

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie

**INTERPRETATION DE L'ÉTAT DES MILIEUX (IEM)
SUR LA ZONE ANCIENNE USINE RECYLEX**

**ÉTUDE DE RECENSEMENT DES DÉPÔTS DISPERSÉS
DE RÉSIDUS INDUSTRIELS CONNEXES À L'ACTIVITÉ MINIÈRE**

ÉTUDES DE RECENSEMENT DES USAGES DE L'EAU EN AVAL

SAINT SEBASTIEN D'AIGREFEUILLE (30)

RAPPORT FINAL PHASE 2
AIX/11/086IR – PHASE 2 – V1

Présentation de la société ICF Environnement

ICF Environnement est une société d'ingénierie et de conseil en environnement française, indépendante, créée en 1991 (Directeur Général Monsieur Gérard Marceau), et filiale du groupe IRH Environnement dont le siège social est situé au 14-30 rue Alexandre, 92635 Gennevilliers Cedex.

Acteur historique et majeur de l'environnement, spécialiste des sites et des sols pollués ainsi que des ressources en eau, ICF Environnement développe depuis plus de 20 ans son savoir-faire de conseil et de maîtrise du risque environnemental.

Plus de 100 spécialistes des sciences de la terre, de la vie et de l'ingénieur, apportent aujourd'hui leur expertise aux industriels, aux professionnels de l'immobilier et aux collectivités.

ICF Environnement s'appuie sur son réseau de 11 agences réparties sur l'ensemble du territoire national pour vous proposer toute une gamme de services à l'environnement :

- Conseil et expertise pour la maîtrise des risques environnementaux associés à vos projets immobiliers et industriels ;
- Etudes de sites nécessitant une expertise fiable dans le cadre de cession, acquisition, réaménagement de sites ayant supporté des activités potentiellement polluantes ;
- Mise en œuvre des techniques de dépollution les plus adaptées en fonction du contexte d'intervention pour le traitement des pollutions accidentelles ou chroniques, depuis la conception jusqu'aux travaux.

ICF Environnement est certifiée ISO 9001:2008, MASE et selon les normes NF X 31-620-1 à 4 de juin 2011 relatives aux prestations de services des sites et sols pollués pour les domaines A (études, assistance et contrôle), B (ingénierie des travaux de réhabilitation) et C (exécution des travaux de réhabilitation).

Système de Management de la Qualité certifié ISO 9001



FQA 9910144/A
Validité 30/09/15

Entreprise certifiée MASE



Validité 23/10/15

Certification de service des prestataires dans le domaine des sites et sols pollués



SITES ET SOLS POLLUÉS

NF X 31-620-2
ÉTUDES, ASSISTANCE
ET CONTRÔLE

SITES ET SOLS POLLUÉS

NF X 31-620-3
INGÉNIERIE DES TRAVAUX
DE RÉHABILITATION

SITES ET SOLS POLLUÉS

NF X 31-620-4
EXÉCUTION DES TRAVAUX
DE RÉHABILITATION

www.lne.fr
Validité 20/03/16

FICHE SIGNALÉTIQUE

CLIENT :

- Raison Sociale : **ADEME**
Direction Régionale Languedoc Roussillon
- Coordonnées : Résidence « Antalya », 119 avenue Jacques Cartier CS 29011
34695 MONTPELLIER Cedex 2
- Interlocuteur : Nom M. Arguillat
Téléphone / Fax 04.67.99.89.79 / 04.67.64.30.89
Mail marc.arguillat@ademe.fr

SITES D'INTERVENTION :

- Raison Sociale : Ancien site RECYLEX
- Coordonnées : Saint-Sébastien-d'Aigrefeuille (30)
- Interlocuteur : Nom M Jacquemin / M. Arguillat
Téléphone / Fax 05 62 24 11 42 / 04.67.99.89.79
Mail patrick.jacquemin@ademe.fr
marc.arguillat@ademe.fr




DOCUMENT :

- Type : Affaire n°AIX/11/086IR
selon offre n° AIX11028IR94YGU-v1
- Code prestation ICF : IB – Diagnostic de site
A200 : Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les sols
A210 : Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux souterraines
A220 : Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux superficielles et/ou sédiments
A240 : Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur l'air ambiant et les poussières atmosphériques
A250 : Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les denrées alimentaires
A320 : Analyse des enjeux sanitaires
- Code prestation selon la norme NFX-31-620-2 du 23/06/2011

REVISION

révision	Date	Observations / Modifications
VP1	27/01/2012	Document initial – version provisoire
VP2	13/02/2012	Intégration des commentaires de l'ADEME
VP3	20/03/2012	Intégration des commentaires de la DREAL suite à réunion du 01/03/12
V1	28/06/2013	Intégration des commentaires DREAL et ARS/CIRE (email ADEME du 26/04/13 et complément d'informations suite à la réunion DREAL/ARS/CIRE/ADEME/ICF Environnement du 18 Juin 2013) et validation ADEME/DREAL/ARS

SIGNATAIRES

	Nom	Fonction	Visa
Rédacteur	Elodie DAMON	Ingénieur de projet Région Sud-est	
Rédacteur/Vérificateur	Rozenn CORRE	Responsable Adjoint Région Sud-est	
Vérificateur/ Approbateur	Yves GUELORGET	Responsable Région Sud-est	

SOMMAIRE

I.	CONTEXTE ET ENJEUX DU CLIENT	1
II.	LOCALISATION ZONE D'ETUDE	2
III.	METHODOLOGIE.....	4
III.1.	REFERENTIELS METHODOLOGIQUES	4
III.2.	SYNTHESE DES DEMARCHES DE GESTION DEFINIES (MEDAD).....	5
III.3.	METHODOLOGIE MISE EN ŒUVRE SUR LA ZONE ETUDIEE.....	6
PARTIE 1 : INVESTIGATIONS DES MILIEUX.....		7
IV.	RAPPEL – STRATEGIE D'INVESTIGATIONS	8
V.	INVESTIGATIONS MENEES SUR LES SOLS SUPERFICIELS (ZONES 1, 2 ET 3)...	9
V.1.	METHODOLOGIE	9
V.2.	RESULTATS DES MESURES	11
V.3.	INTERPRETATION DES RESULTATS SUR LES SOLS SUPERFICIELS	11
VI.	INVESTIGATIONS MENEES SUR LES VEGETAUX – POTAGERS ET PRAIRIES / PATURAGES (ZONES 1 ET 3)	25
VI.1.	METHODOLOGIE	25
VI.2.	RESULTATS D'ANALYSES SUR LES VEGETAUX ET SOLS ASSOCIES.....	30
VI.3.	INTERPRETATION DES RESULTATS SUR LES VEGETAUX.....	31
VII.	INVESTIGATIONS MENEES SUR LES EAUX SOUTERRAINES ET SUPERFICIELLES	35
VII.1.	METHODOLOGIE	35
VII.2.	RESULTATS DES PRELEVEMENTS ET ANALYSES SUR LES EAUX SOUTERRAINES ET SUPERFICIELLES.....	39
VII.3.	INTERPRETATION DES RESULTATS SUR LES EAUX SOUTERRAINES ET SUPERFICIELLES	39
VIII.	INVESTIGATIONS MENEES SUR LES EAUX DE RUISSELLEMENT (ZONE 2)	43
VIII.1.	METHODOLOGIE	43
VIII.2.	RESULTATS DES PRELEVEMENTS ET ANALYSES SUR LES EAUX DE RUISSELLEMENT	46
VIII.3.	INTERPRETATION DES RESULTATS SUR LES EAUX DE RUISSELLEMENT	46
IX.	INVESTIGATIONS MENEES SUR LES RE ENVOLS DE POUSSIERES.....	48
IX.1.	METHODOLOGIE	48
IX.2.	RESULTATS ET REFERENTIELS.....	52
IX.3.	INTERPRETATION DES RESULTATS SUR LES RE ENVOLS DE POUSSIERES.....	54
X.	INVESTIGATIONS MENEES SUR LE BÂTI	56
X.1.	METHODOLOGIE	56
X.2.	RESULTATS DES MESURES	56
X.3.	INTERPRETATION DES RESULTATS SUR LES VESTIGES DE L'ANCIENNE USINE.....	60
PARTIE 2 : ZONE 1 – INTERPRETATION DE L'ETAT DES MILIEUX DANS LA ZONE DE L'USINE		61
XI.	SYNTHESE DES INVESTIGATIONS – ZONE 1	62
XI.1.	SYNTHESE SUR LA QUALITE DES SOLS SUPERFICIELS	62
XI.2.	SYNTHESE SUR LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES	62

XI.3.	SYNTHESE SUR LE RE ENVOL DES POUSSIERES	62
XI.4.	SYNTHESE SUR L'ATLAS DU BATI	63
XII.	SCHEMA CONCEPTUEL – ZONE 1.....	63
XIII.	INTERPRETATION DE L'ETAT DES MILIEUX – ZONE 1	66
XIII.1.	RAPPELS ET GENERALITES SUR L'IEM.....	66
XIII.2.	VOIE D'EXPOSITION.....	66
XIII.3.	EVALUATION DES EXPOSITIONS.....	67
XIII.4.	SELECTION DES SUBSTANCES	68
XIII.5.	RESULTATS	70
XIII.6.	DISCUSSION SUR LES RESULTATS DE L'IEM.....	71
XIII.7.	CONCLUSION IEM SOLS	75
PARTIE 3 :	ZONE 2 – ETUDE DE RECENSEMENT DES TAS DE DECHETS DISPERSES	78
XIV.	SYNTHESE DES INVESTIGATIONS – ZONE 2.....	79
XIV.1.	SYNTHESE SUR LA QUALITE DES SOLS SUPERFICIELS	79
XIV.1.	SYNTHESE SUR LA QUALITE DES EAUX DE RUISSELLEMENT	79
XV.	SCHEMA CONCEPTUEL – ZONE 2.....	80
XVI.	ETUDE DES TAS DISPERSES – ZONE 2.....	82
XVII.	INVESTIGATIONS MENEES SUR LE POTENTIEL PHYTOTOXIQUE DES SOLS- ZONE 2	87
XVII.1.	METHODOLOGIE	87
XVII.2.	RESULTATS D'ANALYSES AU LABORATOIRE	89
XVII.3.	INTERPRETATION DES ANALYSES AU LABORATOIRE	91
XVIII.	PROBLEMATIQUES ET RECOMMANDATIONS – ZONE 2	93
PARTIE 4 :	ZONE 3 ETUDE DE L'USAGE DE L'EAU EN AVAL.....	96
XIX.	SYNTHESE DES USAGES – ZONE 3.....	97
XX.	SYNTHESE DES INVESTIGATIONS – ZONE 3.....	99
XX.1.	SYNTHESE SUR LA QUALITE DES SOLS SUPERFICIELS	99
XX.2.	SYNTHESE SUR LA QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES ET SUPERFICIELLES	99
XX.3.	SYNTHESE SUR LA QUALITE DES VEGETAUX / FRUITS / PRAIRIES.....	100
XX.4.	SYNTHESE SUR LA QUALITE DES RETOMBEES DE POUSSIERES	101
XXI.	SCHEMA CONCEPTUEL – ZONE 3.....	101
XXII.	RECENSEMENT DES PROBLEMATIQUES EN FONCTION DES USAGES EN ZONE 3	104
PARTIE 5 :	DELIMITATION DES IMPACTS, RECOMMANDATIONS ET CONCLUSION	GENERALE 105
XXIII.	DELIMITATION DES IMPACTS.....	106
XXIV.	RECOMMANDATIONS.....	107
XXIV.1.	MESURES DE GESTION SIMPLE, ETUDES APPROFONDIES	107
XXIV.2.	RECOMMANDATIONS ET SURVEILLANCE.....	110
XXIV.3.	SERVITUDES ET RESTRICTIONS D'USAGE	110

XXV. CONCLUSION GENERALE	111
XXVI. LIMITATIONS DU RAPPORT	114

FIGURES

<i>Figure 1 : plan de localisation du secteur d'étude sur photographie aérienne récente.....</i>	<i>2</i>
<i>Figure 2 : plan de sectorisation de la zone 3.....</i>	<i>3</i>
<i>Figure 3 : plan de localisation de mesures utilisées pour le calcul du BDF et VDF en local..</i>	<i>13</i>
<i>Figure 4 : Comparaison des moyennes de concentrations sur les trois zones</i>	<i>17</i>
<i>Figure 5 : Comparaison des moyennes de concentrations incluant les 7 secteurs de la zone 3</i>	<i>18</i>
<i>Figure 6 : Voies de contamination potentielle des végétaux.....</i>	<i>25</i>
<i>Figure 7 : plan de localisation des jardins sélectionnés pour prélèvements et analyses.....</i>	<i>27</i>
<i>Figure 8 : Répartition des échantillons de végétaux par type</i>	<i>28</i>
<i>Figure 9 : plan de localisation des prairies/ pâturages pour prélèvements et analyses.....</i>	<i>29</i>
<i>Figure 10 : Relation entre les teneurs en plomb sols superficiels / végétaux (échelles logarithmiques).....</i>	<i>33</i>
<i>Figure 11 : Relation entre les teneurs en plomb sols superficiels / prairies.....</i>	<i>34</i>
<i>Figure 12 : Ouvrages d'eaux souterraines et superficielles aux points d'usages en Zone 1 .</i>	<i>36</i>
<i>Figure 13 : Ouvrages d'eaux souterraines et superficielles aux points d'usages en Zone 3 .</i>	<i>37</i>
<i>Figure 14 - Localisation des prélèvements d'eaux superficielles Reigous et Amous en Zone 3</i>	<i>38</i>
<i>Figure 15 : Représentation cartographique des résultats analytiques</i>	<i>41</i>
<i>Figure 16 : Représentation cartographique des principaux ravinements observés.....</i>	<i>45</i>
<i>Figure 17 : Plan de Localisation des jauges Owen en Zone 1</i>	<i>49</i>
<i>Figure 18 : Plan de localisation des jauges owen en zone 3</i>	<i>50</i>
<i>Figure 19 : Vitesse moyenne du vent et hauteurs des précipitations.....</i>	<i>52</i>
<i>Figure 20 : Rose des vents – Fréquence en % Période de prélèvement des envols de poussières du 08/11/11 au 08/12/11</i>	<i>53</i>
<i>Figure 21 : Plan de Localisation des vestiges de la Zone 1.....</i>	<i>57</i>
<i>Figure 22 : Plan de Localisation des vestiges des zones 2 et 3.....</i>	<i>58</i>
<i>Figure 23 – Schéma conceptuel de la Zone 1 mis à jour suite aux investigations (synoptique)</i>	<i>64</i>
<i>Figure 24 : répartition des concentrations en Arsenic vis-à-vis des critères IEM</i>	<i>76</i>
<i>Figure 25 : répartition des concentrations en Plomb vis-à-vis des critères IEM.....</i>	<i>77</i>
<i>Figure 26– Schéma conceptuel de la Zone 2 mis à jour suite aux investigations (synoptique)</i>	<i>80</i>
<i>Figure 27 : localisation des cinq faciès identifiés.....</i>	<i>83</i>
<i>Figure 28 : localisation des points de prélèvements de sols pour les tests de phytotoxicité .</i>	<i>88</i>
<i>Figure 29 : Synthèse cartographique du recensement des usages par secteur</i>	<i>98</i>
<i>Figure 30 : Schéma conceptuel de la Zone 3 mis à jour suite aux investigations (synoptique)</i>	<i>102</i>

TABLEAUX

Tableau 1 : Méthodologie retenue dans le cadre de l'étude	6
Tableau 2 : stratégie d'investigations et programme de caractérisation environnementale	8
Tableau 3 : limites de détection de l'appareil (LOD) en mg/kg (mesure de 60s et 2 types de sol)	9
Tableau 4 : description de la nature des terrains par zone	11
Tableau 5 : Valeurs de bruit de fond géochimique régional et local (moyenne et P90).....	14
Tableau 6 : Analyse statistique des concentrations observées en zones 1, 2 et 3 en Pb, As, Zn et Cu	15
Tableau 7 : Description des points de localisation des jauges owen	51
Tableau 8 : Résultats sur les métaux des envols de poussières	54
Tableau 9 : résultats des moyennes de concentration obtenues pour chaque bâtiment et pour chaque type de matériaux analysés	59
Tableau 10 : seuils d'acceptabilité des risques pour l'IEM.....	66
Tableau 11 : paramètres retenus pour les scénarii d'ingestion de sols - résidents	67
Tableau 12 : concentrations retenues dans les sols superficiels en métaux pour le calcul de risque par l'outil IEM	69
Tableau 13 : Résultats des grilles de calculs IEM – ingestion sols – Acceptabilité du risque	70
Tableau 14 : Comparaison des résultats de risques sanitaires entre chaque scénario (sécuritaire et moyen) pour un secteur donné et des teneurs moyennes	73
Tableau 15 : Teneurs seuils en plomb et arsenic pour chaque classe de niveaux de risque	75
Tableau 16 : recensement des essences dans le secteur d'étude (ESN Agronomique de Montpellier-1999)	85
Tableau 17 : Tableau de résultats des tests de phytotoxicité	90
Tableau 18 : problématiques et recommandations pour la zone 2	94
Tableau 19 : Recensement des problématiques en fonction des usages	104
Tableau 20 : Tableau de synthèse des problématiques, mesures de gestion simples et études approfondies à réaliser sur les périmètres A, B et C.....	108

ANNEXES

- Annexe 1 : Localisation de la zone d'étude sur carte IGN et sur photographie aérienne
- Annexe 2 : Résumé du rapport d'étape intermédiaire
- Annexe 3 : Tableaux des référentiels
- Annexe 4 : Graphique de corrélation XRFP / laboratoire sur l'ensemble des trois zones
- Annexe 5 : Localisation des points de mesures à l'XRFP, tableaux des coordonnées GPS et résultats de l'XRFP en Zone 1, 2 et 3
- Annexe 6 : Localisation des points de prélèvement de sols superficiels en Zone 1, 2 et 3
- Annexe 7 : Bordereaux d'analyses du laboratoire sur les sols superficiels en Zone 1, 2 et 3
- Annexe 8 : Synthèse des résultats d'analyses pour les sols superficiels en Zone 1, 2 et 3 (tableaux)
- Annexe 9 : Profils des teneurs en métaux dans les sols superficiels en Zone 1, 2 et 3 (carte)
- Annexe 10 : Distribution statistique des concentrations dans les sols superficiels en Zone 1, 2 et 3
- Annexe 11 : Sectorisation spatiale en Zone 3
- Annexe 12 : Tableau récapitulatif de l'échantillonnage des jardins potagers en Zone 3
- Annexe 13 : Fiches de prélèvements des jardins potagers
- Annexe 14 : Bordereaux d'analyses du laboratoire sur les végétaux et prairies en Zone 3
- Annexe 15 : Synthèse des résultats d'analyses pour les végétaux et prairies en Zone 3 (tableaux)
- Annexe 16 : Caractéristiques des points de prélèvement d'eaux souterraines et superficielles en Zone 1 et 3
- Annexe 17 : Fiches de prélèvement des eaux souterraines et superficielles pour l'ensemble des trois zones
- Annexe 18 : Bordereaux d'analyses du laboratoire sur les eaux souterraines et superficielles en Zone 1 et 3
- Annexe 19 : Synthèse des résultats d'analyses pour les eaux souterraines et superficielles en Zone 1 et 3 (tableaux)
- Annexe 20 : Bordereaux d'analyses du laboratoire sur les eaux de ruissellement en Zone 2
- Annexe 21 : Synthèse des résultats d'analyses pour les eaux de ruissellement en Zone 2 (tableaux)
- Annexe 22 : Bordereaux d'analyses du laboratoire sur les poussières en Zone 1 et 3
- Annexe 23 : Fiches détaillées atlas du bâti sur l'ensemble des trois zones
- Annexe 24 : Calculs grille IEM – Ingestion sols en Zone 1
- Annexe 25 : Bordereaux d'analyses du laboratoire sur les tests de phytotoxicité et agronomiques en Zone 2
- Annexe 26 : Résultats du recensement et localisation des différents usages identifiés
- Annexe 27 : Plan de délimitation des périmètres A, B et C

I. CONTEXTE ET ENJEUX DU CLIENT

L'ADEME a été chargée par l'arrêté préfectoral du 9 novembre 2010 de mener des études sur et hors de l'ancien site Recylex à Saint-Sébastien-d'Aigrefeuille (30) comme suit :

- Une étude IEM sur la zone de l'usine (Zone 1) ;
- Une étude de recensement et de caractérisation des zones de dépôts de résidus d'industries connexes à l'activité minière (Zone 2) ;
- Une étude de recensement et de caractérisation des usages de l'eau en aval (Zone 3).

L'objectif final de cette mission est de déterminer les teneurs des polluants existants et d'évaluer les risques potentiels pour l'environnement immédiat et la population située en aval.

La zone d'étude concerne le secteur de Saint Sébastien d'Aigrefeuille (30) et couvre une superficie d'environ 1,3 km² (130 ha).

La **localisation de la zone d'étude sur fond IGN au 1/25.000 et sur photographie aérienne** est présentée en **annexe 1**.

Pour ce faire, la méthodologie proposée par ICF Environnement, en application de la politique nationale du Ministère en charge de l'Environnement, consiste à :

1. réaliser la synthèse des données documentaires afin de mieux cerner le contexte historique, environnemental et sociétal. Elle doit permettre d'identifier les sources potentielles de pollution, les voies de transfert et les cibles,
2. réaliser la synthèse des études existantes,
3. réaliser un recensement des usages (puits privés, jardins potagers,...),
4. effectuer des investigations sur site en vue de caractériser les milieux sols, végétaux, eaux, air pour caractériser l'extension de la pollution résiduelle et les niveaux d'exposition potentielle,
5. conduire une Interprétation de l'Etat des Milieux (IEM) afin de s'assurer que l'état des milieux est compatible avec les usages fixés (constatés) sur la zone de l'usine,
6. réaliser un recensement des problématiques, complété par des recommandations sur la zone des dépôts éparses des résidus d'industries connexes à l'activité minière, et sur la zone en aval (cf. CCTP).

Les étapes 1 à 3 ont fait l'objet d'un rapport intermédiaire (AIX/11/086IR-Phase 1-V1 de Décembre 2011). **Le présent rapport donne les résultats des étapes 4 à 6.**

II. LOCALISATION ZONE D'ETUDE

Conformément au CCTP, trois zones caractérisent le périmètre de la présente étude (cf.figure 1 ci-dessous) :

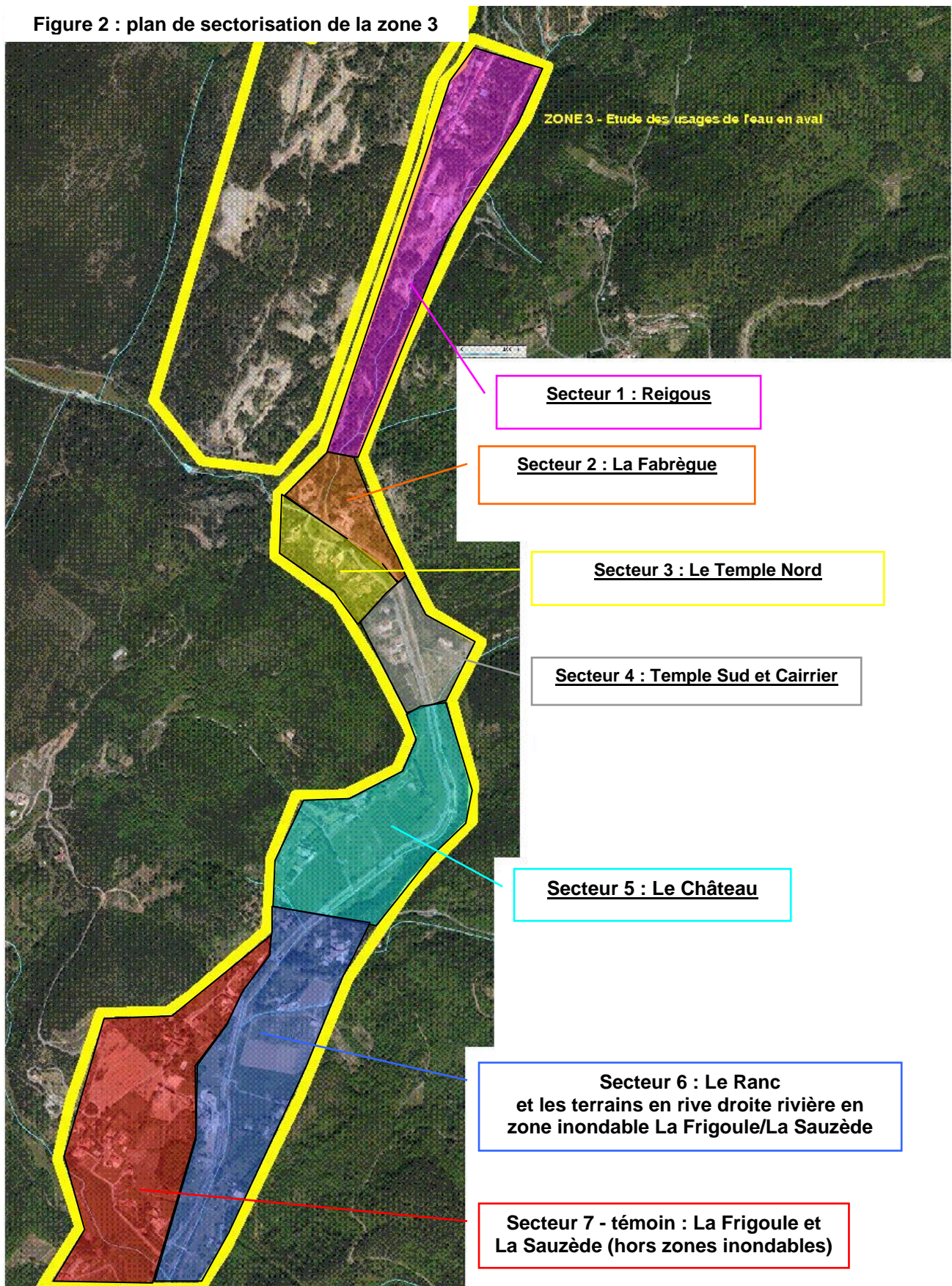
- **Zone d'étude N°1** : ancienne zone de l'usine ;
- **Zone d'étude N°2** : secteur environnant avec zones d'extractions et dépôts éparses (« les mines à ciel ouvert ») ;
- **Zone d'étude N°3** : zone d'écoulement des eaux depuis le stockage de résidus d'industries connexes à l'activité minière dans le Reigous puis dans l'Amous.



Figure 1 : plan de localisation du secteur d'étude sur photographie aérienne récente

Suite à l'étude documentaire et aux résultats du recensement des usages de l'eau dans la zone 3, cette dernière a été divisée en plusieurs secteurs représentatifs de voies potentielles d'exposition (cf. figure 2 ci-dessous).

Figure 2 : plan de sectorisation de la zone 3



III. METHODOLOGIE

III.1. Référentiels méthodologiques

Pour répondre aux enjeux de l'étude, la méthodologie proposée a été établie en référence :

- aux outils et guides élaborés par le **Ministère en charge de l'Environnement** pour la mise en œuvre des démarches de gestion des sites potentiellement pollués :
 - textes ministériels du 8 février 2007 relatifs aux modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués ;
 - guide « Première visite de site » approuvé par le MEDAD le 8 février 2007 ;
 - guide « Diagnostics du site » approuvé par le MEDAD le 8 février 2007 ;
 - guide « Schéma conceptuel et modèle de fonctionnement » approuvé par le MEDAD le 8 février 2007 ;
 - guide IEM « La démarche d'analyse des risques résiduels » approuvé par le MEDAD le 8 février 2007 ;
 - arrêté ministériel du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-8 du code de santé publique ;
 - arrêté ministériel du 17 septembre 2003 relatif aux méthodes d'analyse des échantillons d'eau et à leurs caractéristiques de performances ;
 - arrêté ministériel du 8 Juillet 2010 modifiant l'arrêté du 20 avril 2005 modifié pris en application du décret 2005-378 du 20 avril 2005 relatif au programme national d'action contre la pollution des milieux aquatiques par certaines substances dangereuses ;
 - circulaire 2006/18 du 21 décembre 2006 relative à la définition du " bon état " pour les eaux souterraines ;
 - Règlement CE n°1881/2006 du 19 décembre 2006 portant sur la fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires ;
 - Portail substances chimiques de l'INERIS regroupant les normes de qualité environnementale existantes ;
 - circulaire du 7 mai 2007 définissant les " normes de qualité environnementale provisoires (NQE) " ;
 - le rapport ADEME/INERIS « Guide d'échantillonnage de plantes potagères dans le cadre de diagnostics environnementaux » (2007) ;
 - « contamination des sols – transfert des sols vers les plantes » Anne Tremel-Shaub et Isabelle Feix ;
 - Contamination des sols et de nos aliments d'origine végétale par les éléments en traces – mesures pour réduire l'exposition », publication Michel Mench, Denis Blaize, 2004 ;
 - Base de données relative aux teneurs en éléments traces métalliques de plantes potagères (BAPPET) (mise à jour du 11/04/2011).
- aux **normes françaises en vigueur** et notamment :
 - la norme AFNOR NF-X-31-620, Juin 2011, portant sur les prestations de services relatives aux sites et sols pollués (études d'ingénierie, réhabilitation de sites pollués et travaux de dépollution) ;

- la norme NF EN ISO 5667.3 « Qualité de l'eau - Echantillonnage - Partie 3 : lignes directrices pour la conservation et la manipulation des échantillons d'eau » publiée en juin 2004 ;
- le fascicule AFNOR FD-X-31-615 d'octobre 1999 relatif au prélèvement et à l'échantillonnage des eaux souterraines ;
- le fascicule de documentation AFNOR FD T 90-523-3, « Guide de prélèvement pour le suivi de la qualité des eaux dans l'environnement - partie 3 : Prélèvement d'eau souterraine », publié en janvier 2009 ;
- la norme ISO 14869-1 (NF X31-147) : « Qualité du Sol – Mise en solution pour la détermination des teneurs élémentaires totales – Partie 1 : mise en solution par l'acide fluorhydrique et l'acide perchlorique » (2001) – Attaque dite « totale » ;
- la norme NF X 31-100 : « Qualité des sols – Echantillonnage – Méthode de prélèvement d'échantillons de sols (1992) » ;
- la norme ISO 10381 : « Qualité du sol – Echantillonnage – Partie 1 : Lignes directrices pour l'établissement des programmes d'échantillonnage (2003) et Partie 2 : Lignes directrices pour les techniques d'échantillonnage (2003) ».

• Aux référentiels internes ICF Environnement :

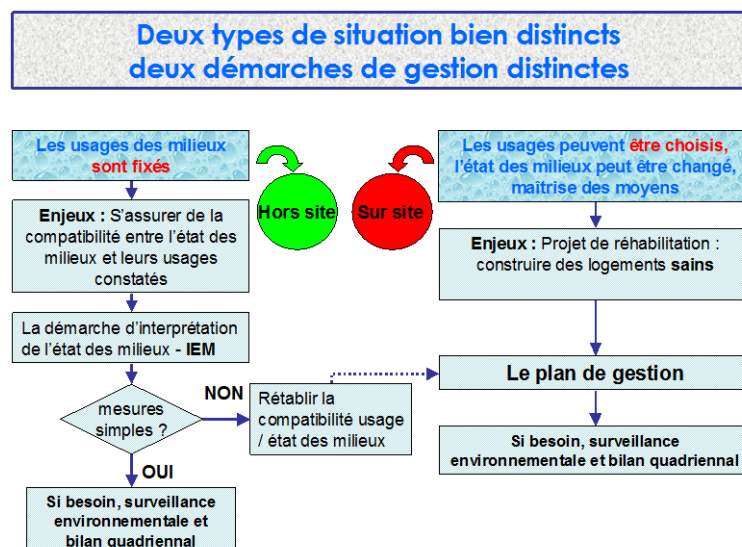
- Procédures ICF ;
- Certificat ISO 9001 du système de management de la Qualité ;
- Label QUALIPOL de l'Union des Professionnels de la Dépollution des Sites ;
- Certificat MASE pour la sécurité (Manuel d'Amélioration Sécurité des Entreprises).

III.2. Synthèse des démarches de gestion définies (MEDAD)

En application des principes de la politique de gestion des risques suivants l'usage, deux démarches de gestion sont définies pour ce qui concerne les milieux et les sites pollués.

- **L'interprétation de l'état des milieux (IEM)** : il s'agit de s'assurer que l'état des milieux est compatible avec les usages fixés (constatés). Cette démarche concerne les milieux présents en dehors de toute emprise industrielle ou d'activités de service.

- **Le plan de gestion** est la démarche qui permet d'agir aussi bien sur l'état d'un site (par des aménagements ou des mesures de dépollution) que sur les usages qui peuvent être choisis ou adaptés.



III.3. Méthodologie mise en œuvre sur la zone étudiée

Pour répondre à la problématique relative à cet ancien site minier, la méthodologie est déclinée comme suit :

PHASE PRELIMINAIRE
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rédaction notice Hygiène et sécurité ▪ Rédaction Plan d'Assurance Qualité et Plan d'Assurance Environnement
ETUDE ENVIRONNEMENTALE DOCUMENTAIRE
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Situation des zones d'étude (zone 1, zone 2 et zone 3) ▪ Analyse historique ▪ Analyse de vulnérabilité des milieux et identification des cibles potentielles ▪ Synthèse des études environnementales existantes ▪ Visite de site ▪ Elaboration d'un schéma conceptuel préliminaire ▪ Recensement des usages de l'eau et identification des jardins potagers <ul style="list-style-type: none"> ↳ Proposition du programme de caractérisation des milieux
CARACTERISATION DES MILIEUX
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Campagnes de caractérisation des milieux adaptée aux usages recensés sur l'ensemble des trois zones : <ul style="list-style-type: none"> ○ Sols superficiels ○ Eaux souterraines ○ Eaux de surface ○ Végétaux cultivés ○ Prairies / pâturages ○ Poussières ▪ Mise à jour du schéma conceptuel
ZONE 1 – INTERPRETATION DES MILIEUX
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vérifier que l'état des milieux est compatible avec les usages fixés
ZONE 2 – ETUDE DES TAS DE DECHETS DISPERSES
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Etude des tas dispersés ▪ Tests de phytotoxicité ▪ Analyse des problématiques ▪ Recommandations
ZONE 3 – USAGES DE L'EAU A L'AVAL
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Synthèse des usages ▪ Analyse de la problématique ▪ Recommandations en fonction des usages

Tableau 1 : Méthodologie retenue dans le cadre de l'étude

Les documents de la phase préliminaire ont été envoyés à l'ADEME au démarrage de l'étude.

Un rapport de phase 1 incluant la phase préliminaire et l'étude environnementale et documentaire (rapport ICF Environnement AIX/11/086IR-Phase 1 – V1) a été transmis à l'ADEME fin Août 2011 et présenté en réunion ADEME / DREAL / ARS en Octobre 2011. La synthèse est présentée en Annexe 2 de ce rapport.

PARTIE 1 : INVESTIGATIONS DES MILIEUX

IV. RAPPEL – STRATEGIE D'INVESTIGATIONS

La stratégie d'investigation sur l'ensemble des trois zones définies dans le cahier des charges et pour l'ensemble des différents milieux est résumé dans le tableau ci-dessous :

	Milieux à caractériser	Objectifs	Moyens
Zone 1	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sols superficiels ✓ Eaux souterraines ✓ Végétaux ✓ Poussières ✓ Vestiges 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Caractérisation des zones d'impact liées aux anciennes activités minières et des voies d'exposition des populations aux polluants contenus dans les sols superficiels ; ✓ Evaluation de l'exposition directe ou indirecte des cibles via la mesure de l'impact sur la qualité : <ul style="list-style-type: none"> • des eaux souterraines • des végétaux • des retombées de poussières • des matériaux de surface 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cartographie FX 10x10 m (100 à 200 points de mesures) de sols superficiels +20 analyses laboratoire de sols superficiels pour calage ✓ 1 prélèvement de sols de surface de potager ✓ Pas d'autorisation de prélèvement de végétaux ✓ 1 prélèvement d'eaux souterraines par rapport aux usages recensés ✓ 3 points de mesures de retombées de poussières ✓ Cartographie FX (300 à 500 points de mesures) de matériaux de surface des anciens vestiges de l'activité minière
Zone 2	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sols superficiels ✓ Eaux superficielles 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Caractérisation de la qualité des sols superficiels dans les zones d'extraction minière et dépôts épars ✓ Caractérisation de la qualité des eaux de ruissellement 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cartographie FX 50 x 50 m et localement 20 x 20 m (250 à 500 points de mesures) de sols superficiels + 10 analyses laboratoire de sols superficiels pour calage ✓ 4 échantillons composites de sol (3 dans résidus épars et 1 témoin) pour tests de phytotoxicité ✓ 3 prélèvements d'eaux de ruissellement
Zone 3	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sols superficiels ✓ Eaux souterraines ✓ Eaux superficielles ✓ Végétaux ✓ Prairies ✓ Poussières 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Caractérisation des zones d'impact liées aux anciennes activités minières et des voies d'exposition des populations aux polluants contenus dans les sols superficiels ✓ Evaluation de l'exposition directe ou indirecte des cibles via la mesure de l'impact sur la qualité : <ul style="list-style-type: none"> • des eaux souterraines et superficielles en fonction des usages constatés • des végétaux et des prairies • des retombées de poussières 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cartographie FX détaillée à la parcelle soit 50 x 50 m à 20 x 20 m (400 à 800 points de mesures) de sols superficiels + 18 analyses laboratoire de sols superficiels pour calage et évaluation de la qualité des sols des jardins potagers ✓ 14 prélèvements d'eaux souterraines et 3 prélèvements d'eaux superficielles par rapport aux usages recensés ✓ 1 prélèvement ponctuel d'eau superficielle à la confluence Amous/Reigous en période d'étiage ✓ 4 prélèvements d'eaux superficielles par préleveurs automatiques en période de hautes eaux ✓ 34 échantillons de végétaux/fruits ✓ 10 prélèvements de prairies/pâturages

Tableau 2 : stratégie d'investigations et programme de caractérisation environnementale

La méthodologie ainsi que les valeurs de références basées sur des textes réglementaires et/ou des bases de données existantes sont présentés dans le rapport de Phase 1. Pour mémoire, les tableaux récapitulatifs sont fournis en [annexe 3](#).

V. INVESTIGATIONS MENEES SUR LES SOLS SUPERFICIELS (ZONES 1, 2 ET 3)

V.1. Méthodologie

V.1.1 Répartition et méthode de mesure

Les mesures de sol ont été réalisées à l'aide d'un appareil portable à fluorescence X (XRFP) qui permet de réaliser un grand nombre de mesures de concentration en métaux lourds et métalloïdes dans les sols avec un résultat en temps réel.

