique saisonnier.....	114
Figure 57 : Variations des concentrations en cadmium avec la distance à la zone de dépôts selon le régime hydrologique saisonnier .....	115
Figure 58 : Variations des concentrations en arsenic avec la distance à la zone de dépôts selon le régime hydrologique saisonnier .....	116

Figure 59 : Carte de localisation des prélèvements de sédiments .....	117
Figure 60 : Evolution de la composition chimique des sédiments en fonction de la distance à la zone de dépôts.....	118
Figure 61 : Répartition des classes granulométriques dans les différents échantillons de sédiments collectés.....	118
Figure 62 : Localisation des points de prélèvement des eaux souterraines (ESO) retenus sur la zone d'étude.....	121
Figure 63 : Localisation des mesures pXRF et des échantillons de l'Inventaire Minier National retenus pour la caractérisation du fond géochimique.....	125
Figure 64 : Distribution statistique des teneurs en plomb (sup. gauche), zinc (sup. droit) et cadmium (inf) relevées dans les sols des différentes formations géologiques concernant le secteur d'étude (unité : mg/kg).....	127
Figure 65 : Carte des teneurs en plomb dans les sols en prenant en compte les mesures dans la zone de dépôt.....	135
Figure 66 : Carte des teneurs en plomb dans les sols à l'extérieur de la zone de dépôt.....	136
Figure 67 : Carte des teneurs en zinc dans les sols en prenant en compte les mesures dans la zone de dépôt.....	137
Figure 68 : Carte des teneurs en zinc dans les sols à l'extérieur de la zone de dépôt.....	138
Figure 69 : Carte des teneurs en cadmium dans les sols en incluant la zone de dépôt.....	139
Figure 70 : Teneurs en arsenic dans les sols en incluant la zone de dépôt.....	141
Figure 71 : Variations des teneurs en plomb dans les sols, sédiments et eaux sur la parcelle AT201 .....	142
Figure 72 : Variations des teneurs en zinc dans les sols, sédiments et eaux sur la parcelle AT201 .	143
Figure 73 : Variations des teneurs en cadmium dans les sols, sédiments et eaux sur la parcelle AT201 .....	143
Figure 74 : Évolution des teneurs en plomb, zinc et cadmium dans les sols et les eaux de la parcelle AT201 selon la distance au Vassorgues.....	144
Figure 75 : Schéma conceptuel préliminaire relatif à la commune de Durfort et Saint Martin de Sossenac (30170) .....	150
Figure 76 : Schéma conceptuel préliminaire relatif à la commune de Fressac (30170).....	151
Figure 77 : Périmètre d'investigations associées au titre minier de Lacoste et de La Grande Vernissière.....	152
Figure 78 : Intervalles de gestion donnés par la grille de calculs de l'IEM (source : MTEs, 2017) ....	163
Figure 79 : Rappel de l'emplacement des différents sites de la zone de dépôts de Lacoste identifiés par l'inventaire DDIE et concernés par les travaux de réhabilitation .....	230
Figure 80 : Localisation des anciens bâtiments de la laverie et des anciens bassins de décantation sur le site de Lacoste.....	231
Figure 81 : Bassin de décantation située au sud de la route dont le fond est partiellement stabilisé par le développement de végétation .....	232
Figure 82 : Bassin de décantation et son contenu en résidus de traitement fins et limoneux largement raviné par les eaux de ruissèlement.....	232
Figure 83 : Vue sur l'intérieur du bassin de décantation dont une partie du mur de retenue s'est effondrée.....	233
Figure 84 : Rappel de la localisation de la digue à stériles (résidus) sur le site de Lacoste.....	234
Figure 85 : Vue des résidus encore en place et fortement ravinés dans la « digue à stériles ».....	234
Figure 86 : Vue sur le haut de la digue à stériles. Un canal de conduite des eaux de pluie peut être aménagé sur le sommet de la digue pour éviter le ravinement de la digue.....	235
Figure 87 : Localisation des haldes de laverie partiellement stabilisées sur le site de Lacoste (mur de soutènement, végétalisation).....	236
Figure 88 : Vue sur le talus stabilisé des haldes de laverie, et sur le mur de soutènement situé à la base.....	236
Figure 89 : Vue sur les haldes de laverie partiellement ravinées au milieu de la revégétalisation naturelle.....	237

Figure 90 : Localisation des haldes de creusement centrales sur le site de Lacoste .....	237
Figure 91 : Vue sur les haldes de stériles de creusement, qui forment un mamelon de matériaux rocheux partiellement revégétalisé.....	238
Figure 92 : Localisation de la mine à ciel ouvert et des haldes de stériles de creusement sur le site de Lacoste .....	239
Figure 93 : Vue sur l'ancienne mine à ciel ouvert de Lacoste. La surface est très irrégulière, et recouverte d'une végétation rase .....	239
Figure 94 : Vue sur les haldes de stériles de creusement formant un talus instable en contrebas de la mine à ciel ouvert de Lacoste.....	240
Figure 95 : Vue sur le site de La Grande Vernissière et les différentes zones concernées par des travaux de réhabilitation .....	240
Figure 96 : Vue sur les haldes de stériles de creusement de La Grande Vernissière .....	241
Figure 97 : Bâtiments de la laverie de Fressac. Le sol est couvert de résidus de traitement fins .....	242

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Compatibilité des milieux avec leurs usages en fonction des résultats de l'EQRS .....	18
Tableau 2 : Planning prévisionnel initial résumant les étapes de l'étude sur les anciennes mines de Lacoste et La Grande Vernissière .....	21
Tableau 3 : Sources consultées pour la recherche de documents d'archives concernant les concessions de Lacoste et de la Grande Vernissière. ....	22
Tableau 4 : Scores de risques population-environnement attribués aux dépôts identifiés des titres miniers de Lacoste et de la Grande Vernissière (Pop-env. : Population-environnement ; Pop : Population ; Eaux sout. : Eaux souterraines ; Eaux sup. : Eaux superficielles .....	23
Tableau 5 : Minéralogie des gisements de Lacoste et de La Grande Vernissière.....	29
Tableau 6 : Moyennes mensuelles des vitesses des vents entre 2010 et 2015 (source : Météo France, station de Cognac).....	36
Tableau 7 : Synthèse des événements d'inondations ayant eu lieu sur les communes de Durfort/Saint Martin de Sossenac et Fressac.....	40
Tableau 8 : Synthèse des services consultés pour l'élaboration de l'étude historique .....	41
Tableau 9 : Synthèse de l'historique administratif de la concession de Lacoste .....	42
Tableau 10 : Synthèse de l'historique administratif de la concession de la Grande Vernissière.....	43
Tableau 11 : Tonnages extraits déclarés entre 1839 et 1876 sur la mine de Lacoste .....	44
Tableau 12 : Production brute et tonnage vendu entre 1901 et 1908.....	44
Tableau 13 : production métal sur la mine de Lacoste de 1948 à la fermeture .....	45
Tableau 14 : Tonnages extraits déclarés entre 1839 et 1899 de la concession de la Grande Vernissière.....	45
Tableau 15 : Description de photographies anciennes de la laverie de Lacoste au tout début du XXème siècle.....	60
Tableau 16 : Description de photographies anciennes sur l'ancienne laverie de la Grande Vernissière (source : mairie de Durfort).....	64
Tableau 17: Evolution des installations de surface depuis 1946 (source : IGN) ;.....	69
Tableau 18 : Tableau récapitulatif des campagnes de prélèvements et de mesures menées par les équipes de GEODERIS, du BRGM et de l'INERIS entre 2015 et 2016 (rés = résidus, sol = sols, esu = eaux superficielles, eso = eaux souterraines, sed = sédiments, veg = végétaux= .....	74
Tableau 19 : Dépôts présents sur les titres miniers de la Lacoste et de la Grande Vernissière, avec scores de risque associés .....	81
Tableau 20 : Mesures pXRF sélectionnées et représentatives sur la « digue à stériles » .....	89
Tableau 21 : Mesures pXRF sélectionnées et représentatives sur les installations de la laverie .....	90
Tableau 22 : Mesures pXRF sélectionnées sur les haldes de stériles rocheux de la partie centrale et partie Ouest (MCO) .....	91
Tableau 23. Résultats des analyses chimiques par ICP-AES réalisées sur les résidus de traitement et les stériles d'exploitation de la zone de dépôts de Lacoste .....	97
Tableau 24. Valeurs moyennes des concentrations en éléments chimiques retenues sur la zone de dépôt de Lacoste (en mg/kg).....	99
Tableau 25 : Résultats des mesures (pXRF) sur les principaux éléments suivis dans la zone de dépôt de la Grande Vernissière et dans l'ancienne laverie de Fressac, (les unités sont en mg/kg) .....	102
Tableau 26 : Résultats des analyses chimiques ICP/EAS réalisées sur les échantillons de la Grande Vernissière.....	103
Tableau 27 : Valeurs moyennes des concentrations en éléments chimiques retenues sur la zone de dépôt de La Grande Vernissière (en mg/kg) .....	103
Tableau 28 : Présentation des points de prélèvements en eaux superficielles, avec leur localisation et leur distance par-rapport à la zone de dépôts.....	104

Tableau 29 : Principaux paramètres physico-chimiques et composition en cations majeurs des eaux brutes superficielles .....	106
Tableau 30 : Eléments traces d'intérêt analysés dans les eaux superficielles brutes en périodes hautes eaux (HE) et basses eaux .....	107
Tableau 31 : Description des prélèvements de sédiments sur le secteur de Lacoste .....	117
Tableau 32 : Composition chimique caractéristique des sédiments prélevés (unités en mg/kg MS) .	118
Tableau 33 : Points d'eau souterraines identifiés sur la zone d'étude .....	120
Tableau 34 : Paramètres physico-chimiques et cations majeurs analysés sur eaux brutes des puits et forage investigués en hautes eaux sur la zone d'étude .....	122
Tableau 35 : Concentrations des éléments traces dans les eaux souterraines aux deux périodes hautes eaux (HE) et basses eaux (BE) .....	123
Tableau 36 : Résultats statistiques sur les échantillons de l'Inventaire Minier et des mesures pXRF sélectionnés pour la caractérisation du fond géochimique .....	125
Tableau 37 : Résultats des analyses de laboratoire sur les échantillons de sols de la formation I3-4a (dolomie siliceuse du Sinémurien-Lotharingien inférieur) .....	130
Tableau 38 : Résultats des mesures pXRF et des analyses de laboratoire sur les sols de la formation I4b (calcaires bleus du Lotharingien supérieur) .....	131
Tableau 39 : Résultats des mesures pXRF et des analyses de laboratoire sur les sols de la formation I6-8 (marnes et argilites du Domérien - Toarcien supérieur) .....	133
Tableau 40 : Résultats des mesures pXRF et des analyses de laboratoire sur les sols de la formation I9-j1 (calcaires siliceux gris de l'Aalénien – Bajocien du Jurassique moyen) .....	133
Tableau 41 : Résultats des mesures pXRF et des analyses de laboratoire sur les sols de la formation n1-2 (Berriasien-Valanginien du Crétacé inférieur) .....	133
Tableau 42 : Résultats des mesures pXRF et des analyses de laboratoire sur les sols de la formation Fz (n3a) (alluvions au-dessus de la formation Hauterivien du Crétacé inférieur .....	133
Tableau 43 : Coefficients de Pearson entre l'arsenic, le plomb, le zinc pour les différentes formations géologiques investiguées .....	140
Tableau 44 : Eléments chimiques retenus dans l'évaluation des risques sanitaires .....	155
Tableau 45 : Voies de transfert et d'exposition retenues pour l'évaluation des risques sanitaires (tiré du rapport INERIS-DRC-15-153381-04996B) .....	160
Tableau 46 : Concentration en plomb dans différents milieux - Niveau déclenchant un dépistage du saturnisme (HCSP, 2014) .....	162
Tableau 47 : Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) retenues (nc : non concerné) .....	194
Tableau 48 : Détermination des classes d'âges (source : INERIS 2015) .....	195
Tableau 49 : Détermination des masses corporelles (source : INERIS 2015) .....	195
Tableau 50 : Paramètres d'exposition retenus pour les différents scénarii associés à la voie ingestion de sol pour les adultes de plus de 18 ans .....	197
Tableau 51 : Paramètres d'exposition retenus pour les différents scénarii associés à la voie ingestion de sol pour les enfants de moins de 6 ans .....	198
Tableau 52 : Paramètres d'exposition retenus pour les différents scénarii associés à la voie ingestion de denrées alimentaires et d'eau pour les adultes de plus de 18 ans .....	198
Tableau 53 : Paramètres d'exposition retenus pour les différents scénarii associés à la voie ingestion de denrées alimentaires et d'eau pour les enfants de moins de 6 ans .....	199
Tableau 54 : Quantité de végétaux ingérés (source : INERIS 2015) .....	201
Tableau 55 : Calculs de risque pour la voie ingestion de sols dans le jardin potager et le jardin d'agrément .....	204
Tableau 56 : Concentrations en plomb dans les échantillons de sols des parcelles concernées. Les valeurs indiquées en orange sont supérieures au seuil de 100 mg/kg MS, les valeurs indiquées en rouge sont supérieures au seuil de 300 mg/kg MS établis par le HCSP .....	205
Tableau 57 : Calculs de risque pour la voie ingestion de végétaux .....	205
Tableau 58 : Concentrations des substances mesurées dans les végétaux. Les concentrations présentées en rouge sont supérieures aux valeurs réglementaires fixées par le Règlement Européen 1881/2006 modifié .....	205