En l'absence de plan topographique détaillé de l'ensemble des trois zones d'étude, les reconnaissances de terrain ont été accompagnées d'un levé GPS qui permet le positionnement des points de mesure sur un fond géoréférencé. Les photographies aériennes et le fond topographique IGN disponibles ont été utilisés comme support cartographique pour tracer les **contours des zones à anomalie**.

L'accessibilité des terrains pour la réalisation de mesures à l'XRFP a été contrainte par :

- la topographie et la densité du couvert végétal,
- l'accord des propriétaires.

Les cartographies de la pollution des sols de surface ont été réalisées selon les maillages suivants :

- **Zone 1** : maillage systématique serré 10 x 10 m sur toute la zone ;
- **Zone 2** : maillage systématique serré 50 x 50 m sur toute la Zone 2 puis 20 x 20 m dans les zones de minerai à nu ;
- **Zone 3** : maillage systématique serré 50 x 50 m sur toute la zone ou 20 x 20 m dans les zones plus « sensibles » (anciennes installations de l'activité minière, dépôt de sédiments en zone inondable) ou représentatif de la parcelle pour les zones habitées.

Les mesures à l'XRFP et les prélèvements de sols superficiels ont été réalisés comme suit :

- **Zone 1** : du 20 au 24 Octobre 2011 : 205 points de mesures à l'XRPF et 20 échantillons de sols superficiels dont un au niveau d'un jardin potager ;
- **Zone 2** : du 24 au 28 Octobre 2011 : 474 points de mesures à l'XRPF et 10 échantillons de sols superficiels afin de vérifier la cohérence des résultats fournis par l'appareil de terrain et les analyses de laboratoire et établir une corrélation entre les deux résultats ;
- **Zone 3** : du 20 au 24 Octobre 2011 : 918 points de mesures à l'XRPF et 18 points de sols superficiels prélevés au niveau des jardins potagers et du verger.

Limites de la méthode :

- Les prélèvements ponctuels ne peuvent pas offrir une vision continue de l'état des terrains du site. Leur implantation et leur densité (maillages 10 x 10 à 50 x 50 m) permettent d'avoir une vision représentative de l'état du sous-sol, sans que l'on puisse exclure l'existence d'une anomalie d'extension limitée entre deux prélèvements, qui aurait échappée à nos investigations.

- Les limites de détection de ce type d'appareil sont relativement élevées c'est pourquoi son application est généralement limitée à la cartographie des éléments présentant des anomalies géochimiques significatives.

Métal	Sable	Sol de référence (SRM)
As	9	19
Cd	30	40
Cr	60	100
Cu	50	80
Fe	120	500
Mn	90	300
Sb	54	72
Pb	11	18
Zn	24	48

Tableau 3 : limites de détection de l'appareil (LOD) en mg/kg (mesure de 60s et 2 types de sol)

Des échantillons de sols superficiels, représentatifs de la distribution des concentrations observées sur le terrain, ont été prélevés, à l'aide de moyens manuels et selon la norme NFX 31-100, et envoyés au laboratoire accrédité WESSLING afin de vérifier la cohérence des résultats fournis par l'appareil de terrain et les analyses de laboratoire et établir une corrélation entre les deux résultats. L'approche quantitative est ainsi calée par le biais d'analyses en laboratoire réalisées sur des doublons.

Tous les prélèvements de sol ont été réalisés selon les exigences de la norme ISO 10381. Ils ont été conditionnés dans des bocaux de qualité laboratoire avant envoi en express au laboratoire.

Les échantillons de sols envoyés au laboratoire ont fait l'objet des analyses suivantes¹ : Arsenic (As), Baryum (Ba), Cadmium (Cd), Chrome (Cr), Cuivre (Cu), Fer (Fe), Manganèse (Mn), Plomb (Pb), Antimoine (Sb), Zinc (Zn).

V.1.2 **Corrélation des mesures de terrain / analyses de laboratoire**

Pour les besoins de l'assurance qualité, des échantillons ont été envoyés au laboratoire pour effectuer une comparaison entre les résultats de l'XRFP et les analyses du laboratoire. Afin d'obtenir une meilleure estimation du biais existant entre ces mesures in-situ et laboratoire, l'erreur a été calculée à partir de l'ensemble des échantillons de sol prélevés sur les trois zones et pour l'ensemble des substances analysées par les deux procédés i.e. As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Sb, Zn.

Une bonne corrélation a en revanche été trouvée pour les paramètres **As, Cu, Pb et Zn**. Les **graphiques de corrélation** pour ces éléments sont présentés en **annexe 4**.

Aucune corrélation n'a été possible sur les éléments Cd, Cr, Fe, Mn et Sb en raisons :

- des limites de quantification de l'appareil (LOD) élevée pour certains paramètres : par exemple pour le cadmium, tous les échantillons pris en doublons pour la corrélation NITON/labo sont inférieures à la LOD au Niton et varient de <0,4 à 18 mg/kgMS. La LOD de l'appareil est de l'ordre de 30-40 mg/kgMS pour un bruit de fond régional à 9 mg/kgMS et une valeur maximale au laboratoire de 18 mg/kgMS) ou,
- de la trop grande homogénéité des concentrations obtenues sur les échantillons envoyés au laboratoire (et des interférences possibles des mesures de l'XRFP).

Par conséquent, la corrélation a été possible sur les traceurs majeurs du risque par rapport à l'activité minière de Saint-Sébastien-d'Aigrefeuille (sur la base des informations historiques disponibles). La corrélation n'a pas été possible pour les autres traceurs potentiels identifiés : cadmium (associé au zinc) et l'antimoine (associé au plomb).

Rappel : le fer, le manganèse, le chrome et le cuivre ne sont pas des traceurs de risque de l'activité minière mais ont été retenus dans le plan analytique car soit, ce sont des constituants majoritaires dans le sol (Fe, Mn qui peuvent aussi potentiellement créer des interférences avec le Niton), soit la synthèse des études existantes a montré la présence d'anomalie ponctuelle dans les eaux et les végétaux comme le cuivre par exemple).

Pour les paramètres où la corrélation a été possible, les résultats mesurés avec l'appareil XRFP ont pu être utilisés et une formule d'ajustement a été appliquée sur l'ensemble des résultats fournis par l'appareil (Zone 1, Zone 2 et Zone 3).

Les interprétations cartographiques qui suivent (chap.V.3.3.) sont donc menées sur les paramètres majoritaires et traceurs de l'activité minière.

¹ Le programme analytique a été défini et justifié dans le rapport de Phase 1 (AIX/11/086IR – Phase 1 – V1 de Décembre 2011)

Pour les paramètres où la corrélation n'a pas été possible, les résultats quantifiés avec l'appareil XRFP ne peuvent pas être utilisés. Cependant, compte tenu que les échantillons de sols superficiels, prélevés en doublon pour analyses en laboratoire (environ 50 analyses disponibles), sont représentatifs de la distribution, **les résultats de sols en laboratoire peuvent être utilisés pour l'interprétation analytique et l'approche de risque sanitaire.**

V.2. Résultats des mesures

La **localisation des points de mesures à l'XRFP ainsi que leurs coordonnées GPS** sont présentés en **annexe 5**.

La **localisation des points de prélèvement de sols superficiels** est présentée sur la carte reportée en **annexe 6**.

Les **bordereaux d'analyses sur les sols superficiels du laboratoire Wessling** sont fournis en **annexe 7**. Un **tableau de synthèse des résultats d'analyses** obtenus est présenté en **annexe 8**.

Les **cartographies de répartition des concentrations en métaux (As, Pb, Zn et Cu)** sont présentées en **annexe 9**.

V.3. Interprétation des résultats sur les sols superficiels

V.3.1 Nature des terrains rencontrés

La nature des terrains rencontrés sur les différentes zones est décrite dans le tableau suivant :

	Nature des terrains
Zone 1	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Formations superficielles correspondant à l'altération des grès et marnes sous-jacentes. ✓ Une zone de déchargement est présente au Sud-est de la zone, elle est constituée de remblais de démolition, de ferrailles et de minerai (arkose) extrait probablement de la Zone 2.
Zone 2	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Formations superficielles au niveau des zones boisées correspondant à l'altération des grès et marnes sous-jacentes. ✓ Zones décaissées où le substratum correspondant à des arkoses affleure. ✓ Zones de déchargement constituées de remblais de chantier et de remblais de démolition présentes de façon éparses sur la Zone 2. ✓ Verses de minerai (arkose) extrait lors de l'exploitation également visibles.
Zone 3	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Formations superficielles correspondant à l'altération des grès et marnes sous-jacentes. ✓ Les sols des jardins potagers sont un mélange des terrains en place et de compost. Les sols du verger correspondent aux terrains en place.

Tableau 4 : description de la nature des terrains par zone

V.3.2 Teneurs observées et interprétation

V.3.2.1 Détermination d'un « environnement témoin » en local

L'objectif de la détermination d'un bruit de fond géochimique local est de pouvoir distinguer les teneurs qui sont susceptibles de poser un problème (liées à l'activité anthropique ciblée) des teneurs rencontrées naturellement dans le secteur d'étude (bruit de fond géochimique local).

Pour cette étude, le bruit de fond géochimique local en éléments métalliques sera défini comme le « fond ambiant », caractérisé par :

- une fraction naturelle majoritaire liée aux sources endogènes (géologie, processus pédologiques et biogéochimiques) et aux sources exogènes (érosion, apports éoliens, événements naturels) ;
- et une fraction anthropique faible liée aux sources diffuses hors zones urbaines/industrielles.

Le bruit de fond géochimique est une distribution qui peut être caractérisée par des paramètres statistiques. Dans ce contexte minier, nous avons choisi de le caractériser par la moyenne et le percentile 90 (nommé bruit de fond et valeur de fond ci-après) pour réaliser l'interprétation des résultats sur le milieu sols.

En effet, les zones minières étant plus minéralisées et plus riches en éléments métalliques que d'autres secteurs, le paramètre statistique P90 donne un ordre de grandeur potentiellement plus adapté aux zones minières que la moyenne².

L'ensemble des résultats des mesures réalisées à l'XRFP a été comparé aux valeurs de Bruit de fond et aux valeurs de fond géochimiques existantes :

- à l'échelle régionale : ces valeurs ont été calculées avec les résultats issues d'une campagne d'analyses réalisée par le BRGM de 1975 à 1991 régional et local ;
- à l'échelle locale : ces valeurs ont été calculées à partir des résultats obtenus à l'XRFP sur des zones considérées comme témoin i.e. à partir des mesures réalisées en Zone 3 hors influence :
 - des anciennes activités industrielles et minières,
 - des envols potentiels de poussières issues de la Zone 1 et de la Zone 2.
 - de la zone d'inondation du Reigous et de l'Amous (dépôt de sédiments chargés en Pb et As).

La sélection des points de mesures utilisés (162 au total) pour déterminer les valeurs en local est représentée graphiquement ci-dessous :

² Le fait de prendre en considération la médiane pour le calcul du bruit de fond géochimique minimise fortement sa valeur, notamment dans les zones fortement minéralisées, puisque cela revient à discriminer les valeurs extrêmes parmi les points sélectionnés comme témoin.

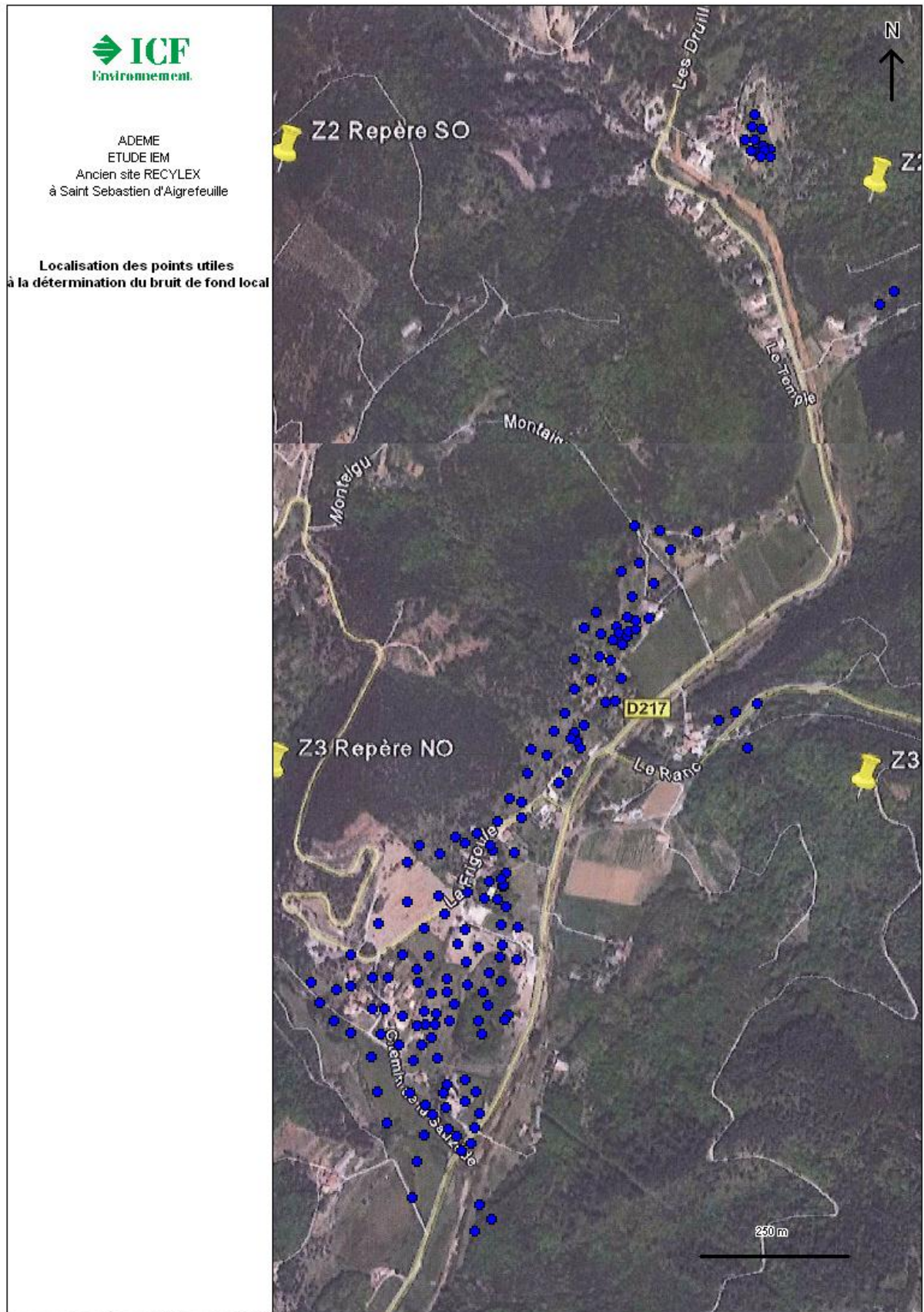


Figure 3 : plan de localisation de mesures utilisées pour le calcul du BDF et VDF en local

Les valeurs locales obtenues sont du même ordre de grandeur que les valeurs régionales comme le montre le tableau suivant :

Elément	Bruit de fond géochimique = moyenne (mg/kg-MS)		Valeur de fond géochimique = P90 (mg/kg-MS)	
	Régional (1)	Local (2)	Régional (1)	Local (2)
As	106	235	168	268
Pb	264	319	370	367
Cu	42	71	70	138
Zn	312	275	538	362

(1) valeurs calculées à partir des résultats d'une campagne d'analyses réalisée par le BRGM de 1975 à 1991

(2) valeurs calculées à partir des mesures ICF Environnement sur les sols superficiels à l'XRFP sur des zones considérées comme témoin

Tableau 5 : Valeurs de bruit de fond géochimique régional et local (moyenne et P90)

A noter que le bruit de fond géochimique correspond à la moyenne des concentrations d'un panel de données, la valeur de fond géochimique correspond au percentile 90 de ce panel.

V.3.2.2 Interprétation des résultats pour Arsenic, Plomb, Zinc et Cuivre

Une analyse statistique des concentrations observées sur les zones 1, 2 et 3 en Pb, As, Zn et Cu a été réalisée. Les caractéristiques statistiques de la distribution pour chaque élément sont les suivantes :

	Paramètres statistiques	BDF Régional	BDF local	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Z3 - Secteur 1	Z3 - Secteur 2	Z3 - Secteur 3	Z3 - Secteur 4	Z3 - Secteur 5	Z3 - Secteur 6	Z3 - Secteur 7
Plomb	Effectif	396	162	205	474	912	221	80	64	60	167	172	148
	min	15	4	81	148	4	168	82	75	127	55	33	4
	moyenne	264	319	2727	10312	1658	4528	1094	569	775	634	1131	275
	écart-type	N.C.	N.C.	4083	19305	4213	7667	1136	345	947	692	1722	328
	médiane	100	203	1225	5054	524	2284	656	522	464	452	432	205
	P70	151	262	2264	9730	1356	3394	971	602	582	528	885	277
	P80	188	288	3288	13784	2069	4967	1625	638	715	632	1694	321
	P85	254	309	4912	15978	2597	6507	2010	776	1187	865	2514	366
	P90	370	367	6195	22496	3467	8791	2622	810	1395	1426	3262	457
	P95	652	495	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
max	26400	8722	25795	246972	74089	74089	5025	2006	4826	5191	14755	3067	
Arsenic	Effectif	341	162	205	474	912	221	80	64	60	167	172	148
	min	21	164	180	177	164	216	164	190	195	181	175	165
	moyenne	106	235	501	1632	519	1186	393	285	336	290	339	234
	écart-type	N.C.	N.C.	771	3220	1225	2349	325	55	242	118	204	53
	médiane	65	221	347	857	272	474	277	271	253	260	252	227
	P70	94	234	440	1470	343	857	335	312	276	286	318	240
	P80	121	247	533	1913	452	1432	453	331	315	312	408	252
	P85	140	251	692	2339	607	1663	565	337	367	332	465	267
	P90	168	268	853	2958	805	2585	853	349	579	386	651	276
	P95	307	288	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
max	3358	1242	10721	39110	27687	27687	1818	418	1697	1121	1328	617	
Zinc	Effectif	397	162	205	474	912	221	80	64	60	167	172	148
	min	19	126	159	56	126	171	177	200	208	160	177	126
	moyenne	312	275	983	436	430	564	493	458	395	354	439	274
	écart-type	N.C.	N.C.	6541	638	474	682	785	318	233	92	426	134
	médiane	129	249	369	302	330	387	325	360	343	340	308	252
	P70	237	279	504	366	393	484	377	467	380	391	393	291
	P80	318	315	597	442	459	564	453	592	402	429	568	322
	P85	406	331	719	502	516	736	499	631	457	453	719	333
	P90	538	362	946	670	658	949	646	687	528	472	779	356
	P95	900	422	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
max	10400	1685	93830	8807	8400	8400	5470	2450	1833	666	4888	1685	
Cuivre	Effectif	365	137	171	403	723	166	63	45	46	121	154	128
	min	11	1,6	1,6	0,2	0,3	1	2	2	1	0,5	0,3	1,6
	moyenne	42	70	88	63	68	63	61	77	81	65	66	73
	écart-type	N.C.	N.C.	152	45	52	55	62	61	56	51	44	50
	médiane	23	65	57	54	58	50	51	67	71	57	59	66
	P70	33	89	77	77	83	78	67	104	107	76	85	94
	P80	44	100	92	92	103	95	87	117	128	97	102	106
	P85	52	115	111	103	113	108	96	120	146	105	111	116
	P90	70	138	132	118	130	119	115	136	157	135	117	142
	P95	120	164	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
max	2016	214	1504	336	413	377	413	291	234	230	209	281	

N.C. : Non calculé

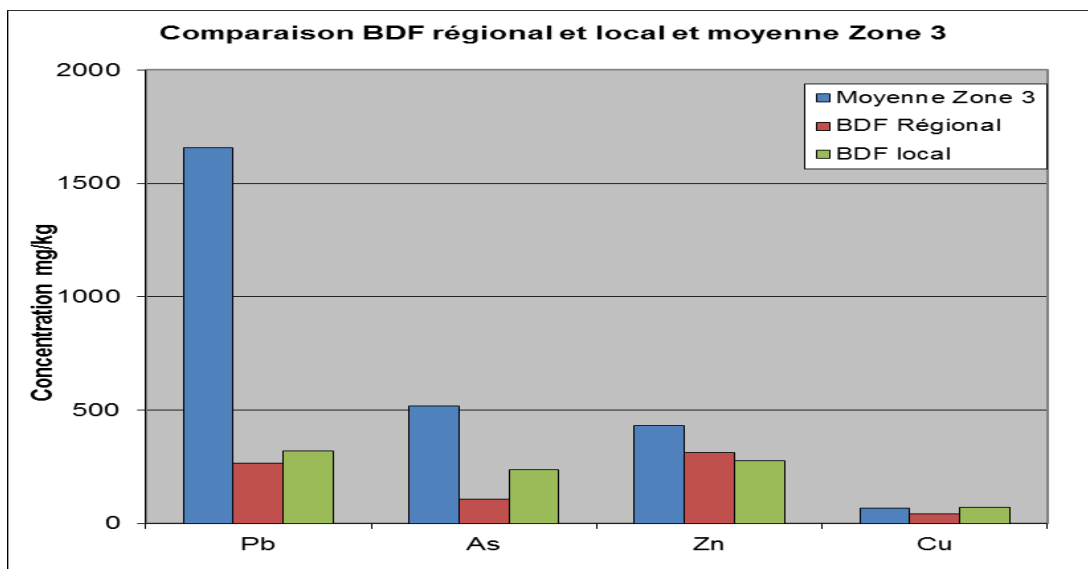
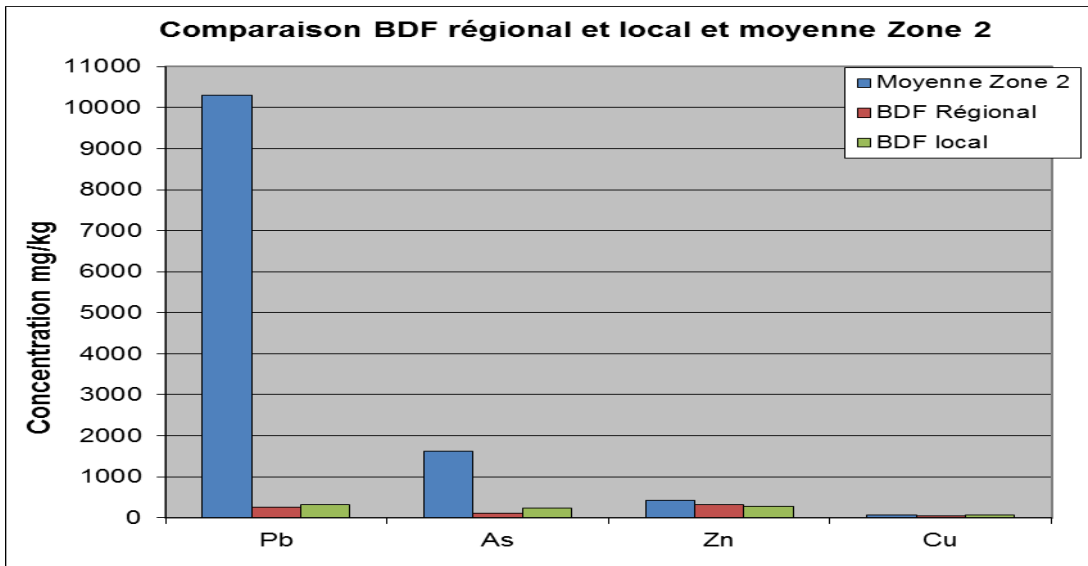
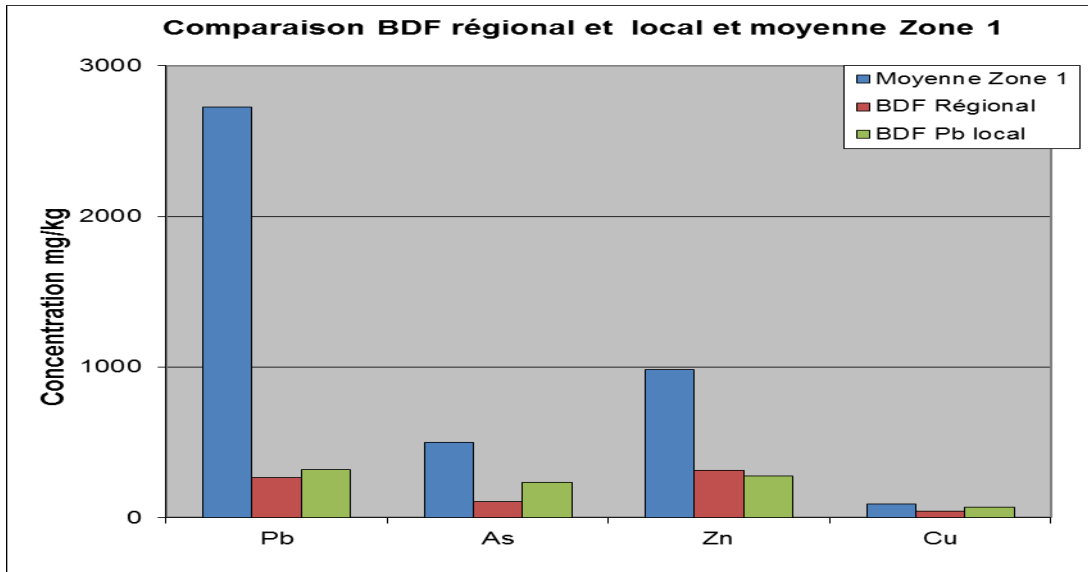
Tableau 6 : Analyse statistique des concentrations observées en zones 1, 2 et 3 en Pb, As, Zn et Cu

Pour mémoire, les secteurs cités dans le tableau ci-dessus sont les suivant (cf. [annexe 11](#)) :

- Secteur 1 : Le Reigous
- Secteur 2 : La Fabrègue
- Secteur 3 : Le Temple Nord
- Secteur 4 : Le Temple Sud et Cairrier
- Secteur 5 : Le Château
- Secteur 6 : Le Ranc, et les terrains en rive droite de la rivière en zones inondables La Frigoule / La Sauzède
- Secteur 7 : La Frigoule et La Sauzède (hors zones inondables)

La représentation graphique de ces distributions des concentrations pour chaque élément et pour chaque zone est présentée sous forme d'histogrammes en [annexe 10](#).

Les représentations graphiques ci-dessous comparent les concentrations moyennes observées sur les trois différentes zones avec le bruit de fond géochimique régional et local pour l'ensemble des éléments analysés :



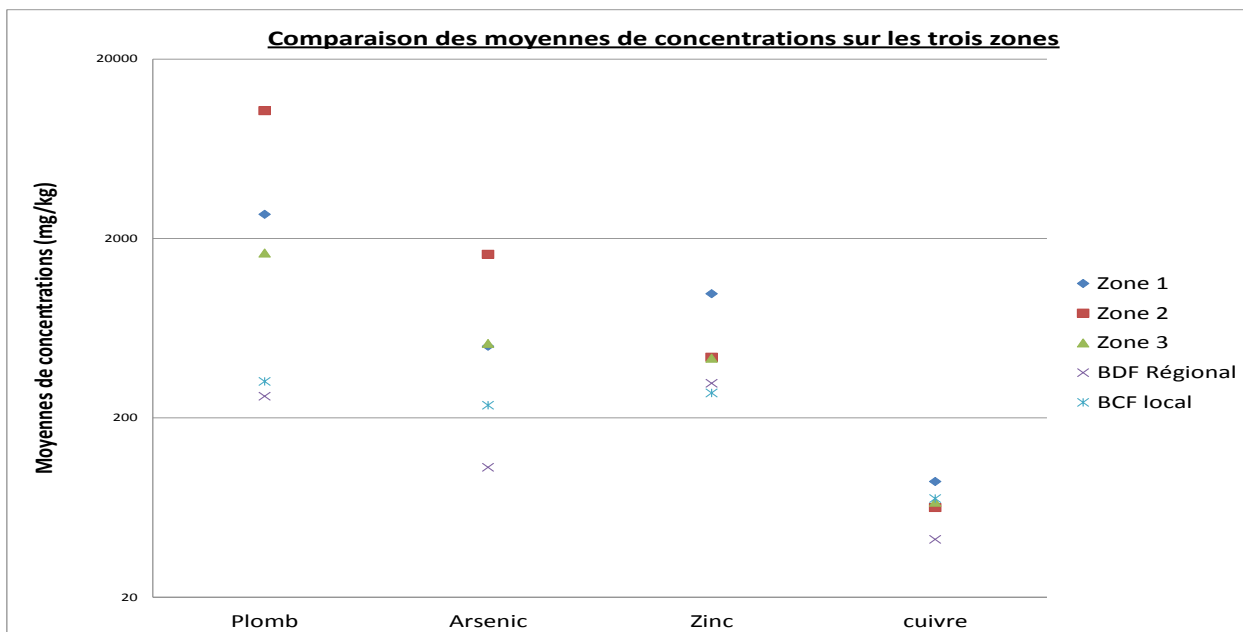
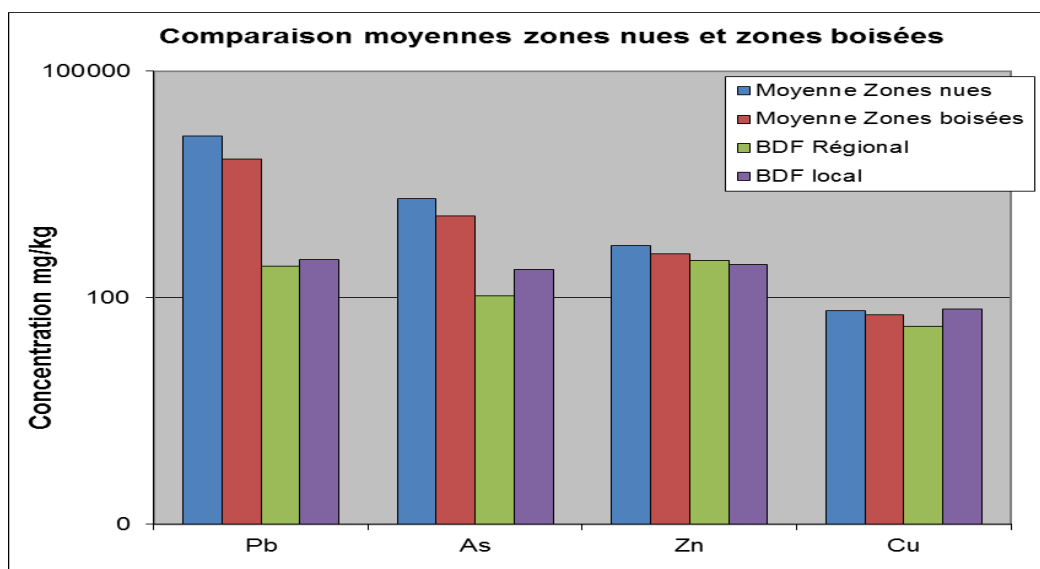


Figure 4 : Comparaison des moyennes de concentrations sur les trois zones

Les analyses statistiques montrent :

- Des moyennes de concentrations en Plomb et Arsenic largement supérieures au bruit de fond géochimique régional pour l'ensemble des trois zones notamment pour le Plomb et l'Arsecenic au niveau de la Zone 2 ;
- Des moyennes de concentrations en Zinc et Cuivre supérieures au bruit de fond géochimique régional pour l'ensemble des trois zones ;
- Des moyennes de concentrations sur la Zone 2 supérieures à celles des Zones 1 et 3 notamment en Plomb et Arsenic ;
- Des moyennes de concentrations sur la Zone 1 supérieures à celles des Zones 2 et 3 notamment en Zinc et en Cuivre ;
- Un impact des anciennes activités minières pour l'ensemble des paramètres Plomb, Arsenic, Zinc et Cuivre.

Concernant la Zone 2, une comparaison des distributions des concentrations entre les zones ne présentant aucune végétation (zones de minerai à nu) et les zones boisées a également été réalisée pour le Plomb, l'Arsecenic, le Zinc et le Cuivre. Ces comparaisons sont présentées dans le graphique ci-dessous en échelle logarithmique :



Ce graphique montre :

- Des moyennes de concentration en **Plomb** et **Arsenic** beaucoup plus élevées sur les zones dénuées de végétation en surface (minerai à nu et zones logiquement plus riches en éléments métalliques pour avoir été exploitées) que sur les zones boisées ;
- Des moyennes de concentrations pour le **Zinc** et le **Cuivre** supérieures ou du même ordre de grandeur sur les zones nues et les zones boisées ;
- L'influence des concentrations élevées observées sur les zones nues sur la concentration moyenne de la Zone 2 notamment pour le Plomb et l'Arsenic. Les moyennes des concentrations des zones boisées notamment pour le Plomb et l'Arsenic restent supérieures au BDF régional.

Concernant la Zone 3, une comparaison des moyennes de concentrations a été réalisée entre la moyenne globale de la Zone et les moyennes de concentrations des différents secteurs :

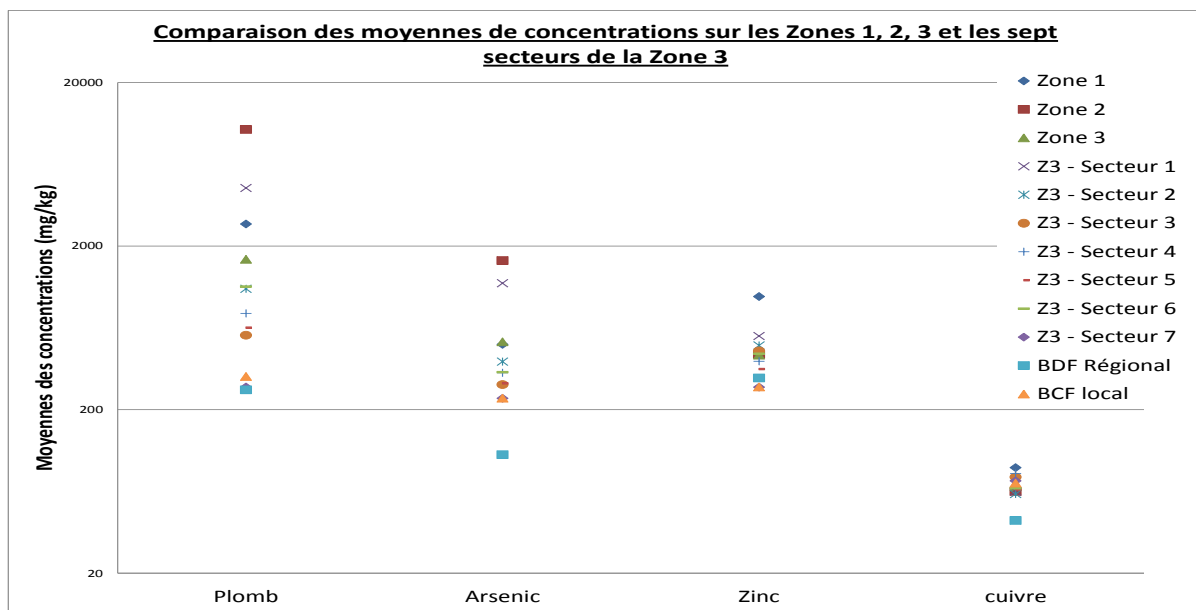


Figure 5 : Comparaison des moyennes de concentrations incluant les 7 secteurs de la zone 3

Ce graphique montre :

- Des moyennes de concentration supérieures au BDF Régional et local pour l'ensemble des secteurs de la Zone 3 à l'exception du Zinc sur le secteur 7 ;
- Des moyennes de concentrations en Plomb et Arsenic du secteur 1 supérieures à celles de la Zone 3 ;
- Des moyennes de concentrations en Zinc des secteurs 1 et 2 supérieures à celles de la Zone 3 ;
- Des moyennes de concentrations en Cuivre sur les secteurs 3, 4 et 7 supérieures à celles de la Zone 3 ;
- Le secteur 1 (Le Reigous) présente les moyennes de concentrations les plus élevées en Plomb, Arsenic et Zinc alors que le secteur 4 présente les moyennes de concentrations les plus élevées en Cuivre par rapport aux autres secteurs ;
- Que les concentrations les plus élevées correspondent aux secteurs 1, 2 et 6 correspondant aux zones des anciennes activités minières et aux dépôts de sédiments ;
- Le secteur 7 (secteur témoin) présente les moyennes de concentrations les moins élevées en Plomb, Arsenic et Zinc alors que le secteur 2 présente les moyennes de concentrations les moins élevées en Cuivre par rapport aux autres secteurs.

L'impact des anciennes activités minières est surtout visible pour l'arsenic et le plomb, un peu moins pour le zinc et non significative pour le cuivre.

V.3.2.3 Interprétation des résultats -autres paramètres : Cd, Cr, Fe, Mn, Sb et Ba

L'analyse des résultats de sols, envoyés en laboratoire, est la suivante :

- **Cadmium** : les concentrations varient la limite de quantification analytique (<0,4 mg/kgMS) à 18 mg/kgMS. Seuls 2 échantillons sur 20 en zone 1 et 2 échantillons sur 10 en zone 2 présentent une concentration supérieure au bruit de fond géochimique régional (9 mg/kgMS). Les concentrations les plus élevées en cadmium sont associées aux concentrations les plus fortes en zinc ;
- **Antimoine** : les concentrations varient la limite de quantification analytique (<5 mg/kgMS) à 200 mg/kgMS. 2 échantillons sur 20 en zone 1 et 4 échantillons sur 10 en zone 2 présentent une concentration supérieure au bruit de fond géochimique régional (69 mg/kgMS) et 1 échantillon en zone 2 présente une concentration supérieure à la valeur de fond régional (113 mg/kgMS). Les concentrations les plus élevées en antimoine semblent associées aux concentrations élevées en Plomb et arsenic ;
- **Baryum** : les concentrations en Baryum varient de 70 à 2700 mg/kgMS. Elles sont majoritairement supérieures à la valeur de fond régionale (450 mg/kgMS) en zone 1 et du même ordre de grandeur avec pour moitié des teneurs supérieures aux valeurs régionales en zones 2 et 3. Les concentrations les plus élevées en Baryum ne correspondent pas aux concentrations les plus élevées en Arsenic, Plomb et zinc ;
- **Fer** : les concentrations sont majoritairement du même ordre de grandeur et est un élément constitutif naturel du sol dans la zone d'étude. Il n'existe pas de valeur de bruit de fond géochimique dans la région ;
- **Manganèse** : les concentrations varient de la limite de quantification analytique (<5 mg/kgMS) à 2300 mg/kgMS et ne sont pas associées aux éléments traceurs de l'activité minière. Il n'existe pas de valeur de bruit de fond géochimique dans la région ;
- **Chrome** : les concentrations varient de la limite de quantification analytique (<2 mg/kgMS) à 92 mg/kgMS et se situent majoritairement entre 15 et 30 mg/kgMS soit inférieures au bruit de fond régional (60 mg/kgMS). Les concentrations les moins élevées sont observées en zone 2. Seule une teneur en zone 1 est du même ordre de grandeur que la valeur de fond régional.