Tableau 59 : Calculs de risque pour la voie ingestion de sols dans le jardin d'agrément.....	206
Tableau 60 : Concentrations en plomb dans les échantillons de sols des parcelles concernées. Les valeurs indiquées en orange sont supérieures au seuil de 100 mg/kg MS établis par le HCSP .....	206
Tableau 61 : Concentrations mesurées dans les eaux souterraines et eaux superficielles. Les concentrations en rouges sont supérieures aux valeurs réglementaires de l'eau potable. ....	207
Tableau 62 : Concentrations en plomb dans les échantillons de sols des parcelles concernées. Les valeurs indiquées en rouge sont supérieures au seuil de 300 mg/kg MS établis par le HCSP .....	207
Tableau 63 : Concentrations des substances mesurées dans les arbruses. Les concentrations présentées en rouge sont supérieures aux valeurs réglementaires fixées par le Règlement Européen 1881/2006 modifié. ....	207
Tableau 64 : Calculs de risque pour la voie ingestion de sols dans le potager et le jardin d'agrément. ....	208
Tableau 65 : Concentrations en plomb dans les échantillons de sols des parcelles concernées. Les valeurs indiquées en orange sont supérieures au seuil de 100 mg/kg MS, les valeurs indiquées en rouge sont supérieures au seuil de 300 mg/kg MS établis par le HCSP .....	209
Tableau 66 : Calculs de risque pour la voie ingestion de végétaux chez les enfants.....	209
Tableau 67 : Concentrations des substances mesurées dans les pommes de terre. Les concentrations présentées en rouge sont supérieures aux valeurs réglementaires fixées par le Règlement Européen 1881/2006 modifié. ....	209
Tableau 68 : Calculs de risque pour le scénario générique .....	210
Tableau 69 : Concentrations en plomb dans les échantillons de sols des parcelles concernées. Les valeurs indiquées en orange sont supérieures au seuil de 100 mg/kg MS établis par le HCSP .....	210
Tableau 70 : Calculs de risque pour la voie ingestion de sols dans le jardin potager et le jardin d'agrément.....	211
Tableau 71 : Concentrations en plomb dans les échantillons de sols des parcelles concernées. Les valeurs indiquées en orange sont supérieures au seuil de 100 mg/kg MS, les valeurs indiquées en rouge sont supérieures au seuil de 300 mg/kg MS établis par le HCSP .....	211
Tableau 72 : Calculs de risque pour la voie ingestion de sols dans le jardin d'agrément.....	212
Tableau 73 : Concentrations en plomb dans les échantillons de sols des parcelles concernées. Les valeurs indiquées en rouge sont supérieures au seuil de 300 mg/kg MS établis par le HCSP .....	212
Tableau 74 : Calculs de risque pour la voie ingestion de végétaux. ....	212
Tableau 75 : Concentrations des substances mesurées dans les végétaux. Les concentrations présentées en rouge sont supérieures aux valeurs réglementaires fixées par le Règlement Européen 1881/2006 modifié. ....	213
Tableau 76 : Concentrations en plomb dans les échantillons de sols des parcelles concernées. Les valeurs indiquées en orange sont supérieures au seuil de 100 mg/kg MS, les valeurs indiquées en rouge sont supérieures au seuil de 300 mg/kg MS établis par le HCSP .....	213
Tableau 77 : Calculs de risque pour le scénario générique. ....	213
Tableau 78. Concentrations en plomb dans les échantillons de sols des parcelles concernées. Les valeurs indiquées en orange sont supérieures au seuil de 100 mg/kg MS établis par le HCSP .....	214
Tableau 79 : Calculs de risque pour la voie ingestion de sols dans le jardin d'agrément. ....	214
Tableau 80 : Calculs de risque pour le scénario générique. ....	214
Tableau 81 : Concentrations en plomb dans les échantillons de sols des parcelles concernées. Les valeurs indiquées en rouge sont supérieures au seuil de 300 mg/kg MS établis par le HCSP .....	215
Tableau 82 : Calculs de risque pour la voie ingestion de végétaux. ....	216
Tableau 83 : Concentrations des substances mesurées dans le thym. Les concentrations présentées en rouge sont supérieures aux valeurs réglementaires fixées par le Règlement Européen 1881/2006 modifié. ....	216
Tableau 84 : Calculs de risque pour la voie ingestion de sols. ....	217
Tableau 85 : Calculs de risque pour le scénario générique. ....	217
Tableau 86 : Concentrations en plomb dans les échantillons de sols des parcelles concernées. Les valeurs indiquées en orange sont supérieures au seuil de 100 mg/kg MS établis par le HCSP .....	217
Tableau 87 : Calculs de risque pour le scénario générique. ....	218

Tableau 88 : Concentrations en plomb dans les échantillons de sols des parcelles concernées. Les valeurs indiquées en orange sont supérieures au seuil de 100 mg/kg MS établis par le HCSP .....	218
Tableau 89 : Concentrations en plomb dans les échantillons de sols des parcelles concernées. Les valeurs indiquées en orange sont supérieures au seuil de 100 mg/kg MS établis par le HCSP .....	218
Tableau 90 : Calculs de risque pour le scénario générique. ....	219
Tableau 91 : Concentrations en plomb dans les échantillons de sols des parcelles concernées. Les valeurs indiquées en rouge sont supérieures au seuil de 300 mg/kg MS établis par le HCSP .....	219
Tableau 92 : Concentrations en plomb dans les échantillons de sols des parcelles concernées. Les valeurs indiquées en rouge sont supérieures au seuil de 300 mg/kg MS établis par le HCSP .....	219
Tableau 93 : Calculs de risque pour l'ingestion de végétaux. ....	220
Tableau 94 : Concentrations des substances mesurées dans le thym et les mûres. Les concentrations présentées en rouge sont supérieures aux valeurs réglementaires fixées par le Règlement Européen 1881/2006 modifié .....	220
Tableau 95 : Concentrations en plomb dans les échantillons de sols des parcelles concernées. Les valeurs indiquées en orange sont supérieures au seuil de 100 mg/kg MS établis par le HCSP .....	220
Tableau 96 : Concentrations en plomb dans les échantillons de sols des parcelles concernées. Les valeurs indiquées en orange sont supérieures au seuil de 100 mg/kg MS établis par le HCSP .....	221
Tableau 97 : Concentrations en plomb dans les échantillons de sols des parcelles concernées. Les valeurs indiquées en orange sont supérieures au seuil de 100 mg/kg MS, les valeurs indiquées en rouge sont supérieures au seuil de 300 mg/kg MS établis par le HCSP .....	221
Tableau 98 : Calculs de risque pour le scénario ingestion de végétaux. ....	222
Tableau 99 : Concentrations des substances mesurées dans le thym. Les concentrations présentées en rouge sont supérieures aux valeurs réglementaires fixées par le Règlement Européen 1881/2006 modifié. ....	222
Tableau 100 : Résultats des calculs de risque et teneurs maximales en plomb et en arsenic mesurées sur les parcelles AT122 et AT403 (rouge si supérieure au seuil d'alerte de 300 mg/kg fixé par HCSP) .....	243
Tableau 101 : Résultats des calculs de risque sanitaire et teneurs maximales en plomb mesurées sur les parcelles de la « fiche scénario 1 » (orange si supérieure au seuil d'alerte de 100 mg/kg et rouge si supérieure au seuil d'alerte de 300 mg/kg fixé par HCSP) .....	244
Tableau 102 : Résultats des calculs de risque sanitaire et teneurs maximales en plomb et en arsenic mesurées sur les parcelles de la « fiche scénario 5 » (orange si supérieure au seuil d'alerte de 100 mg/kg et rouge si supérieure au seuil d'alerte de 300 mg/kg fixé par HCSP).....	245
Tableau 103 : Résultats des calculs de risque sanitaire et teneurs maximales en plomb et en arsenic mesurées sur les parcelles des « fiches scénarii 14, 11 et 8 » (orange si supérieure au seuil d'alerte de 100 mg/kg et rouge si supérieure au seuil d'alerte de 300 mg/kg fixé par HCSP) .....	245
Tableau 104 : Résultats des calculs de risque sanitaire et teneurs maximales en plomb mesurées sur les parcelles des « fiches scénarii 6, 2 et 12 » (orange si supérieure au seuil d'alerte de 100 mg/kg fixé par HCSP).....	246
Tableau 105 : Résultats des calculs de risque sanitaire pour les végétaux des parcelles des « fiches scénario 1, 5 et 9 ». ....	247
Tableau 106 : Teneurs maximales en plomb et arsenic mesurées dans les sols des chemins de randonnée .....	249
Tableau 107 : Résultats des calculs de risque sanitaire pour les végétaux des parcelles des « fiches scénarii 15, 23 et 28 ». ....	250
Tableau 108 : Résultats des calculs de risque sanitaire et teneurs maximales en plomb et arsenic sur les parcelles des « fiches scénarii 17, 19, 20 et 21 ». ....	251



## LISTE DES ANNEXES

Annexe 1.....	265
Annexe 2.....	271
Annexe 3.....	281
Annexe 4.....	285
Annexe 5.....	289
Annexe 6.....	295



## 8 BIBLIOGRAPHIE

- ADEME.** (2014). Guide d'échantillonnage des plantes potagères dans le cadre des diagnostics environnementaux - Seconde édition.
- Alabouvette, B. Arthaud F., Bodeur Y., Barthes J.-P., Paloc H., Aubague M.** (1988). Notice explicative de la carte géologique au 1/50 000 de la feuille Le Vigan. BRGM, 68 p.
- Agence de l'Eau Loire - Bretagne.** (2006). Le prélèvement d'échantillons en rivière - Techniques d'échantillonnage en vue d'analyses physico-chimiques. Guide technique.
- Bernard A.** (1958). Contribution à l'étude de la province métallifère sous-cévenole, Thèse Nancy.
- BRGM** (1977). Ressources Minières Françaises, Tome 2, Les gisements de Pb-Zn français (situation en 1977).
- BRGM** (1991). Les gisements de Pb-Zn en France, situation en 1991, Comité de l'Inventaire des Ressources Métropolitaines.
- BRGM** (2015). Rapport d'Essais 135-2015-PA-LAB-EXP - Campagne d'analyses de sol à l'aide du spectromètre de fluorescence X portable NITON® XL3t 800 sur les anciens sites miniers de La Coste et de La Grande Vernissière situés dans le département du Gard.
- BRGM (2016).** Etude sanitaire et environnementale détaillée du site minier de Lacoste (Gard). Caractérisation de l'environnement local témoin. BRGM/RP- 65509 -FR.
- Direction générale de la Prévention des Risques, Bureau du Sol et du Sous-Sol.** (2017). Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués.
- GEODERIS** (2013). « Inventaire des dépôts issus des exploitations minières selon l'article 20 de la directive 2006/21/CE – Monographie sur la région Languedoc-Roussillon » N2012/042DE-12NAT2121.
- GEODERIS.** (2014). Inventaire des dépôts issus des exploitations minières (métalliques et charbonnières) selon l'article 20 de la directive 2006/21/CE - Méthodologie générale d'inventaire / Méthodologie de classification - Volet environnemental. Rapport N2011/011DE.
- GEODERIS.** (2014). Inventaire des dépôts issus des exploitations minières métalliques selon l'article 20 de la directive 2006/21/CE. Méthodologie d'évaluation de la stabilité des dépôts et ouvrages de retenue. Volet géotechnique. Rapport N2014/050DE.
- GEODERIS.** (2015). Propositions méthodologiques sur les conditions de mise en oeuvre de la démarche d'interprétation de l'état des milieux en contexte d'après-mine. Rapport N2015/014DE .
- GEODERIS.** (2015). « Exploitations minières de substances métalliques sur les concessions de Saint-Sébastien-d'Aigrefeuille, La Croix-de-Pallières, Valensole, La Coste, La Grande Vernissière, Les Adams, Pallières et Gravouillère, Valleraube et le PEX de Saint-Sébastien-d'Aigrefeuille (Gard). Evaluation et cartographie des aléas mouvements de terrain. ».
- GEODERIS.** (2019). Etude sanitaire et environnementale sur les anciennes exploitations minières de La-Croix-de-Pallières et de Saint Sébastien-d'Aigrefeuille (30) Rapport de synthèse. Rapport 2019/086DE\_PROJET-19LRO24040.
- HCSP.** (2014). Détermination de nouveaux objectifs de gestion des expositions au plomb - Synthèse et recommandations.
- INERIS** (2018). Etude environnementale et sanitaire du secteur minier de La Croix de Pallières - Titre minier de LaCoste (Gard, 30), Rapport- INERIS-DRC-15-153381-04996B
- Lemiere, B. et Auger, P.** (2016). Etude Sanitaire et Environnementale Détaillée du site minier de Lacoste (Gard). Caractérisation de l'environnement local témoin. Rapport BRGM/RP- 65509-FR, 71 p., 65 fig., 3 ann.

- Melleton P. et Vic G.** (2016). Minéralisations naturelles en métaux et métalloïdes potentiellement contaminants dans les districts à pb-Zn de la bordure Cévenole (région d'Anduze). Rapport final. BRGM/RP-XXXXX-FR, p., ill., fig., tabl., ann., CD.
- Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable.** (2007). La démarche d'Interprétation de l'Etat des Milieux.
- Perrissol, M.** (1990) - Sédimentologie et métallogénie du Trias et du Lias carbonaté de la bordure cévenole : minéralisations Zn-Pb des paléokarsts sinémuriens de Durfort. Thèse, Université de Montpellier.
- Picot J.C., Cochery R.** (2014). Concession pour plomb de La Croix de Pallières et 8 titres miniers environnants (Gard). Phase informative, cartographie informative et des aléas mouvement de terrain. Rapport final. BRGM/RP-61130-FR. 136 pages, 29 figures, 50 tableaux, 29 photographies, 25 annexes dont 24 planches h.t., 1 CD.
- Robelin C.** (1986). Minéralisations Pb, Zn, F, de la Grande Vernissière (concession de Durfort, Gard – France). Etude des processus sédimentaires et diagénétiques. BRGM, 86-SGN-702-GEO, 24 p. + annexes.
- Sureau J.-F., Le Nindre Y.-M.** (1988). Indicateurs pétrographiques et géochimiques des circulations de fluides hydrothermaux dans la couverture sédimentaires mésozoïque de la province cévenole : implications métallogéniques. In : Mobilité et concentration des métaux de base dans les couvertures sédimentaires. Actes du colloque international du 28 au 30 mars 1988. Document BRGM n° 183, 89-114.
- Vigouroux P.** (2015). Avis hydrogéologique sur le site des concessions minières "Grande-Vernissière" et "Lacoste" (30). Rapport d'expertise. Rapport BRGM/RP-64922-FR. 49 p., 8 ill., 5 ann.

# Annexe 1

Méthodes d'analyse, incertitudes analytiques et limites de quantification.  
Méthode de calcul de l'incertitude (valeur maximisée) :

- (A) : Eurachem
- (B) : XP T 90-220
- (C) : NF ISO 11352
- (E) : Méthode interne



## Eau de surface

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Unité	Incert.	Prestation réalisée sur le site de :
DN223	Chrome (Cr)	ICP-MS - NF EN ISO 17294-2	0.5	µg/l	30% (B)	Eurofins Analyse pour l'Environnement France
LS001	Mesure du pH pH Température de mesure du pH	Potentiométrie - NF EN ISO 10523		°C	5% (B)	
LS002	Matières en suspension (MES) par filtration	Gravimétrie [Filtre Millipore AP40] - NF EN 872	2	mg/l	15% (B)	
LS019	Titre Alcalimétrique (TA)	Volumétrie - NF EN ISO 9963-1	2	°F	5% (B)	
LS020	Titre Alcalimétrique Complet (TAC)		2	°F	5% (B)	
LS025	Filtration 0.45 µm	Filtration - Méthode interne				
LS028	Anhydride carbonique (CO2) agressif	Calcul - Calcul		mg/l		
LS029	Anhydride carbonique (CO2) équilibré			mg/l		
LS02I	Chlorures	Spectrophotométrie (UV/VIS) - NF ISO 15923-1	1	mg/l	30% (C)	
LS02L	Azote Nitrique / Nitrates (NO3) Nitrates Azote nitrique		1	mg NO3/l	35% (C)	
			0.2	mg N-NO3/l	35% (C)	
LS02Z	Sulfates (SO4)	5	mg SO4/l	20% (C)		
LS030	Anhydride carbonique (CO2) libre	Calcul - Calcul		mg/l		
LS038	Demande Chimique en Oxygène (DCO)	Volumétrie - NF T 90-101	30	mg O2/l	15% (B)	
LS03C	Orthophosphates (PO4)	Spectrophotométrie (UV/VIS) - NF ISO 15923-1	0.1	mg PO4/l	35% (C)	
LS040	Demande Biochimique en Oxygène (DBO5)	Electrochimie - NF EN 1899-1	3	mg O2/l	35% (B)	
LS045	Carbone Organique Total (COT)	Spectrophotométrie (IR) (à chaud en milieu acide) - NF EN 1484	0.5	mg C/l	10% (B)	
LS052	Bromures	Chromatographie ionique - NF EN ISO 10304-1	0.5	mg Br/l		
LS081	Fluorures	Potentiométrie - NFT 90-004	0.5	mg/l	14% (A)	
LS109	Fer (Fe)	ICP-AES - NF EN ISO 11885	0.01	mg/l	20% (B)	
LS112	Zinc (Zn)	ICP-MS - NF EN ISO 17294-2	5	µg/l		
LS118	Nickel (Ni)		2	µg/l	25% (B)	
LS151	Antimoine (Sb)		0.2	µg/l	30% (B)	
LS152	Argent (Ag)		0.5	µg/l	25% (B)	
LS153	Arsenic (As)		0.2	µg/l	20% (B)	
LS158	Cadmium (Cd)		0.2	µg/l	20% (B)	
LS182	Cuivre (Cu)		0.5	µg/l	20% (B)	
LS177	Manganèse (Mn)		0.5	µg/l	25% (B)	
LS184	Plomb (Pb)		0.5	µg/l	25% (B)	
LS204	Calcium (Ca) dissous		ICP-AES - NF EN ISO 11885	1	mg/l	30% (B)
LS206	Magnésium (Mg) dissous			0.01	mg/l	30% (B)
LS207	Potassium (K) dissous			0.1	mg/l	40% (B)
LS208	Sodium (Na) dissous	0.05		mg/l	35% (B)	

## Eau souterraine

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQ	Unité	Incert.	Prestation réalisée sur le site de :
DN223	Chrome (Cr)	ICP-MS - NF EN ISO 17294-2	0.500	µg/l	30% (B)	Saveme NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488
LS001	Mesure du pH pH Température de mesure du pH	Potentiométrie - NF EN ISO 10523		°C	5% (B)	Saveme
LS002	Matières en suspension (MES) par filtration	Gravimétrie - Filtre Millipore AP40 - NF EN 872	2.000	mg/l	15% (B)	Saveme NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488
LS019	Titre Alcalimétrique (TA)	Volumétrie - NF EN ISO 9963-1	2.000	°F	5% (B)	
LS020	Titre Alcalimétrique Complet (TAC)		2.000	°F	5% (B)	
LS025	Filtration 0.45 µm	Filtration - Méthode interne				Saveme
LS021	Chlorures	Spectrophotométrie (UV/VIS) - Méthode interne selon NF EN ISO 15882	1.000	mg/l	15% (B)	Saveme NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488
LS02L	Azote Nitrique / Nitrates (NO3)  Nitrates Azote nitrique	Spectrophotométrie visible automatisée - MO/ENV/IP/32 - Méthode interne selon NF EN ISO 13385				Saveme
			1.00	mg NO3/l	15% (B)	
			0.20	mg N-NO3/l	15% (B)	
LS02Z	Sulfates (SO4)	Spectrophotométrie visible automatisée - MO/ENV/IP/32 - Méthode Interne selon NF T 90-040	5.000	mg SO4/l	15% (B)	Saveme NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488
LS038	Demande Chimique en Oxygène (DCO)	Volumétrie - NF T 90-101	30.000	mg O2/l	15% (B)	
LS03C	Orthophosphates (PO4)	Spectrophotométrie visible automatisée - MO/ENV/IP/32 - Méthode interne adaptée de NF EN ISO 6878	0.100	mg PO4/l	15% (B)	
LS040	Demande Biochimique en Oxygène (DBO5)	Electrochimie - NF EN 1899-1	3.000	mg O2/l	35% (B)	
LS045	Carbone Organique Total (COT)	Spectrophotométrie (IR) - NF EN 1484	0.500	mg C/l	10% (B)	Saveme
LS052	Bromures	Chromatographie Ionique - NF EN ISO 10304-1	0.500	mg Br/l		
LS081	Fluorures	Potentiométrie - NF T 90-004	0.500	mg/l	14% (A)	Saveme NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488
LS109	Fer (Fe)	ICP/AES - NF EN ISO 11885	0.010	mg/l	20% (B)	Saveme NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488
LS112	Zinc (Zn)	ICP-MS - NF EN ISO 17294-2	5.000	µg/l		
LS116	Nickel (Ni)		2.000	µg/l	25% (B)	
LS151	Antimoine (Sb)		0.200	µg/l	30% (B)	
LS152	Argent (Ag)		0.500	µg/l	25% (B)	
LS153	Arsenic (As)		0.200	µg/l	20% (B)	
LS158	Cadmium (Cd)		0.200	µg/l	20% (B)	
LS162	Cuivre (Cu)		0.500	µg/l	20% (B)	
LS177	Manganèse (Mn)		0.500	µg/l	25% (B)	
LS184	Plomb (Pb)		0.500	µg/l	25% (B)	
LS204	Calcium (Ca) dissous	ICP/AES - NF EN ISO 11885	1.000	mg/l	30% (B)	
LS206	Magnésium (Mg) dissous		0.010	mg/l	30% (B)	
LS207	Potassium (K) dissous		0.100	mg/l	40% (B)	
LS208	Sodium (Na) dissous		0.050	mg/l	35% (B)	