V.3.3 Représentation cartographique et interprétation (Pb, As, Cu, Zn)

Des cartes de profils des teneurs en métaux (Pb, As, Zn, Cu) dans les sols superficiels de l'ensemble des trois zones obtenues à l'XRFP sont données en [annexe 9](#).

Ces cartes présentent, sur un fond aérien de zonage, les teneurs en métaux des sols superficiels obtenues pour chaque point de mesure réalisés à l'XRFP. Pour chaque mesure, un profil coloré montre la teneur en Plomb, Arsenic, Zinc et Cuivre dans les sols superficiels. Ce profil a été établi selon 4 classes de concentration basées sur les bruits de fond et de valeurs de fond géochimique locaux de chaque élément, recalculé à partir de nos mesures compte tenu du nombre importants de points de mesure.

Pour ces cartes nous avons pris arbitrairement le bruit de fond géochimique local comme référentiel et non pas le bruit de fond géochimique local. Cette approche ne change pas fondamentalement les cartes, si ce n'est que l'estimation du bruit de fond est plus faible pour l'arsenic et le plomb et plus fort pour le zinc.

Limitations de la cartographie :

- La cartographie est basée sur des mesures sur lesquelles les facteurs de corrélation propres à chaque substance ont été appliqués (cf. courbes de corrélation en Annexe 4).
- La précision des cartographies est dépendante de :
 - La dérive du GPS de terrain pouvant exister dans des zones boisées ou peu couvertes par les satellites ;
 - La précision des fonds de plan (carte IGN, photographie aérienne, cadastre) ;
 - La précision du géoréférencement sous le SIG.

Aussi de légères distorsions ou petits décalages de certains points de mesure peuvent exister entre le rendu cartographique et la réalité de terrain.

V.3.3.1 Cartographie sur la Zone 1

Ces cartes montrent :

➤ Pour le Plomb :

- Un zonage des concentrations entre la partie basse de la zone ayant accueilli les anciennes installations minières et la partie haute de la zone plus boisée ;
- Des concentrations plus élevées au Sud (supérieures à 5 fois la valeur de fond géochimique régionale) à l'emplacement des anciennes installations de traitement de minerai, ainsi qu'au Nord-ouest au niveau du ravin de drainage des eaux de ruissellement ;
- Des concentrations comprises entre 3 et 5 fois la valeur de fond géochimique régionale en partie centrale, proche des actuels bâtiments d'habitation (ex-bureaux des ingénieurs et direction) et de la plate-forme ayant accueilli l'ancienne laverie ;
- Des concentrations comprises entre le bruit de fond et 3 fois la valeur de fond géochimique dans la partie Nord, en zone boisée et autour de l'ancien hangar de maintenance, accueillant aujourd'hui des habitations et des salles de répétition de spectacle.

➤ Pour l'Arsenic :

- Un zonage des concentrations moins marqué entre la partie basse de la zone et la partie haute ;
- Des concentrations plus élevées au Sud (comprises entre 3 et 5 fois la valeur de fond géochimique régionale ou supérieures à 5 fois la valeur de fond géochimique régionale) à l'emplacement des anciennes installations de traitement de minerai, notamment au Sud de l'ancienne laverie et au Sud-est de l'ancien concasseur, en bordure de la zone ;

- Des concentrations comprises entre le bruit de fond et 3 fois la valeur de fond géochimique dans le reste de la zone notamment en partie Nord, en zone boisée et autour des bâtiments actuels.

➤ **Pour le Zinc :**

- Un zonage des concentrations moins marqué entre la partie basse de la zone et la partie haute avec des concentrations plutôt homogènes ;
- Des concentrations plus élevées au Sud de la laverie (supérieures à 5 fois la valeur de fond géochimique régionale) ;
- Des concentrations comprises entre le bruit de fond et 3 fois la valeur de fond géochimique dans le reste de la zone.

➤ **Pour le Cuivre :**

- Un zonage des concentrations moins marqué entre la partie basse de la zone et la partie haute avec des concentrations plutôt homogènes ;
- Des concentrations supérieures à 5 fois la valeur de fond géochimique régionale réparties de façon aléatoire sur la zone, excepté au niveau du ravin de drainage des eaux de ruissellement au Nord-ouest de la zone ;
- Des concentrations comprises entre le bruit de fond et 3 fois la valeur de fond géochimique dans le reste de la zone ;
- Des concentrations inférieures à la limite de quantification de l'appareil notamment au Nord de la zone, en partie boisée.

Aussi les cartographies des concentrations en métaux notamment en Plomb, Arsenic et Zinc semblent montrer l'influence des anciennes installations de traitement physique et chimique du minerai avec un gradient de concentration du Nord vers le Sud de la zone. Les concentrations les plus élevées se retrouvent en particulier au Sud de la zone, éloignées des bâtiments d'habitation actuels mais sur des zones qui restent accessibles et utilisées par les résidents de la zone (stationnement, terrasses, ...) sur des terrains majoritairement à nus.

V.3.3.2 Cartographie sur la Zone 2

Ces cartes montrent :

➤ **Pour le Plomb :**

- Un zonage des concentrations entre les zones ne présentant aucune végétation en surface et les parties plus boisées ;
- Des concentrations plus élevées sur les zones d'extraction de minerai où les roches exploitables riches en éléments métalliques ont été portées à l'affleurement (supérieures à 5 fois la valeur de fond géochimique régionale) ;
- Des concentrations élevées dans la zone boisée localisées en moitié Nord de la Zone 2 entre le hameau du « Reigous » et celui de « Carnoules » ;
- Des concentrations plus faibles mais qui demeurent comprises entre 3 et 5 fois la valeur de fond géochimique régionale dans les zones boisées de la moitié Sud de la Zone 2.

➤ **Pour l'Arsenic :**

- Un zonage des concentrations marqué entre les zones ne présentant aucune végétation en surface et les parties plus boisées ;
- Des concentrations plus élevées sur les zones d'extraction de minerai où les roches exploitables riches en éléments métalliques ont été portées à l'affleurement (supérieures à 5 fois la valeur de fond géochimique régionale) ;
- Des concentrations élevées dans la zone boisée localisées en moitié Nord de la Zone 2 entre le hameau du « Reigous » et celui de « Carnoules » ;
- Des concentrations plus faibles mais qui demeurent comprises entre 3 et 5 fois la valeur de fond régionale dans les zones boisées. Des concentrations élevées sont cependant visibles en zone boisée à l'Est de la Zone 2 en aval topographique des zones à nues présentes sous le hameau de Carnoules.

➤ **Pour le Zinc :**

- Un zonage des concentrations entre les zones ne présentant aucune végétation en surface et les parties plus boisées ;
- Des concentrations plus élevées sur les zones d'extraction de minerai où les roches exploitables riches en éléments métalliques ont été portées à l'affleurement (comprises entre 3 et 5 fois la valeur de fond géochimique régionale). A noter que les concentrations observées sur la zone à nu localisée au Sud de la Zone 2 sont inférieures au bruit de fond géochimique régional ;
- Des concentrations inférieures au bruit de fond géochimique régional dans les zones boisées. Des concentrations plus élevées (comprises entre 3 et 5 fois la valeur de fond géochimique régionale) sont cependant visibles en zone boisée au niveau du hameau du Reigous.

➤ **Pour le Cuivre :**

- Un zonage des concentrations moins marqué entre les zones ne présentant aucune végétation en surface et les parties plus boisées. La répartition spatiale des concentrations est plus hétérogène ;
- Les concentrations semblent cependant globalement plus élevées dans la moitié Nord de la Zone 2 (comprises entre 3 et 5 fois la valeur de fond géochimique régionale) ;
- Des concentrations inférieures à la limite de quantification de l'appareil réparties de façon aléatoire sur la Zone 2.

Aussi les cartographies des concentrations en métaux notamment en Plomb, Arsenic et Zinc semblent montrer l'influence des anciennes zones d'extraction de minerai demeurant encore aujourd'hui sans couvert végétal. Les concentrations les plus élevées se retrouvent en particulier sur ces zones à nu ce qui est particulièrement visible sur les cartes de l'Arsenic du Plomb et du Zinc. Les zones boisées présentent des concentrations comparativement plus faibles, même si certaines zones boisées notamment celle localisée entre le hameau de « Reigous » et le hameau de « Carnoules » présentent des concentrations élevées.

V.3.4 Cartographie sur la Zone 3

Ces cartes montrent :

➤ Pour le Plomb :

- Un zonage des concentrations entre la partie Nord de la zone ayant accueillie les anciennes installations minières et la partie Sud de la zone à l'exception des abords du ruisseau Reigous et de la rivière Amous ;
- Des concentrations plus élevées (supérieures à 5 fois la valeur de fond géochimique régionale) à l'emplacement des anciennes installations minières au niveau de quartier du Reigous, dans la plaine d'inondation du Reigous et de l'Amous depuis la limite amont de la Zone 3 jusqu'à sa limite aval au niveau de la Sauzède ainsi qu'au niveau du quartier du Ranc ;
- Des concentrations comprises entre le bruit de fond et 3 fois la valeur de fond géochimique sur les versants des quartiers de La Fabrègue, du Temple et du Cairrier, hors zone d'inondation ainsi que dans la plaine au niveau des quartiers du Château, du Ranc, de la Frigoule et de la Sauzède en partie basse, partie qui a pu être impactée par le dépôt de sédiments lors de crues historiques ;
- Des concentrations inférieures au bruit de fond géochimique régional sur la hauteur des versants et en lisière des zones boisées depuis le quartier de la Fabrègue jusqu'au quartier de la Sauzède ainsi qu'au niveau du quartier de la Frigoule au Sud-ouest de la Zone 3 (**quartier considéré comme témoin dans le cadre de cette étude**).

➤ Pour l'Arsenic :

- Un zonage des concentrations moins marqué que pour le Plomb avec cependant un gradient identique qui se dégage ;
- Des concentrations plus élevées (supérieures à 5 fois la valeur de fond géochimique régionale) à l'emplacement des anciennes installations minières au niveau de quartier du Reigous, dans la plaine d'inondation du Reigous et de l'Amous notamment depuis la limite amont de la Zone 3 (quartier du Reigous) jusqu'au quartier du Cairrier ;
- Des concentrations comprises entre 3 et 5 fois la valeur de fond géochimique dans la plaine d'inondation du Reigous et de l'Amous notamment depuis le quartier du Cairrier jusqu'à la limite Sud de la Zone 3 au niveau du quartier de la Sauzède ;
- Des concentrations comprises entre le bruit de fond et 3 fois la valeur de fond géochimique dans le reste des zones ;
- L'absence de concentrations inférieures au bruit de fond géochimique régional.

➤ Pour le Zinc :

- Un zonage des concentrations entre la partie Nord de la zone ayant accueilli les anciennes installations minières et la partie Sud de la zone à l'exception des abords du ruisseau Reigous et de la rivière Amous. Ce gradient spatial des concentrations est cependant moins marqué que pour le Plomb et l'Arsenic ;
- Des concentrations plus élevées (comprises entre le bruit de fond et 3 fois la valeur de fond géochimique) à l'emplacement des anciennes installations minières au niveau de quartier du Reigous, dans la plaine d'inondation du Reigous et de l'Amous notamment depuis la limite amont de la Zone 3 (quartier du Reigous) jusqu'à sa limite aval au niveau de la Sauzède ;
- Des concentrations inférieures au bruit de fond géochimique régional sur la hauteur des versants et en lisière des zones boisées depuis le quartier de la Fabrègue jusqu'au quartier de la Sauzède ainsi qu'au niveau du quartier de la Frigoule au Sud-ouest de la Zone 3 (quartier considéré comme témoin dans le cadre de cette étude).

➤ **Pour le Cuivre :**

- Un zonage des concentrations peu visible sur l'ensemble de la zone ;
- Des concentrations comprises entre le bruit de fond et 3 fois la valeur de fond géochimique et comprises entre 3 et 5 fois la valeur de fond géochimique réparties de façon aléatoire sur l'ensemble de la zone, sans relation visible avec les différentes sources potentielles de pollution identifiées lors de la Phase 1 de cette étude ;
- Des concentrations inférieures à la limite de quantification de l'appareil réparties de façon aléatoire sur l'ensemble de la zone.

Aussi les cartographies des concentrations en métaux notamment en Plomb, Arsenic et Zinc montrent l'influence des anciennes installations minières et industrielles implantées par le passé au niveau du quartier du Reigous et des sédiments déposés dans le lit majeur du Reigous et de l'Amous lors d'épisodes de crues sur les concentrations rencontrées dans les sols.

Aucune logique de répartition spatiale des concentrations n'a en revanche été mise en évidence pour le Cuivre.

VI. INVESTIGATIONS MENEES SUR LES VEGETAUX – POTAGERS ET PRAIRIES / PATURAGES (ZONES 1 ET 3)

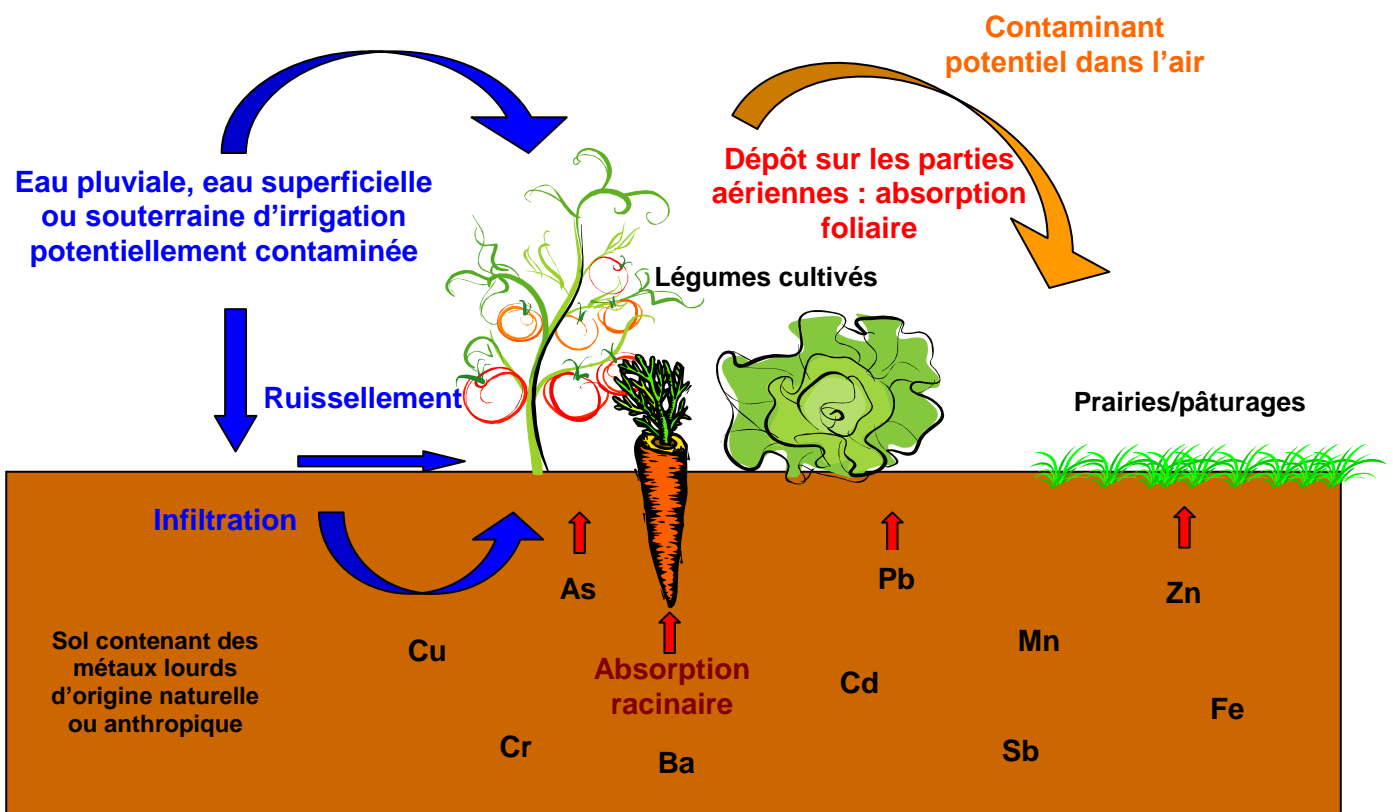
VI.1. Méthodologie

VI.1.1 Voies de contamination potentielle des végétaux

Les voies de contamination potentielle des végétaux sont les suivantes :

- Les sols contenant des anomalies naturelles en métaux ou des anomalies en métaux d'origine anthropique (dépôt de résidus d'industries connexes à l'activité minière, dépôt de poussières),
- Les eaux superficielles et souterraines potentiellement contaminées et utilisées pour l'irrigation,
- Les poussières de l'air potentiellement contaminées pendant les phases de ré envols de poussières.

Figure 6 : Voies de contamination potentielle des végétaux



VI.1.2 Stratégie d'échantillonnage et sélection des végétaux échantillonnés

Une cartographie des jardins potagers, vergers et prairies a été établie lors des phases d'enquête de terrain du 7 au 12 Juillet 2011.

37 jardins potagers et 1 verger ont ainsi été recensés en Zone 3 et un seul jardin potager a été recensé en Zone 1 (Cf. Rapport de Phase 1).

Pour chacun des 7 secteurs, une présélection des jardins représentatifs de chaque secteur a été menée.

Le programme d'échantillonnage et le choix des végétaux échantillonnés ont été établis selon la stratégie détaillée dans le Rapport de Phase 1 et conformément aux recommandations du « Guide d'échantillonnage des plantes potagères dans le cadre de diagnostics environnementaux - ADEME – INERIS (2007) ».

Le tableau présenté en **annexe 12** récapitule pour chaque secteur spatial défini sur la Zone 3, les jardins échantillonnés ainsi que les types végétaux cultivés prélevés et les autres prélèvements associés (sols, eaux).

Comme conseillé dans le guide ADEME INERIS évoqué ci-dessus, tous les prélèvements de végétaux ont été associés à un prélèvement de sol et d'eau d'arrosage. Ils permettront ainsi de comparer les concentrations en métaux des sols, des eaux et des végétaux analysés et d'en déduire les transferts associés.

Les prélèvements de végétaux des jardins potagers ont été réalisés du 9 au 12 Août 2011, durant la période estivale compte tenu de l'exploitation des potagers uniquement l'été.

A noter qu'en raison du nombre réduit de jardins cultivés sur la Zone 1 (un seul), de la faible production de ce dernier et de l'absence d'accord de prélèvement par son propriétaire, l'impact sur le milieu végétal n'a pas pu être quantifié sur la Zone 1.

La **localisation précise des différents jardins recensés et sélectionnés** associée aux différents critères de sélection est présentée sur la carte suivante.

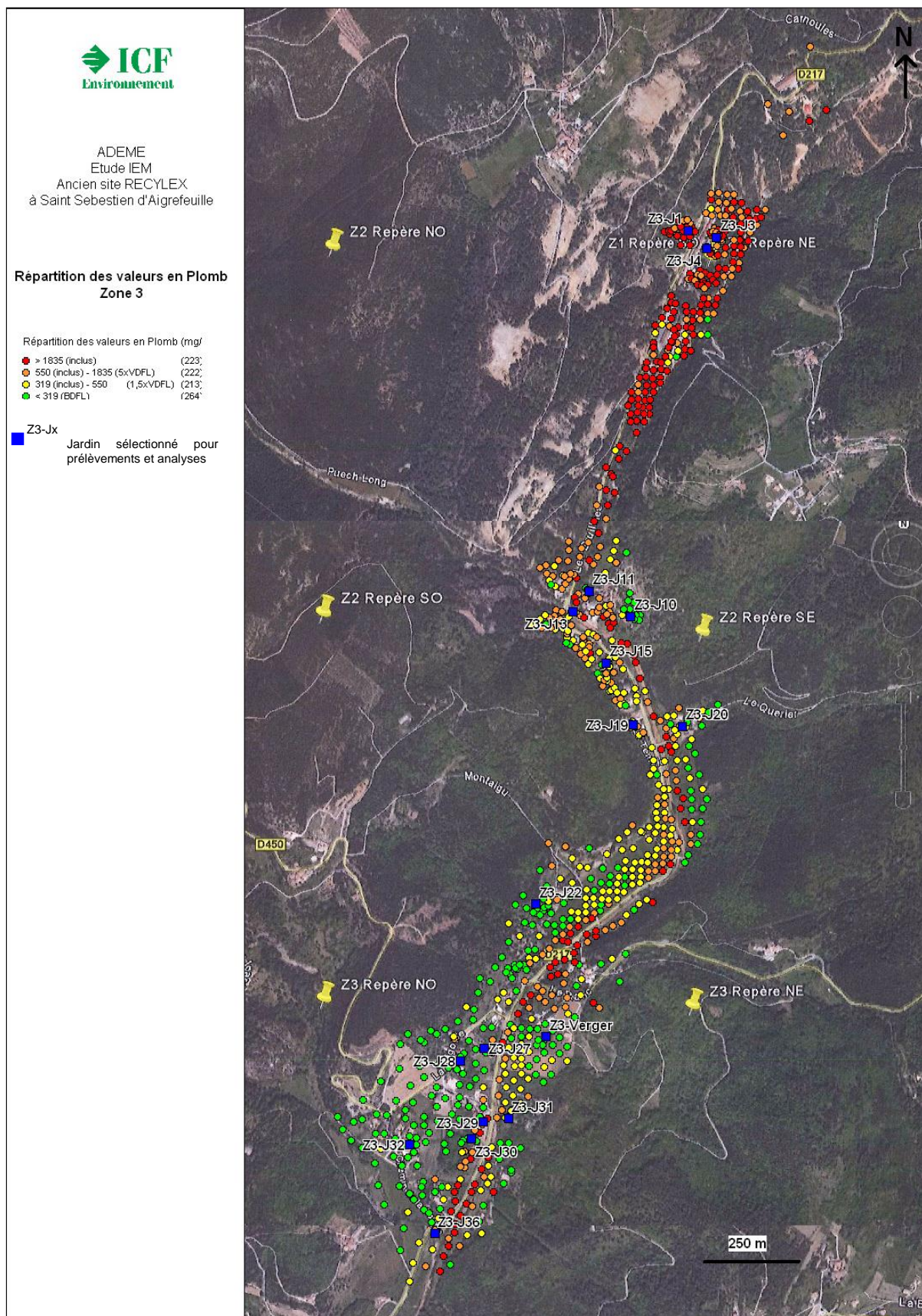
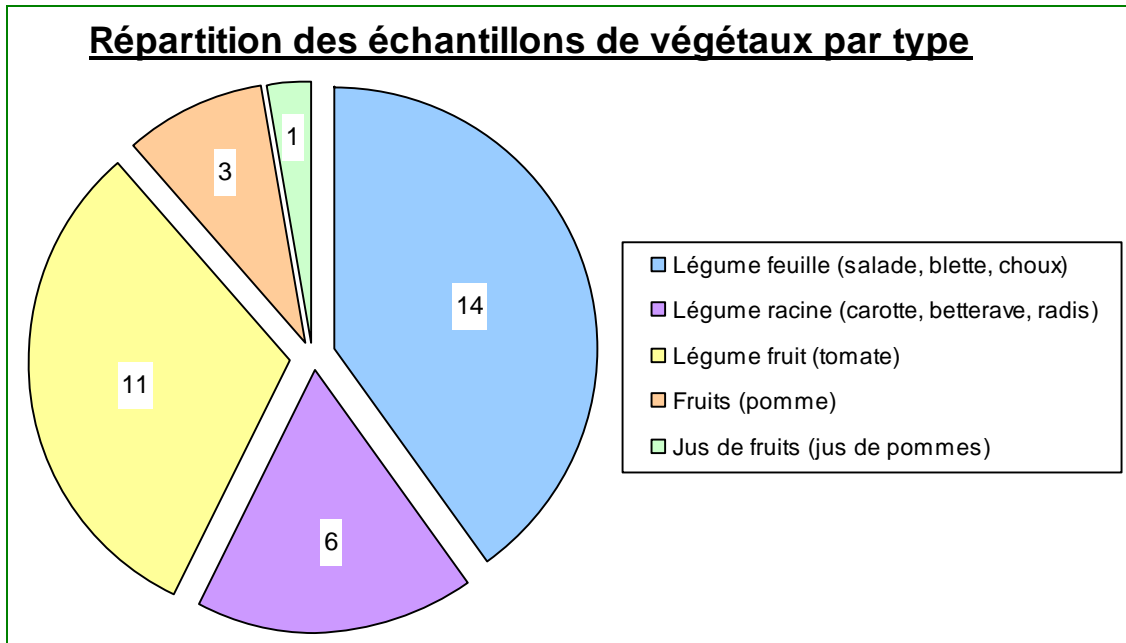


Figure 7 : plan de localisation des jardins sélectionnés pour prélèvements et analyses

Figure 8 : Répartition des échantillons de végétaux par type



Concernant les prairies et pâturages en Zone 3, la visite sur les lieux a permis de confirmer les informations recueillies par l'observation des photographies aériennes et les interviews des habitants de Saint Sébastien d'Aigrefeuille et d'identifier les parcelles faisant l'objet de pâturages.

A l'exception de trois parcelles (une située au niveau de La Fabrègue, et les deux autres considérées comme témoin, localisées sur les hauteurs au niveau des quartiers de la Sauzède et de la Frigoule), les pâturages sont localisés dans la partie basse de la vallée et notamment dans le lit majeur de l'Amous.

Dix prairies dont deux témoins ont été retenues en fonction de :

- leur usage : fourrage, jachère, ... ;
- leur localisation : dans la plaine d'inondation (dépôt de sédiments de l'Amous concentrés en Plomb et Arsenic notamment) ou sur les hauteurs ;
- des concentrations observées à l'XRPF dans les sols superficiels en Zone 3.

La localisation précise des prairies échantillonnées est présentée ci-dessous :

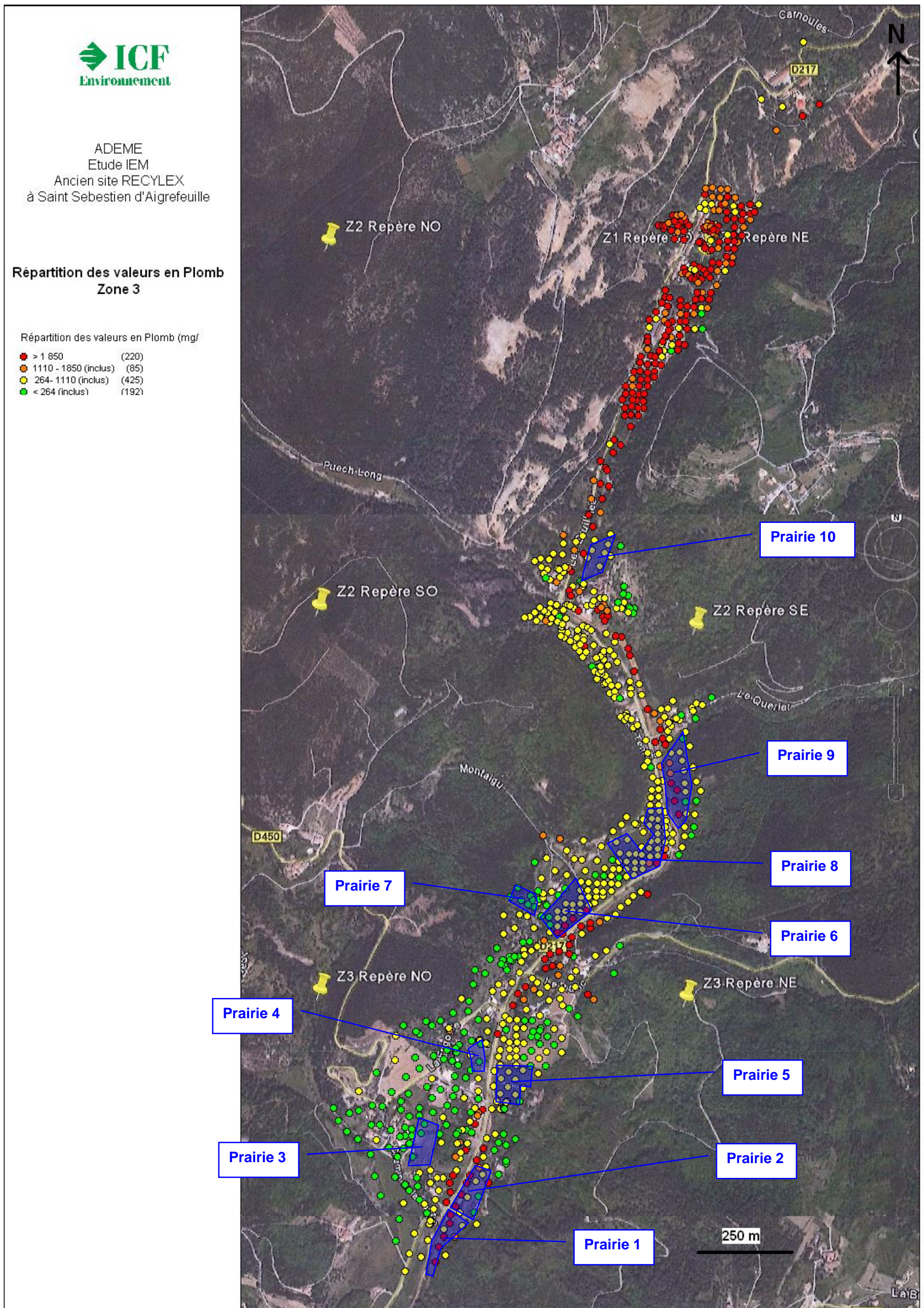


Figure 9 : plan de localisation des prairies/ pâturages pour prélèvements et analyses

VI.1.3 Méthodologie des prélèvements de végétaux et sols associés

La méthodologie de prélèvement des végétaux et de sols associés ainsi que la préparation des échantillons avant analyse au laboratoire sont détaillés dans le rapport de Phase 1.

Les fiches de prélèvement des végétaux sont présentées en [annexes 13](#).

Les échantillons ont été conditionnés dans des sacs plastiques à fermeture hermétique neufs de qualité laboratoire, soigneusement étiquetés dès leur conditionnement et envoyés au laboratoire agréé Wessling pour analyses.

VI.1.4 Analyses en laboratoire

Les paramètres analysés sur les végétaux des jardins potagers et les prairies / pâturages sont les métaux lourds : As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb et Sb.

VI.2. Résultats d'analyses sur les végétaux et sols associés

Les **bordereaux d'analyses sur les végétaux et sur les sols associés aux végétaux du laboratoire Wessling** sont fournis en [annexes 14 et 7](#).

VI.2.1 Comparaison des résultats d'analyse sur les végétaux aux référentiels et répartition des anomalies

Les tableaux présentés en [annexe 15](#) synthétisent les **résultats d'analyse sur les végétaux**.

Nota pour la lecture des tableaux : Pour les métaux et métalloïdes, les tableaux sont présentés par type de végétaux car les référentiels associés varient en fonction des végétaux (cf. [annexe 3](#)). Pour chaque paramètre, la teneur est indiquée en mg/kg de poids brut (matière fraîche).

Pour les denrées alimentaires, seules des valeurs réglementaires existent pour le Plomb, le Cadmium et l'Argent. A défaut, des données CPGRCF ou internationales ont été utilisées (Plomb, Cadmium, Mercure) ou la base de données BAPPET.

VI.2.2 Référentiels

Pour les végétaux consommables, les données de comparaison pouvant être utilisées pour l'étude sont présentées en [annexe 3](#).

VI.3. Interprétation des résultats sur les végétaux

VI.3.1 Répartition des anomalies par métal et métalloïdes dans les potagers

- **Pb** : Le plomb est détecté sur 19 échantillons sur les 35 végétaux prélevés. Les teneurs apparaissent supérieures au seuil réglementaire³ (de 0,1 à 0,5 mg/kgMB suivant le type de végétal) pour 6 échantillons de légumes feuilles (Jardins 1 et 3 du secteur 1, Jardin11 du secteur 2, Jardins 13 et 15 du secteur 3 et Jardin 29 du secteur 6). Les concentrations sont supérieures aux valeurs de la base de donnée BAPPET⁴ (0,07 à 0,87 mg/kgMB) pour l'ensemble des légumes feuilles ;
- **Cd** : Pour l'ensemble des végétaux prélevés et analysés, il n'est pas constaté de teneurs en cadmium supérieures au seuil réglementaire européen (0,1 à 0,2 mg/kgMB suivant le type de végétal). Les teneurs en cadmium sont inférieures à la limite de détection du laboratoire pour 14 échantillons sur 35. L'ensemble des concentrations est inférieur aux valeurs de la base de données BAPPET (0,01 à 0,33 mg/kgMB) ;
- **As** : L'arsenic a été quantifié sur 9 échantillons sur 35 (> 0,1 mg/kgMB) parmi ces échantillons seul un présente des concentrations supérieures à 1 mg/kgMB (valeur de référence retenu dans l'Aude en l'absence de données réglementaires) (Jardin 3 du secteur 1). L'ensemble des concentrations quantifiées sont supérieures aux valeurs de la base de données BAPPET (0,07 à 0,16 mg/kgMB) ;
- **Cr** : Les concentrations moyennes données dans la base de données BAPPET sont de l'ordre de 0,007 à 0,113 mg/kgMB (teneurs différentes selon le type de végétal). La limite de quantification étant de 0,2 mg/kgMB certaines observations n'ont pas pu être réalisées. Les teneurs en Cr quantifiées sur 9 des 35 végétaux sont comprises entre 0,14 et 0,73 mg/kgMB, majoritairement supérieures aux valeurs BAPPET (0,07 à 0,113 mg/kgMB) ;
- **Cu** : Les concentrations moyennes données dans la base de données BAPPET sont de l'ordre de 0,17 à 1,675 mg/kgMB (teneurs différentes selon le type de végétal). Des teneurs en Cu ont été quantifiées sur l'ensemble des échantillons et 20 échantillons sur 35 présentent des concentrations plus élevées que les valeurs BAPPET. Ces valeurs pourraient être expliquées par le traitement à la bouillie bordelaise sur certains jardins ;
- **Zn** : Les teneurs en Zinc sont comprises entre 1,3 et 6,7 mg/kgMB pour les 22 échantillons quantifiés. Le seul référentiel existant se trouve dans le rapport d'Etude de cas pour les légumes feuilles. Parmi les 14 échantillons de légumes feuilles quantifiés, 5 sont supérieures à la valeur des concentrations témoins de cette étude de cas. Les concentrations observées sont toutes inférieures aux valeurs de la base de données BAPPET (0,12 à 15,71 mg/kgMB) ;
- **Sb** : L'antimoine n'a pas été détecté sur les 35 échantillons pour lesquels il a été recherché (< 0,2 mg/kgMB) hormis pour le jus de fruit (7,1 µg/l) ;
- **Ba** : les teneurs en Baryum sont comprises entre la limite de détection du laboratoire (< 0,2 mg/kgMB) et 10 mg/kgMB. Il n'existe pas de référentiel pour ce paramètre ;
- **Fe** : Les teneurs en Fer sont comprises entre la limite de détection du laboratoire (< 0,2 mg/kgMB) et 310 mg/kgMB. Il n'existe pas de référentiel pour ce paramètre ;
- **Mn** : Les teneurs en baryum sont comprises entre la limite de détection du laboratoire (< 0,2 mg/kgMB) et 69 mg/kgMB. Il n'existe pas de référentiel pour ce paramètre.

³ Valeur seuil du règlement européen 1881/2006 du 19/12/2006

⁴ BAPPET = Origine de pollution naturelle, agricole, urbaine, artificielles et contextes rural urbain, artificiel

VI.3.2 Répartition des anomalies en métaux par type de végétal dans les jardins potagers

La comparaison des teneurs en métaux par type de végétal montre les points suivants :

- Les concentrations dans les légumes feuilles (de la limite de détection à 4,2 mg/kgMB pour le Plomb) sont plus élevées que dans les légumes racinaires (de la limite de détection à 0,25 mg/kgMB pour le Plomb), les légumes fruits (de la limite de détection à 0,034 mg/kgMB pour le Plomb) et les fruits (inférieurs à la limite de détection pour le Plomb) ;
- Les dépassements des valeurs réglementaires observées pour le Plomb concernent exclusivement les légumes feuilles dans les Secteurs 1 (2 échantillons), 2 (1 échantillon), 3 (2 échantillons) et 6 (1 échantillon), zones à fortes teneurs en Plomb dans les sols superficiels ;
- La concentration la plus élevée en Arsenic correspond aux légumes feuilles pour un jardin en secteur 3 arrosé à l'eau de ville (Secteur 3 = zone à fortes teneurs en Arsenic dans les sols superficiels) ;
- Absence d'anomalie significative dans les légumes racinaires. Les concentrations sont plus élevées dans les carottes que dans les betteraves et radis (sauf pour le Manganèse) ;
- Absence d'anomalie significative en métaux dans les légumes fruits. Les concentrations sont du même ordre de grandeur ou inférieures aux limites de quantification du laboratoire (sauf pour le Fer et le Cuivre) ;
- Les « fruits » (pommes) présentent des teneurs en Plomb, Cadmium et Arsenic inférieures aux seuils réglementaires et inférieures aux limites de quantification pour les trois échantillons prélevés notamment ceux au niveau du verger ;
- Le « jus de fruit » (jus de pommes) présente des teneurs inférieures aux limites de quantification et inférieures aux seuils réglementaires pour le Plomb (seule valeur existante). A noter la quantification d'Antimoine, de Baryum, de Zinc et de Manganèse pour lesquels aucune valeur réglementaire n'existe. A noter également la présence importante de sulfates (1600 mg/l) dans cet échantillon. L'échantillon d'eau de forage associé au verger présente également des concentrations en sulfate supérieures aux valeurs réglementaires pour ce paramètre.