## Sol

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Unité	Incert.	Prestation réalisée sur le site de :
LS08F	Granulométrie laser à pas variable (0 à 2 000 µm) - Tranches : 2 / 20 / 63 / 200 / 2000 µm Pourcentage cumulé 0.02µm à 2µm Pourcentage cumulé 0.02µm à 20µm Pourcentage cumulé 0.02µm à 63µm Pourcentage cumulé 0.02µm à 200µm Pourcentage cumulé 0.02µm à 2000µm	Mesure de la taille des particules par granulométrie laser - MO/ENV/PS/17 - Méthode interne		%	15% (e)	Eurofins Analyse pour l'Environnement France
				%	15% (e)	
				%	15% (e)	
				%	10% (e)	
				%		
LS08X	Carbone Organique Total (COT)	Combustion [sèche] - NF ISO 10694	1000	mg/kg MS	10% (B)	
LS863	Antimoine (Sb)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B (Sol)	1	mg/kg MS		
LS864	Argent (Ag)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885	5	mg/kg MS		
LS865	Arsenic (As)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B	1	mg/kg MS	45% (B)	
LS866	Baryum (Ba)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B (Sol)	1	mg/kg MS	35% (C)	
LS870	Cadmium (Cd)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B	0.4	mg/kg MS	40% (B)	
LS871	Calcium (Ca)		50	mg/kg MS		
LS872	Chrome (Cr)		5	mg/kg MS	15% (B)	
LS874	Cuivre (Cu)		5	mg/kg MS	20% (B)	
LS876	Fer (Fe)		5	mg/kg MS	25% (C)	
LS878	Magnésium (Mg)		5	mg/kg MS		
LS879	Manganèse (Mn)		1	mg/kg MS	30% (C)	
LS881	Nickel (Ni)		1	mg/kg MS	10% (B)	
LS883	Plomb (Pb)		5	mg/kg MS	15% (B)	
LS884	Potassium (K)		20	mg/kg MS		
LS887	Sodium (Na)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885	20	mg/kg MS		
LS894	Zinc (Zn)	ICP/AES [Minéralisation à l'eau régale] - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B	5	mg/kg MS	15% (B)	
LS896	Matère sèche	Gravimétrie - NF ISO 11465	0.1	% P.B.	5% (B)	
XXS01	Minéralisation eau régale - Bloc chauffant	Digestion acide - NF EN 13346 Méthode B				
XXS06	Séchage à 40°C	Séchage - NF ISO 11464				
XXS07	Refus Pondéral à 2 mm	Gravimétrie - NF ISO 11464	1	% P.B.		

## Sédiments

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQ	Unité	Incert.	Prestation réalisée sur le site de :
LS08F	Granulométrie laser à pas variable (0 à 2 000 µm) - Tranches : 2 / 20 / 63 / 200 / 2000 µm Pourcentage cumulé 0.02µm à 2µm Pourcentage cumulé 0.02µm à 20µm Pourcentage cumulé 0.02µm à 63µm Pourcentage cumulé 0.02µm à 200µm Pourcentage cumulé 0.02µm à 2000µm	Mesure de la taille des particules par granulométrie laser - MO/ENV/PS/17 - Méthode interne		%	25% (e)	
				%	20% (e)	
				%	15% (e)	
				%	10% (e)	
				%		
LS863	Antimoine (Sb)	Minéralisation à l'eau régale et dosage par ICP/AES - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B (Sol)	1.000	mg/kg MS		Saverne
LS864	Argent (Ag)	Minéralisation à l'eau régale et dosage par ICP/AES - NF EN ISO 11885	5.000	mg/kg MS		
LS865	Arsenic (As)	ICP-AES - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B (Sol)	1.000	mg/kg MS	22% (A)	Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488
LS866	Baryum (Ba)	Minéralisation à l'eau régale et dosage par ICP/AES - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B (Sol)	1.000	mg/kg MS	35% (C)	
LS870	Cadmium (Cd)	ICP-AES - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B (Sol)	0.400	mg/kg MS	35% (B)	
LS871	Calcium (Ca)	Minéralisation à l'eau régale et dosage par ICP/AES - NF EN ISO 11885	50.000	mg/kg MS		Saverne
LS874	Cuivre (Cu)	ICP-AES - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B (Sol)	5.000	mg/kg MS	15% (A)	Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488
LS876	Fer (Fe)	Minéralisation à l'eau régale et dosage par ICP/AES - NF EN ISO 11885	5.000	mg/kg MS	25% (C)	
LS878	Magnésium (Mg)		5.000	mg/kg MS		Saverne
LS879	Manganèse (Mn)		1.000	mg/kg MS	30% (C)	Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488
LS881	Nickel (Ni)	ICP-AES - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B (Sol)	1.000	mg/kg MS	14% (A)	
LS883	Plomb (Pb)		5.000	mg/kg MS	40% (B)	
LS884	Potassium (K)	Minéralisation à l'eau régale et dosage par ICP/AES - NF EN ISO 11885	20.000	mg/kg MS		Saverne
LS887	Sodium (Na)		20.000	mg/kg MS		
LS894	Zinc (Zn)	ICP-AES - NF EN ISO 11885 - NF EN 13346 Méthode B (Sol)	5.000	mg/kg MS	21% (A)	Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488
LSA07	Matère sèche	Gravimétrie - NF EN 12880	0.100	% P.B.	7% (A)	
LSL4H	pH H2O pH extrait à l'eau Température de mesure du pH	Potentiométrie - NF EN 12176		°C		Saverne
LSSKM	Carbone organique total (COT) par combustion sèche (Sédiments) Carbone Organique Total par Combustion Coefficient de variation (CV)	Combustion sèche - NF EN 13137	1 000.00	mg/kg MS %	15% (e)	Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2005 COFRAC 1-1488
XXS01	Minéralisation eau régale - Bloc chauffant	Digestion acide - NF EN 13346 Méthode B (Sol)				
XXS06	Séchage à 40°C	Séchage - NF ISO 11464				
XXS07	Refus Pondéral à 2 mm	Gravimétrie - NF ISO 11464	1.000	% P.B.		

## Végétaux

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Unité	Incert.	Prestation réalisée sur le site de :
J1001	Préparation échantillon	Digestion micro-ondes - §64 LFGB L.00.00-19/1				Prestation soustraite à Eurofins WEJ Contaminants GmbH
J1002	Argent (AAS-Four Graphite)	GF/AAS - analog §64 LFGB L.00.00-19/3	0.05	mg/kg	0.04% (e)	
J1041	Chrome (ICP-OES)	ICP/AES - adaptée de NF EN ISO 11885	0.2	mg/kg	0.16% (e)	
J1043	Fer (ICP-AES)		0.5	mg/kg	0.4% (e)	
J8306	Plomb (Pb)	ICP/MS - EN 15763:2009	0.05	mg/kg	0.04% (e)	
JC00M	Arsenic (ICP-MS, LQ basse)		0.05	mg/kg	0.04% (e)	
JCM04	Cadmium (ICP-MS, LQ basse)		0.005	mg/kg	0.004% (e)	

## Végétaux

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Unité	Incert.	Prestation réalisée sur le site de :
JJ0CI	Manganèse (ICP-MS, aliments)	ICP/MS - EN ISO 17294-2-E29	0.1	mg/kg	0.08% (e)	
JJ0CJ	Fer (Fe) (ICP-MS, aliments)		0.5	mg/kg	0.4% (e)	
JJ0CM	Nickel (ICP-MS, aliments)		0.1	mg/kg	0.08% (e)	
JJ0CR	Zinc (ICP-MS, aliments)		0.5	mg/kg	0.4% (e)	
JJ0CX	Antimoine (ICP-MS, aliments)		0.05	mg/kg	0.04% (e)	
JJW2B	Cuivre		0.1	mg/kg	0.08% (e)	

## **Annexe 2**

### **Résultats des analyses de laboratoire.**

*Les différents points de prélèvement réalisés dans le cadre du volet sanitaire sont localisés sur les cartes de situation des fiches scénario figurant dans le rapport INERIS-DRC-15-153381-04996C*

















## Végétaux (2) : ELT

Végétal	Chrome (mg/kg)	Argent (mg/kg)	Antimoine (mg/kg)	Arsenic (mg/kg)	Cadmium (mg/kg)	Cuivre (mg/kg)	Manganèse (mg/kg)	Nickel (mg/kg)	Plomb (mg/kg)	Zinc (mg/kg)	Fer (mg/kg)
Thym	0,5	<0,05	<0,05	0,1 - 0,15	0,017 - 0,032	3,1	10 - 14	0,3	0,44	14 - 17	87
Oignon	<0,2	<0,05	<0,05	<0,05	<0,005	0,4	0,7	<0,1	<0,05	1	1,5
Tomate	<0,2	<0,05	<0,05	<0,05	0,01	0,7	0,8	<0,1	<0,05	1,7	2
Salade	0,2	<0,05	<0,05	0,09	0,017	0,7	3	0,2	0,12	2,2	54
Concombre	<0,2	<0,05	<0,05	<0,05	<0,005	0,4	0,5	<0,1	<0,05	1,7	1,9

## Végétaux (3°) : échantillons ayant servis à l'évaluation des ELT

NOM	Espèce végétale	Famille de végétaux	Commune	Humidité (%)	Chrome (mg/kg)	Argent (mg/kg)	Antimoine (mg/kg)	Arsenic (mg/kg)	Cadmium (mg/kg)	Cuivre (mg/kg)	Manganèse (mg/kg)	Nickel (mg/kg)	Plomb (mg/kg)	Zinc (mg/kg)	Fer (mg/kg)
VEG_019_oignons	Oignon	Bulbes	Monoblet	-	<0,2	<0,05	<0,05	<0,05	<0,005	0,4	0,7	<0,1	<0,05	1	1,5
VEG_020_thym	Thym	Aromate		-	1,6	<0,05	<0,05	0,1	0,017	7,6	10	1	0,54	14	160
VEG_021 tomates	Tomate	Légume fruit		-	<0,2	<0,05	<0,05	<0,05	0,01	0,7	0,8	<0,1	<0,05	1,7	2
VEG_022_salade	Salade	Légume feuille		-	0,2	<0,05	<0,05	0,09	0,017	0,7	3	0,2	0,12	2,2	54
VEG_023_concombre	Concombre	Légume fruit		-	<0,2	<0,05	<0,05	<0,05	<0,005	0,4	0,5	<0,1	<0,05	1,7	1,9
VEG_024_thym	Thym	Aromate		-	0,5	<0,05	<0,05	0,15	0,032	3,1	14	0,3	0,44	17	87