VI.3.3 Interprétation sur les sols associés aux végétaux des jardins potagers

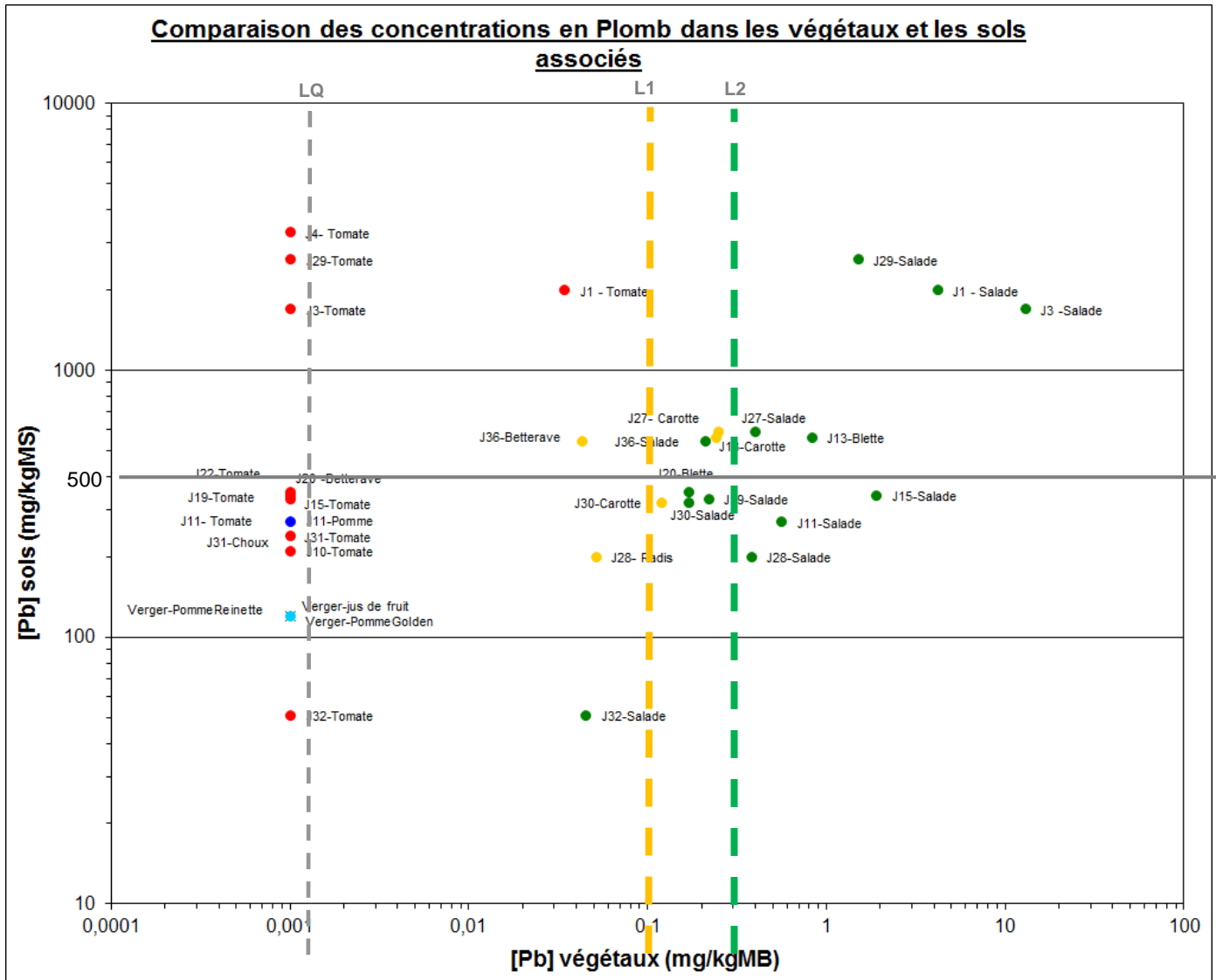
Le tableau de synthèse des **résultats sur les sols associés aux végétaux** est présenté en **annexe 28**.

VI.3.3.1 Relation entre les teneurs en métaux sols / végétaux

La corrélation entre les concentrations observées dans les végétaux et notamment dans les légumes feuilles et les cartographies de teneurs en métaux dans les sols superficiels réalisés à l'XRFP montre une relation entre ces deux milieux. Notamment les fortes concentrations en Plomb et Arsenic observées dans les légumes feuilles se situent au niveau des Secteur 1 (Le Reigous), Secteur 2 (La Fabrègue) et Secteur 3 (Le Temple Nord) qui correspondent à des secteurs localisés en partie amont de la Zone 3 où les plus fortes concentrations ont été observées dans les sols superficiels.

Le graphique page suivante montre pour chaque végétal analysé la teneur en plomb mesurés dans la partie comestible du végétal et la teneur en plomb dans l'échantillon de sol superficiel prélevé simultanément.

Au regard des résultats analytique sur les végétaux et la grande quantité de concentrations inférieures à la limite de quantification concernant les autres métaux, ce graphique a été réalisé uniquement pour le Plomb.



L1 : Limite réglementaire CE N°1881/2006 pour les tomates, courgettes, carottes, pomme de terre, haricots, radis et fraises (0,1 mg/kgMB)

L2 : Limite réglementaire CE N°1881/2006 pour les salades (0,3 mg/kgMB)

- Légumes feuilles
- Légumes racines
- Légumes fruits
- Fruit
- Jus de fruit

Figure 10 : Relation entre les teneurs en plomb sols superficiels / végétaux (échelles logarithmiques)

Ce graphique montre une corrélation entre la teneur en plomb dans les végétaux et dans les sols superficiels pour les légumes feuille (salade) et les légumes racines (carotte).

Aucune corrélation n'a pu être dégagée concernant les légumes fruits et fruits en raison de concentrations dans les végétaux inférieures à la limite de quantification du laboratoire.

VI.3.4 Comparaison des résultats d'analyse sur les prairies aux référentiels et répartition des anomalies

Le tableau présenté en **annexe 15** synthétise les **résultats d'analyse sur les prairies**.

Les résultats analytiques sur les prairies / pâturages montrent :

- une concentration en Plomb maximale égale à 6,2 mg/kgMB sur l'échantillon Prairie 1, au Sud-est de la Zone 3 en bordure de l'Amous. Cette concentration est supérieure à la valeur définie dans l'étude de cas sur les concentrations témoins des herbes de printemps en revanche elle est compatible avec la valeur définie pour les herbes d'automne, période à laquelle les prairies ont été échantillonnées ;
- les concentrations en Cadmium sont inférieures aux valeurs définies dans l'étude de cas pour les herbes de printemps et les herbes d'automne ;
- les autres métaux ont tous été quantifiés dans le même ordre de grandeur pour chaque métal. Les concentrations en antimoine sont inférieures à la limite de quantification du laboratoire ;
- les concentrations observées sont supérieures à l'échantillon témoin Prairie 3 (secteur 7) pour le Plomb (9/10), l'Arsenic (6/10), le Cadmium (8/10), le Chrome (6/10), le Fer (8/10), le Cuivre (5/10), le Manganèse (8/10), le Zinc (9/10) et le Baryum (6/10) ;
- les concentrations observées sont supérieures à l'échantillon témoin Prairie 7 (secteur 5) pour le Plomb (2/10), l'Arsenic (4/10) le Cadmium (1/10), le Fer (4/10), le Cuivre (2/10), le Manganèse (6/10) et le Zinc (1/10) ;
- les concentrations les plus élevées en Plomb et Arsenic se situent au niveau de la prairie 1 (et moins marqué en Prairie 2) du secteur 6, au plus près de la rivière et de la prairie 10 dans le secteur 2 où les concentrations sont les plus importantes dans les sols superficiels.

Le graphique page suivant montre la teneur en plomb pour chaque prairie analysée par rapport à la moyenne des concentrations en Pb dans les sols superficiels de sols dans l'échantillon de sol superficiel prélevé simultanément. La corrélation ne peut pas être mise en évidence.

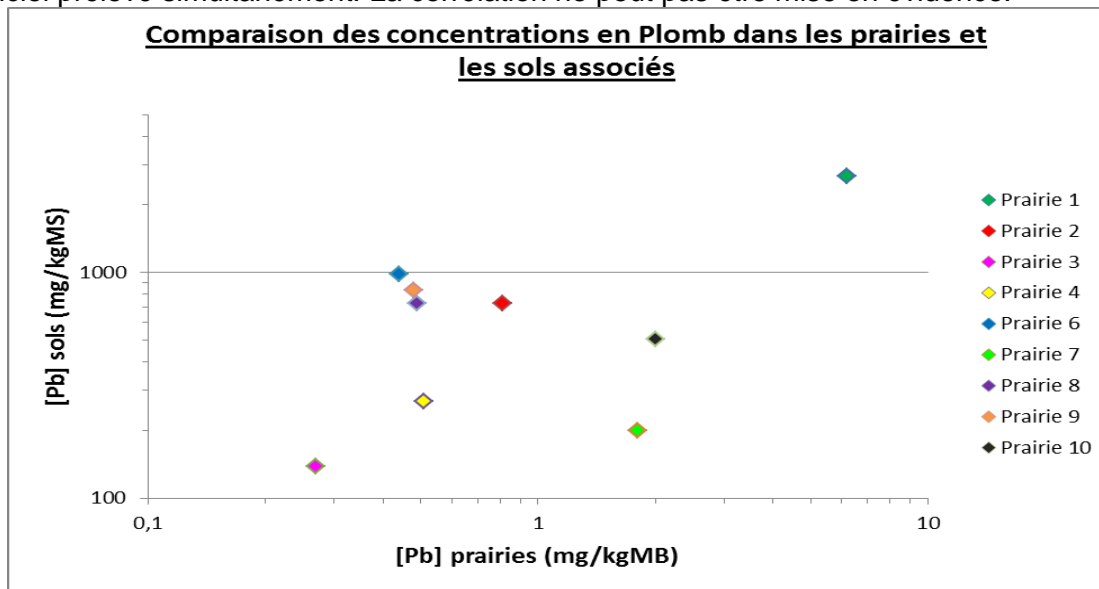


Figure 11 : Relation entre les teneurs en plomb sols superficiels / prairies

([C] moyenne (mesures à l'XRPF sur la parcelle) / ([C] échantillon composite) (échelles logarithmiques)

Les résultats analytiques semblent difficilement interprétables avec les différences de concentration observées dans les deux prairies témoins. De plus, rappelons qu'aucune valeur réglementaire n'existe concernant les prairies / pâturages.

VII. INVESTIGATIONS MENEES SUR LES EAUX SOUTERRAINES ET SUPERFICIELLES

VII.1. Méthodologie

VII.1.1 *Sélection des points d'eaux souterraines et superficielles et mode de prélèvement*

La sélection des points d'eaux souterraines et superficielles est liée à celle des jardins potagers et aux différents usages identifiés recensés sur la Zone 1 et la Zone 3. La stratégie de sélection est détaillée dans le rapport de Phase 1.

Les prélèvements d'eaux souterraines et superficielles **aux points d'usages** et/ou associés aux jardins potagers ont été réalisés :

- sur la Zone 1 le 12 Août 2011 (1 prélèvement) ;
- sur la Zone 3 du 9 au 11 Août 2011 (17 prélèvements).

Les prélèvements d'eaux superficielles sur **le Reigous et l'Amous** (4 points de prélèvements) ont consistés en :

- un prélèvement ponctuel en période d'étiage à la confluence Amous / Reigous, le 10 Août 2011 ;
- un prélèvement d'une durée de 7 jours à l'aide de préleveurs automatiques en 4 points de l'amont à l'aval de la Zone 3 a été réalisé du 8 au 15 Novembre 2011 (seuls 2 préleveurs ont fonctionné (problème de batterie) sur la totalité de la durée programmée (1 semaine). Ces deux échantillons ont été envoyés au laboratoire pour analyses. Par conséquent, la campagne de prélèvement a été de nouveau réalisée du 16 au 23 Novembre 2011 avec la collecte des 4 échantillons.

A noter que la première campagne de prélèvement sur une période de 7 jours a fait suite à de fortes pluies, les débits des cours d'eau étant donc sensiblement plus importants lors de la première campagne que lors de la seconde (observation qualitative uniquement).

La technique de prélèvement des eaux souterraines et superficielles est détaillée dans le rapport de Phase 1.

VII.1.2 *Repérage des ouvrages*

Les enquêtes de terrain et le recensement des usages des eaux et des jardins potagers se sont déroulés du 7 au 12 Juillet 2011. Ils ont permis de repérer des **ouvrages d'eaux souterraines et superficielles**.

Les résultats de ce recensement ainsi que la sectorisation spatiale de la Zone 3 sont présentés dans le rapport de Phase 1 N° AIX/11/086IR-V1 de Décembre 2011.

La sélection des ouvrages d'eaux souterraines et superficielles échantillonnés sur les Zones 1 et 3 découle du choix et de la stratégie d'échantillonnage des jardins potagers et des différents usages recensés. En effet, chaque mode d'arrosage des jardins potagers sélectionnés pour l'échantillonnage a fait l'objet de prélèvement. Cette stratégie a été élaborée afin de tenir compte de la nécessité de disposer d'une évaluation de la qualité des eaux de différentes origines et pour les différents usages identifiés.

L'objectif de l'échantillonnage prend également en compte la nécessité de disposer d'échantillons de sols superficiels, d'eaux souterraines et superficielles aux points d'usages et de végétaux en un même endroit afin de dégager des corrélations entre les différents milieux et d'avoir si possible un aperçu global des modalités de transfert d'une éventuelle pollution.

Les ouvrages d'eaux souterraines et superficielles aux points d'usage recensés lors des visites de terrain et ayant fait l'objet de prélèvements sont décrits dans le tableau de synthèse en **annexe 16**.

Les cartes de **localisation des prélèvements d'eaux souterraines et superficielles aux points d'usages et des eaux superficielles du Reigous et de l'Amous** sont présentées ci-après.



Figure 12 : Ouvrages d'eaux souterraines et superficielles aux points d'usages en Zone 1

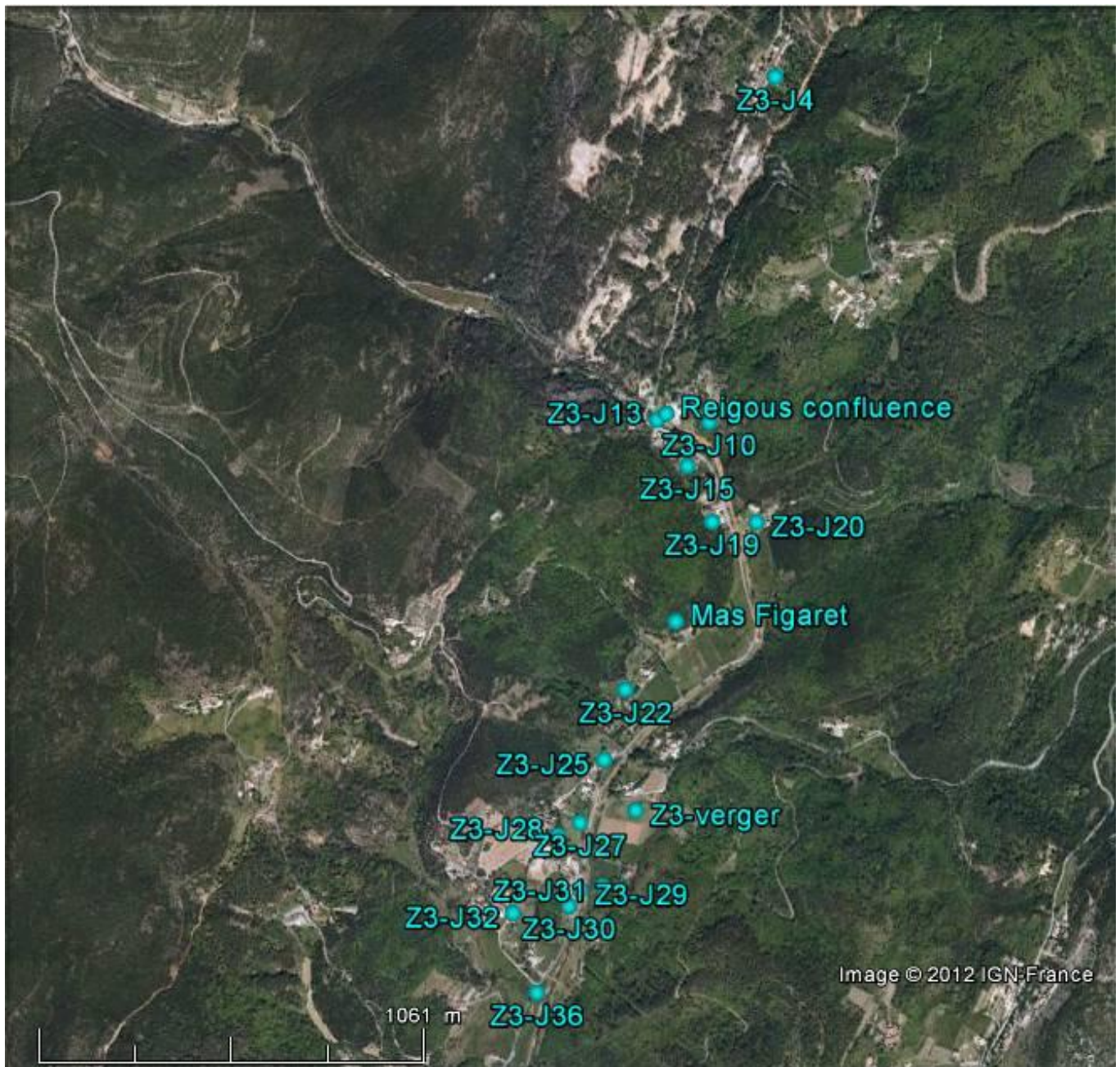


Figure 13 : Ouvrages d'eaux souterraines et superficielles aux points d'usages en Zone 3

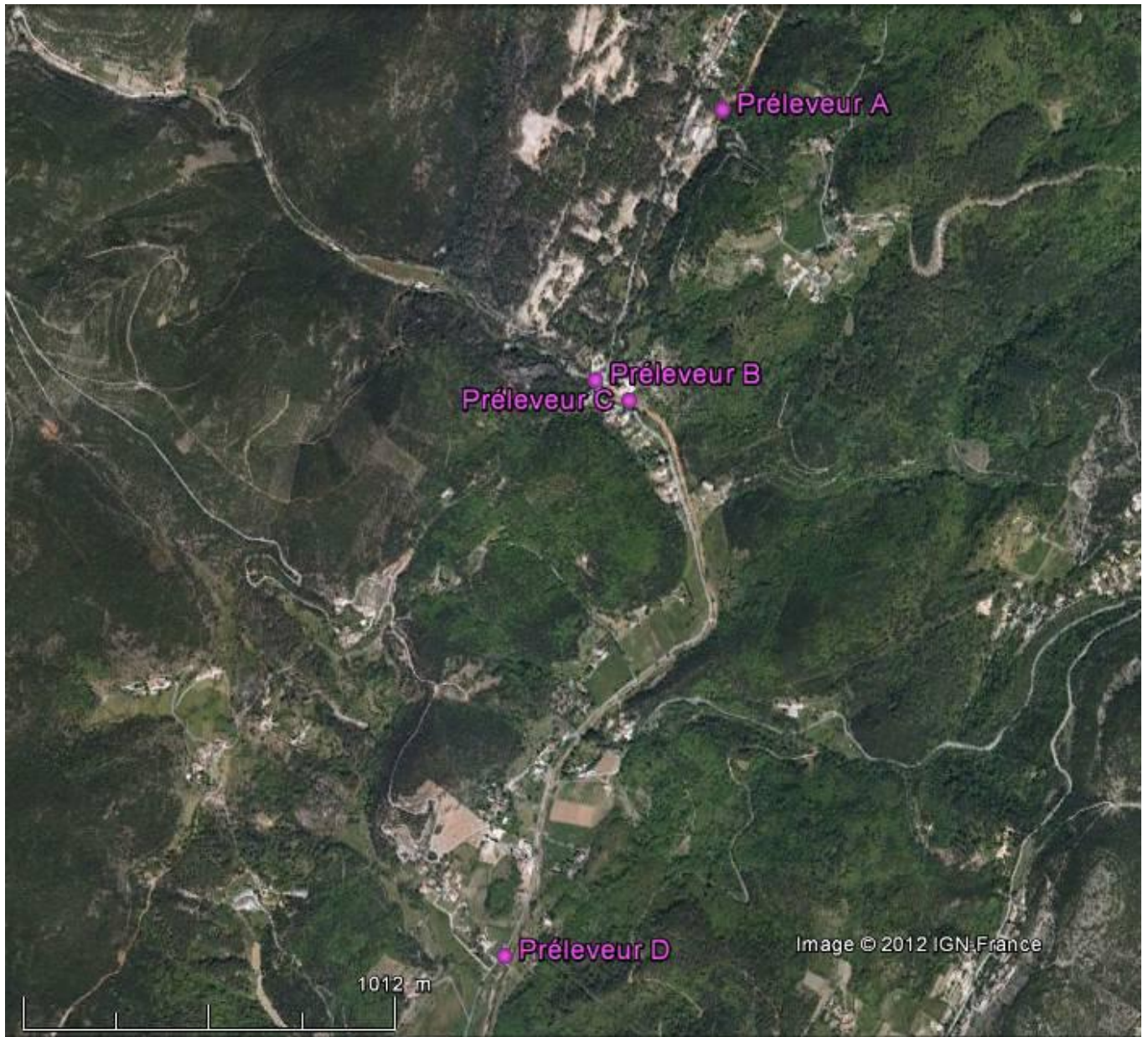


Figure 14 - Localisation des prélèvements d'eaux superficielles Reigous et Amous en Zone 3

VII.1.3 Analyses en laboratoire

Les analyses en laboratoire suivantes ont été réalisées sur eaux brutes et sur eaux filtrées :

- Matière en Suspension ;
- Sulfates ;
- 10 métaux : Arsenic, Baryum, Cadmium, Chrome, Cuivre, Fer, Manganèse, Plomb, Antimoine, Zinc.

Les analyses in-situ suivantes ont été réalisées :

- pH ;
- Température ;
- Conductivité ;
- Oxygène dissous ;
- Potentiel Redox.

VII.2. Résultats des prélèvements et analyses sur les eaux souterraines et superficielles

VII.2.1 Comparaison des résultats d'analyse sur les eaux aux référentiels

Les **fiches de prélèvements des eaux souterraines et superficielles** pour l'ensemble des trois zones (Zone 1, Zone 2 et Zone 3) sont données en [annexe 17](#).

Les **bordereaux d'analyses sur les eaux souterraines et superficiels** du laboratoire Wessling sont donnés en [annexe 18](#).

Le **tableau synthétique des résultats d'analyses sur les eaux** est donné en [annexe 19](#).

Nota

Dans le paragraphe suivant, les teneurs mesurées dans les eaux souterraines sont comparées aux valeurs seuils de l'Arrêté Ministériel du 11/01/2077, Annexes 1 et 2. En l'absence de valeur, à titre indicatif, elles sont comparées aux SEQ Eau - Eau Souterraine pour les usages identifiés. Ces valeurs sont reportées dans le tableau en [annexe 3](#).

VII.3. Interprétation des résultats sur les eaux souterraines et superficielles

VII.3.1 Eaux souterraines aux points d'usages

Par rapport aux valeurs seuils retenues dans l'arrêté du 11/01/2007 – Annexes 1 et 2 les résultats montrent :

- **En Zone 1 sur la source de la Malabuisse, l'absence d'anomalie significative :**
 - un pH de 7,7, une conductivité de 545 μ S/cm, un taux d'oxygène de 4,42 mg/l et un potentiel Redox de 122 mV ;
 - des concentrations inférieures à la limite de quantification du laboratoire pour les paramètres : Antimoine, Arsenic, Plomb, Cadmium, Chrome, Cuivre, Manganèse, Zinc ;
 - des concentrations quantifiées en Baryum, Fer et sulfates mais qui demeurent inférieures aux valeurs seuils de l'Annexe 1 de l'Arrêté du 11/01/2007.

- **En Zone 3 sur les différents points de prélèvements :**
 - Des concentrations supérieures aux valeurs seuils de l'Annexe 2 de l'arrêté du 11/01/2007 pour les Sulfates au niveau du point d'usage du Verger – *N.B. pas d'utilisation de ces forages à des fins d'alimentation en eau potable* ;
 - Des eaux très ferrugineuses au niveau des points d'usage des Jardins 4, 15, 29 et verger avec des concentrations en fer total supérieures à l'annexe 1 de l'arrêté du 11/01/2007 ;
 - **Des concentrations quantifiées en Plomb, Arsenic, Zinc, Cuivre, Baryum, Manganèse, Sulfates et MES mais qui demeurent inférieures aux seuils de l'Annexe 1 et/ou 2 ;**
 - Des concentrations inférieures à la limite de quantification du laboratoire pour les paramètres Antimoine, Cadmium et Chrome.

Notons que les eaux du secteur du Temple Sud et Cairrier, alimenté uniquement par l'eau de source du Carrier, ne présentent pas d'anomalie vis-à-vis des teneurs en métaux, MES et sulfates.

Les échantillons présentant des dépassements ponctuels des valeurs seuils relatives à la consommation humaine ont été comparés aux SEQ pour les usages par lesquels ils sont concernés :

- Verger : les concentrations observées en Sulfates sont compatibles avec les valeurs seuils des SEQ Eau souterraine pour l'usage Irrigation (pas d'autre usage des eaux à ce point d'usage) ;
- Jardin 30 : les concentrations observées en Plomb sont compatibles avec les valeurs seuils des SEQ Eau souterraine pour l'usage Irrigation (pas d'autre usage des eaux à ce point d'usage).

VII.3.2 Eaux superficielles aux points d'usage

Par rapport aux valeurs seuils retenues dans l'arrêté du 11/01/2007 – Annexe 3 les résultats montrent :

- Des concentrations quantifiées en Sulfates (3 échantillons/3), Arsenic (1 échantillon/3), Baryum, Zinc (2 échantillons /3), Fer (sur la fraction totale : 2 échantillons /3) et Manganèse (sur la fraction totale : 2 échantillons /3) mais qui demeurent inférieures aux seuils de l'Annexe 3 ;
- Des concentrations inférieures à la limite de quantification du laboratoire pour les paramètres MES, Antimoine, Plomb, Cadmium, Chrome, Cuivre, Fer (sur la fraction dissoute) et Manganèse (sur la fraction dissoute).

VII.3.3 Eaux superficielles du Reigous et de l'Amous (pas d'usage recensé)

A titre indicatif, par rapport aux valeurs seuils retenues dans l'arrêté du 11/01/2007 – Annexe 3 les résultats montrent :

- Des concentrations supérieures aux valeurs seuils de l'Annexe 3 pour les MES, Arsenic et Plomb (2 échantillons/7 : Préleveur A1 et Préleveur A2 sur le Reigous Amont), pour les Sulfates et le Cadmium (3 échantillon/7 : Reigous confluence à l'étiage, Préleveur A1 et Préleveur A2), pour le Manganèse (2 échantillons/7 : Reigous confluence à l'étiage et Préleveur A2) ;
- Des concentrations quantifiées en Baryum (7 échantillons/7), Cuivre (3 échantillons /7) et Chrome (sur la fraction totale : 1 échantillon /7) et Manganèse (sur la fraction totale : 2 échantillons /3) mais qui demeurent inférieures ou égales aux seuils de l'Annexe 3 ;
- Des concentrations inférieures à la limite de quantification du laboratoire pour les paramètres Antimoine et Chrome (sur la fraction dissoute).

A titre indicatif, par rapport aux SEQ Eau Cours d'eau - Irrigation :

- Les teneurs en Cadmium et Zinc des échantillons « Reigous confluence » à l'étiage, Préleveur A1 (Zinc uniquement) et Préleveur A2 (au niveau du Reigous amont) sont supérieures aux SEQ Eau Cours d'eau - Irrigation.

A titre indicatif, par rapport aux SEQ Eau Cours d'eau - Abreuvement :

- Les teneurs en Plomb des échantillons Préleveur A1 et Préleveur A2 (au niveau du Reigous amont) supérieures aux SEQ Eau Cours d'eau - Abreuvement.

A noter que les concentrations obtenues sur les eaux superficielles du Reigous et de l'Amous sont plus importantes lors de la deuxième campagne (débit plus faible) que lors de la première campagne de prélèvement intervenue à la suite de fortes pluies. Cette constatation est particulièrement visible au niveau du préleveur A placé sur le Reigous amont.

La carte ci-dessous synthétise les résultats obtenus sur les eaux superficielles de l'Amous et du Reigous depuis l'amont vers l'aval de la Zone 3 pour les différents paramètres quantifiés :

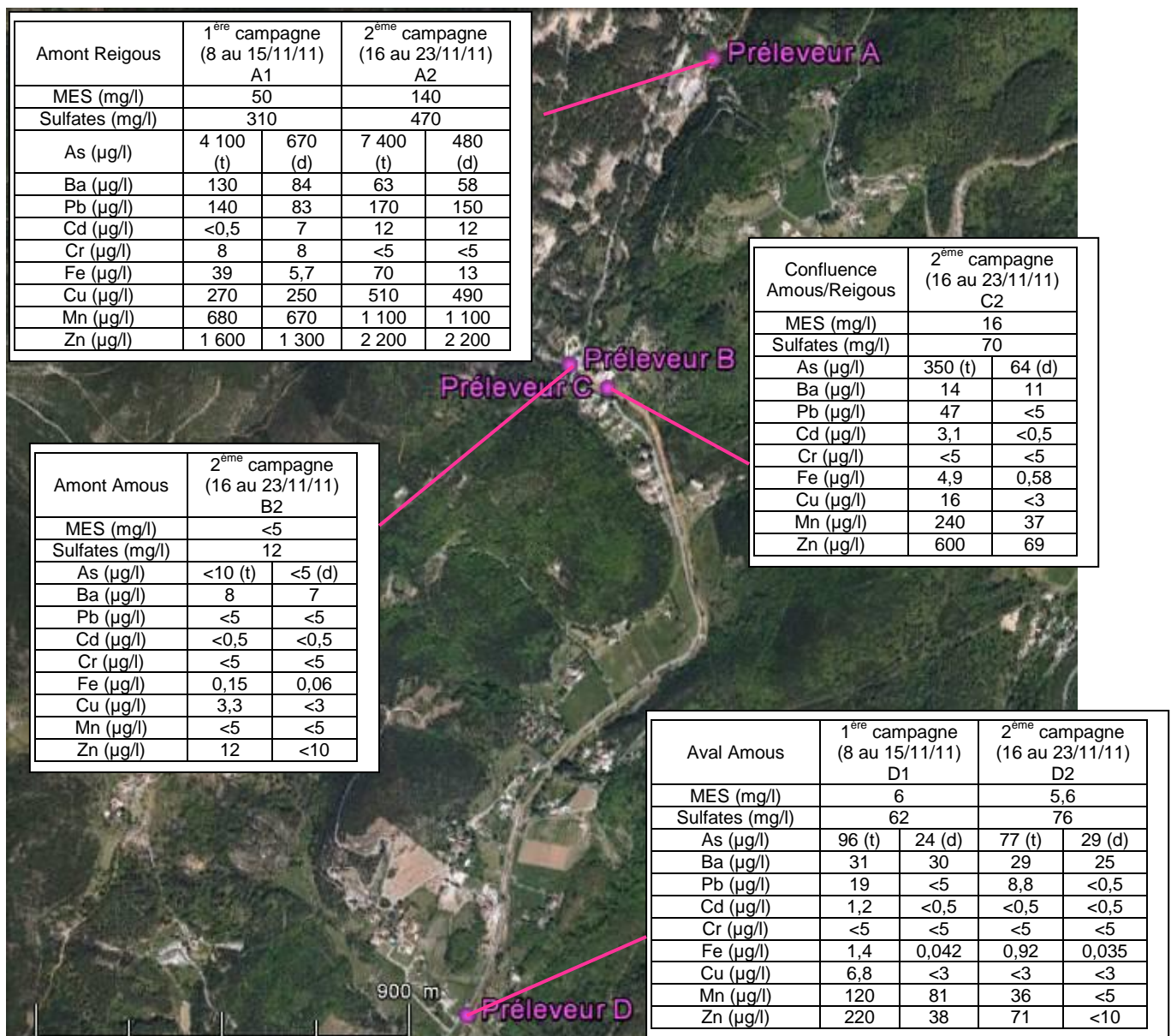


Figure 15 : Représentation cartographique des résultats analytiques

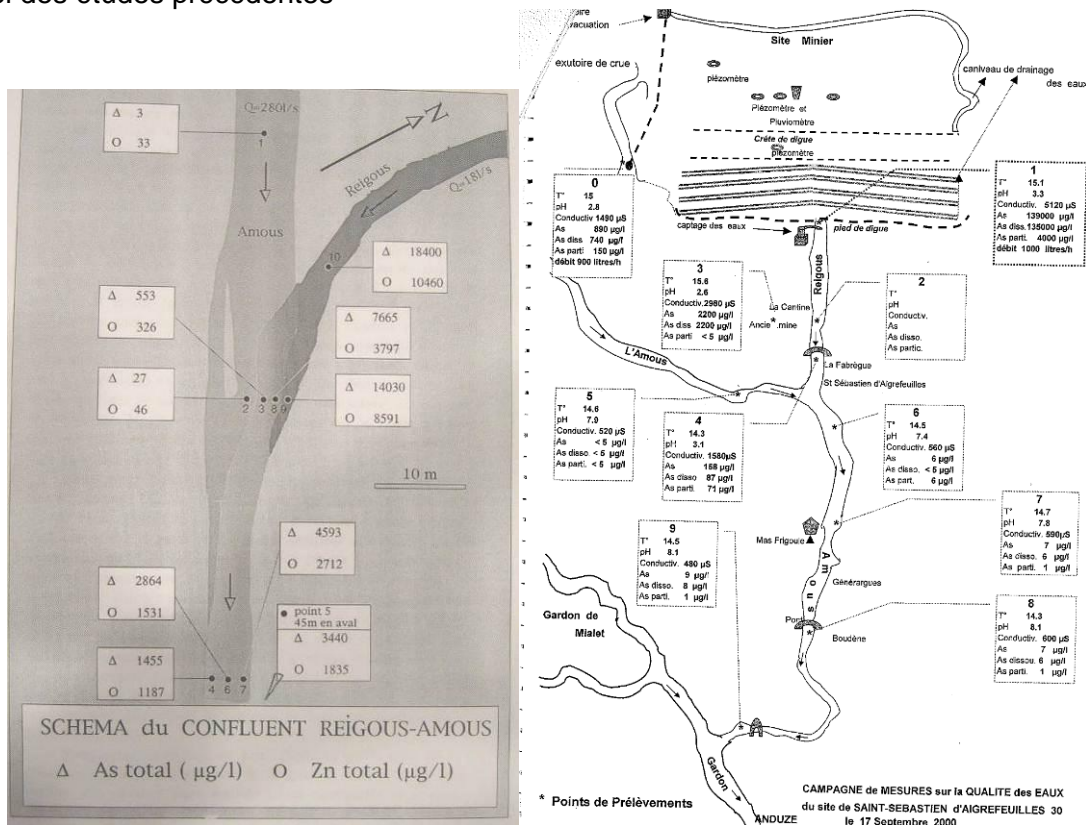
Teneurs en métaux exprimés dans sa fraction totale t (1^{ère} colonne) et sa fraction dissoute d (2^{ème} colonne).

La synthèse ci-dessus montre une diminution des concentrations de l'amont (Préleveur A) vers l'aval (Préleveur D) pour l'ensemble des paramètres analysés hormis pour les sulfates et le Baryum (concentrations plus élevées sur le préleveur D que sur le C).

La comparaison des résultats obtenus sur les eaux superficielles du Reigous et de l'Amous par rapport aux anciennes campagnes de prélèvement réalisées de 1996 à 2004 montre :

- Sur le Reigous amont : des concentrations en arsenic et zinc lors de la présente campagne inférieures aux campagnes de 1996, 2000-2004 et supérieures à la campagne de 2001 ;
- Sur l'Amous amont : des concentrations en arsenic et zinc lors de la présente campagne inférieures ou du même ordre de grandeur que les campagnes de 1996, 2001 et 2000-2004 ;
- A la confluence du Reigous et de l'Amous : des concentrations en arsenic et zinc lors de la présente campagne inférieures aux campagnes de 1996, 2000-2004 et supérieures à la campagne de 2001 ;
- Sur l'Amous aval : des concentrations en arsenic et zinc lors de la présente campagne inférieures aux campagnes de 1996, 2000-2004 et supérieures à la campagne de 2001.

Rappel des études précédentes



Mesures réalisées par le CNRS Université Montpellier 2 et par la DREAL sur les eaux de surface pour le pH et l'Arsenic en 1996 et 2000 respectivement

	Confluence Amous/ Reigous		
	2000	2002	2004
pH	3,3	3	3,1
Arsenic (mg/l)	6	5	1,8

Analyse de l'eau à la confluence Amous/ Reigous (Source : Hydrosciences)

VIII. INVESTIGATIONS MENEES SUR LES EAUX DE RUISSELLEMENT (ZONE 2)

VIII.1. Méthodologie

VIII.1.1 Mode de prélèvement

Les prélèvements d'eau de ruissellement ont été réalisés le 25 Octobre 2011 par prélèvements ponctuels au niveau des ravinements après un épisode pluvieux (65 mm tombé le 24/11/2011 en 24h). Les prélèvements ont été réalisés au niveau des points bas de la Zone 2 dans le but de :

- prélever l'eau des drains principaux, collecteurs de l'ensemble des drains de plus petite envergure, et ce afin de récupérer la majorité des eaux ruisselant sur la Zone 2 ;
- prélever des eaux qui au fur et à mesure de leur ruissellement ce sont chargées en éléments métalliques et en fines et ainsi se trouver dans un scénario sécuritaire vis-à-vis des concentrations observées ;
- être au plus près de la Zone 3 et notamment au plus près du ruisseau « Reigous » afin d'avoir une idée de la contribution des eaux de ruissellement de la Zone 2 sur les concentrations observées dans les eaux superficielles de ce ruisseau.

Les prélèvements ont été réalisés de façon à s'affranchir des contraintes suivantes :

- être en dehors de l'influence de source de pollution ponctuelle dont l'origine n'est pas liée aux anciennes activités minières afin d'avoir un aperçu plus global de la Zone 2 ;
- être suffisamment éloigné des chemins et notamment de la RD 217.



Point de prélèvement « Ruissellement 1 »



Point de prélèvement « Ruissellement 2 »



Point de prélèvement « Ruissellement 3 »

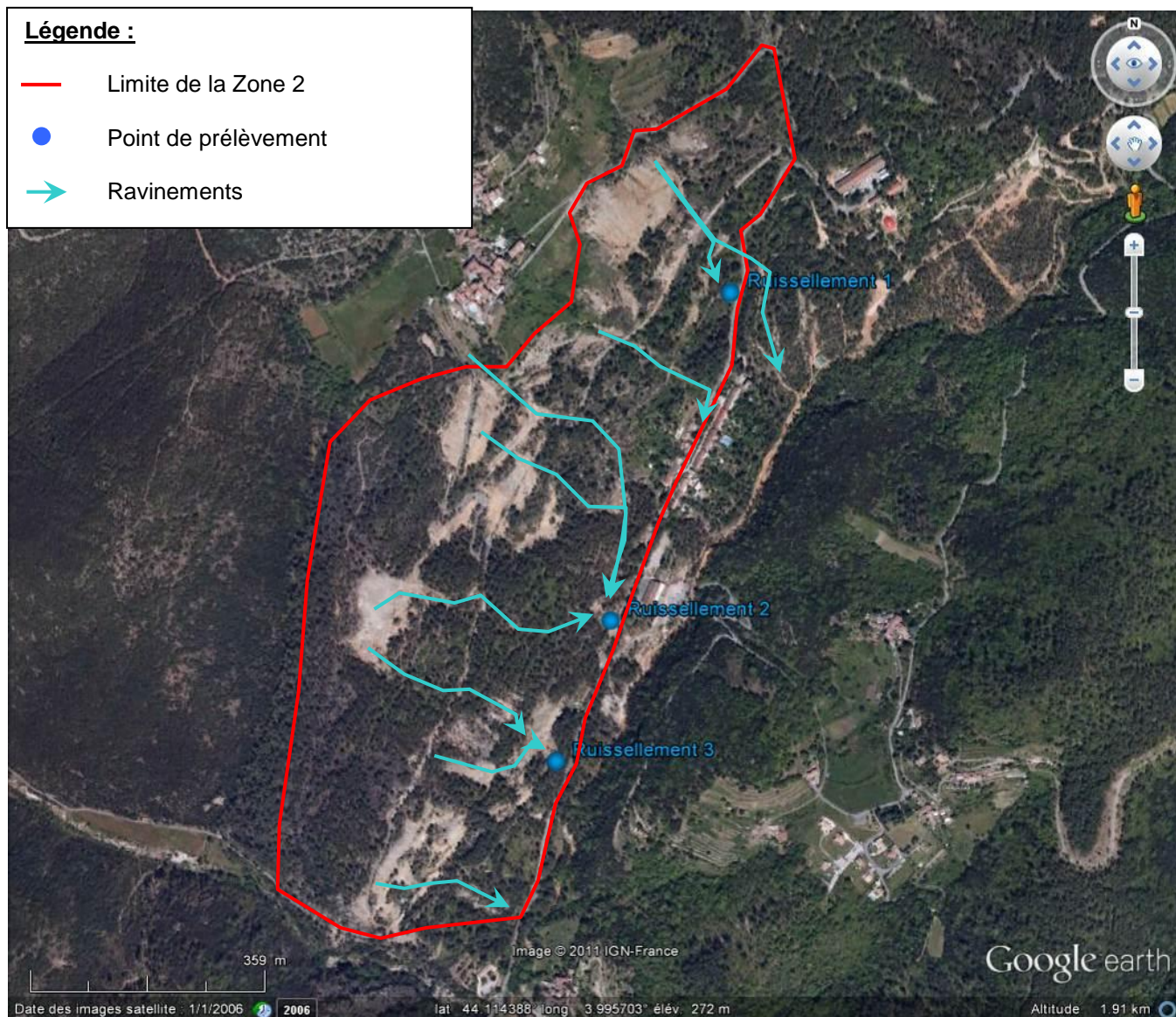
VIII.1.2 Repérage des zones de ruissellement

Les enquêtes de terrain et les reconnaissances sur les sols superficiels réalisés du 24 au 28 Octobre 2011 sur la Zone 2 ont permis d'identifier de nombreuses zones à nu sans couvert végétal où le substratum affleure directement. Ces zones n'offrent aucune possibilité d'infiltration ou de percolation des eaux pluviales et ces dernières ruissèlent directement à la faveur de zones de ravinement.

Ces ravinements non canalisés drainent la Zone 2 d'Ouest en Est selon la pente topographique générale, jusqu'au fossé de récupération des eaux pluviales en bordure de la RD 217. L'eau circule dans ces ravinements en contact direct avec le substratum.

De par la situation géographique de la Zone 2, de forts épisodes pluvieux de courte durée (épisodes cévenoles) peuvent déverser de grandes quantités d'eau qui dévalent les pentes sans rencontrer de résistance. Lors de ces épisodes les eaux de ruissellement peuvent rejoindre directement le ruisseau « Reigous » localisé à l'aval immédiat.

La carte ci-dessous présente les principaux ravinements observés sur la Zone 2 et situe les points de prélèvement d'eaux de ruissellement réalisés :



VIII.1.3 Analyses en laboratoire

Les analyses en laboratoire suivantes ont été réalisées sur eaux brutes et sur eaux filtrées :

- Matière en Suspension ;
- Sulfates ;
- 10 métaux : Arsenic, Baryum, Cadmium, Chrome, Cuivre, Fer, Manganèse, Plomb, Antimoine, Zinc.

Les analyses in-situ suivantes ont été réalisées :

- pH ;
- Température ;
- Conductivité ;
- Oxygène dissous ;
- Potentiel Redox.

VIII.2. Résultats des prélèvements et analyses sur les eaux de ruissellement

VIII.2.1 Comparaison des résultats d'analyse sur les eaux de ruissellement aux référentiels

Les **fiches de prélèvements des eaux souterraines et superficielles** pour l'ensemble des trois zones (Zone 1, Zone 2 et Zone 3) sont données en [annexe 17](#).

Les **bordereaux d'analyses sur les eaux de ruissellement** du laboratoire Wessling sont donnés en [annexe 20](#).

Le **tableau synthétique des résultats d'analyses sur les eaux de ruissellement** obtenus pour la campagne de prélèvement sont donnés en [annexe 21](#).

VIII.3. Interprétation des résultats sur les eaux de ruissellement

Les résultats d'analyses sur les eaux de ruissellement montrent :

- un **pH** acide compris entre 2,2 (Ruissellement 3) et 6 (Ruissellement 1) ;
- une **conductivité** comprise entre 602 (Ruissellement 1) et 1410 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Ruissellement 3) ;
- une **température** comprise entre 13 et 14,5 °C ;
- un taux **d'oxygène** compris entre 10,25 et 11,44 mg/l ;
- un potentiel **Redox** compris entre 449 et 536 mV ;
- des concentrations inférieures à la limite de quantification du laboratoire pour les paramètres : **Antimoine (total)**, **Chrome** et Matière En Suspension (**MES**) ;
- la présence de **Cuivre**, **Fer**, **Baryum**, **Manganèse**, **Sulfates**, **Zinc**, **Arsenic**, **Plomb** et **Cadmium** sur l'ensemble des prélèvements ;
- les concentrations en **Sulfates**, **Arsenic**, **Cadmium**, **Antimoine** (dissous), **Fer**, **Cuivre** et **Zinc** sont plus élevées sur le prélèvement Ruissellement 3 que sur les autres prélèvements ;
- les concentrations en **Baryum** et **Manganèse** sont plus élevées sur le prélèvement Ruissellement 1 que sur les autres prélèvements ;
- les concentrations en **Plomb** sont plus élevées sur le prélèvement Ruissellement 2 que sur les autres prélèvements.

Les analyses réalisées conjointement sur eaux brutes et eaux filtrées amènent les observations suivantes :

- au niveau du prélèvement **Ruissellement 1**, les concentrations en éléments métalliques sont principalement retrouvées dans la fraction particulaire ;
- au niveau des prélèvements **Ruissellement 2** et **Ruissellement 3**, les concentrations en éléments métalliques sont principalement retrouvées dans la fraction dissoute ;
- l'**Arsenic**, le **Cadmium**, le **Fer** et le **Zinc** sont majoritairement retrouvés sous forme particulaire ;
- l'**Antimoine**, le **Baryum**, le **Plomb**, le **Manganèse** et le **Cuivre** sont majoritairement retrouvés sous forme dissoute ;
- les résultats sur le **Chrome**, l'**antimoine** (total) et les **MES** étant inférieurs à la limite de quantification du laboratoire, aucune conclusion n'a pu être tirée sur ces éléments.

Le partage des concentrations entre la fraction dissoute et la fraction particulaire sur les 3 prélèvements semble corrélé au potentiel Rédox et au taux d'oxygénation des eaux de ruissellement. En effet les métaux sur les prélèvements Ruissellement 2 et Ruissellement 3 dont les deux paramètres sont relativement élevés (caractéristique d'une oxydation), sont essentiellement présents sous forme dissoute alors que sur le prélèvement Ruissellement 1 pour lequel ces 2 paramètres sont plus faibles (réduction), la tendance est inversée.

Les concentrations mesurées sur les ruissellements en Zone 2 sont inférieures ou du même ordre de grandeur que celles mesurées sur le prélèvement d'eaux superficielles Préleveur A localisé sur le cours amont du Reigous, en revanche, elles sont supérieures à celles observées au niveau du préleveur C localisé à la confluence Reigous / Amous.

Aussi il semble exister une contribution de la Zone 2 à la contribution globale des concentrations en métaux dans les eaux superficielles du Reigous. En revanche, il n'est pas possible à ce stade de l'étude de quantifier l'importance relative de cet apport métallique par rapport à ceux issus du confinement. Pour le faire il faudrait réaliser une étude hydraulique sur la Zone 2 incluant une modélisation des flux.

IX. INVESTIGATIONS MENEES SUR LES RE ENVOLS DE POUSSIÈRES

IX.1. Méthodologie

IX.1.1 Acquisition des données météorologiques

La station météorologique de Générargues, station la plus proche du site a été utilisée pour les données météorologiques concernant les précipitations (durée, quantité, intensité, ...). Cette station n'enregistre en revanche pas les données relatives aux vents (direction, intensité, ...), pour ces dernières la station météorologiques de Deau (30) a été utilisée.

Ces données ont été utilisées pour proposer un plan d'échantillonnage adapté pour le ré envol des poussières.

IX.1.2 Sélection des points de prélèvement des ré envols de poussières et mode de prélèvement

Le programme d'investigations sur les poussières comporte sept points de prélèvement répartis pour trois d'entre eux sur la Zone 1, les quatre autres étant implantés au niveau de la Zone 3.

En première approche seule la Zone 1 devait faire l'objet de mesures sur le ré envol de poussières mais au regard des concentrations en métaux observées dans les sols superficiels et les végétaux (notamment Plomb) sur la Zone 3, ce milieu à fait l'objet de mesure sur cette Zone également.

Compte tenu de la répartition des teneurs en plomb sur les sols superficiels, les points de prélèvements proposés étaient :

- OW1 : en Zone 1 en position amont par rapport aux anciennes installations minières, par rapport au dépôt de stériles et à la direction globale des vents,
- OW2 et OW3 : en Zone 1 en aval des installations minières, du dépôt de stériles, des zones de concentrations maximales dans les sols superficiels et dans l'axe majoritaire des vents,
- OW4 : en Zone 3 au niveau du quartier du Reigous au droit des anciennes installations minières, de fortes concentrations dans les sols superficiels et les végétaux, en aval immédiat de la Zone 1 dans l'axe majoritaire des vents ;
- OW 5 : au Sud immédiat de la confluence des vallées du Reigous et de l'Amous, en aval de la Zone 2 ;
- OW 6 : en Zone 3 plus au Sud dans la vallée de l'Amous, au niveau de concentrations élevées dans les sols et les végétaux ;
- OW7 : en Zone 3 au niveau du quartier de la Frigoule sur les hauteurs. Ce point de mesures représente le témoin de la Zone 3.

Les plans d'implantation des jauges Owen en Zone 1 et Zone 3 sont présentés ci-dessous :

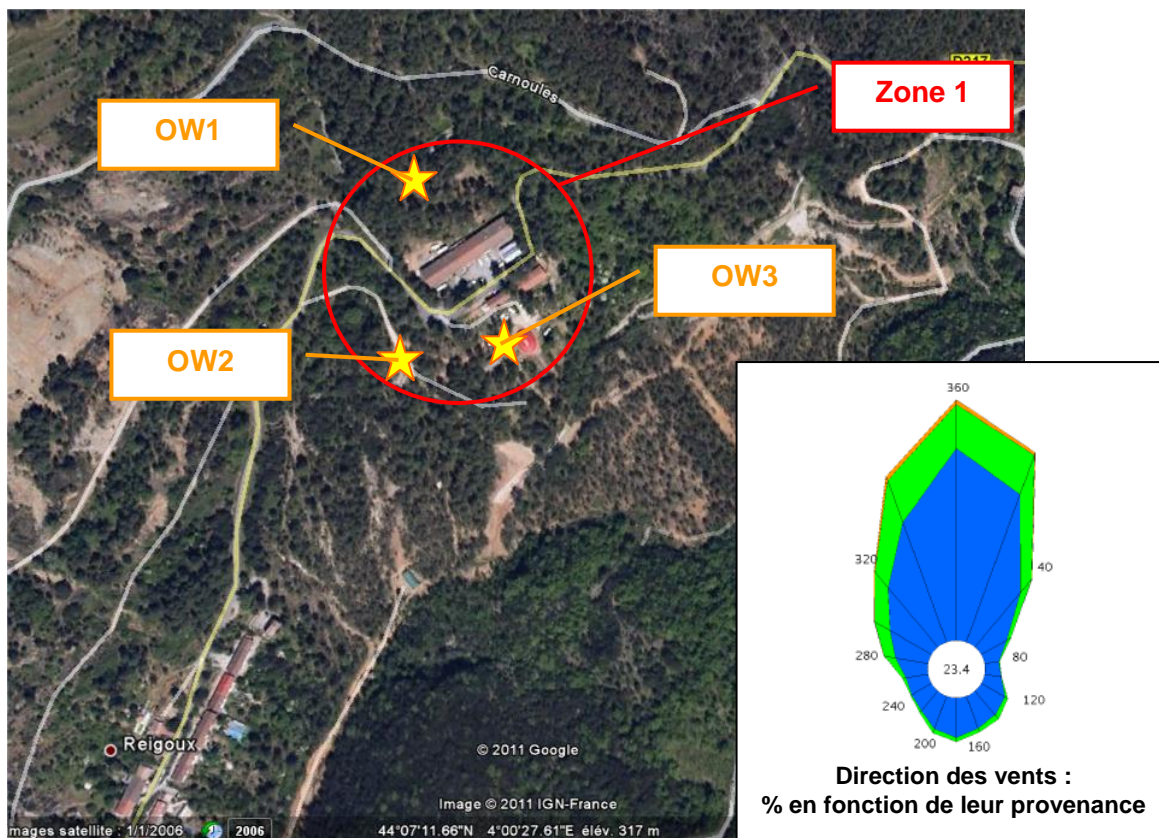


Figure 17 : Plan de Localisation des jauges Owen en Zone 1



ADEME
Etude IEM
Ancien site RECYLEX
à Saint Sébastien d'Aigrefeuille

Répartition des valeurs en Plomb en zone 3

Répartition des valeurs en plomb (mg/kg)

- 0 - 370 (214)
- 370 - 1110 (383)
- > 1110 (321)

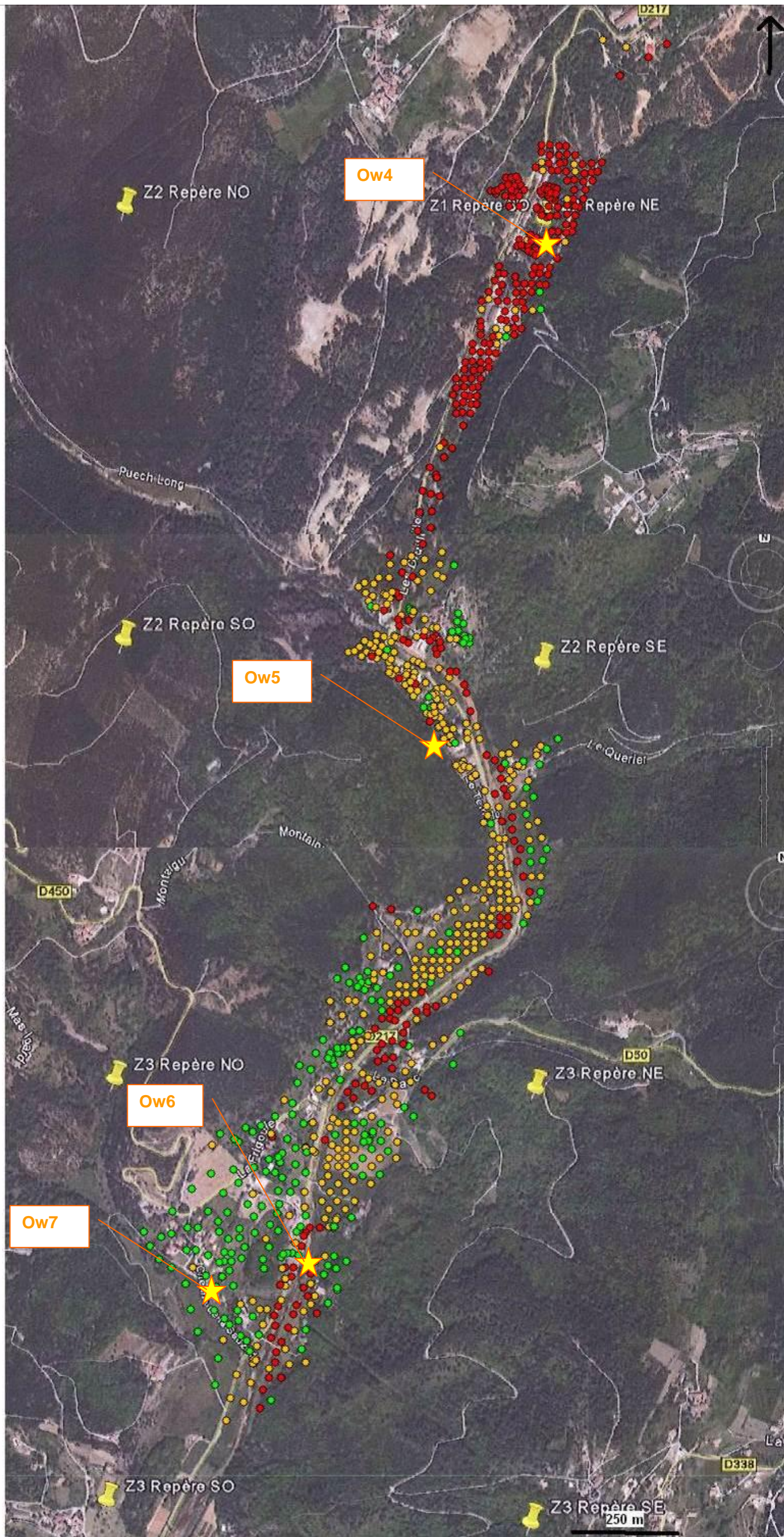
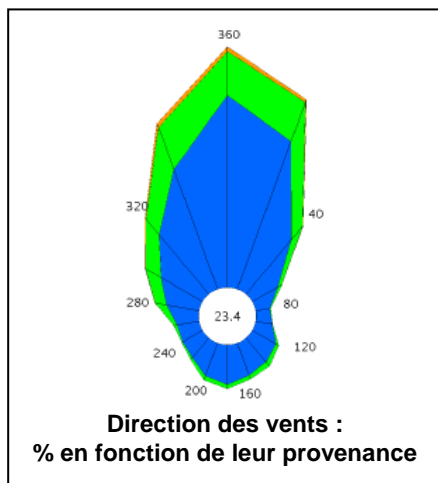


Figure 18 : Plan de localisation des jauges owen en zone 3

IX.1.1 Repérage des ouvrages

Le tableau ci-dessous synthétise les données concernant l'implantation et les caractéristiques des différentes jauges Owen.








Zone d'étude	Jauge	Implantation	Environnement	Photographie
Zone 1	OW1	Zone 1 X = 733 213 Y = 3 203 540 Parcelle AE 22b	Amont de la Zone, concentrations élevées dans les sols superficiels Trouée au milieu d'une zone boisée	
	OW2	Zone 1 X = 733 171 Y = 3 203 388 Parcelle AE 110b	Aval de la Zone et des anciennes installations minières, concentrations élevées dans les sols superficiels Au droit de la plate-forme de l'ancienne laverie	
	OW3	Zone 1 X = 733 263 Y = 3 203 411 Parcelle AE 134	Aval de la Zone et des anciennes installations minières, concentrations élevées dans les sols superficiels et les végétaux Sur une plate-forme à l'Est de l'ancien concasseur	
Zone 3	OW4	Zone 3 Jardin 3 X = 733 008 Y = 3 203 087 Parcelle AE 47	Amont de la Zone, au droit des anciennes installations minières, concentrations élevées dans les sols superficiels, en aval immédiat de la Zone 1 Au niveau du jardin potager sur une faïss	
	OW5	Zone 3 Jardin 14 X = 732 713 Y = 3 201 939 Parcelle AJ 147	Confluence des vallées du Reigous et de l'Amous, fortes concentrations dans les sols superficiels, en aval de la Zone 2 Au niveau du jardin potager sur une faïss	
	OW6	Zone 3 Jardin 29 X = 732 471 Y = 3 200 665 Parcelle AN 65	Plus au Sud de la vallée de l'Amous, fortes concentrations dans les sols superficiels et les végétaux, bord de route et dans la plaine d'inondation de l'Amous Au niveau du jardin potager et du poulailler	
	OW7	Zone 3 Jardin 32 X = 732 259 Y = 3 200 613 Parcelle AN 142	Témoin de la Zone, en hauteur par rapport à la vallée de l'Amous, faible concentrations dans les sols et les végétaux Au niveau du jardin potager et d'une prairie, sur une pelouse	

Tableau 7 : Description des points de localisation des jauges owen

IX.1.2 Analyses en laboratoire

Sur ces échantillons, les analyses portent sur la recherche des paramètres arsenic, baryum, cadmium, chrome, cuivre, fer, manganèse, plomb, antimoine et zinc.

Elles sont réalisées par le laboratoire Wessling.

IX.2. Résultats et référentiels

IX.2.1 Résultats des données météorologiques - Période de prélèvement des poussières du 08/11/2011 au 08/12/2011

Du 8 Novembre au 8 Décembre 2011 :

- le cumul des précipitations est de 98,4 mm,
- la vitesse moyenne du vent est de 16,8 km/h,
- la vitesse maximale est de 28,4 km/h le 26 Novembre 2011,
- les vents sont majoritaires orientés N à NNE.

Les graphiques et la rose des vents ci-après détaillent les résultats sur la période de prélèvement des poussières avec les jauges Owen.

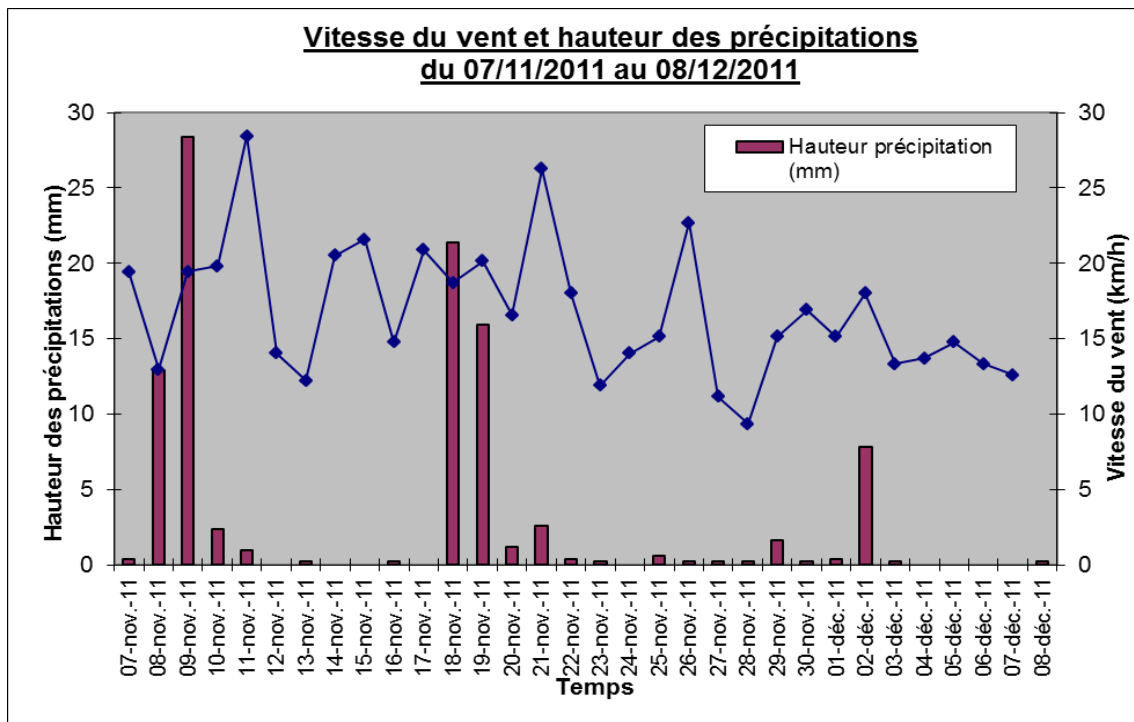


Figure 19 : Vitesse moyenne du vent et hauteurs des précipitations

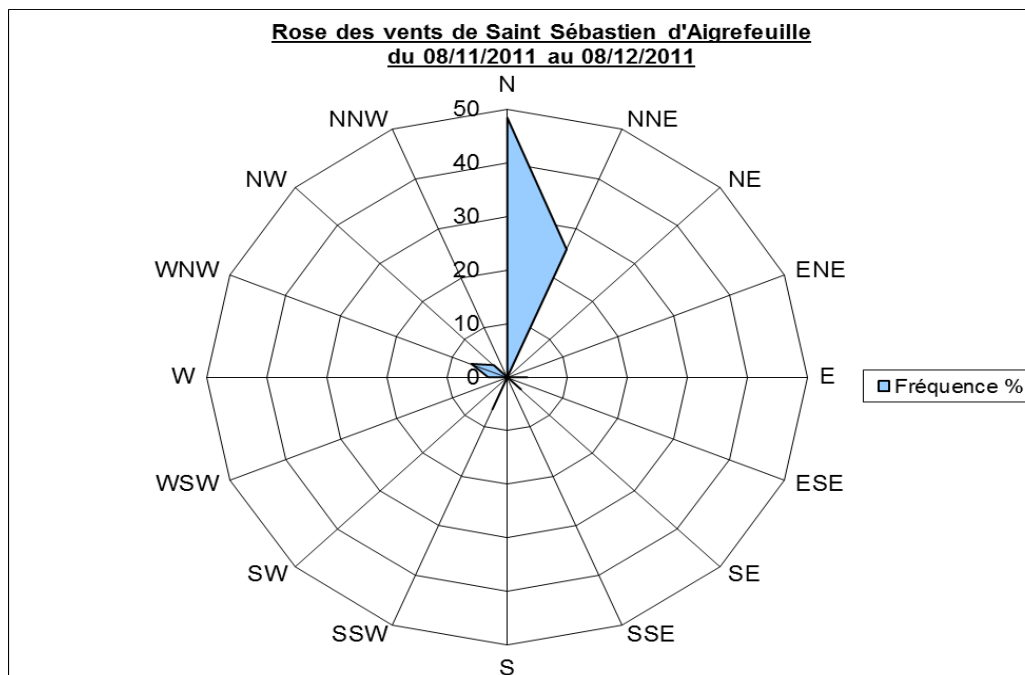


Figure 20 : Rose des vents – Fréquence en %
Période de prélèvement des envois de poussières du 08/11/11 au 08/12/11

Les conditions météorologiques enregistrées au cours de cette campagne montrent que la période étudiée est relativement sèche à l'exception de quelques pics pluvieux dans le mois et confirment une direction des vents orientée du N-NNE au S-SSW.

IX.2.2 Résultats d'analyses sur les poussières

Les bordereaux d'analyse sur les poussières du laboratoire Wessling sont donnés en [annexe 22](#).

Les résultats mentionnés ci-après correspondent à la période de prélèvement du 8 Novembre au 8 Décembre 2011.

Le tableau ci-après présente les résultats des métaux présents dans les poussières sur les 6 points collectés.

En effet, lors de l'envoi au laboratoire des échantillons prélevés, le flaconnage en verre du prélèvement OW5 est arrivé cassé. Le contenu de l'échantillon n'a pas pu être récupéré et aucune analyse n'a pu être réalisée sur ce prélèvement.

Il n'existe pas de valeurs réglementaires françaises sur les retombées atmosphériques. Par ailleurs, la consultation de la base de données de la qualité de l'air (BDQA) de l'ADEME (www.buld'air.org) et du site www.atmo-rhonealpes.org n'a pas permis de disposer de mesures de références en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$.

En l'absence de références françaises, nous proposons d'exploiter les valeurs de référence proposées par (cf. [annexe 3](#)) :

- la confédération Suisse dans son « Ordonnance sur la protection de l'air » (RS 814.318.142.1, « valeurs limites d'émission – Annexe 7, article 2 alinéa 5 – Mise à jour selon l'O du 15 décembre 1997 »),
- l'Allemagne, dans sa « Loi pour le maintien de la qualité de l'air » (TA luft) du 24 juillet 2002.

Jauge Owen	OW1 Zone 1	OW2 Zone 1	OW3 Zone 1	OW4 Zone 3 – secteur 1	OW6 Zone 3 – secteur 6	OW7 Zone 3 – secteur 7 témoin	Référence Suisse	Référence Allemagne
	Prélèvement du 08/11/2011 au 08/12/2011							
$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$								
Antimoine	<0,69	<0,70	<0,70	<1,31	<1,13	<0,72		
Arsenic	<0,09	<1,05	<1,39	2,30	<1,44	<2,30		4
Baryum	1,05	9,66	7,17	35,49	7,70	18,53		
Plomb	0,45	4,74	3,52	4,67	<2,46	<1,91	100	100
Cadmium	0,29	<0,33	<0,34	<0,39	<0,56	<0,39	2	2
Chrome	<0,10	2,25	<1,05	15,52	<1,55	<0,98		
Fer	18,23	1433,91	194,43	177,43	239,25	139,98		
Cuivre	0,48	5,89	144,61	7,36	5,85	8,87		
Manganèse	5,41	21,27	8,87	8,81	9,14	18,40		
Zinc	119,45	43,99	40,10	138,66	47,44	104,62	400	

Tableau 8 : Résultats sur les métaux des envois de poussières

IX.3. Interprétation des résultats sur les ré envois de poussières

Les résultats sur les jauges Owen montrent :

- des concentrations inférieures ou équivalentes à la LQ en *antimoine*, *arsenic* et *cadmium* sur les six points de prélèvements,
- la quantification du *plomb* sur OW2, OW3 et OW4 du même ordre de grandeur à des concentrations supérieures au point amont OW1 et témoin OW7 alors qu'il n'est pas détecté sur le prélèvement OW6,
- des concentrations en *zinc* du même ordre de grandeur en OW2 OW3 et OW6 inférieures aux concentrations du même ordre de grandeur en OW1, OW4 et OW7,
- des concentrations très hétérogènes en *baryum*,
- à l'exception d'une concentration significative en OW2, les concentrations en *fer* sont du même ordre de grandeur en OW3 à OW7,
- à l'exception d'une concentration significative en OW3, les concentrations en *cuivre* sont du même ordre de grandeur en OW2, OW4, OW6 et OW7,
- des concentrations en *manganèse* du même ordre de grandeur en OW1 OW3, OW4 et OW6 inférieures aux concentrations du même ordre de grandeur en OW2 et OW7,
- la quantification du *chrome* sur OW2 et OW4 alors qu'il n'est pas détecté sur les autres prélèvements,
- les concentrations mesurées au niveau de la jauge OW1 située en zone boisée et en amont des vents dominants sont toutes inférieures à celles mesurées sur les autres jauges pour l'ensemble des paramètres analysés hormis pour le zinc,
- les concentrations en OW4 (Le Reigous) correspondent aux concentrations les plus élevées à l'exception du fer et du manganèse (OW2) et du cuivre (OW3),
- les concentrations en OW7 (témoin La Sauzède) sont globalement supérieures aux concentrations en OW6 sauf pour le fer,

Les résultats sur les jauges Owen pour les traceurs des anciennes activités montrent :

- **Pour l'arsenic** des concentrations inférieures ou équivalentes à la LQ sur les six points de prélèvements,
- Pour le **plomb, l'arsenic, le zinc et le cadmium** des quantités mesurées très inférieures aux valeurs de références suisses et/ou allemandes (il n'existe pas de valeurs réglementaires françaises).

On ne note pas non plus de gradient significatif permettant de comprendre un phénomène particulier et les prélèvements de poussières n'ont pas été réalisés dans la période la plus sèche compte tenu de la période de réalisation de l'étude.

Par ailleurs les concentrations en plomb et arsenic observées dans les retombées de poussières sont les plus élevées au niveau du quartier du Reigous là où les concentrations dans les légumes feuilles sont également les plus élevées. En revanche aucune corrélation n'a pu être établie entre les concentrations observées dans les poussières au niveau du secteur 6 (inférieures à la limite de quantification) et les concentrations élevées en plomb observées dans les végétaux de ce secteur.

Les concentrations en éléments métalliques mesurées dans les retombées de poussières sur les différents secteurs tendent à minorer l'importance de la problématique ré envol de poussières sur ce site même si cette affirmation n'est basée que sur une seule campagne de mesure.

X. INVESTIGATIONS MENEES SUR LE BÂTI

X.1. Méthodologie

Les anciens vestiges de l'exploitation minière (apparents au niveau du sol) ont été recensés puis géoréférencés et ont fait l'objet d'une mesure de concentration en surface à l'aide de l'appareil XRFP.

Chaque mesure représente une surface de 5 mm² environ, sur une profondeur de l'ordre du millimètre. En conséquence, une série de mesure a été effectuée sur chaque vestige en vue de calculer une valeur moyenne représentative. D'une part la valeur moyenne du vestige (bâtiment, mur, fondation, ...) est donnée, d'autre part, le nombre de mesures réalisées ainsi que les valeurs minimales et maximales sont fournies.

Les résultats bruts obtenus à l'XRPF ont été corrigés à l'aide des facteurs de correction obtenus sur les mesures de sols de surface.

L'ensemble des valeurs mesurées sur le site sont des valeurs de surface extérieure, l'intérieur des bâtiments étant classiquement moins impacté.

X.2. Résultats des mesures

Au total, 126 mesures ont été réalisées du 20 au 24 Octobre 2011, dont 121 sur la Zone 1 de l'étude. Deux vestiges ont été retrouvés en Zone 2 et en Zone 3, les résultats obtenus sur ces derniers sont présentés dans le présent paragraphe conjointement avec le bâti de la Zone 1.

Les figures aux pages suivantes présentent la localisation des anciens vestiges identifiés ainsi que leur dénomination associée dans le cadre de cette étude.

Les **fiches détaillées pour chaque bâtiment** détaillant les moyennes, minimum et maximum de concentration par type de matériaux sont présentés en **annexe 23**.

Le tableau de synthèse ci-après récapitule les moyennes de concentration obtenues pour chaque bâtiment et pour chaque type de matériaux analysés (béton, bois, métal, crépis, ...).



Figure 21 : Plan de Localisation des vestiges de la Zone 1



Figure 22 : Plan de Localisation des vestiges des zones 2 et 3

Bâtiment	Type d'usage	Concentrations (mg/kg)																			
		Pb					As					Zn					Cu				
		moy béton	moy bois	moy métal	moy crépis	moy total	moy béton	moy bois	moy métal	moy crépis	moy total	moy béton	moy bois	moy métal	moy crépis	moy total	moy béton	moy bois	moy métal	moy crépis	moy total
B1	Ruine	1236	-	-	-	1236	568	-	-	-	568	274	-	-	-	274	37	-	-	-	37
B2	Ruine (ancien réservoir)	147	-	-	-	147	210	-	-	-	210	452	-	-	-	452	32	-	-	-	32
B3	Ruine (ancien réservoir)	1813	-	-	-	1813	451	-	-	-	451	555	-	-	-	555	36	-	-	-	36
B4	Habitation, locaux associatifs	234	-	(71720)*	110	5284	220	-	(30604)*	198	2382	968	-	(14099)*	245	1504	72	-	(477)*	61	100
B5	Locaux associatifs	233	-	-	-	233	210	-	-	-	210	209	-	-	-	209	34	-	-	-	34
B6	Habitation	11370	-	-	-	11370	3346	-	-	-	3346	1278	-	-	-	1278	89	-	-	-	89
B7	Ruine	15384	-	-	-	15384	6109	-	-	-	6109	2110	-	-	-	2110	28	-	-	-	28
B8	Ruine, ancien réservoir	48267	-	-	-	48267	2668	-	-	-	2668	36165	-	-	-	36165	838	-	-	-	838
B9	Habitation	-	-	-	122	122	-	-	-	192	192	-	-	-	190	190	-	-	-	49	49
B10-11-14	Ruine	1159	-	-	-	1159	295	-	-	-	295	394	-	-	-	394	62	-	-	-	62
B12	Ruine	499	-	-	-	499	235	-	-	-	235	319	-	-	-	319	46	-	-	-	46
B13	Habitation	1098	<LD	(708)*	-	1077	299	161	(778)*	-	317	2623	141	(256)*	-	2368	109	48	(418)*	-	126
B15	Habitation	287	-	-	241	279	221	-	-	252	226	8842	-	-	8204	8726	58	-	-	57	58
Bâti Zone 2	Ruine	303	-	-	-	303	232	-	-	-	232	336	-	-	-	336	53	-	-	-	53
Bâti Zone 3	Foyer communal, local services techniques municipaux	17201	-	-	2515	13529	1671	-	-	472	1371	1453	-	-	364	1181	56	-	-	45	52
BDF régional		264					106					312					42				
BDF Zone 1		2727					501					983					88				

Légende :

BDF : Bruit De Fond géochimique

Concentrations en noir < concentrations du BDF régional

Concentrations en rouge > concentrations du BDF régional

Concentrations en bleu > concentrations du BDF de la Zone 1

(XX)* : A noter que les mesures réalisées sur les matériaux métalliques des bâtiments B4 et B13 induisent un biais sur les résultats des moyennes obtenus pour ces bâtiments car dans ce contexte les mesures sont peu fiables du fait d'interférences entre la matrice (fer) et le spectre analysé à l'XRFP. De plus, la mesure ne discrimine pas ce qui pourrait relever de poussières déposées sur le matériau, des éléments associés à l'alliage métallique.

Tableau 9 : résultats des moyennes de concentration obtenues pour chaque bâtiment et pour chaque type de matériaux analysés

X.3. Interprétation des résultats sur les vestiges de l'ancienne usine

Le tableau ci-dessus amène les observations suivantes :

- les concentrations en métaux notamment en Pb et As à la surface des bâtiments sont largement supérieures au bruit de fond géochimique régional et de la Zone 1 observé dans les sols et ceci pour l'ensemble des bâtiments ;
- les plus fortes concentrations sont majoritairement rencontrées sur le béton ;
- les plus faibles concentrations sont majoritairement rencontrées sur les surfaces crépies. Les concentrations en Pb et Zn sur cette surface sont inférieures au bruit de fond régional et Zone 1 sur les sols ;
- la surface des bâtiments en particulier les bâtiments B6, B7, B8 et Bâti Zone 3, qui n'ont pas fait l'objet de maintenance particulière depuis l'activité minière, semble impactée par les métaux lourds issus des sols et des envols de poussières.

Le bâtiment B6 est un bâtiment de l'activité minière à usage d'habitation en cours de rénovation (partie habitée au niveau de la route– partie basse de la maison en cours de réhabilitation au moment des investigations).

PARTIE 2 : ZONE 1 – INTERPRETATION DE L'ETAT DES MILIEUX DANS LA ZONE DE L'USINE

XI. SYNTHÈSE DES INVESTIGATIONS – ZONE 1

XI.1. Synthèse sur la qualité des sols superficiels

Les investigations sur les **sols superficiels** ont montré :

- ✓ Des concentrations majoritairement supérieures au bruit de fond géochimique régional pour l'ensemble des métaux majoritaires étudiés (Pb, As, Zn, Cu) ;
- ✓ Une répartition des concentrations selon un gradient Nord-Sud, avec des concentrations plus élevées au Sud au niveau des anciennes installations minières notamment en aval de l'ancienne laverie et principalement sur des terrains à nu, non boisés ou avec une végétation éparse. Ce gradient de répartition spatial est particulièrement visible pour le Plomb et l'Arsenic ;
- ✓ Un impact des anciennes activités minières sur la qualité des sols superficiels.