## **Annexe 3**

**Questionnaire relatif à l'enquête détaillée des usages auprès des riverains et usages identifiés dans le cadre de l'étude sanitaire**



Questionnaire aux particuliers - IEM La Coste

questionnaire préent à GODEFRIS, dans le cadre de la préparation des entretiens des riverains



Marie Lemoine, DRC/RSD/GAE, 11/02/2014

profil de l'habitant et informations générales	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Êtes-vous propriétaire ou locataire de votre logement ?</li> <li>2. Est-ce votre résidence principale ou secondaire ?</li> <li>3. Si c'est de votre résidence principale, depuis quand y habitez-vous ?</li> <li>4. Si c'est de votre résidence secondaire, à quelle fréquence y séjournez-vous ?</li> <li>5. Votre foyer est composé de combien de personnes (enfants, adultes) ?</li> <li>6. Recevez-vous souvent des amis ou de la famille chez vous ? (enfants, adultes) ?</li> <li>7. Si oui, à quelle fréquence ? Quelle est la durée de leurs visites ?</li> <li>8. Y a-t-il une période de l'année plus propice à ces visites ?</li> <li>9. Possédez-vous des animaux domestiques ? Lesquels ?</li> <li>10. Si oui, sont-ils amenés à accéder à l'extérieur de votre logement ? en liberté ? seulement dans le jardin ?</li> <li>11. Pensez-vous à d'autres informations complémentaires, que vous souhaitez mentionner ?</li> </ol>	
aménagement(s) de la commune	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Existe-t-il sur votre commune des lieux de rencontre, des aires de jeux ou des aires de repos ?</li> <li>2. Où ces aménagements sont-ils situés ?</li> <li>3. Vous arrive-t-il de les fréquenter, vous ou vos proches ? À quelle fréquence ? Pour quels types d'activités ?</li> <li>4. Existe-t-il des sources d'eau, ou fontaines sur le domaine de la commune ?</li> <li>5. Où sont-elles localisées ?</li> <li>6. Vous arrive-t-il de les utiliser ? Si oui pour quels usages ?</li> <li>7. Pensez-vous à d'autres informations complémentaires, que vous souhaitez mentionner ?</li> </ol>	
zones inondables	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vos terrains sont-ils sensibles aux inondations ?</li> <li>2. Si oui, quelle est la fréquence des crues ?</li> <li>3. Si oui, à quelle période ont-elles lieu ?</li> <li>4. Si oui, quelles sont les zones inondées sur votre propriété ?</li> <li>5. Pensez-vous à d'autres informations complémentaires, que vous souhaitez mentionner ?</li> </ol>	
activités de cueillette	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Y a-t-il sur votre commune des zones de cueillette (châtaigne, miel, myrtille, champignons, etc.) ?</li> <li>2. Avez-vous recours à ce type d'activité ?</li> <li>3. Quelles sont les espèces végétales / fruits [...] que vous recherchez ?</li> <li>4. À quelle fréquence vous adonnez-vous à ce type d'activité ?</li> <li>5. Avez-vous une idée de la quantité cueillie ?</li> <li>6. Est-ce que ces denrées subissent des transformations avant consommation (cuisson, mise en conserve, etc.) ? Dans quelle proportion ?</li> <li>7. Est-ce que vous en faites du commerce ? Vous arrive-t-il d'en donner à des proches ou à votre famille ?</li> <li>8. Pensez-vous à d'autres informations complémentaires, que vous souhaitez mentionner ?</li> </ol>	
activités des particuliers	cultures potagères	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Possédez-vous un jardin avec un potager ?</li> <li>2. Quels types de légumes cultivez-vous ?</li> <li>3. Quelles sont les techniques d'irrigation et d'arrosage utilisées (puits privé, eau de distribution, source, rivière, etc.) ?</li> <li>4. Avez-vous recours à certaines pratiques concernant l'entretien de votre potager (herbe rapportée, terre amendée, terre retournée, utilisation d'engrais, etc.) ? Si oui, lesquelles ?</li> <li>5. Est-ce que ces potagers sont cultivés à des fins alimentaires ou uniquement d'ornement ?</li> <li>6. Si l'un vous arrive de consommer certains légumes ou fruits, quelle est la quantité consommée ?</li> <li>7. Si l'un vous arrive de consommer certains légumes ou fruits, comment sont-ils consommés ? Quels sont les modes de préparation/transformation utilisés (lavage, cuisson, conserve, etc.) ?</li> <li>8. Vous arrive-t-il d'en faire du petit commerce ? Vous arrive-t-il d'en donner à vos proches ou à votre famille ?</li> <li>9. Pensez-vous à d'autres informations complémentaires, que vous souhaitez mentionner ?</li> </ol>
	élevage	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pratiquez-vous l'élevage d'animaux ? Si oui, lesquels ?</li> <li>2. Est-ce que ces activités d'élevage sont alimentaires ou de loisir ?</li> <li>3. Si c'est d'un élevage alimentaire, comment sont consommés les denrées (cuisson, préparation, etc.) ? Quelle quantité est consommée en moyenne chaque année ?</li> <li>4. Sur quelles zones de vos parcelles, ces animaux sont-ils élevés (cultures, etc.) ?</li> <li>5. Quelle est l'origine de l'eau utilisée pour l'abreuvement du bétail (puits, source, eau de distribution, rivière, etc.) ?</li> <li>6. Comment sont-ils nourris (fourrage, granulés, herbes de prairie, etc.) ?</li> <li>7. Pensez-vous à d'autres informations complémentaires, que vous souhaitez mentionner ?</li> </ol>
	activités en extérieur	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Quelles activités pratiquez-vous dans votre jardin (ex: piscine, bac à sable, aire de jeu, barbecue...) ?</li> <li>2. Est-ce que des enfants sont amenés à jouer régulièrement dans ces jardins (habitation principale, secondaire, touristique) ?</li> <li>3. Pensez-vous à d'autres informations complémentaires, que vous souhaitez mentionner ?</li> </ol>
activités sportives	recours au puits ou à une source	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Possédez-vous un puits ou une source ?</li> <li>2. Quels en sont les usages (arrosage, abreuvement, boisson, alimentation de piscines, etc.) ?</li> <li>3. Pensez-vous à d'autres informations complémentaires, que vous souhaitez mentionner ?</li> </ol>
	randonnées pédestres et équestres	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vous arrive-t-il de vous promener sur le domaine de la commune ?</li> <li>2. Si oui, pouvez-vous nous indiquer vos itinéraires ?</li> <li>3. À quelle fréquence ont lieu ces promenades/ randonnées ?</li> <li>4. Les effectuez-vous seul ou avec d'autres personnes ?</li> <li>5. Existe-t-il sur le domaine de votre commune des zones assez fréquentées (lieu de rencontre, point remarquable, parc, aire de jeu, aire de repos, etc.) ?</li> <li>6. Pensez-vous à d'autres informations complémentaires, que vous souhaitez mentionner ?</li> </ol>
	usage des équipements de loisir	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vous arrive-t-il à vous ou à vos proches de vous baigner à proximité de votre habitation (lac, rivière, etc.) ?</li> <li>2. Si oui, où et à quelle fréquence ?</li> <li>3. Vous arrive-t-il de faire du canoë ou canotage sur le domaine de la commune, vous ou vos proches ?</li> <li>4. Si oui, à quelle fréquence ?</li> <li>5. Existe-t-il des activités en lien avec la baignade et/ou le canotage que vous pratiquez sur le domaine de votre commune ? Où et à quelle fréquence ?</li> <li>6. Pensez-vous à d'autres informations complémentaires, que vous souhaitez mentionner ?</li> </ol>
	activités de pêche	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Êtes-vous un adepte de la pêche ?</li> <li>2. Si oui, où pêchez-vous ? À quelle fréquence ?</li> <li>3. Quels poissons pêchez-vous ? En quelle quantité ?</li> <li>4. Cette activité, pour vous, est-elle sportive ou alimentaire ?</li> <li>5. Faites-vous partie d'une association de pêcheurs ?</li> <li>6. Savez-vous de les cours d'eau font l'objet d'alimentation particulière en poissons ?</li> <li>7. Avez-vous eu connaissance d'un épisode de mortalité élevée chez les poissons ? Un épisode de pollution ?</li> <li>8. Les cours d'eau et étangs sont-ils en eau tout au long de l'année ?</li> <li>9. Pensez-vous à d'autres informations complémentaires, que vous souhaitez mentionner ?</li> </ol>
	activités de chasse	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pratiquez-vous la chasse ?</li> <li>2. Si oui, faites-vous partie d'une association de chasseurs ?</li> <li>3. Sur quelle zone d'étend votre zone de chasse ?</li> <li>4. Quelles sont les espèces chassées ? En quelle quantité ?</li> <li>5. Les gibiers abattus sont-ils consommés ?</li> <li>6. Pensez-vous à d'autres informations complémentaires, que vous souhaitez mentionner ?</li> </ol>
activités équestres	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pratiquez-vous l'équitation ?</li> <li>2. Possédez-vous votre propre cheval/pony ? Si oui, où est-il gardé ?</li> <li>3. Où montez-vous ? En extérieur ? Si oui, quels sentiers empruntez-vous ?</li> <li>4. Pensez-vous à d'autres informations complémentaires, que vous souhaitez mentionner ?</li> </ol>	
activités de loisir et sportives	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pratiquez-vous, vous ou vos proches, le motocross, le quad ou un autre sport de ce type ?</li> <li>2. Si oui, faites-vous partie d'une association sportive ? Si oui, laquelle ?</li> <li>3. Sur quelles zones pratiquez-vous ce sport ? À quelle fréquence ?</li> <li>4. Pensez-vous à d'autres informations complémentaires, que vous souhaitez mentionner ?</li> </ol>	
activités de sports d'hiver	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vous adonnez-vous à la spéléologie ?</li> <li>2. Si oui, appartenez-vous à une association ?</li> <li>3. Quelles sont les zones où se déroulent ces activités ? À quelle fréquence ?</li> <li>4. Pensez-vous à d'autres informations complémentaires, que vous souhaitez mentionner ?</li> </ol>	
activités pédestres	activités des enfants	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Où sont scolaires vos enfants ?</li> <li>2. Dans leur établissement, quels types d'aménagements de récréation sont mis en place (sol souple, verdure, bac à sable, etc.) ?</li> <li>3. Les professeurs proposent-ils des activités en extérieur ? Sur quelles zones de la commune ?</li> <li>4. Quelles activités sportives sont proposées ? Où se déroulent-elles ? À quelle fréquence ?</li> <li>5. Pensez-vous à d'autres informations complémentaires, que vous souhaitez mentionner ?</li> </ol>
	usage de centres de loisir	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vos enfants fréquentent-ils un centre de loisir, un centre aînés ?</li> <li>2. Si oui, des activités en extérieur sont-elles proposées ?</li> <li>3. Où se déroulent-elles ?</li> <li>4. Pensez-vous à d'autres informations complémentaires, que vous souhaitez mentionner ?</li> </ol>
usage de terrains de loisir	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vos enfants fréquentent-ils une aire de jeu, un terrain vague ou autre, sur le domaine de la commune ?</li> <li>2. Quels types d'aménagements sont mis en place (sol souple, verdure, bac à sable, etc.) ?</li> <li>3. Pensez-vous à d'autres informations complémentaires, que vous souhaitez mentionner ?</li> </ol>	