Les résultats analytiques obtenus sur **le sol du potager** recensé sur la Zone 1 montrent :

- ✓ Des concentrations supérieures au bruit de fond géochimique régional pour les paramètres suivants : Arsenic, Baryum, Plomb, Chrome, Cuivre ;
- ✓ Des concentrations élevées en Fer et Manganèse, représentatif de la nature géologique des terrains ;
- ✓ Des concentrations inférieures au bruit de fond géochimique régional pour l'Antimoine, le Cadmium et le Zinc.

A noter que le propriétaire n'a pas donné son autorisation pour le prélèvement de plantes potagères.

XI.2. Synthèse sur la qualité des eaux souterraines

Les résultats sur les **eaux souterraines** de la source de la Malabuisse n'ont pas montré d'anomalie particulière. Les concentrations en métaux sont inférieures aux valeurs seuils définies dans l'Arrêté Ministériel du 11/01/2007, Annexe 1 « Limites et références de qualité des eaux destinées à la consommation humaine à l'exclusion des eaux conditionnées », pour les métaux. Cette eau est donc potable pour les paramètres analysés.

XI.3. Synthèse sur le ré-entrainement des poussières

Les résultats analytiques obtenus sur les retombées de poussières sur la Zone 1 montrent :

- ✓ des conditions météorologiques relativement sèches à l'exception de quelques pics pluvieux dans le mois et qui confirment une direction des vents du N-NNE au S-SSW,
- ✓ des concentrations inférieures ou équivalentes à la LQ en antimoine, arsenic et cadmium sur les six points de prélèvements,
- ✓ les concentrations mesurées au niveau de la jauge OW1 située en zone boisée et en amont des vents dominants sont toutes inférieures à celles mesurées sur les autres jauges pour l'ensemble des paramètres analysés hormis pour le zinc,
- ✓ pour le baryum, le plomb et le chrome, les concentrations sous les vents dominants de la Zone 1 (OW2 et OW3) sont du même ordre de grandeur,

Les résultats sur les jauges Owen pour les traceurs des anciennes activités montrent pour le **plomb, l'arsenic, le zinc et le cadmium** des quantités mesurées très inférieures aux valeurs de références suisses et/ou allemandes (il n'existe pas de valeurs réglementaires françaises).

On ne note pas non plus de gradient significatif permettant de comprendre un phénomène particulier et les prélèvements de poussières n'ont pas été réalisés dans la période la plus sèche compte tenu de la période de réalisation de l'étude.

XI.4. Synthèse sur l'atlas du bâti

Les résultats sur le bâti amène les observations suivantes :

- ✓ les concentrations en métaux notamment en Pb et As à la surface des bâtiments sont largement supérieures au bruit de fond géochimique régional et de la Zone 1 observé dans les sols et ceci pour l'ensemble des bâtiments ;
- ✓ les plus fortes concentrations sont majoritairement rencontrées sur le béton ;
- ✓ les plus faibles concentrations sont majoritairement rencontrées sur les surfaces crépies. Les concentrations en Pb et Zn sur cette surface sont inférieures au bruit de fond régional et Zone 1 sur les sols ;
- ✓ la surface des bâtiments en particulier les bâtiments B6 (usage habitation), B7 et B8 (ruines et ancien réservoir), qui n'ont pas fait l'objet de maintenance particulière depuis l'activité minière, semble impactée par les métaux lourds issus des sols et des envols de poussières.

XII. SCHEMA CONCEPTUEL – ZONE 1

Le schéma conceptuel est élaboré à partir des données dont nous disposons à ce jour. Ces données sont résumées ci-après et pages suivantes sous forme de schéma et de synoptique.

Selon les informations disponibles à ce jour, les différents paramètres issus du schéma conceptuel préliminaire pourraient être les suivants :

Sources de pollution identifiées sur la Zone 1 :

- poussières issues des sols de la zone,
- sols en place et à nus.

Voies de transfert / Voies d'exposition :

- envol / inhalation de poussières ;
- contact direct / ingestion des sols ;
- ingestion de légumes cultivés.

Cibles identifiées :

- habitants du site.

Secteur géologique :

- homogène sur l'ensemble de la Zone 1.

Pour les cibles identifiées, les investigations mises en œuvre ont mis en évidence un impact en particulier pour le plomb, arsenic, zinc sur les sols superficiels.

Il n'a pas été constaté d'impact sur les eaux souterraines.

L'impact sur les végétaux n'a pu être quantifié sur la Zone 1 en raison du nombre réduit de jardin (1) et de l'absence d'accord de prélèvement par le propriétaire.

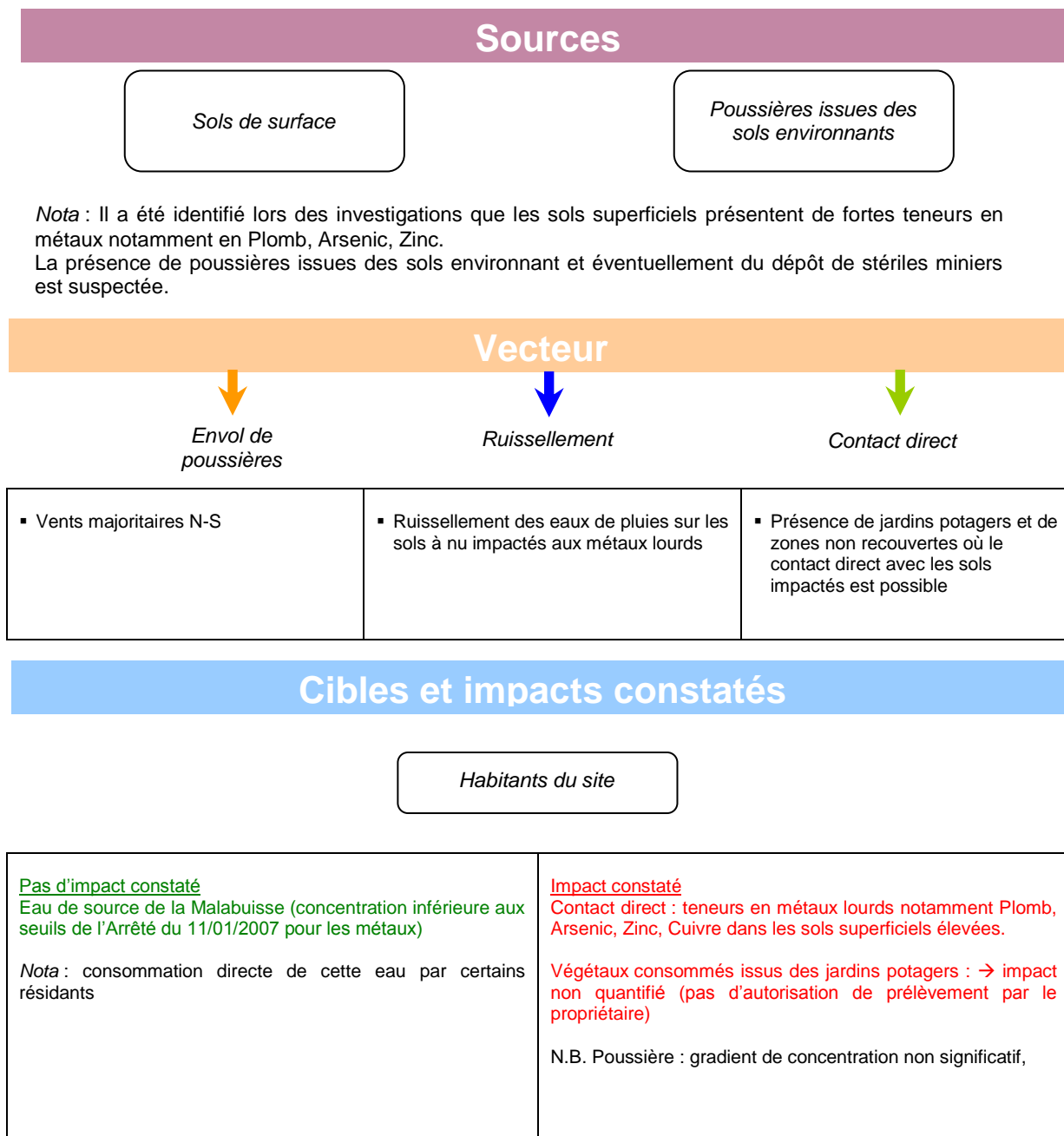
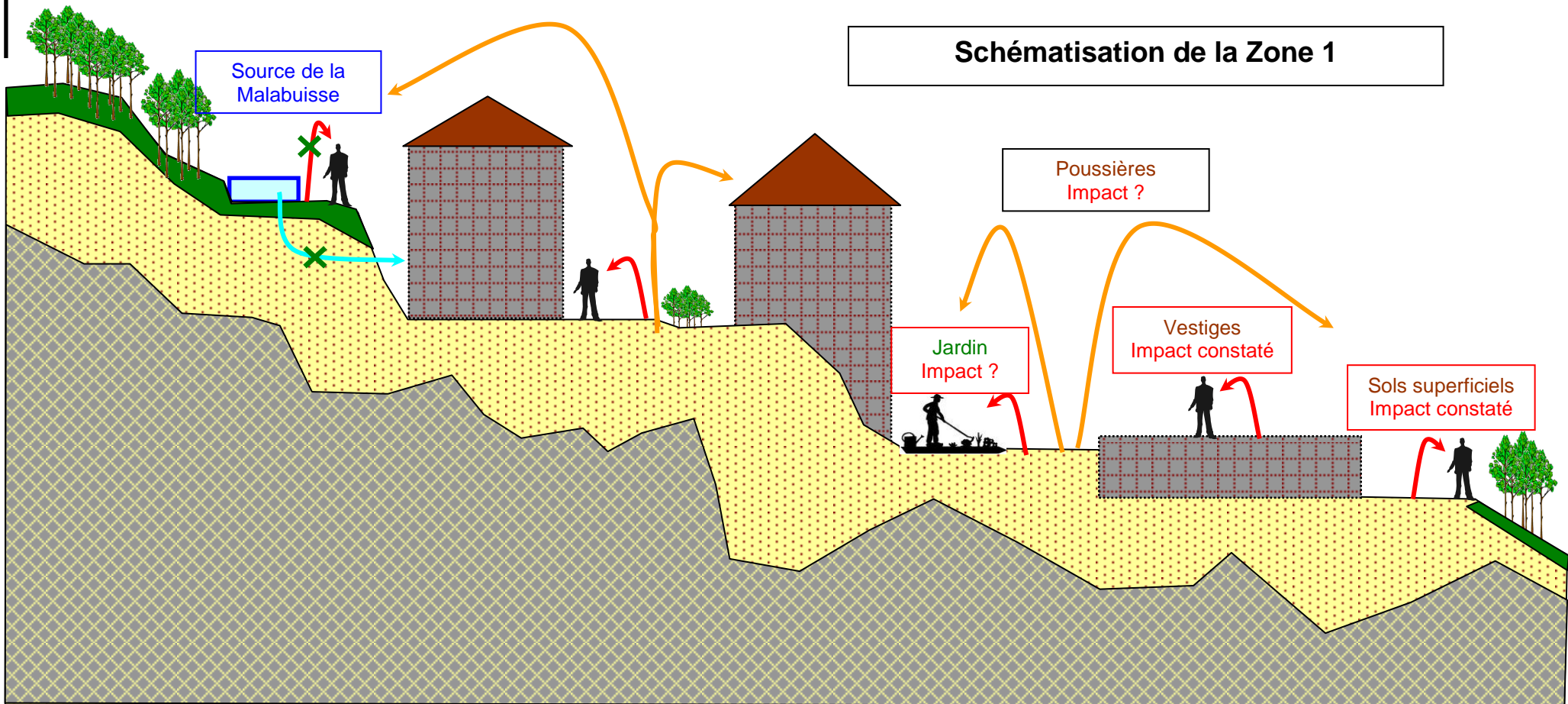


Figure 23 – Schéma conceptuel de la Zone 1 mis à jour suite aux investigations (synoptique)

Schématisation de la Zone 1



Légende	Sources		Vecteurs	Milieux d'exposition	Cibles
Versant boisé	Primaires	Secondaires	Envol de poussières	sol	Usagers
Substratum	Zone de minerais à nu	+ Poussières au sol	Infiltration, Ruissellement, Circulation d'eaux	air	
Adduction d'eau de la Malabuisse	Dépôt résidus				

XIII. INTERPRETATION DE L'ETAT DES MILIEUX – ZONE 1

XIII.1. Rappels et généralités sur l'IEM

La démarche d'interprétation des milieux a pour objectif de distinguer :

- Les milieux permettant une jouissance des usages constatés sans exposer les populations à des niveaux de risques excessifs,
- Les milieux qui peuvent faire l'objet d'actions simples de gestion,
- Les milieux qui nécessitent la mise en œuvre d'un plan de gestion. La zone devient alors site au sens du plan de gestion.

Les objectifs de cette démarche sont de pouvoir distinguer les situations qui ne posent pas de problème particulier de celles susceptibles d'en poser et donc de faire l'objet de mesures de gestion appropriées.

La démarche d'IEM comprend :

- la comparaison aux milieux naturels,
- la comparaison aux valeurs de gestion réglementaires,
- l'utilisation de l'outil IEM (grille de calcul) permettant une évaluation quantitative des risques sanitaires pour les substances et les milieux qui n'ont pu être comparés aux milieux naturels ou à l'état initial de l'environnement ou à des valeurs de gestion réglementaires.

Il est rappelé que l'acceptabilité des risques est définie sur la base de la méthodologie décrite dans l'outil IEM de gestion des sites (potentiellement) pollués, rédigée par le MEDAD, V0 – février 2007 :

	ERI	QD
Site compatible	$< 10^{-6}$	$< 0,2$
Zone d'incertitude	$10^{-4} < \text{ERI} < 10^{-6}$	$0,2 < \text{QD} < 5$
Site incompatible	$> 10^{-4}$	> 5

ERI (Excès de Risque Individuel) et QD (Quotient de Danger ou Indice de Risque supérieur)

Tableau 10 : seuils d'acceptabilité des risques pour l'IEM

Les résultats de cette étude sont élaborés en l'état actuel des connaissances scientifiques tant du point de vue chimique que toxicologique (novembre 2011).

Les valeurs toxicologiques de référence (VTR) retenues dans cette étude ont été sélectionnées selon les critères énoncés dans la circulaire DGS/SD.7B n°2006-234 du 30 mai 2006 et en particulier sur la hiérarchisation des bases de données citée dans cette circulaire lorsque plusieurs VTR existent. Ces VTR sont mises à jour mensuellement.

XIII.2. Voie d'exposition

La voie d'exposition par contact direct comprend trois voies d'exposition : ingestion de particules de sol, inhalation de poussières, contact cutané.

Par ailleurs, concernant la voie par contact cutané, le guide méthodologique concernant l'IEM précise : « En outre, en l'absence à ce jour de procédure établie pour la construction d'une VTR pour la voie cutané, il ne peut être envisagé une transposition pour cette voie à partir de VTR disponibles pour la voie orale ou respiratoire. ». A ce titre, la circulaire DGS/SD.7B n°2006-234 du 30 mai 2006 recommande de ne plus dériver de VTR pour les effets cutanés (en l'absence de VTR, aucune quantification possible du risque).

Il faut souligner ici que la très faible lipophilie des métaux limite leur absorption à travers l'épiderme⁵. Dans tous les cas, pour les molécules organiques et inorganiques, le contact cutané est considéré comme une voie d'exposition mineure lorsque les voies d'exposition par ingestion de sol et inhalation de poussières telluriques sont étudiées par ailleurs.

Ainsi, considérant le milieu sol, seule la voie par ingestion de particules de sol sera étudiée ici.

Il n'existe pas de valeurs réglementaires ou de référence pour les envols de poussières en France. Les quantités de plomb mesurées dans les retombées de poussières au niveau des jauges Owen de Saint Sébastien d'Aigrefeuille sont cependant inférieures aux valeurs de références Suisse et Allemande.

Par ailleurs, pour l'évaluation des risques sanitaires liés aux inhalations, seuls les résultats de concentrations obtenus par le biais de prélèvements actifs d'air ambiant (exprimés en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sont considérés dans les modèles. Ainsi, dans le cas présent de prélèvements passifs (évaluation des flux de retombées de poussières exprimés en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{j}$), la grille IEM ne peut pas être utilisée de façon pertinente. L'exposition par inhalation de poussières pourra faire l'objet d'investigations complémentaires.

XIII.3. Evaluation des expositions

Les cibles retenues dans le cadre de cette IEM sont :

- les résidents adultes,
- les résidents enfants.

A noter que les cibles « résidents adultes » couvrent les autres cibles adultes qui pourraient être présentes sur le site mais qui sont moins exposées du fait d'une durée d'exposition plus faible (notamment les visiteurs). Les paramètres retenus⁶ pour le calcul de risque sanitaire sont détaillés dans le tableau ci-dessous.

Paramètre	Scénario moyen		Scénario sécuritaire	
	Adultes résidents	Enfants résidents	Adultes résidents	Enfants résidents
Taux d'ingestion de sols	10 mg/j	20 mg/j	50 mg/j	100 mg/j
Durée d'exposition	30 ans	6 ans	30 ans	6 ans
Fréquence d'exposition	365 j/an	365 j/an	365 j/an	365 j/an
Poids corporel	70 kg	15 kg	70 kg	15 kg

Tableau 11 : paramètres retenus pour les scénarii d'ingestion de sols - résidents

⁵ Hostynek, et al., 1998 ; Paustenbach, 2000) US-EPA, Issue Paper on Metal Exposure Assessment, August 2004.

⁶ Les sources bibliographiques pour la définition des taux d'ingestion dans les sols sont :

- US-EPA, Age group recommendations for assessing childhood exposure and adequacy of existing exposure factors data for children. EPA/630/R-03 Washington DC : US-EPA, 2001 ; 162 p,
- US-EPA, Supplemental Guidance for developing soil screening levels for superfund sites, December 2002,
- Sheppard SC. 1995. Parameters values to model the soil ingestion pathway. Environ Monit Assess ; 34 : 27-44,
- Stanek, E.J., E.J. Calabrese, B. Barnes, and P. Pekow. 1997. Soil ingestion in adults – Results of a second pilot study. Toxicol. Environ Safety 36 : 249-257,
- Stanek, E.J. Calabrese E.J. 2000. Daily soil ingestion estimates for children at a Superfund Site. Risk Analysis ; 20 : 627-635,
- Stanek, E.J. Calabrese E.J., Zorn M. 2001. Soil ingestion Distributions for Monte Carlo Risk Assessment in Children. Hum Ecol Risk Assess 7 : 357-368.

N.B.1. Le scénario sécuritaire est le plus majorant en terme de risque. Le scénario moyen considère un taux d'ingestion moins important mais raisonnablement réaliste, les autres paramètres ne changent pas. Les quantités ingérées font références aux médianes (P50), (pour les scénarii "moyens") et aux percentiles 95 (pour les scénarii sécuritaires) des distributions publiées par Stanek et al.

N.B.2. Depuis la réalisation des calculs présentés ci-après, le guide Pratique « Quantités de terre et poussières ingérées par un enfant de moins de 6 ans et bioaccessibilité des polluants (sept 2012) » recommande en page 72 de retenir également la distribution proposée par Stanek au sein de laquelle la médiane est à **24 mg.j⁻¹** et le percentile 95 à **91 mg.j⁻¹** soit des valeurs proches des valeurs retenues pour les enfants dans les scénarios moyens et sécuritaires.

La grille IEM utilisée par ICF Environnement – pour le scénario ingestion de terres pour cette étude– utilise également la médiane et le percentile 95 de la distribution proposée par Stanek donc les calculs sont conformes avec les résultats proposés par le Groupe de Travail ayant travaillé sur le guide sorti en septembre 2012, cité ci-dessus. Les différences entre les chiffres 20 / 24 et 91 / 100 mg/j viennent d'une ré-analyse statistique de la distribution de Stanek réalisée dans le cadre du Groupe de Travail⁷.

XIII.4. Sélection des substances

Les substances sélectionnées pour l'étude sont celles connues pour être toxiques pour l'homme et pour lesquels il existe des valeurs toxicologiques de référence accessibles et fiables. Les calculs de risque porteront sur ces substances.

XIII.4.1 Critère de sélection

Conformément au guide IEM, les substances sont sélectionnées sur la base d'un bruit de fond ou sur la base d'un témoin.

- Pour les **métaux** : Les prélèvements et analyses réalisés au niveau régional par le BRGM et portant sur les métaux constitue le bruit de fond géochimique régional. Par conséquent, à titre de précaution, les métaux retenus pour l'évaluation des risques sont :
 - ceux présentant des concentrations supérieures au bruit de fond géochimique régional et correspondent aux métaux analysés dans les sols de surface à l'XRFP et pour lesquels une correction avec les analyses de laboratoire a pu être appliquée ;
 - ceux pour lesquels aucune corrélation n'a pu être trouvée entre les mesures à l'XRFP et les mesures au laboratoire et dont les concentrations obtenues au laboratoire présentent des teneurs supérieures au bruit de fond géochimique régional.

Il s'agit des métaux suivants : Plomb, Arsenic, Zinc, Cuivre, Baryum, Cadmium, Chrome, Antimoine.

⁷ Dans la synthèse des travaux du DES de l'InVS sur les VHE de Juillet 2012, il est précisé : « En approche probabiliste, le GT préconise soit l'utilisation de la distribution empirique publiée dans la ré-analyse de Stanek, soit l'utilisation d'une distribution théorique ajustée aux données de l'étude de Stanek, tronquée entre 0 et 200 mg.j⁻¹

XIII.4.2 Concentrations retenues

Pour le scénario d'ingestion de sols, la campagne de prélèvement sur les sols superficiels a été menée en particulier pour quantifier ce type de risque.

Les concentrations en métaux retenues au niveau de la Zone 1 sont les teneurs maximales mesurées à l'XRFP ou en laboratoire puis la moyenne des teneurs calculée pour chaque élément.

Pour la teneur maximale, cette démarche est très précautionneuse et majore les niveaux de risque sanitaire associés. Les critères de sélection retenus pour cette étude sont majorants vis-à-vis de l'évaluation du risque (substances quantifiées et concentrations maximales retenues).

Nota : Enfin, lorsque les valeurs de risque apparaissent compatibles pour une teneur donnée, les calculs n'ont pas été menés pour les autres teneurs inférieures (pour le même scénario et la même cible).

Les concentrations retenues dans les sols superficiels sont présentées dans le tableau suivant.

Substance sélectionnée	Fond Géochimique régional (mg/kgMS)	Zone 1 Concentration maximale (mg/kgMS)
Plomb	264	25795
Arsenic	106	10721
Zinc	312	93830
Cuivre	42	1504
Baryum	260	2700
Cadmium	9	18
Chrome	60	92
Antimoine	69	99
Substance sélectionnée	Fond Géochimique régional	Zone 1 Concentration moyenne (mg/kgMS)
Plomb	264	2727
Arsenic	106	501
Zinc	312	983
Cuivre	42	88
Baryum	260	1191
Cadmium	9	4
Chrome	60	19
Antimoine	69	48

Les valeurs du bruit de fond géochimique régional sont les teneurs moyennes mesurées en dehors de Saint Sébastien d'Aigrefeuille (moyenne des valeurs tous horizons confondus calculée à partir des mesures réalisées par le BRGM).

Les valeurs en bleu sont inférieures ou égales au bruit de fond géochimique local.

Les teneurs en gras ont fait l'objet d'un calcul avec l'outil IEM.

Tableau 12 : concentrations retenues dans les sols superficiels en métaux pour le calcul de risque par l'outil IEM

XIII.5. Résultats

Les résultats des calculs pour l'ingestion de sol dans les grilles IEM sont présentés en **annexe 24**, ils sont donnés par substance et selon les hypothèses retenues dans cette étude. L'interprétation des résultats relative à l'acceptabilité du risque, est synthétisée, par substance, dans les tableaux suivants.

Zone habitée : Scénario sécuritaire				
Substance sélectionnée	Teneurs maximales		Teneurs moyennes	
	Enfants	Adultes	Enfants	Adultes
Plomb	Incompatible	Incompatible	Incompatible	Zone d'incertitude
Arsenic	Incompatible	Incompatible	Incompatible	Incompatible
Zinc	Zone d'incertitude	Zone d'incertitude	Compatible	Compatible
Cuivre	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
Baryum	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
Cadmium	Zone d'incertitude	Compatible	Compatible	Compatible
Chrome	Zone d'incertitude	Compatible	Compatible	Compatible
Antimoine	Zone d'incertitude	Compatible	Zone d'incertitude	Compatible

Zone habitée : Scénario moyen				
Substance sélectionnée	Teneurs maximales		Teneurs moyennes	
	Enfants	Adultes	Enfants	Adultes
Plomb	Incompatible	Zone d'incertitude	Zone d'incertitude	Compatible
Arsenic	Incompatible	Incompatible	Zone d'incertitude	Zone d'incertitude
Zinc	Zone d'incertitude	Compatible	Compatible	Compatible
Cuivre	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
Baryum	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
Cadmium	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
Chrome	Compatible	Compatible	Compatible	Compatible
Antimoine	Zone d'incertitude	Compatible	Compatible	Compatible

Tableau 13 : Résultats des grilles de calculs IEM – ingestion sols – Acceptabilité du risque

En considérant l'ensemble des scénarii, les résultats montrent des niveaux de risques pour l'ingestion de particules de sols :

Pour le plomb :

- **Incompatibles**
 - o pour les enfants (scénario sécuritaire et teneurs moyenne et maximale - scénario moyen et teneur maximale),
 - o pour les adultes (scénario sécuritaire et teneur maximale).
- **Zone d'incertitude**
 - o pour les enfants (scénario moyen et teneurs moyennes),
 - o pour les adultes (scénario sécuritaire et teneur moyenne - scénario moyen et teneurs maximales).

Pour l'arsenic :

- **Incompatibles** pour les enfants et les adultes (scénario sécuritaire et teneurs maximale et moyenne - scénario moyen et teneur maximale)
- **Zone d'Incertitude** pour les enfants et adultes (scénario moyen et teneurs moyennes)

Pour ce qui concerne les autres paramètres (zinc, cuivre, baryum, cadmium, chrome, antimoine), les résultats se situent soit en zone de compatibilité, soit en zone d'incertitude, pour les enfants et les adultes.

L'arsenic et le plomb peuvent donc être considérés comme les traceurs du risque sur la zone 1 et le niveau de risque justifie la nécessité de restaurer la compatibilité entre les milieux et les usages par des mesures simples ou un plan de gestion ou des restrictions d'usage.

Les secteurs présentant une zone d'incertitude nécessite des préconisations/recommandations particulières dans l'attente de la réalisation d'études complémentaires afin d'approfondir nos connaissances sur les milieux.

XIII.6. Discussion sur les résultats de l'IEM

XIII.6.1 Incertitudes liées à l'IEM

Les incertitudes liées à aux calculs dans le cadre de l'IEM ont plusieurs facteurs :

- La biodisponibilité des éléments n'est pas intégrée : les métaux présents dans le sol sont ainsi considérés comme complètement bioaccessibles et biodisponibles (Cf. paragraphes ci-après concernant la biodisponibilité du plomb et de l'arsenic).
- Les VTR, par définition, intègrent des facteurs de sécurité tels que les instances internationales ont pu s'engager sur l'absence de problèmes sanitaires pour des doses inférieures à cette valeur.
- Les substances sont considérées isolément sans additivité des risques liées aux différentes substances d'une même voie d'exposition ni l'additivité des risques entre les différentes voies d'exposition. Aussi, pour résoudre le problème de l'additivité des risques et en cohérence avec les objectifs mêmes de la démarche d'interprétation des milieux, des intervalles de gestion des risques ont été fixés pour interpréter les résultats des calculs de niveaux théoriques de risques.

Compte tenu, d'une part, de ces facteurs de sécurité et, d'autre part de la non prise en compte de la biodisponibilité, **les calculs menés sont donc susceptibles de majorer les risques.**

Aussi, comme précisé dans le guide méthodologique "La démarche d'Interprétation de l'Etat des Milieux" : "L'appréciation de l'acceptabilité des risques de part et d'autres des limites relèvent toujours du bon sens et du professionnalisme".

XIII.6.1 Influence de la biodisponibilité

Les résultats de l'IEM intègrent les différentes voies d'exposition retenues et étudiées pour polluants considérés à enjeux. Dans le cadre de cette étude, pour les éléments plomb et arsenic, la principale voie d'exposition est la consommation d'eau, d'aliments (ex. végétaux autoproduits) et l'ingestion de poussières de sols contaminés (IEM sols). La contribution des vecteurs eau et aliments a pu être relativement bien évaluée ; des mesures dans ces milieux ont été faites et peuvent être comparées à la réglementation⁸. Il est admis que la quantité de polluant ayant une action sur l'organisme correspond directement à la quantité ingérée du fait de l'exposition à ces polluants (biodisponibilité quasi-totale). Ces apports demeurent cependant faibles par rapport à l'apport potentiel des poussières et particules de sol ingérées, d'autant plus que la biodisponibilité réelle des polluants dans les sols n'est en général pas prise en compte (considérée de façon majorante comme totale).

Comme le rappelle pourtant la norme NF EN ISO 17402 (2011)⁹ « Des études conduites en laboratoire et sur le terrain ont démontré que les effets biologiques ne sont pas liés à la teneur totale d'un contaminant dans le sol. En fait, un organisme répond seulement à la fraction qui est biologiquement disponible (biodisponible)¹⁰ pour cet organisme. Cela est particulièrement vrai dans les sols qui subissent l'interaction de molécules de contaminant avec le sol de telle sorte que le contaminant ne peut plus être atteint par l'organisme ou se présente sous une forme non disponible. Les fractions biodisponibles de contaminants dépendent des propriétés du sol et de différents processus variant dans le temps ainsi que des récepteurs biologiques. L'approche conservatrice de l'évaluation de l'exposition telle qu'elle est typiquement décrite dans un contexte réglementaire suppose que la teneur totale d'un contaminant présent dans un sol ou un matériau du sol est disponible pour être absorbée par des organismes, y compris l'homme, ce qui surestimerait les risques. Par conséquent, une évaluation du risque peut être optimisée en utilisant une approche basée sur une exposition estimée représentant la teneur disponible efficace du ou des contaminant(s) et sur des données de toxicité intrinsèque (existantes) »

Ainsi, dans le cadre de cette étude, l'influence de la biodisponibilité du plomb et de l'arsenic présents dans le sol sur les résultats de l'IEM (IEM sol) est discutée en [Annexe 24](#), cette voie d'exposition apparaissant comme celle « tirant » le risque.

A ce stade de l'étude, il n'est pas envisagé de mettre en place de tels tests. Si nécessaire, ce point sera examiné à l'issue de l'étude de mise en œuvre de mesures de gestion et les hypothèses de biodisponibilité pourraient être confirmées par la réalisation d'un test de bioaccessibilité spécifique (test UBM par exemple, test européen validé *in vivo*) au sol étudié, ou à défaut, par des tests de spéciation (par exemple, ceux par extractions chimiques séquentielles) permettant d'évaluer les formes de plomb et arsenic en présence (connues pour être plus ou moins bioaccessibles).

La mise en place de ces tests permettrait de confirmer le caractère majorant de la VTR utilisée pour l'arsenic. Ces tests apporteraient également des informations sur l'expression minéralogique pour conforter l'approche basée sur un retour d'expérience.

⁸ Eau potable : limite de potabilité : Pb ou As : 10µg/L ; aliments Pb : 0,02 à 1mg/kg poids frais selon nature (pas de données As).

⁹ Norme NF EN ISO 17402 (2011) Qualité du sol - Lignes directrices pour la sélection et l'application des méthodes d'évaluation de la biodisponibilité des contaminants dans le sol et les matériaux du sol.

¹⁰ Définition du terme Biodisponibilité dans l'évaluation des risques pour la santé humaine selon la NF XP ISO/TS 17924 (2008) : le terme « biodisponibilité » est spécifiquement utilisé en référence à l'absorption dans la circulation générale, conformément à l'utilisation toxicologique du terme. Ceci englobe la bioaccessibilité qui constitue une mesure combinée des processus déterminant l'interaction entre le métal associé au sol et le liquide dans l'appareil digestif humain. En outre, la biodisponibilité inclut l'absorption du contaminant à travers une membrane physiologique et le métabolisme dans le foie. La fraction biodisponible est donc la fraction qui reste après la propagation dans le liquide digestif humain, le transport à travers l'épithélium intestinal et le métabolisme dans le foie.

XIII.6.2 Discussion sur les résultats de l'IEM et synthèse

Dans le cadre de l'outil IEM, la notion de biodisponibilité des éléments n'est pas intégrée. Les métaux présents dans le sol sont ainsi considérés comme complètement bioaccessibles et biodisponibles.

Par ailleurs, et par définition, toute VTR intègre des facteurs de sécurité tels que les instances internationales ont pu s'engager sur l'absence de problèmes sanitaires pour des doses inférieures à cette valeur.

Compte tenu, d'une part, de ces facteurs de sécurité et, d'autre part, de la non prise en compte de la biodisponibilité, les calculs menés majorent donc fortement les risques.

Dans le cadre du scénario d'ingestion des sols, les facteurs influençant les résultats de cette analyse sont le choix des taux d'ingestion (scénario sécuritaire ou moyen) et la valeur de teneurs entrées pour chaque substance dans les grilles IEM. Ces résultats doivent permettre une discussion concernant la hiérarchisation des actions à mener par la suite.

Scénario sécuritaire et le scénario moyen : le scénario sécuritaire est le plus majorant en termes de risque. Le scénario moyen considère un taux d'ingestion moins important, les autres paramètres ne changent pas. Les quantités ingérées font références aux médianes (P50) (pour le scénario "moyen") et aux percentiles 95 (pour le scénario « sécuritaire ») des distributions publiées par Stanek et al.¹¹.

A titre indicatif, pour l'arsenic et le plomb, les différences de résultats entre chaque scénario pour un secteur donné et des teneurs moyennes sont comparées dans le tableau ci-après :

Substances recherchées	Zone 1 Scénario sécuritaire Teneurs moyennes		Zone 1 Scénario moyen Teneurs moyennes	
	Enfants	Adultes	Enfants	Adultes
Plomb	Incompatible	Zone d'incertitude	Zone d'incertitude	Compatible
Arsenic	Incompatible	Incompatible	Zone d'incertitude	Zone d'incertitude

Tableau 14 : Comparaison des résultats de risques sanitaires entre chaque scénario (sécuritaire et moyen) pour un secteur donné et des teneurs moyennes

Ce tableau permet de mettre en évidence que seul le changement de taux d'ingestion de sols peut influencer les conclusions de l'étude et les actions à mettre en œuvre par la suite.

¹¹ Stanek, et al. 1997. Soil ingestion in adults – Results of a second pilot study. Toxicol. Environ Safety 36 : 249-257. + Stanek, E.J., Calabrese E.J. 2000. Daily soil ingestion estimates for children at a Superfund Site. Risk Analysis ; 20 : 627-635.

Les études de Stanek et al ont été recommandées par l'INVS dans deux ouvrages :

- INVS, Synthèse des travaux du Département santé environnement sur les variables humaines d'exposition, 2012.
- InVS (Dor F), INERIS (Denys S) et les membres du GT. Quantités de terre et poussières ingérées par un enfant de moins de 6 ans et bioaccessibilité des polluants. État des connaissances et propositions. Saint-Maurice (Fra) : Institut de veille sanitaire, septembre 2012, 83 p

Choix des teneurs :

La connaissance de la qualité du milieu sols a pu être approfondie grâce à la réalisation de mesures sur le terrain à l'XRPF. Pour les traceurs majeurs de l'activité minière (As, Pb, Zn), la corrélation entre les mesures à l'XRPF et les résultats au labo a été satisfaisante, permettant l'utilisation de toutes les données sols corrigées et réaliser une analyse statistique robuste (205 points de mesure pour la zone 1).

A contrario, pour les autres composés métalliques où la corrélation n'était pas bonne, l'analyse statistique, notamment la moyenne des teneurs entrée dans la grille IEM, a été réalisée sur la base des analyses en laboratoire (20 analyses en zone 1).

Par conséquent, le choix des teneurs est un facteur influençant de manière importante les résultats sur les niveaux de risques sanitaires.

C'est pourquoi, à ce stade, des hypothèses de travail pour la zone 1 ont été prises en tentant d'être raisonnablement réaliste et afin de pouvoir dégager des recommandations plus claires pour la suite des actions à donner.

XIII.7. Conclusion IEM SOLS

Les résultats détaillés au chapitre XIII.5. ont montré :

- que l'arsenic et le plomb peuvent donc être considérés comme les traceurs du risque sur la zone 1¹² ;
- En considérant les scénarii moyens avec des teneurs moyennes calculées à partir des données existantes, scénarii qui apparaissent les plus réalistes mais restant sécuritaire en particulier vis-à-vis du taux d'ingestion, les niveaux de risques sont compatibles ou se situent en zone d'incertitude, en détail :
 - Plomb pour les enfants (Zone d'incertitude) – pour les adultes (compatibles) ;
 - Arsenic pour les enfants et les adultes (Zone d'incertitude).
 - Autres éléments métalliques étudiés pour les enfants et adultes (compatibles)

Le coefficient de danger pour l'ingestion des sols de la Zone 1 est en zone d'incertitude pour le Plomb (enfants) et pour l'Arsenic (enfants et adultes). Compte-tenu du fait qu'en scénario sécuritaire avec la teneur maximale, le coefficient de danger de ces métaux est incompatible ou en zone d'incertitude, la Zone 1 nécessitera la mise en œuvre de mesure de gestion pour le Plomb et l'Arsenic.

A titre indicatif, le tableau suivant présente, pour le scénario moyen résident enfant (plus contraignant en termes de risques sanitaires), les valeurs seuils limites en plomb et arsenic pour chaque classe de niveaux de risques (compatibilité, zone d'incertitude et incompatibilité).

Paramètre	Valeurs seuils (mg/kgMS) Scénario moyen résident enfant		
	Compatible	Zone d'incertitude	Incompatible
Plomb	< 540 mg/kg	540 – 13 500 mg/kg	> 13 500 mg/kg
Arsenic	< 45 mg/kg (QD) < 5 mg/kg (ERI)	45 – 1 125 mg/kg (QD) 5 – 583 mg/kg (ERI)	> 1 125 mg/kg (QD) > 583 mg/kg (ERI)

Tableau 15 : Teneurs seuils en plomb et arsenic pour chaque classe de niveaux de risque

Les cartes présentées pages suivantes montrent la répartition spatiale des compatibilités / incompatibilités entre les sols superficiels et les usages de la Zone 1 (zones impactées).

Hormis une dizaine de points en zone incompatible, l'ensemble des sols de la Zone 1 se situe en zone d'incertitude pour le Plomb et l'Arsenic, nécessitant la mise en place de mesures de gestion en vue d'approfondir les connaissances sur cette zone.

Cependant, la priorité d'action devra en particulier être mise au niveau des habitations et des sols à nu par rapport à la zone boisée au Nord de la Zone 1 peu fréquentée et non habitée.

¹² Comme mentionné p.18, l'impact des anciennes activités minières et industrielles est surtout visible pour l'arsenic et le plomb et dans une moindre mesure pour le zinc et non significatif pour le cuivre. Toutefois, d'autres éléments métalliques comme le Zinc, Cuivre, Baryum, Cadmium, Chrome, Antimoine ont bien été pris en compte dans les interprétations du milieu sols et pour les calculs via la grille IEM (cf. chapitre XIII.4.1.).

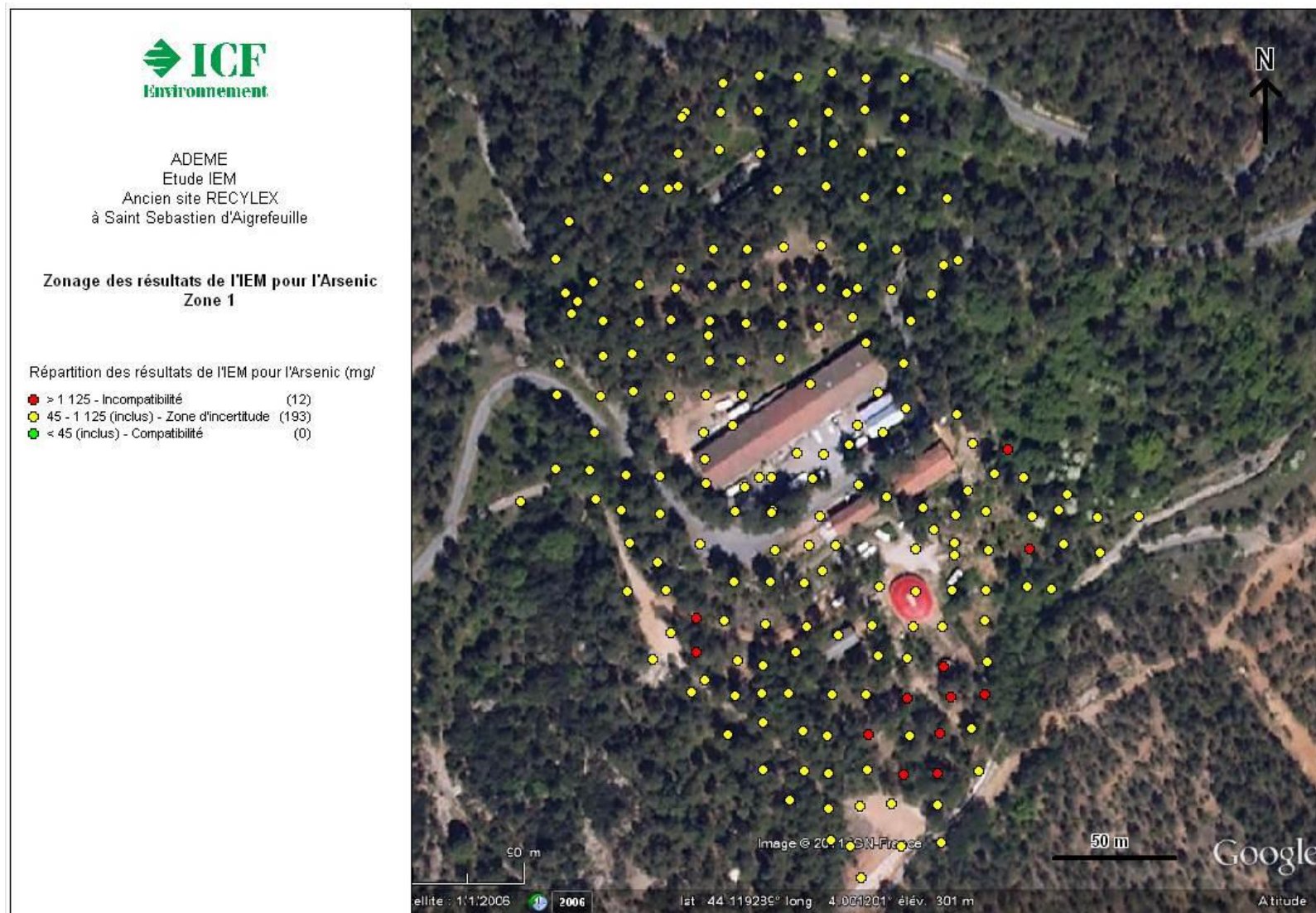


Figure 24 : répartition des concentrations en Arsenic vis-à-vis des critères IEM

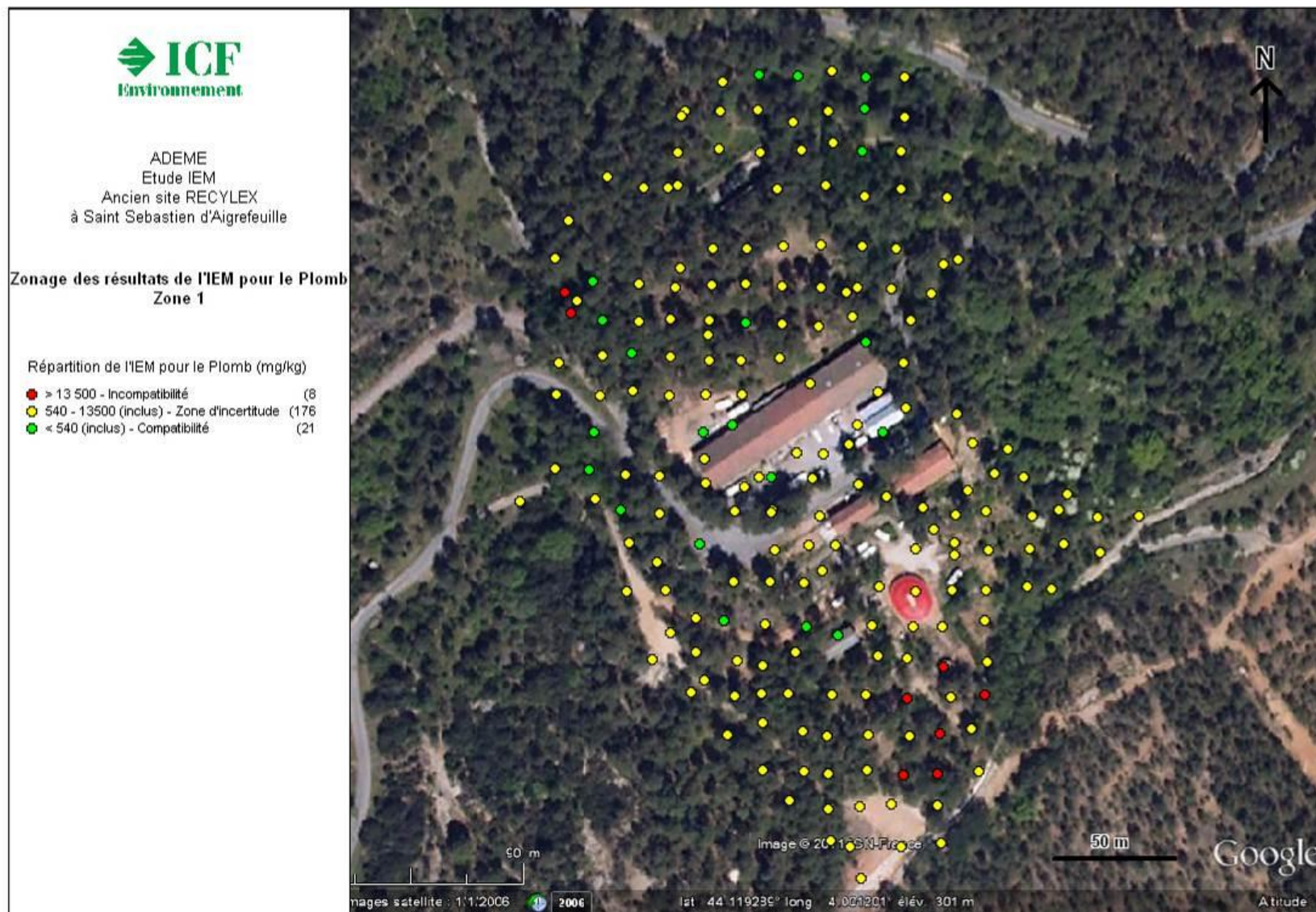


Figure 25 : répartition des concentrations en Plomb vis-à-vis des critères IEM

PARTIE 3 : ZONE 2 – ETUDE DE RECENSEMENT DES TAS DE DECHETS DISPERSES

XIV. SYNTHÈSE DES INVESTIGATIONS – ZONE 2

XIV.1. Synthèse sur la qualité des sols superficiels

Les investigations sur les **sols superficiels** ont montré :

- Des concentrations majoritairement supérieures au bruit de fond géochimique régional pour l'ensemble des métaux majoritaires étudiés (Pb, As, Zn, Cu) ;
- Des moyennes de concentrations plus élevées sur les zones dénuées de couvert végétal que sur les zones boisées et jusqu'à 39 fois supérieures au bruit de fond géochimique régional pour le Plomb ;
- Une répartition des concentrations avec des concentrations plus élevées au niveau des parties à nu, où le minerai est affleurant suite aux extractions minières qui ont eu lieu sur la Zone 2 que sur les parties boisées. Cette répartition spatiale est particulièrement visible pour le Plomb, l'Arsenic et le Zinc ;
- Un impact des anciennes activités minières d'extraction sur la qualité des sols superficiels.

XIV.1. Synthèse sur la qualité des eaux de ruissellement

Les résultats d'analyses sur les eaux de ruissellement montrent :

- un **pH** acide ;
- des concentrations inférieures à la limite de quantification du laboratoire pour les paramètres : **Antimoine (total)**, **Chrome** et Matière En Suspension (**MES**) ;
- la présence de **Cuivre**, **Fer**, **Baryum**, **Manganèse**, **Sulfates**, **Zinc**, **Arsenic**, **Plomb** et **Cadmium** sur l'ensemble des prélèvements ;
- les concentrations en **Sulfates**, **Arsenic**, **Cadmium**, **Antimoine** (dissous), **Fer**, **Cuivre** et **Zinc** sont plus élevées sur le prélèvement Ruissellement 3 que sur les autres prélèvements ;
- les concentrations en **Baryum** et **Manganèse** sont plus élevées sur le prélèvement Ruissellement 1 que sur les autres prélèvements ;
- les concentrations en **Plomb** sont plus élevées sur le prélèvement Ruissellement 2 que sur les autres prélèvements ;
- Des eaux oxydantes sur les prélèvements Ruissellement 2 et Ruissellement 3 et des eaux réductrices sur le prélèvement Ruissellement 1.

Aussi il semble exister une contribution de la Zone 2 à la contribution globale des concentrations en métaux dans les eaux superficielles du Reigous. En revanche, il n'est pas possible à ce stade de l'étude de quantifier l'importance relative de cet apport métallique par rapport à eux issus du confinement. Pour le faire il faudrait réaliser une étude hydraulique sur la Zone 2 incluant une modélisation des flux.

A noter toutefois qu'aucun usage de ces eaux n'a été identifié.

XV. SCHEMA CONCEPTUEL – ZONE 2

Le schéma conceptuel est élaboré à partir des données dont nous disposons à ce jour. Ces données sont résumées ci-après et pages suivantes sous forme de schéma et de synoptique.

Selon les informations disponibles à ce jour, les différents paramètres issus du schéma conceptuel préliminaire pourraient être les suivants :

Sources de pollution identifiées sur la zone 2 :

- sols en place et à nus.

Voies de transfert / Voie d'exposition :

- contact direct / ingestion.

Cibles identifiées :

- promeneurs (contact direct / ingestion, inhalation).

Pour les cibles identifiées, les investigations mises en œuvre ont mis en évidence un impact en particulier pour le plomb, arsenic, zinc et cuivre :

- sur les sols superficiels,
- les eaux de ruissellement.

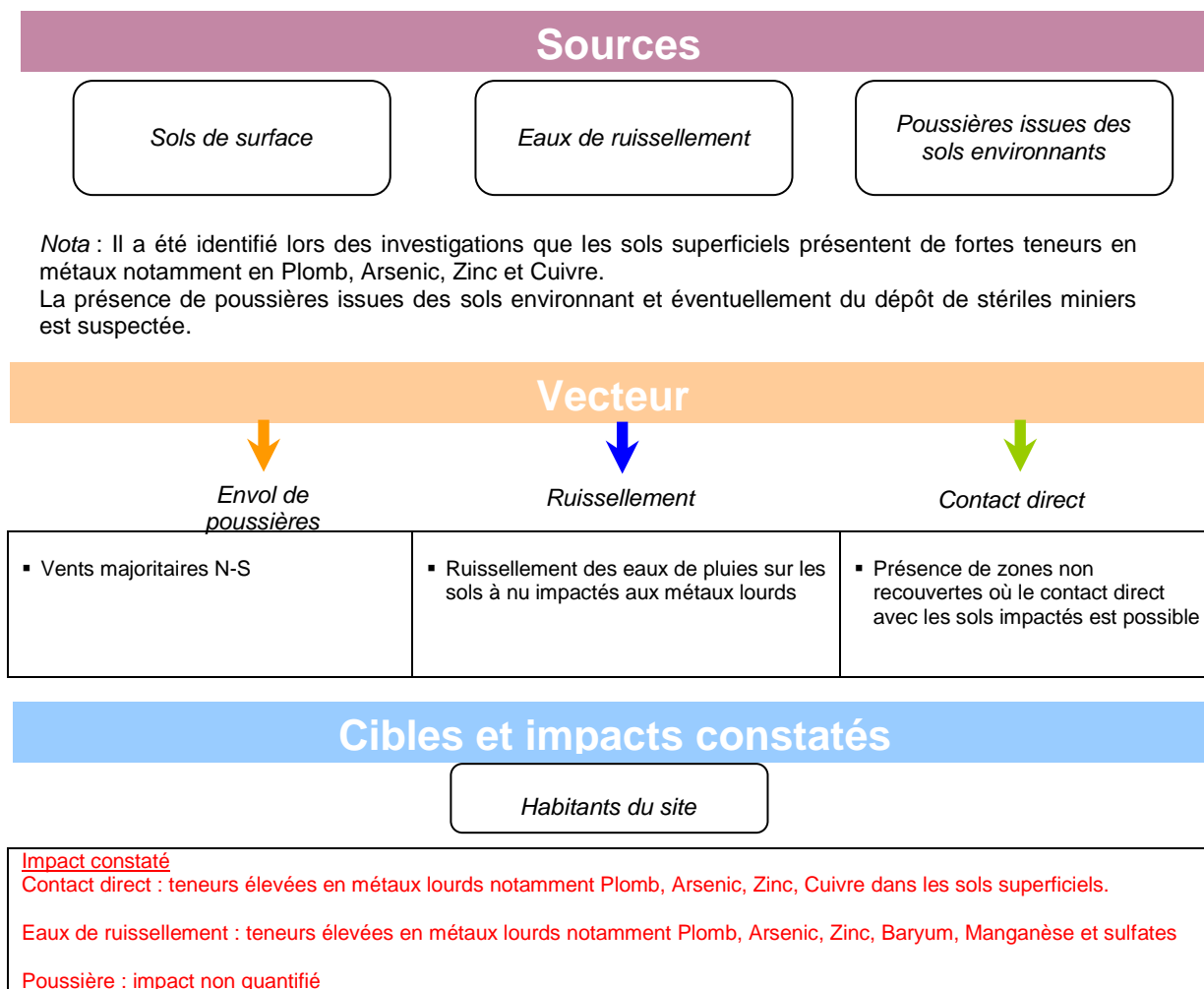
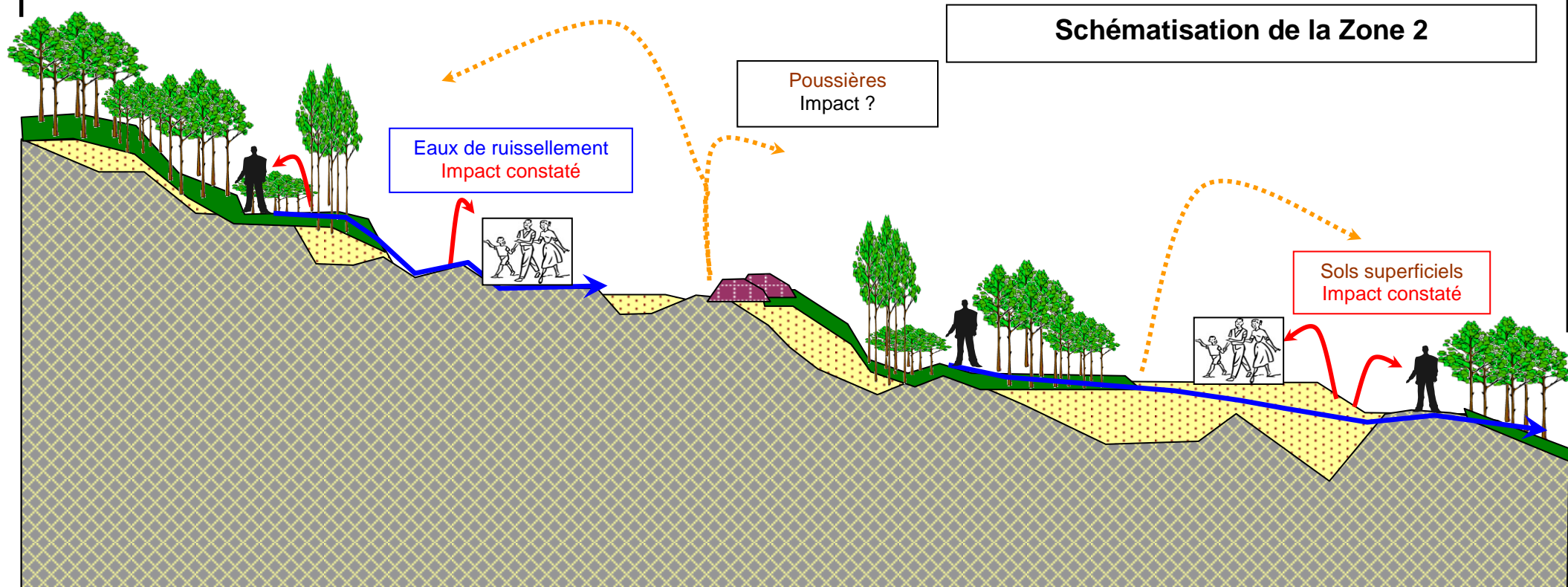


Figure 26– Schéma conceptuel de la Zone 2 mis à jour suite aux investigations (synoptique)

Schématisation de la Zone 2



Légende

- Versant boisé
- Substratum fortement minéralisé
- Adduction d'eau de

Sources

Primaires

- Altération du substratum
- Substratum fortement minéralisé
- Dépôt sauvage

Secondaire

- + Poussières au sol

Vecteurs

- Envol de poussières
- Infiltration, Ruissellement, Circulation souterraines superficielles d'eaux et
- Contact direct / Ingestion
- Aspersion / Ingestion

Milieux d'exposition

- Sol
- Eaux de ruissellement
- air

Cibles

- Pas de cibles

XVI. ETUDE DES TAS DISPERSES – ZONE 2

Les observations de terrains ont été réalisées sur la Zone 2 conjointement aux mesures de concentrations en métaux dans les sols superficiels à l'XRPF.

Ces observations ont permis de distinguer les différentes zones suivantes :

1. Zones à nu sans couvert végétal ;
2. Zones à faible reprise de la végétation ;
3. Zones à couvert végétal développé ;
4. Zones de versées de minerais ;
5. Zones de déblais de chantier.

La cartographie des cinq faciès identifiés sur la Zone 2 est présentée ci-après :

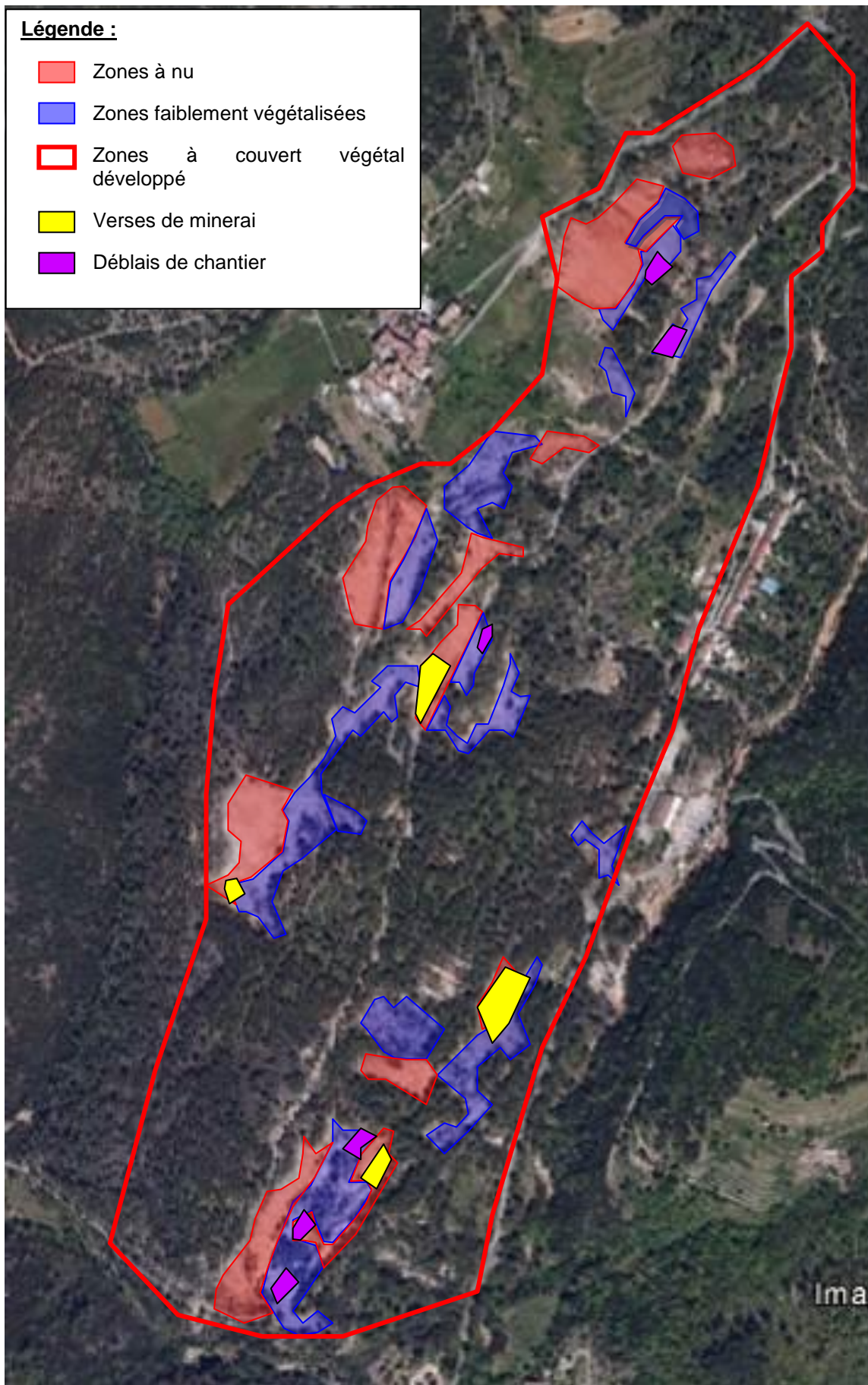


Figure 27 : localisation des cinq faciès identifiés

1. Zones à nu sans couvert végétal (S = 42 300 m² environ) :

L'observation des photographies aériennes ainsi que les investigations sur site ont permis de mettre en évidence des zones sur lesquelles aucune végétation n'est présente. Sur ces zones dites « à nu », le minerai extrait lors de l'exploitation à ciel ouvert est affleurant. Environ 4 secteurs représentant environ 46 600 m² sont concernés par cette absence d'essences végétales. Ces zones présentent les caractéristiques suivantes :

- Dénivelé épousant la topographie générale de la Zone 2 avec un pendage orienté vers l'Est. Les pentes sont comprises entre 30 et 50° en fonction des secteurs, elles sont généralement plus importantes dans la partie Ouest des trouées ;
- Absence de sol, la roche mère chargée en Plomb, Arsenic, Zinc et Cuivre affleure directement à ciel ouvert ;
- Fort ruissellement en période de pluie ;
- Absence totale d'espèce végétale.

Certaines zones dépourvues de végétation sont composées de verses du minerai extrait lors de l'exploitation, représentant une surface d'environ 4 300 m². Ces zones ont un très fort pendage et sont constituées de blocs décimétriques.

Malgré quelques intercalations entre les blocs d'éléments moins grossiers (graveleux à argileux), aucun horizon de sol n'y est développé et le ruissellement y est prononcé lors d'épisode pluvieux.



Zone à nu dépourvue de végétation

2. Zones à faible reprise de la végétation (S = 48 500 m² environ) :

En périphérie des zones décrites ci-dessus, et en particulier à la faveur de reliefs subhorizontaux (replats), on distingue des zones présentant un essor timide de quelques essences végétales. Aucun sol particulier n'est individualisé et le recouvrement minéral de ces zones est encore largement dominant bien que par endroit une couche de matériaux meubles (issu de l'érosion physique et chimique de la roche mère), graveleux, sableux à limoneux permette un début de colonisation par des espèces pionnières arborescentes en particulier le pin maritime (individus de petite taille ≈ 1,5 m) et quelques herbacées. Ces zones sans pendage accumulent localement les eaux de ruissellement lors d'épisode pluvieux. Ces zones représentent une superficie totale d'environ 48 500 m².



Replats faiblement végétalisés

3. Zones à couvert végétal développé (S = 452 500 m² environ) :

La surface concernée par une végétation bien développée représente environ 452 500 m² de la superficie totale de la Zone 2. Elle présente une végétation dense constituée d'espèces arborescentes, d'espèces arbustives et d'espèces herbacées. La majeure partie de cette zone boisée correspond probablement au vestige de la végétation qui existait avant la dégradation de la Zone 2 par l'exploitation à ciel ouvert. Cette végétation spontanée s'est développée sur des zones de blocaille permettant le stockage de l'eau et le développement racinaire, contrairement aux zones de roches à nu. Les pentes peuvent être localement importantes (50°) mais les espaces végétaux notamment les bruyères s'y sont tout de même développées.

Une étude réalisée par en 1999 par l'ESN Agronomique de Montpellier avait recensé les essences suivantes sur le secteur étudié :

Famille	Nom latin (genre espèce)	Nom français
Espèces arborescentes		
Abiétinée	Pinus maritima	Pin maritime
Fagacée	Quercus ilex	Chêne vert
Salicinée	Populus alba	Peuplier blanc
Salicinée	Populus nigra	Peuplier noir
Salicinée	Populus tremula	Tremble
Espèces arbustives		
Anacardiacee	Pistacia terebinthus	Pistachier térébinthe
Caprifoliacée	Viburnum thinus	Viorne tin
Ericacée	Thymus vulgaris	Callune
Labiée	Rubus nigra	Thym
Rosacée	Rubus canina	Ronce noire
Rosacée	Rosa canina	Rosier des chiens
Vitacée	vitis	Vigne vierge
Espèces herbacées		
Acanthacée	Acanthus	Acanthe
Borraginacée	Echium vulgare	Vipérine vulgaire
Composée	Helichrysum stoechas	Immortelle
Composée	Carlina	Carline
Composée	Erigeron	Erigeron
Composée	Hypochoeris radicata	Porcelle enracinée
Composée	Sonchus oleraceus	Laiteron
Composée	Teraxacum officinale	Pissenlit
Composée	Urospernum dalechampii	Urosperme de Daléchamp
Crassulacée	Sedum altissimum	Sedum élevé
Crassulacée	Sedum album	Sedum blanc
Crassulacée	Sedum reflexum	Sedum réfléchi
Cupressacée	Juniperus oxycedrus	Genévier oxycèdre
Cyperacée	Scirpus holoschoenus	Scirpe en jonc
Euphorbiacée	Euphorbia alypum	Euphorbe
Gentianée	Chlora perfoliata	Chlora perfoliée
Globulariacée	Globularia	Globulaire
Graminée	Agrostis alba	Agrostis (graminée dominante)
Graminée	Avena barbata	Petite folle avoine
Graminée	Dactylus glomerata	Dactyle aggloméré
Graminée	Holcus lanatus	Houque
Hypericacée	Hypericum perforatum	Millepertuis vivace
Joncacée	Juncus	Jonc
Labiée	Calamintha clinopodium	Calament clinopode
Liliacée	Asparagus acutifolius	Asperge à feuilles aiguës
Ombellifère	Tordylium maximum	Tordyle
Ombellifère	Anethum foeniculum	Aneth fenouil
Ombellifère	Daucus carota	Carotte sauvage
Papillonacée	Melilotus	Méillot
Papillonacée	Vicia	Petite vesce
Plantaginacée	Plantago lanceolata	Plantain lancéolé
Polygonacée	Rumex acetosella	Rumex petite-oseille
Primulacée	Anagallis arvensis	Mouron rouge
Renonculacée	Clematis flammula	Clématite
Rubiacee	Rubia peregrina	Garance voyageuse
Rubiacee	Gallium album	Gaillet blanc
Rutacée	Ruta chalepensis	Rue

Tableau 16 : recensement des essences dans le secteur d'étude
(ESN Agronomique de Montpellier-1999)



Végétation naturelle

4. Zones de verses de minerais (S = 4 300 m² environ) :

En périphérie ou au droit des zones dépourvues de végétation sont présentes des tas de minerai souvent disposés en verse et constitués de blocs de roche pluridécimétriques dans une matrice sableuse d'arénisation du minerai. Ces verses présentent une très faible cohésion de leurs éléments constitutifs et peuvent présenter une instabilité de pente. La superficie approximative de ces dépôts est d'environ 4 300 m².



Verse de minerai

5. Zones de déblais de chantiers (S = 2 500 m² environ) :

Des déchargements sauvages de déchets de chantier (bétons, gravats, enrobés, plastiques, déchets de démolition, ...) sont visibles de façon éparse sur la Zone 2. La surface approximative de ces dépôts est de l'ordre de 2 500 m².



Déblais de chantier

XVII. INVESTIGATIONS MENEES SUR LE POTENTIEL PHYTOTOXIQUE DES SOLS- ZONE 2

XVII.1. Méthodologie

Un couvert végétal permet de réduire les risques de transfert des pollutions métalliques dans les différents milieux (réduction de l'érosion par l'eau et le vent et de l'infiltration). Il est donc utile d'essayer de comprendre quels sont les freins à la reprise de la végétation sur certaines zones du site. L'étude du sol, dans ces zones où la végétation a peu évolué depuis la fin de l'exploitation minière, permet d'étayer ou d'anticiper les difficultés qu'un éventuel programme de végétalisation, proposé comme mesure de gestion de la pollution, pourrait rencontrer.

XVII.1.1 Stratégie d'échantillonnage et répartition des prélèvements

La stratégie d'échantillonnage a été établie afin de respecter les prescriptions suivantes :

- couvrir l'ensemble des zones à nu identifiées ;
- tenir compte des différences de la nature des sols, des pentes,... afin de sélectionner les zones à nu à échantillonnées ;
- définir une zone témoin où la végétation est développée afin d'avoir un outil de comparaison des paramètres agronomiques et phytotoxiques non perturbés ;
- réaliser un échantillon composite pour environ 5 ha. Chaque échantillon composite est composé d'une quinzaine d'échantillons unitaires répartis de façon homogène sur l'ensemble de la zone à nu ou zone témoin qu'ils caractérisent ;
- les échantillons doivent être éloignés autant que possible des chemins, routes, cours d'eau ou tout autre élément susceptible de perturber les résultats d'analyses.

Au total 4 échantillons composites ont été réalisés le 24 Octobre 2011 dont 3 au niveau de zones à nu et 1 au niveau d'une zone témoin. Chaque échantillon composite représente au minimum 15 kg de terre prélevées dans les 30 premiers cm de sol environ. Au vu de la réalité de terrain et notamment de zones totalement dépourvues de sol, certains échantillonnages unitaires n'ont pu être poussés qu'à 15 cm de profondeur.

L'ensemble des 4 échantillons composites a fait l'objet de test de phytotoxicité, trois d'entre eux (2 zones à nu et la zone témoin) ont fait l'objet d'analyses agronomiques.

La localisation des points de prélèvement est présentée sur la carte ci-après :



Figure 28 : localisation des points de prélèvements de sols pour les tests de phytotoxicité

XVII.1.2 Analyses au laboratoire

Les analyses ont été réalisées par le laboratoire SADEF comme suit :

- Analyses des paramètres agronomiques :
 - Granulométrie ;
 - CEC Metson ;
 - Matière organique ;
 - pH eau ;
 - CaCO3 total ;
 - Phosphore Dyer ou JH ;
 - Bases échangeables : K, Ca, Mg, Na.
- Tests de phytotoxicité sur :
 - Un témoin SADEF ;
 - Un témoin de la zone d'étude (Zone 2) ;
 - Trois échantillons composites de terre sans végétation de la Zone 2.

XVII.2. Résultats d'analyses au laboratoire

Les **bordereaux d'analyses du laboratoire SADEF sur les sols concernant les résultats des tests de phytotoxicité et les résultats sur les paramètres agronomiques** sont fournis en **annexe 25**.

Le tableau ci-dessous compile les résultats obtenus sur les paramètres agronomiques pour l'échantillon témoin et les deux échantillons de terre des zones à nu 1 et 2 :

Echantillon		Témoïn (Valeur optimum)	Zone à nu 1 (Valeur optimum)	Zone à nu 2 (Valeur optimum)
Texture		Sablo-argileuse	Sableuse	Sableuse
Granulométrie (%)	Argile	13,1	10,2	7,8
	Limon fin	13,9	6,7	5,5
	Limon grossier	10,9	5,7	4,5
	Sable fin	32,5	16,8	20,1
	Sable grossier	29,7	60,5	62
Indice de Battance		0,5 Sol non battant	1 Sol non battant	0,9 Sol non battant
Stabilité structurale		0	0	0
Capacité de rétention		-	-	-
Point de flétrissement		-	-	-
Etat calcique - pH	calcaire total (%)	0	0	0
	pH eau	4,7	3,9	4
	Conductivité	-	-	-
Matière organique	Matière organique (g/kg)	49,7 (21)	3,8 (22)	4,8 (23)
	Carbone organique (g/kg)	28,7	2,2	2,8
	Azote total (g/kg)	-	-	-
	Rapport C/N	-	-	-
CEC	CEC Metson à pH 7 (mé/kg)	83	23	17
	CEC au pH du sol (mé/kg)	5	16	8
Complexe argilo-humique	Saturation du complexe (%)	23,9	22,2	100
	Ca ²⁺ (%)	15,5	15,1	90,9
	K ⁺ (%)	3,1	3	1,5
	Mg ⁺ (%)	5	4,1	7,6
	Na ²⁺ (%)	0,4	0	0
	H ⁺ (%)	76,1	77,8	0
Éléments majeurs	Phosphore Dyer - P ₂ O ₅ (g/kg)	0,01 (0,25)	0,01 (0,25)	0,01 (0,25)
	Potasse - K ₂ O (g/kg)	0,12 (0,13)	0,03 (0,12)	0,01 (0,12)
	Magnésie - MgO (g/kg)	0,08 (0,1)	0,01 (0,1)	0,02 (0,1)
	Chaux - CaO (g/kg)	0,36 (1,68)	0,09 (0,47)	0,48 (0,34)
	Sodium - Na ₂ O (g/kg)	0,01 (0,03)	0 (-)	0 (-)
	K ₂ O/MgO (K/Mg)	1,4 (0,6) (1 à 2 (0,4 à 0,8))	1,7 (0,7) (1 à 2 (0,4 à 0,8))	0,5 (1 à 2 (0,4 à 0,8))

Tableau 17 : Tableau de résultats des tests de phytotoxicité

XVII.3. Interprétation des analyses au laboratoire

Les résultats analytiques obtenus sur les sols concernant la phytotoxicité montrent :

- L'émergence de plantules de cresson et d'orge sur les terres des zones à nu 1 et 2 et sur les terres de la zone témoin. Cette émergence est cependant nettement moins importante que sur la terre de référence SADEF¹³ ;
- L'absence d'émergence de cresson et d'orge sur les terres de la zone à nu 3 ;
- Une production de biomasse (évaluation de la croissance des parties aériennes) significativement plus faible sur les plantules de cresson et d'orge développées sur les échantillons de la Zone 2 (terres à nu et témoin) que celles développées sur les terres de référence. La production de biomasse est cependant plus importante sur le témoin que sur les autres échantillons. Ce constat est d'autant plus visible sur les plantules d'orge.

Les résultats des tests de phytotoxicité montrent donc une forte phytotoxicité sur la zone à nu 3, en effet aucune plantule ni de cresson ni d'orge n'a pu germer sur ces terres. Les zones à nu 1 et 2 présentent également une phytotoxicité importante sur la germination et la production de biomasse de l'orge et du cresson par rapport à la terre de référence notamment pour la zone à nu 2. La zone témoin est celle qui présente le moins de différences par rapport à la terre de référence.

Les résultats des tests agronomiques obtenus sur les zones à nu 1 et 2 et sur la zone témoin montrent :

- La structure des différentes zones est essentiellement sableuse (sablo-argileuse pour la zone témoin). Les sols sont donc légers avec peu d'éléments fins et notamment peu d'argile ;
- Les sols sont non battants. L'eau peut ainsi être piégée dans les macro-porosités du sol et y être retenu. L'évaporation y est moins propice que sur des sols contenant des limons ;
- Une faible concentration en matière organique et en carbone organique pour l'ensemble des trois zones analysées, en particulier sur les deux zones à nu ;
- Pour la zone témoin et la zone à nu 1, le taux de saturation en cation du complexe argilo-humique (CAH) est de l'ordre de 20% caractéristique des sols acides, assez pauvres avec un pH de 4,5 à 6 ;
- Le taux de saturation en cation du CAH est en revanche pour la zone 2 de 100%, caractéristique de sols saturés, calcaires avec une salinisation importante ;
- La capacité d'échange cationique (CEC) est en revanche faible pour l'ensemble des trois zones analysées aussi les terres sont-elles pauvres en éléments, les sols sont squelettiques et donc faiblement capables de fixer les éléments nutritionnels ;
- Le rapport K_2O/MgO est optimum pour l'échantillon témoin et l'échantillon de la zone à nu 1, en revanche il est faible pour la zone à nu 2 ;
- Pour la zone à nu 2, la teneur du sol en CaO est élevée, le reste des éléments majeurs est peu présent dans ce sol en particulier Na_2O qui n'est pas présent.

Les sols de la zone témoin et des zones à nu 1 et 2 présentent donc un certain nombre de carence en éléments majeurs, ce qui les rend phytotoxiques.