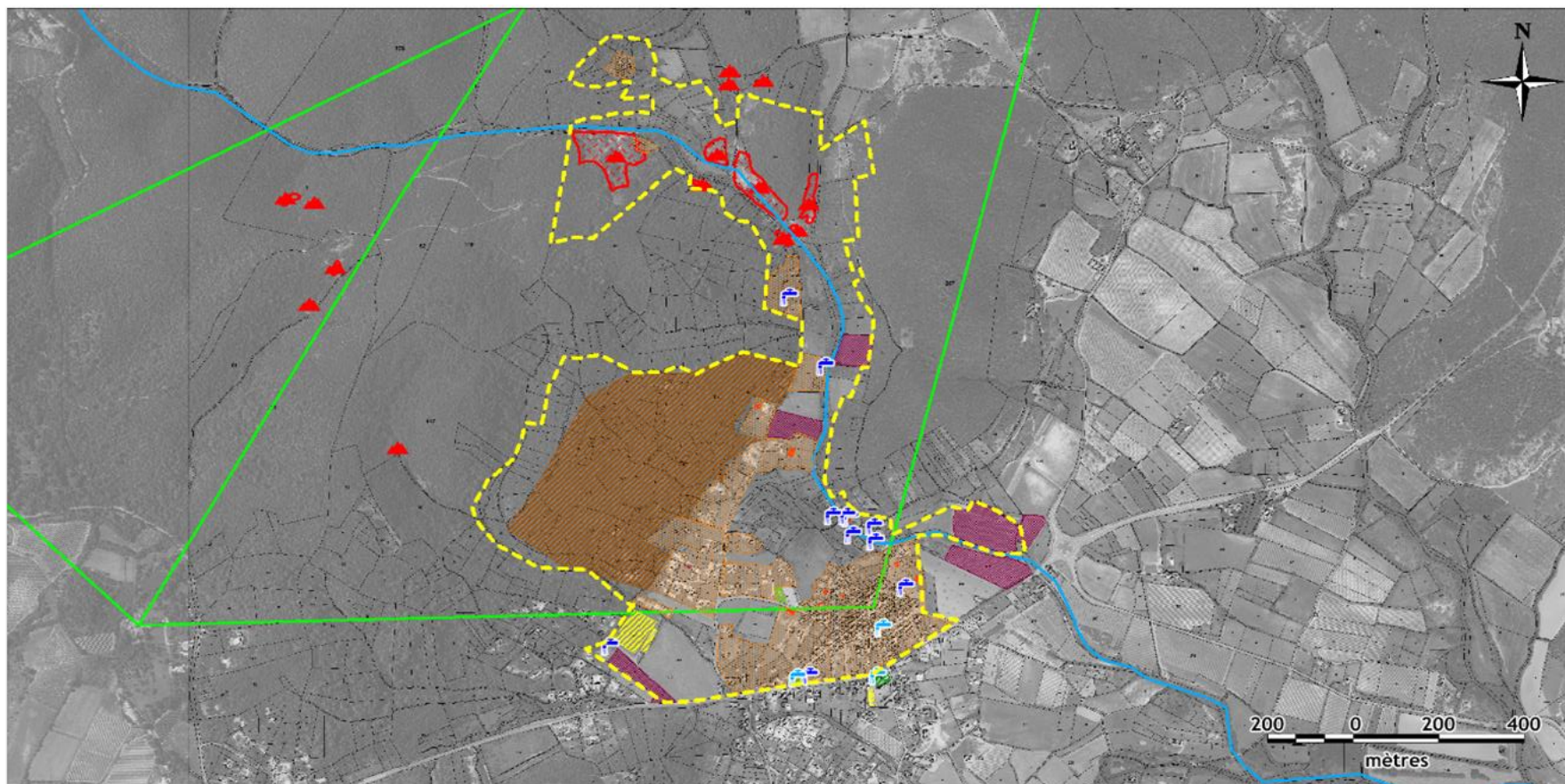




## **Annexe 4**

**Carte des usages identifiés en 2015 sur la commune de  
Durfort/Saint Martin de Sossenac.**





**Légende**

- |  |                                |                           |                                  |
|--|--------------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| Limites des titres minier                            | Ruisseau de Vassorgues         | Résidences privées        | Etablissements scolaires         |
| Dépôts identifiés dans le cadre de l'inventaire DDIE | Fontaines et sources publiques | Jardins potagers cultivés | Espaces sportifs publics         |
| Limites des dépôts                                   | Puits privés                   | Vignes                    | Parcs et espaces de jeux publics |
| Périmètre investigué                                 | Randonnée                      |                           |                                  |

Usages identifiés dans le cadre des campagnes de terrain réalisées en 2015 sur la commune de Durfort (30) et relatives au titre minier de La Coste

LEMOINE Marie  
DRC-RISK-ISAE

09/12/2015

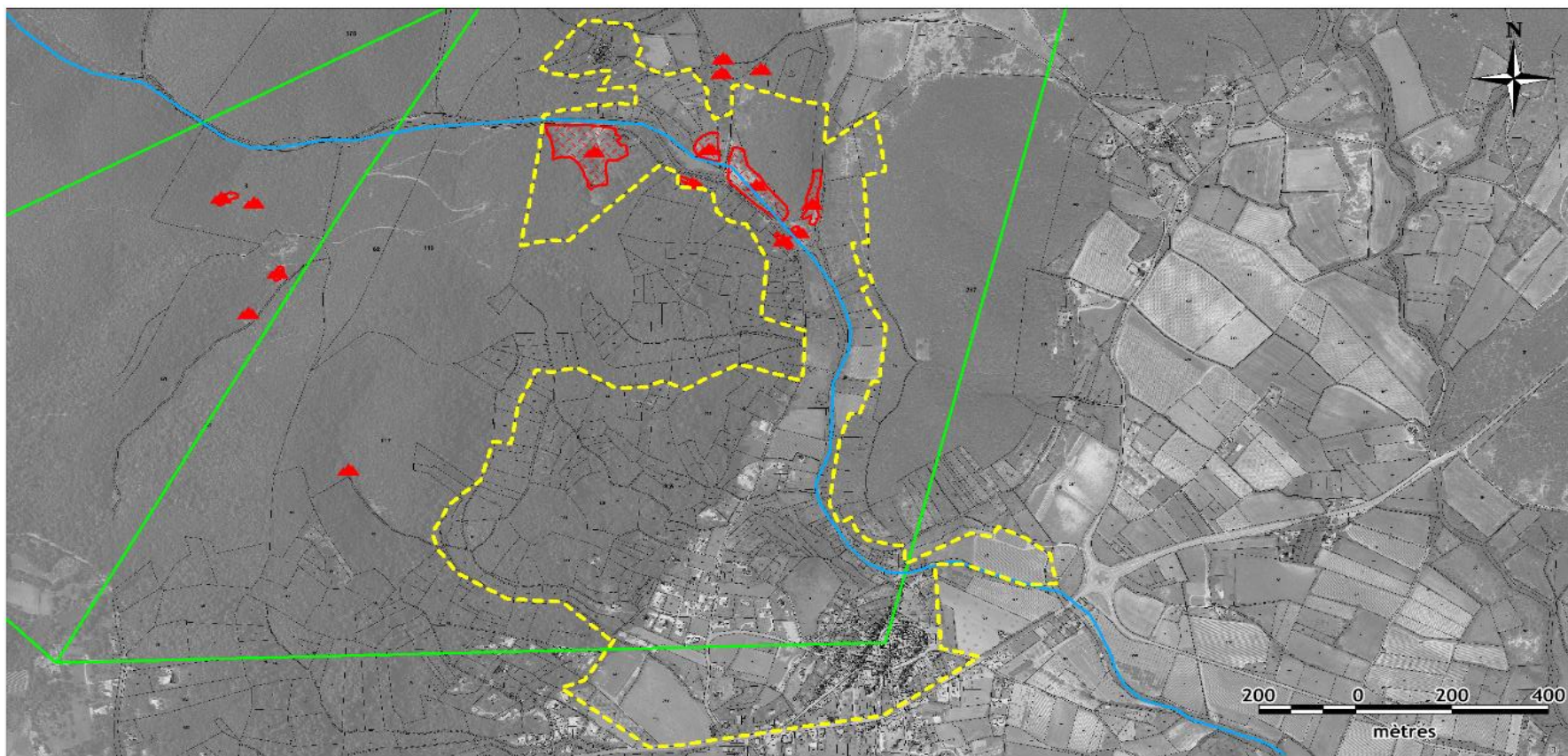




## **Annexe 5**

**Périmètre de la zone investiguée et plans d'échantillonnage des sols, eaux et végétaux réalisés pour l'étude sanitaire**





**Légende**

- Limites des titres minier
- ruisseau de Vassorgues
- Périmètre investigué
- ▲ Dépôts identifiés dans le cadre de l'inventaire DDIE
- Limites des dépôts

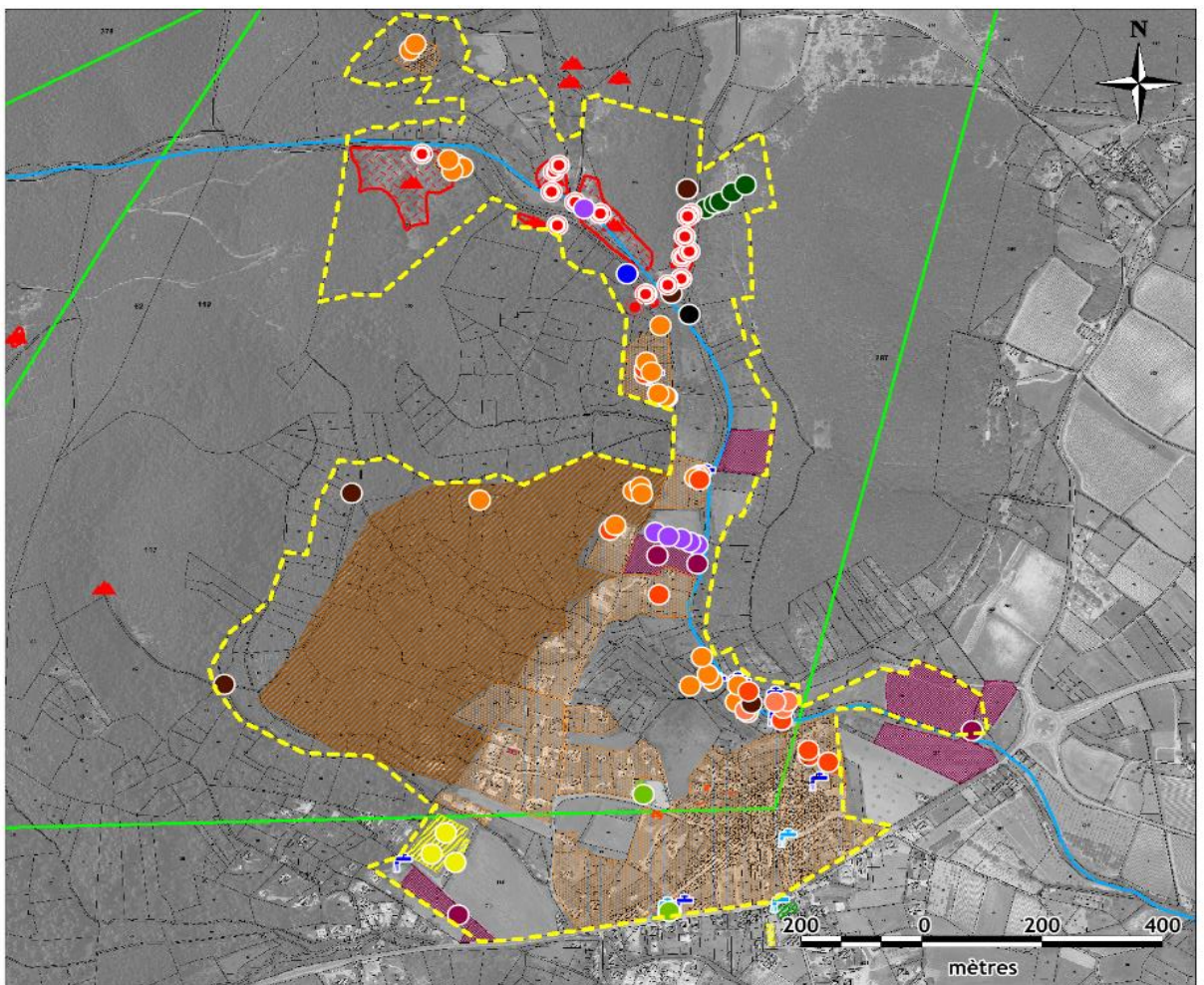
*Périmètre investigué dans le cadre des campagnes de terrain réalisées en 2015 sur la commune de Durfort (30) et relatives au titre minier de La Coste*

LEMOINE Marie  
DRC-RISK-ISAE

**INERIS**

09/12/2015

maîtriser le risque  
pour un développement durable



**Légende**

- Limites des titres minier
- ▲ Dépôts identifiés dans le cadre de l'inventaire DDI
- Limites des dépôts
- Périmètre inventaire
- Ruisseau de Vassorgues
- ⦿ Fontaines et sources publiques
- ⦿ Puits privés
- Résidences privées
- Jardins potagers cultivés
- Etablissements scolaires
- Espaces sportifs publics
- Parcs et espaces de jeux publics
- Vignes
- Randonnée

**Prélèvements de sol (en fonction des usages)**

- jardin ornemental
- jardin potager
- jardin potager (sur sol)
- jardin potager (ancien)
- jardin public
- terrain sportif
- bivouac et pique-nique
- chemin de promenade
- chemin
- aire de parking
- oliveraie
- vigne
- champs
- laverie
- bassin de décantation
- Haldes de laverie
- digue à stériles
- dépôt de résidus

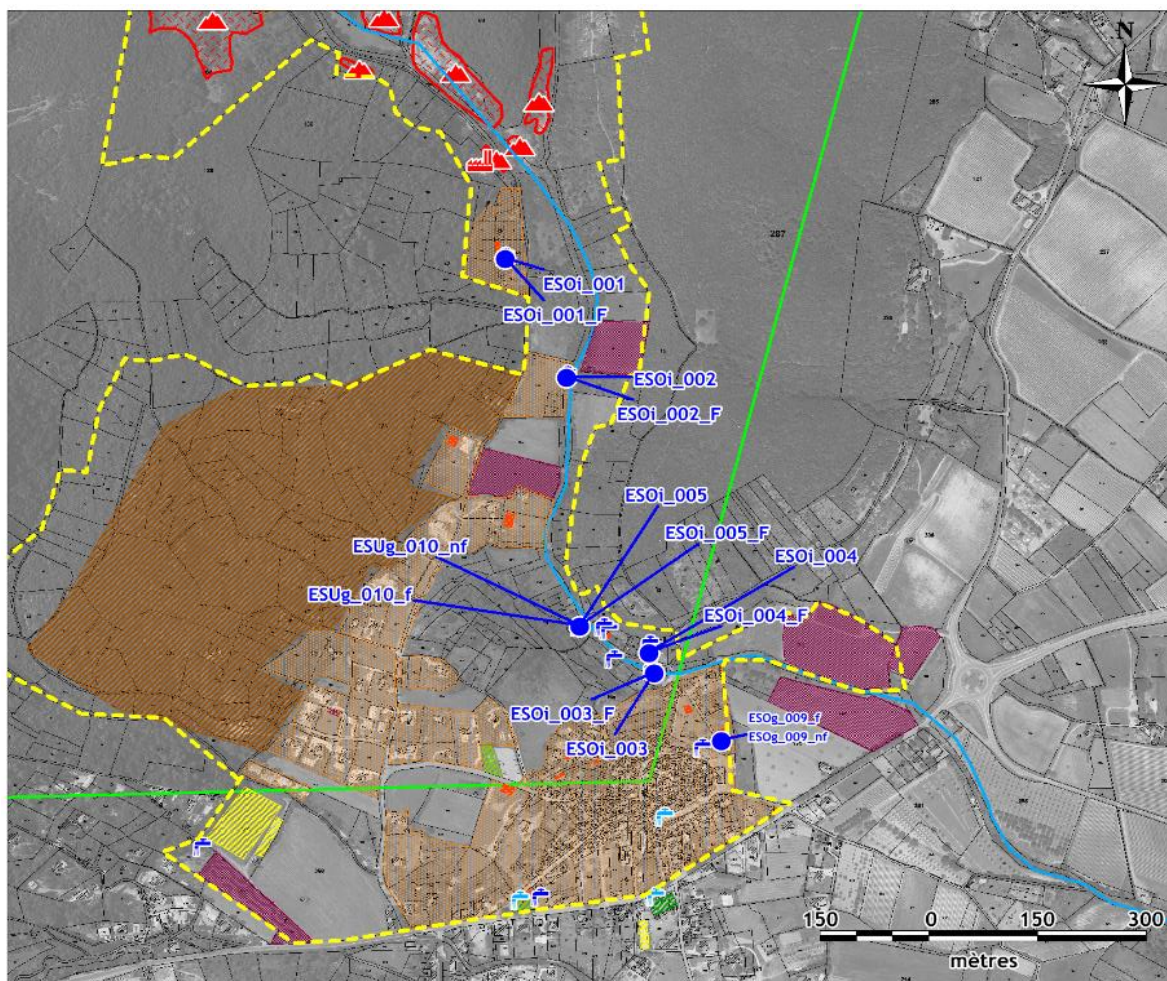
Prélèvements de sol réalisés dans le cadre des campagnes de terrain réalisées en 2015 sur la commune de Durfort (30) et relatifs au titre minier de La Coste

LEMOINE Marie  
DRC-RISK-ISAE



09/12/2015





**Légende**

- Limites des titres minier
- Dépôts identifiés dans le cadre de l'inventaire DD
- Limites des dépôts
- Laverie
- Périmètre investigué
- Ruisseau de Vassorgues
- Fontaines et sources publiques
- Puits privés
- Prélèvements d'eau
- Résidences privées
- Jardins potagers cultivés
- Etablissements scolaires
- Espaces sportifs publics
- Parcs et espaces de jeux publics
- Vignes
- Randonnée

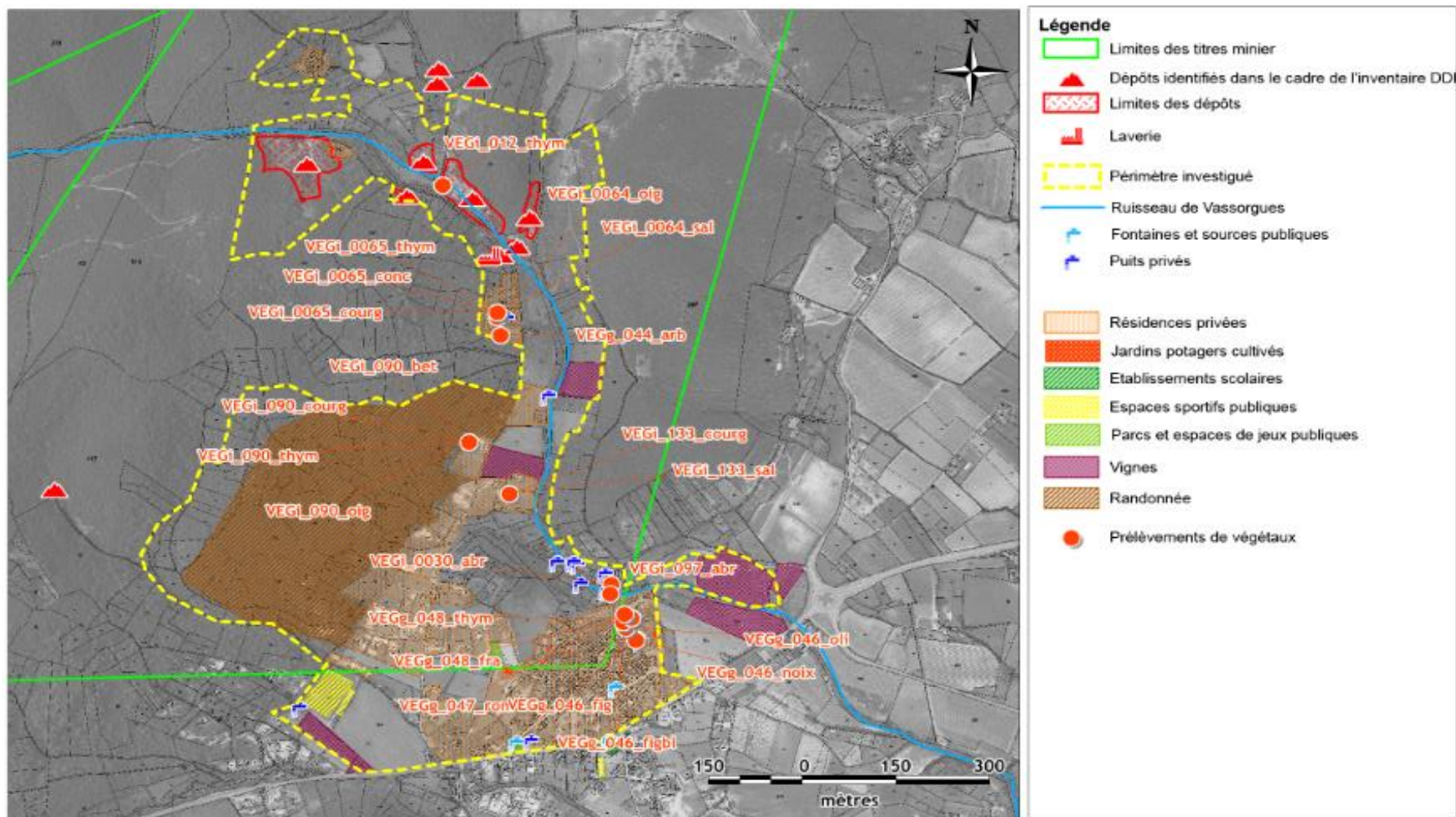
Prélèvements d'eau réalisés dans le cadre des campagnes de terrain réalisées en 2015 sur la commune de Durfort (30) et relatifs au titre minier de La Coste

LEMOINE Marie  
DRC-RISK-ISAIE



09/12/2015

maîtriser le risque  
pour un développement durable



Prélèvements de végétaux réalisés dans le cadre des campagnes de terrain réalisées en 2015 sur la commune de Durfort (30) et relatifs au titre minier de La Coste

LEMOINE Marie  
DRC-RISK-ISAE



09/12/2015

## **Annexe 6**

**Protocoles de prélèvement associées aux différentes matrices environnementales investiguées dans le cadre de l'étude sanitaire**



Les sections suivantes détaillent l'ensemble des protocoles de mesure et de prélèvement mis en œuvre sur les matrices correspondantes (sol, eaux souterraines, eaux de source, végétaux potagers), dans le cadre de la campagne d'investigations relatives au volet sanitaires conduites par l'INERIS en juillet 2015. Ces protocoles ainsi que les fiches de prélèvement sont aussi fournis dans le rapport INERIS-DRC-15-153381-04996B.

- **Mesures qualitatives mises en œuvre sur les échantillons de sol**

Lors des investigations de terrain, un spectromètre à fluorescence X portable (de type NITON®) est utilisé afin d'acquérir une information qualitative sur la qualité des sols, et plus particulièrement concernant les teneurs des éléments métalliques. Ces mesures permettent uniquement d'orienter et/ou d'affiner le plan d'échantillonnage des sols.

Ainsi, tenant compte des éléments renseignés dans le cadre de la phase informative mais également dans le cadre de l'étude du contexte environnemental, certains éléments métalliques tels que le plomb, le zinc, l'arsenic et le cuivre, sont utilisés comme éléments traceurs de l'activité minière passée. En fonction des valeurs mesurées, le plan d'échantillonnage est affiné directement sur site. Ceci est plus particulièrement utilisé pour déterminer la composition des échantillons de sol composite. Les valeurs mesurées ne font pas l'objet d'un traitement mathématiques, ni d'une quelconque interprétation, à l'issue des investigations.

Ces mesures sont réalisées sur la matrice sol non tamisée. Les éventuels cailloux, rochers et racines sont préalablement retirés.



*Photo 1 : Mesures pXRF (NITON®)*

- **Prélèvement d'échantillons de sol ou de résidu**

Les prélèvements de sol ont été effectués à l'aide d'une spatule inox et/ou une bêche manuelle.

Les horizons échantillonnés sont adaptés en fonction des usages constatés :

- s'il s'agit de réaliser des **prélèvements de sol de surface non remanié**, les prélèvements sont effectués à l'aide d'une bêche manuelle nettoyée à chaque nouveau lieu investigué, et concernent les horizons 0-3, 0-5 ou 0-10 cm en fonction de la lithologie. Les composés susceptibles d'être quantifiés dans cette tranche superficielle de terrain ne sont pas volatils.

Les échantillons prélevés sont réalisés soit à partir de prélèvements ponctuels (une prise), soit à partir de prélèvements composites<sup>45</sup>. Ces derniers sont réalisés à partir de 2 à 6 prises ponctuelles réparties de façon homogène, sur une zone donnée, présentant le ou les mêmes usages. Les différentes prises peuvent être réparties en cercle, en carrée, en triangle ou autre. Toutes les prises d'un même prélèvement composite sont de volumes semblables et homogénéisés.

- s'il s'agit de réaliser des **prélèvements de sol de surface remanié**, les prélèvements sont réalisés à la bêche manuelle et concernent l'horizon 0-25 ou 0-30 cm. Les composés susceptibles d'être quantifiés dans cette tranche de terrain ne sont pas volatils.

Ces prélèvements sont réalisés, en fonction de la superficie de la zone étudiée, à partir de prélèvements ponctuels ou à partir de prélèvements composites. Ces derniers sont réalisés à partir de 2 à 6 prises unitaires, réparties de façon homogène, présentant le ou les mêmes usages. Dans le cas de jardins potagers, il est possible de réaliser un échantillon composite sur l'ensemble des jardins ou parcelles, présentant des pratiques culturales identiques. Les différentes prises peuvent être réparties en cercle, en carrée, en triangle ou autre. Toutes les prises d'un même prélèvement composite sont de volumes semblables et homogénéisés.

Quelques échantillons de sols plus profonds peuvent également être prélevés afin de caractériser les matériaux présents au droit du dépôt.

Chaque prélèvement a fait l'objet d'une fiche de prélèvement, indiquant notamment :

- les coordonnées GPS des points de prélèvement ;
- la description lithologique des sols prélevés ;
- les indices visuels et organoleptiques ;
- le type de prélèvement (ponctuel ou composite, le cas échéant, le nombre de prises).

Les échantillons sont conditionnés dans des flacons en verre fournis par le laboratoire d'analyses ou des sachets plastiques<sup>46</sup> et placés dans une glacière au frais et à l'abri de la lumière.

---

<sup>45</sup> Les prélèvements composites permettent de minimiser l'incertitude sur la représentativité de l'échantillonnage des sols de surface.

<sup>46</sup> Dans le cas de doublons



*Photo 2 : Prélèvements de sol de surface*

- **Prélèvement d'échantillons des eaux de surface (hors eaux d'arrosage)**

Les prélèvements d'eaux de surface mis en œuvre dans des rivières, étangs ou lacs, sont réalisés, dans la mesure du possible, directement depuis la berge ou dans les cours d'eau, en remplissant directement le flaconnage fourni par le laboratoire d'analyses. Lorsque que ce n'est pas possible (accessibilité, relief, etc), une perche télescopique peut être utilisée. Dans ce cas un flacon propre et inerte est fixé à l'extrémité de la perche. Il est ensuite rempli directement dans le cours d'eau. Les flacons fournis par le laboratoire sont remplis directement lorsque le flacon est ramené sur la berge.

De même, si le flacon contient un stabilisateur (cas des flacons dédiés à l'analyse des métaux), alors un flacon propre et inerte est rempli directement dans le cours d'eau. La matrice est ensuite transférée précautionneusement, dans le flacon fournit par le laboratoire et contenant le stabilisateur.

Si l'échantillon prélevé doit faire l'objet d'une filtration sur site, un flacon propre et inerte est rempli directement dans le cours d'eau. La matrice prélevée est filtrée à 45 µm, sur site, à l'aide d'une pompe péristaltique. Les flacons sont alors remplis directement en sortie de filtre.

Chaque échantillon a fait l'objet d'une fiche de prélèvement qui indique notamment :

- les coordonnées GPS du point de prélèvement ;
- les conditions météorologiques et hydrographiques ;
- les paramètres physico-chimiques (T°C, pH, conductivité) mesurés.

#### ▪ **Prélèvement d'échantillons des eaux d'arrosage et eaux de source**

Les prélèvements d'eaux utilisées pour l'arrosage des jardins potagers, sont réalisés directement en sortie de la pompe ou des tuyaux d'arrosage utilisés par le jardinier. Dans le cadre de la présente étude, deux types d'échantillons sont prélevés :

- l'un filtré sur site à l'aide d'une pompe péristaltique (0,45 µm) ;
- l'autre non filtré.

Pour l'échantillon filtré, un flacon propre et inerte est rempli directement en sortie de la pompe ou des tuyaux d'arrosage utilisés par le jardinier. L'eau prélevée est ensuite filtrée à 0,45 µm sur site à l'aide d'une pompe péristaltique. Le flaconnage fourni par le laboratoire est rempli directement en sortie de filtre.

Pour l'échantillon non filtré, le flaconnage fourni par le laboratoire d'analyses est directement rempli sur site, au moment du prélèvement.

Chaque échantillon a fait l'objet d'une fiche de prélèvement qui indique notamment :

- les coordonnées GPS du point de prélèvement ;
- les conditions météorologiques et hydrographiques ;
- les paramètres physico-chimiques (T°C, pH, conductivité) mesurés.





*Photo 3 : Prélèvement d'eau de source*

### ▪ Prélèvement d'échantillons végétaux : végétaux potagers

Dans le cadre de la présente étude, différents végétaux potagers sont échantillonnés (courgettes, carottes, salades, poireaux, pommes de terre, etc.). Ces prélèvements sont réalisés, conformément au guide d'échantillonnage des plantes potagères dans le cadre des diagnostics environnementaux (ADEME, 2014)<sup>47</sup>. Ceux-ci sont prélevés dans des jardins potagers présentant suffisamment de végétaux, en termes de diversité et quantité nécessaires aux analyses.

Les espèces sont choisies dans le but d'être représentatives, dans la mesure du possible, des différentes catégories de légumes telles que définies par le règlement européen<sup>48</sup> relatifs aux denrées alimentaires<sup>49</sup>. Tout ou une partie des catégories listées ci-après ont pu être échantillonnées dans les potagers investigués :

- aromates (thym, romarin)
- légumes racines (betterave) ;
- légumes feuilles (salade) ;
- légumes fruits (concombre, courgette) ;

<sup>47</sup> Guide d'échantillonnage des plantes potagères dans le cadre des diagnostics environnementaux, seconde édition, ADEME, avril 2014

<sup>48</sup> 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

<sup>49</sup> Liste des différentes catégories : légumes racines ; légumes tubercules ; légumes feuilles ; légumes tiges ; légumes fruits ; légumes graines ; fines herbes ; fruits.

- les bulbes (oignon) ;
- les fruits (abricots, arbruses, olives, figues, framboises, noix).

Aucun légume tige et légume tubercule n'a pu être échantillonné (non disponibles lors des investigations et/ou non cultivés).

Les données renseignées pour chacune des catégories de végétaux potagers échantillonnées sont utilisées ultérieurement lors de l'interprétation de l'état des milieux. L'un (au moins) des jardins potagers est dédié à la caractériser l'environnement local témoin.

Aucune herbe de pâturage ni aucun produit de cueillette (fruits sauvages, champignons) n'a été prélevé.

Lors de leur prélèvement, les légumes ne sont pas nettoyés. Cependant, les particules de terre grossières adhérentes aux racines ou aux parties aériennes sont retirées à l'aide d'un papier essuie-tout propre.

Chaque échantillonnage a fait l'objet d'une « fiche de prélèvement » précisant notamment :

- les coordonnées GPS du jardin potager ;
- la superficie du jardin potager ;
- une description des végétaux ;
- la lithologie des échantillons de sol prélevés en parallèle des végétaux ;
- les conditions météorologiques lors de ces prélèvements ;
- les éléments renseignés par le jardinier, lors d'une entrevue (ancienneté du jardin, historique, pratiques culturelles, amendements, arrosage).

Les prélèvements de végétaux potagers ont été couplés à des prélèvements de sol<sup>50</sup>, en suivant le protocole mentionné précédemment (sol remanié).

De même, en fonction de l'origine des eaux utilisées pour l'arrosage, des échantillons d'eau sont également prélevés en suivant le protocole mentionné précédemment.

---

<sup>50</sup> Échantillon composite constitué d'un mélange homogène d'échantillons unitaires prélevés sur l'ensemble du potager en l'absence de pratiques culturelles particulières, ou au droit de parcelles spécifiques, sur une profondeur de 0 à 30 cm, potentiellement concernés par la croissance des végétaux



*Photo 4 : Prélèvement de végétaux potagers*

#### ▪ **Conditions de stockage et de transport des échantillons**

Les échantillons prélevés ont été conditionnés selon les normes en vigueur, selon la matrice considérée :

- des flacons en verre et des sacs en plastique pour les sols ;
- des sachets plastiques pour les végétaux ;
- des flaconnages en verre ou en plastique pour les eaux de surface et souterraines.

Tous ces échantillons sont conservés au frais et à l'abri de la lumière, dans des glacières, jusqu'au laboratoire d'analyses.

Parmi les échantillons de sol, certains sont prélevés en tant que « doublons ». Dans ce cas, ceux-ci ne sont pas envoyés au laboratoire mais sont conservés en chambre froide, à l'INERIS, jusqu'à la fin de l'étude.