Les observations de terrains et les analyses agronomiques et de phytotoxicité montrent que les principaux freins à la croissance végétale dans les sols de la Zone 2 sont :

- Un sol très léger, pauvre en argile et surtout pauvre en matière organique ;
- Des pH faibles ;
- Le manque d'éléments fertilisants ;
- La faible capacité à fixer les éléments nutritionnels.

¹³ Sol standard tel que défini dans la norme XPU 44-167 de Juillet 2005 « Amendements organiques – Essai d'évaluation de l'émergence et de la croissance de plantes supérieures dans les conditions d'utilisation des amendements organiques. »

Les écarts aux conditions optimales de croissance d'un couvert végétal définis par les tests de phytotoxicité pourraient être corrigés par :

- Un renforcement des sols en matière organique par l'apport d'amendement organique de type compost ;
- Une augmentation du pH par l'apport d'amendement basique (chaulage) sous forme de carbonates fins (CaO) ;
- Un renforcement des sols en éléments fertilisants par l'apport d'une fumure de fond qui porterait sur le phosphore (ajout de phosphate naturel), le potassium (ajout de potasse) et le magnésium. A noter que le magnésium et le calcium peuvent être apportés par l'amendement basique double de Mg et Ca.

Outre ces problèmes liés aux caractères agronomiques et phytotoxiques (pH faibles et fortes concentrations en métaux) intrinsèques des sols, les facteurs les plus défavorables au développement d'un couvert végétal sont la topographie (pentes localement fortes) et surtout l'absence d'horizon de sol individualisé, la roche mère étant localement affleurante.

Aussi, l'action la plus importante pour la reprise de la végétation semble être d'une part le remodelage de certaines zones et l'écrêtement de certains front de taille afin d'adoucir les pentes et d'autre part la mise en place d'un horizon de sol par l'apport de terre végétale. Les versos de minerai stockées sur certaines zones pourraient par exemple être réutilisées comme sous-couche pour créer des banquettes dans les zones les plus pentues. Ces banquettes permettraient de réduire les ruissellements qui interviennent lors d'épisodes pluvieux parfois violents. La réduction du ruissellement et donc du ravinement permettrait de fixer les graines au sol et éviterait l'entraînement des particules de sols mis en place.

L'apport d'espèces végétales déjà présentes sur le site telles que les herbacés et les essences arborescentes (pin) et arbustive devra se faire par la mise en place d'un paillage à base de fibres végétales qui servira à :

- limiter, voire supprimer la dispersion des poussières métalliques toxiques ;
- diminuer les besoins en arrosage nécessaires à la croissance des végétaux ;
- enrichir naturellement le sol par la biodégradation des fibres végétales.

La mise en place d'un paillage est simple (fixation par agrafes), respectueuse de l'environnement et compatible avec la germination des plantes à réimplanter et présente des avantages au niveau sécurité, durabilité, coût, revégétalisation, bilan environnemental et écologique. Différents type de paillage sont compatibles, ils diffèrent par leur résistance dans le temps et leur coût.

D'autres plantes étudiées sur d'autres sites miniers de la région des Cévennes tels que le site des Avinières et présentant les mêmes problématiques pourront également être implantées telle que *Festuca arvernensis* et *Anthyllis vulneraria* qui sont tolérantes aux métaux et dont la dernière permet d'enrichir le sol en azote grâce à son association avec une nouvelle bactérie « *Mezorhizobium metallidurans* » tolérantes aux métaux lourds. L'implantation de cette plante doit donc en revanche s'accompagner de l'inoculation de son rhizobium symbiotique par enrobage des graines lors du semis.

La phytostabilisation des zones à nu de la Zone 2 doit tenir compte de la topographie et notamment des fortes pentes tout en respectant la végétation qui commence à s'installer. Les zones à nues et celles où se trouvent des déblais miniers plus instables devront être sécurisées en utilisant des géotextiles biodégradables ou paillages qui permettront de protéger les sols des facteurs érosifs, de limiter le déchaussement des pierres, de maintenir en place les semis et d'éviter l'arrachement des plantules les premières années. La végétation déjà en place sera épargnée par ces opérations de paillage. La technique de l'hydroseeding (ou ensemencement hydraulique) pourra être utilisée pour l'implantation des semis. L'hydroseeding consiste à mettre en œuvre sur le sol une émulsion comportant eau, semences herbacées, activateur de croissance, fixateur et couverture de semis dans le but de recréer rapidement un couvert végétal durable.

Cette technique se soustrait des contraintes de mise en œuvre telles que : difficulté d'accès, portance du substrat, qualité agronomique médiocre du substrat, absence de préparation superficielle de sol.

Notons que les estimations de surface et de volume ont été réalisées au moyen d'outil cartographique, les valeurs données ci-dessus peuvent donc présenter des biais par rapport à la réalité de terrain.

C'est pourquoi avant toute initiative de gestion des zones sans couvert végétale, il sera nécessaire de réaliser un relevé de terrain par un géomètre expert :

- des surfaces impactées par une absence de couvert végétal ;
- des volumes de minerai actuellement stockés en verse et qui pourraient éventuellement être réutilisés en sous-couche au droit des zones où la roche mère minéralisée affleure, avant ajout de terre végétale avec matière organique et d'azote.

XVIII. PROBLEMATIQUES ET RECOMMANDATIONS – ZONE 2

Des études complémentaires sont donc nécessaires pour mettre en œuvre des propositions de revégétalisation de chaque zone (Cf. tableau suivant). En attendant, des mesures d'urgence de sécurisation des galeries et d'interdiction d'accès à la Zone 2 doivent être prises.

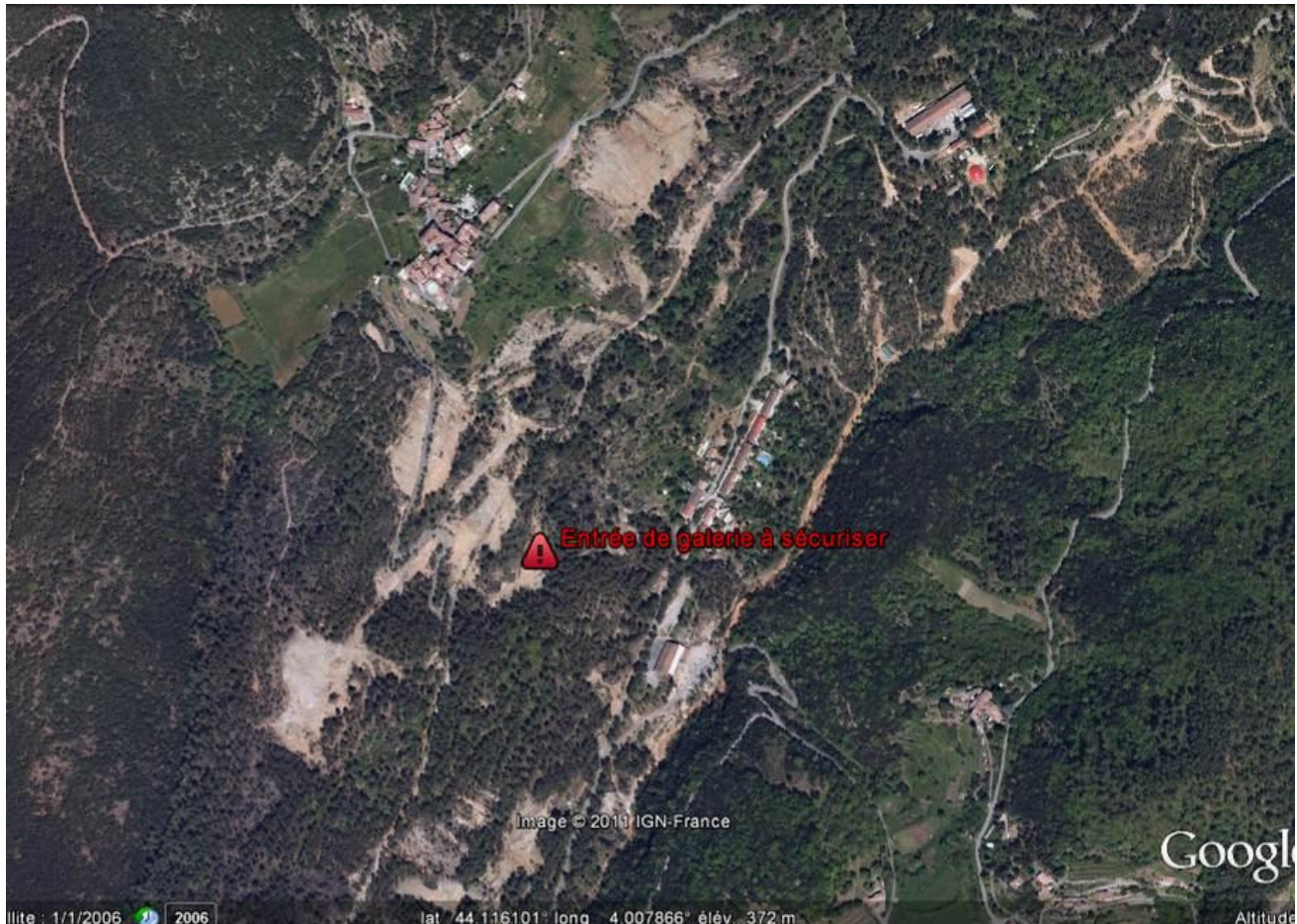
Milieux	identification	Problématiques	Superficies approximatives (détermination cartographique)	Recommandations	Etudes complémentaires	Chiffrages sommaires	Echéance
Mise en sécurité de la Zone 2							
Galeries	Entrée de galerie non sécurisée (cf. localisation p.95)	<ul style="list-style-type: none"> Risque d'effondrement Risque de chute 	<ul style="list-style-type: none"> ~22 m² 	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place à minima d'une signalisation (panneaux avertisseurs de danger) Mise en place de clôture de sécurité Interdiction d'accès 	<ul style="list-style-type: none"> - 	<ul style="list-style-type: none"> De 10 à 100 € / panneaux avertisseurs 150 à 200 € / ml pour une clôture en panneaux rigides 	Immédiate
Recommandations sur la globalité de la Zone 2							
Sols superficiels		<ul style="list-style-type: none"> Concentrations élevées en métaux lourds notamment Plomb et Arsenic Risque environnemental : difficulté de revégétalisation, sols légers et acides Risque sanitaire : contact / ingestion / inhalation de poussières et de sols pollués 	<ul style="list-style-type: none"> ~55 ha pour l'ensemble de la Zone 2 ~4,2 ha pour les zones à nu 	<ul style="list-style-type: none"> Information du public Recouvrement ¹⁴ 	<ul style="list-style-type: none"> Relevé topographique de l'ensemble de la Zone 2 Mesures de poussières Plan de gestion avec définition des restrictions d'usages pour les sols avec vérification de la compatibilité de la zone avec son usage actuel (et futur ?) Etude de réhabilitation spécifique aux différentes zones identifiées (Cf. ci-après) 	<ul style="list-style-type: none"> De 19 à 25 k€ en fonction de la précision De 5 à 20 k€ 	Moyen terme
Eaux de surface	Ruissellement	<ul style="list-style-type: none"> Entrainement d'éléments particuliers et dissous chargés en métaux lourds vers le Reigous puis l'Amous 	<ul style="list-style-type: none"> ~55 ha pour l'ensemble de la Zone 2 ~4,2 ha pour les zones à nu 	<ul style="list-style-type: none"> Gestion des eaux de ruissellement Canalisation des écoulements superficiels vers des bassins récupérateurs Remaniement des pentes 	<ul style="list-style-type: none"> Etude hydraulique sur la Zone 2 Etude géotechnique de réduction des pentes 	<ul style="list-style-type: none"> Dépendant du relevé topographique des surfaces et des volumes concernés (chiffrage non disponible à ce stade) 	Long terme
Recommandations spécifiques à chaque zone caractérisée							
Tas dispersés	Zones à couvert végétal développé	-	<ul style="list-style-type: none"> ~45 ha 	<ul style="list-style-type: none"> Zones à laisser en l'état 	-	-	-
	Zones à faible reprise de la végétation (replats)	<ul style="list-style-type: none"> Ravinements Sols pauvres en matières organiques 	<ul style="list-style-type: none"> ~4,9 ha 	<ul style="list-style-type: none"> Zones à revégétaliser Apport d'amendement 	<ul style="list-style-type: none"> Etude de revégétalisation 	<ul style="list-style-type: none"> De 800 € à 3 800 € en fonction du type de test et pour une seule espèce testée 	Long terme
	Zones à nu sans couvert végétal	<ul style="list-style-type: none"> Absence de sol (roche minéralisée affleurante) Pentes fortes Ruissellement important 	<ul style="list-style-type: none"> ~4,2 ha 	<ul style="list-style-type: none"> Zones à recouvrir puis revégétaliser Apport de terre végétale Adoucissement des pentes 	<ul style="list-style-type: none"> Etude de terrassement Etude de faisabilité de recouvrement par apport de terre végétale 	<ul style="list-style-type: none"> Dépendant du relevé topographique des surfaces et des volumes concernés (chiffrage non disponible à ce stade) De 800 € à 3 800 € en fonction du type de test et pour une seule espèce testée 	Long terme
	Verses de minerai	<ul style="list-style-type: none"> Pentes fortes Absence de cohésion Instabilité de pente 	<ul style="list-style-type: none"> ~4 300 m² 	<ul style="list-style-type: none"> Dépôts à remodeler Dépôts pouvant servir d'assise pour l'adoucissement des pentes des zones dépourvues de végétation 	<ul style="list-style-type: none"> Etude de terrassement 	<ul style="list-style-type: none"> Dépendant du relevé topographique des surfaces et des volumes concernés (chiffrage non disponible à ce stade) 	Long terme
	Déblais de chantier	<ul style="list-style-type: none"> Déchets 	<ul style="list-style-type: none"> ~2 500 m² 	<ul style="list-style-type: none"> Caractériser les terres en vue d'une éventuelle réutilisation 	<ul style="list-style-type: none"> 1 analyse d'acceptation en Installation de Stockage de Déchets Inertes (ISDI) / 400 m² 	<ul style="list-style-type: none"> 175 € / analyses 	Moyen terme

Tableau 18 : problématiques et recommandations pour la zone 2

¹⁴ Pour la Zone 2, vis-à-vis du risque contact / ingestion / inhalation de poussières, dans un premier temps mise en place d'une interdiction d'accès à cette zone avec information du public. En fonction des résultats des études à venir (étude de recouvrement, de revégétalisation, topographique, ...) d'autres mesures de gestion environnementales et sanitaires pourront être établies.

Des entrées d'anciennes galeries de mines sont présentes sur la Zone 2. Ces entrées sont obturées à l'exception d'une formant un trou béant dans le sol et présentant un danger immédiats pour les personnes susceptibles de passer à proximité.

Ce gouffre a été identifié au niveau d'une zones dépourvues de végétation aux coordonnées GPS Lambert III X = 732 728 et Y = 3 202 917. Il est reporté sur la photographie aérienne ci-dessous :



Cette entrée de galerie devra faire l'objet d'une mesure de gestion afin de la sécuriser.

PARTIE 4 : ZONE 3

ETUDE DE L'USAGE DE L'EAU EN AVAL

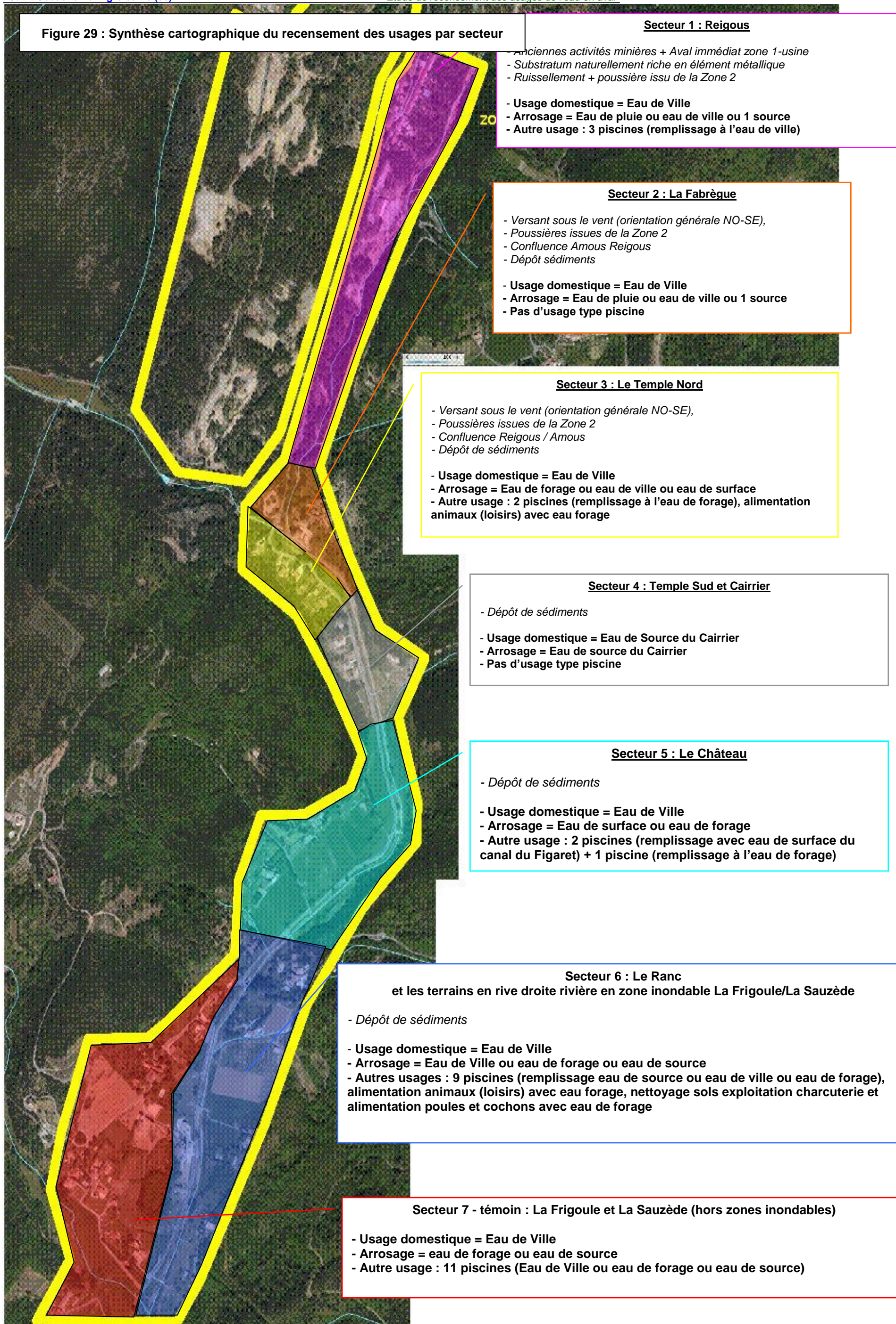
XIX. SYNTHÈSE DES USAGES – ZONE 3

Les résultats du recensement des usages réalisés sur la Zone 3 du 8 au 12 Juillet 2011 sont détaillés dans le rapport de Phase 1 (AIX/11/086IR- Phase 1 – V1 de Décembre 2011).

Pour mémoire, les résultats détaillés du recensement et la localisation des jardins potagers, prairies et des usages de l'eau sont présentés dans des tableaux de synthèse et des extraits cadastraux en [annexe 26](#).

La synthèse du recensement en zone 3 est illustrée sur l'extrait de photographie aérienne à la page suivante. La zone 3 a été divisée en plusieurs secteurs représentatifs de voies potentielles d'exposition.

Figure 29 : Synthèse cartographique du recensement des usages par secteur



XX. SYNTHÈSE DES INVESTIGATIONS – ZONE 3

XX.1. Synthèse sur la qualité des sols superficiels

Les investigations sur les **sols superficiels** ont montré :

- Des moyennes de concentrations supérieures au bruit de fond géochimique régional pour l'ensemble des métaux majoritaires étudiés (Pb, As, Zn, Cu) ;
- Une répartition des concentrations avec des concentrations plus élevées au Nord au niveau des anciennes installations minières localisées au quartier du Reigous et au niveau de la plaine d'inondation du Reigous et de l'Amous où des dépôts de sédiments ont eu lieu lors d'épisodes de crue. Ce gradient de répartition spatial est particulièrement visible pour le Plomb et l'Arsenic ;
- Des moyennes de concentrations supérieures au BDF Régional pour l'ensemble des secteurs de la Zone 3 à l'exception du Zinc sur le secteur 7 ;
- Des moyennes de concentrations en Plomb et Arsenic du secteur 1 supérieures à celles de la Zone 3 ;
- Des moyennes de concentrations en Zinc des secteurs 1 et 2 supérieures à celles de la Zone 3 ;
- Des moyennes de concentrations en Cuivre sur les secteurs 3, 4 et 7 supérieures à celles de la Zone 3 ;
- Le secteur 1 présente les moyennes de concentrations les plus élevées en Plomb, Arsenic et Zinc alors que le secteur 4 présente les moyennes de concentrations les plus élevées en Cuivre par rapport aux autres secteurs ;
- Le secteur 7 (secteur témoin) présente les moyennes de concentrations les moins élevées en Plomb, Arsenic et Zinc alors que le secteur 1 présente les moyennes de concentrations les moins élevées en Cuivre par rapport aux autres secteurs.
- Un impact des anciennes activités minières et des sédiments sur la qualité des sols superficiels.

XX.2. Synthèse sur la qualité des eaux souterraines et superficielles

Eaux souterraines aux points d'usage :

- ✓ les concentrations observées sont compatibles avec les valeurs seuils des Annexes 1 et 2 de l'arrêté du 11/01/2007 (scénario le plus sécuritaire car défini pour un usage de consommation qui n'a pas été identifié sur la Zone d'étude pour ce milieu) à l'exception des sulfates pour 2 échantillons et du Plomb sur 1 échantillon (la concentration est comprise entre les valeurs seuils de l'Annexe 1 et celles de l'Annexe 2) ;
- ✓ les concentrations présentant un dépassement des valeurs seuils de l'Arrêté du 11/01/2007 en sulfates et en Plomb restent cependant compatibles avec les valeurs seuils des SEQ Eau pour l'usage qui leur est associé : Irrigation et/ou Abreuvement ;
- ✓ l'ensemble des concentrations obtenues sur le milieu eaux souterraines est compatible avec l'usage qui leur est associé.

Eaux superficielles aux points d'usage :

- ✓ les concentrations observées sont inférieures aux valeurs seuils de l'Annexe 3 de l'arrêté du 11/01/2007 (scénario le plus sécuritaire car défini pour un usage de consommation qui n'a pas été identifié sur la Zone d'étude pour ce milieu) ;

- ✓ l'ensemble des concentrations obtenues sur le milieu eaux superficielles aux points d'usage est compatible avec l'usage qui leur est associé.

Eaux superficielles du Reigous et de l'Amous (aucun usage recensé) :

- ✓ les concentrations obtenues, lors des deux campagnes réalisées, montrent des dépassements des valeurs seuils :
 - Annexe 3 de l'arrêté du 11/01/2007 au niveau de la confluence uniquement en période d'étiage (Sulfates, Cd et Mn) et au niveau du préleveur placé sur le Reigous Amont (MES, As, Pb, Sulfates, Cd) ;
 - SEQ Eau cours d'eau – Irrigation pour le Cadmium et le Zinc et SEQ Eau cours d'eau – Abreuvement pour le Plomb, au niveau du préleveur Reigous Amont ;
- ✓ les concentrations observées sur les autres points de prélèvement sont compatibles avec les valeurs seuils de l'Annexe 3 de l'arrêté du 11/01/2007 ;
- ✓ les concentrations sont plus importantes à l'étiage que lorsque le débit des cours d'eau est plus important ;
- ✓ il a été observé une diminution des concentrations de l'amont (Préleveur A) vers l'aval (Préleveur D) pour l'ensemble des paramètres analysés hormis pour les sulfates et le Baryum ;
- ✓ des concentrations en arsenic sont inférieures ou de l'ordre de grandeur des campagnes précédentes de 1996 et 2000-2004 mais supérieures à la campagne de 2001 sur l'ensemble des points de prélèvement.

XX.3. Synthèse sur la qualité des végétaux / fruits / prairies

La campagne de prélèvement sur les végétaux a permis de prélever 34 végétaux répartis dans le périmètre d'étude sur les différents secteurs individualisés au cours de la phase de recensement. Les prélèvements réalisés tiennent compte des sources potentielles de pollution identifiées en Phase 1, des teneurs en métaux au niveau des sols superficiels et de l'origine de l'eau d'arrosage.

Les investigations sur les **végétaux** ont montré :

- Les concentrations dans les légumes feuilles (de la limite de détection à 4,2 mg/kgMB pour le Plomb) sont plus élevées que dans les légumes racinaires (de la limite de détection à 0,25 mg/kgMB pour le Plomb), les légumes fruits (de la limite de détection à 0,034 mg/kgMB pour le Plomb) et les fruits (inférieurs à la limite de détection pour le Plomb) ;
- Les dépassements des valeurs réglementaires européennes de mise sur le marché pour le Plomb concernent exclusivement les légumes feuilles dans les Secteurs 1 (2 échantillons), 2 (1 échantillon), 3 (2 échantillons) et 6 (1 échantillon), zones à fortes teneurs en Plomb dans les sols superficiels ;
- La concentration la plus élevée en Arsenic correspond aux légumes feuilles pour un jardin en secteur 3 arrosé à l'eau de ville (Secteur 3 = zone à fortes teneurs en Arsenic dans les sols superficiels) ;
- Absence d'anomalie significative dans les légumes racinaires, les légumes fruits et les fruits ;
- Les « fruits » (pommes) présentent des teneurs en Plomb, Cadmium et Arsenic inférieures aux seuils réglementaires et inférieures aux limites de quantification pour les trois échantillons prélevés notamment ceux au niveau du verger identifié ;

- Le « jus de fruit » (jus de pommes) présente des teneurs inférieures aux limites de quantification et inférieures aux seuils réglementaires pour le Plomb (seule valeur existante). A noter la quantification d'Antimoine, de Baryum, de Zinc et de Manganèse pour lesquels aucune valeur réglementaire n'existe. A noter également la présence importante de sulfates (1600 mg/l) dans cet échantillon. L'échantillon d'eau de forage associé au verger présente également des concentrations en sulfate supérieures aux valeurs réglementaires pour ce paramètre.

Les prélèvements et analyses réalisés montrent que les « légumes racine » et les « légumes fruit » semblent moins impactés par le Plomb et l'Arsenic présents dans l'environnement que les autres types de végétaux.

Le contact ou la proximité des sols paraît donc être un paramètre sensible dans l'exposition des végétaux à ces deux éléments.

Les résultats analytiques au niveau des prairies semblent difficilement interprétables avec les différences de concentration observées dans les deux prairies témoins. De plus, rappelons qu'aucune valeur réglementaire n'existe concernant les prairies / pâturages.

Toutefois, les concentrations les plus élevées en Plomb et Arsenic se situent au niveau de la prairie 1 (et moins marqué en Prairie 2) du secteur 6, au plus près de la rivière et de la prairie 10 dans le secteur 2 où les concentrations sont les plus importantes dans les sols superficiels.

XX.4. Synthèse sur la qualité des retombées de poussières

Les résultats sur les jauges Owen pour l'arsenic et le plomb, traceurs de l'étude, montrent :

- **Pour l'arsenic** des concentrations inférieures ou équivalentes à la LQ sur les trois points de prélèvements,
- Pour le **plomb, l'arsenic, le zinc et le cadmium** des quantités mesurées très inférieures aux valeurs de références suisses et/ou allemandes.

On ne note pas non plus de gradient significatif permettant de comprendre un phénomène particulier et les prélèvements de poussières n'ont pas été réalisés dans la période la plus sèche compte tenu de la période de réalisation de l'étude.

Par ailleurs les concentrations en plomb et arsenic observées dans les retombées de poussières sont les plus élevées au niveau du quartier du Reigous là où les concentrations dans les légumes feuilles sont également les plus élevées. En revanche aucune corrélation n'a pu être établie entre les concentrations observées dans les poussières au niveau du secteur 6 (inférieures à la limite de quantification) et les concentrations élevées en plomb observées dans les végétaux de ce secteur.

Les concentrations en éléments métalliques mesurées dans les retombées de poussières sur les différents secteurs tendent à minorer l'importance de la problématique ré envol de poussières sur ce site même si cette affirmation n'est basée que sur une seule campagne de mesure.

XXI. SCHEMA CONCEPTUEL – ZONE 3

Le schéma conceptuel est élaboré à partir des données dont nous disposons à ce jour. Ces données sont résumées ci-après et pages suivantes sous forme de schéma et de synoptique.

Selon les informations disponibles à ce jour, les différents paramètres issus du schéma conceptuel préliminaire pourraient être les suivants :

Sources de pollution identifiées :

- zone des anciennes installations minières et industrielles,
- zone de dépôts de sédiments du Reigous et de l'Amous lors d'épisodes de crues ;
- les eaux superficielles du Reigous.

Voies de transfert :

- eaux souterraines (via les infiltrations) ;
- envol de poussières ;
- eaux de surface (via les ruissellements et les écoulements directs),
- aspersion.

Cibles identifiées :

- habitants du site (contact cutané, ingestion de végétaux ou d'eaux souterraines, ingestion de sol).

Pour les cibles identifiées, les investigations mises en œuvre ont mis en évidence un impact en particulier pour le Plomb et l'Arsenic :

- sur les sols superficiels,
- sur les eaux superficielles : au niveau des eaux du Reigous et de la confluence,
- sur les végétaux des jardins localisés dans les zones de fortes teneurs en Plomb et Arsenic dans les sols superficiels,

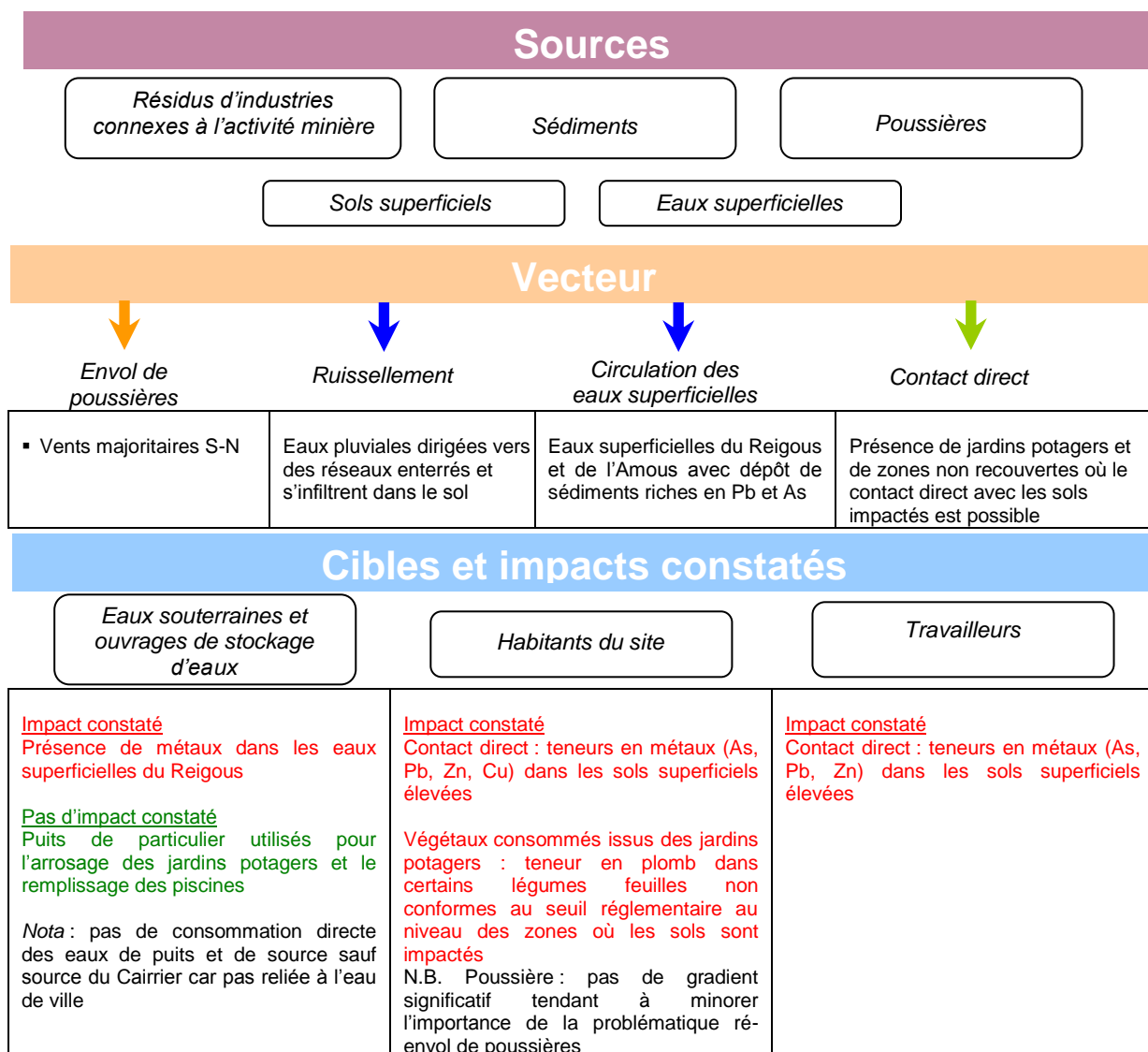


Figure 30 : Schéma conceptuel de la Zone 3 mis à jour suite aux investigations (synoptique)

Légende

- | | | | |
|--|---------------|--|------------------|
| | Versant boisé | | Puits / Forage |
| | Plaine | | Piscine / Bassin |
| | Substratum | | Source |

Sources

Primaires

- Zone de minerais à nu
- Dépôt résidus miniers
- Activité minière (Zone 1)

Secondaires

- Dépôt sédiments de + Poussières au sol

Vecteurs

- Envol de poussières
- Infiltration, Ruissellement, Circulation d'eaux souterraines et superficielles
- Contact direct / Ingestion
- Aspersion / Ingestion

Milieux d'exposition

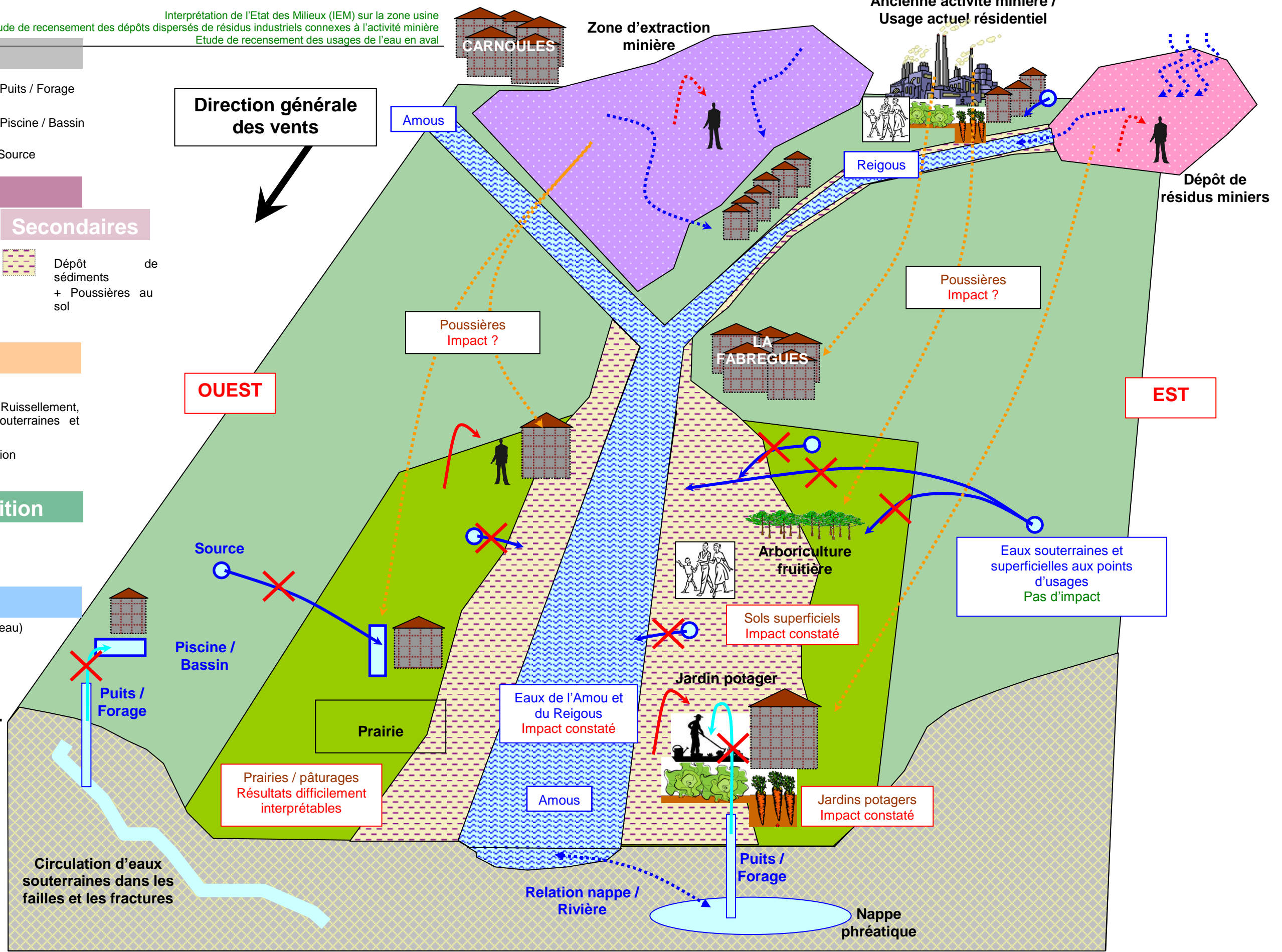
- eaux souterraines
- eaux superficielles
- sol
- air

Cibles

- Usagers (jardin potager, verger, eau)
- Travailleurs

Vue En Plan

Vue En Coupe



Schématisation de la Zone 3

XXII. RECENSEMENT DES PROBLEMATIQUES EN FONCTION DES USAGES EN ZONE 3

Au regard du recensement des différents usages identifiés sur la Zone 3 et des investigations réalisés sur les milieux sols superficiels, eaux souterraines et superficielles, végétaux (jardins potagers et prairies/pâturages) et retombées de poussières, la hiérarchisation suivante peut être réalisée :

Milieu	Usages recensés	Problématiques	Secteurs concernés	Type d'incompatibilité
Sols superficiels	<ul style="list-style-type: none"> Lieux de vie extérieurs Jardins potagers Verger Prairies /Pâturages 	<ul style="list-style-type: none"> Risque environnemental : concentrations élevées en métaux lourds notamment Plomb, Arsenic, Zinc et Cuivre Risque sanitaire : contact / ingestion / inhalation de poussière et de sols pollués 	<ul style="list-style-type: none"> Toute la Zone 3 en particulier les secteurs 1, 2 (Pb, As, Zn), secteurs 3, 4, 7 (Cu) et les zones de dépôts de sédiments en bordure de l'Amous 	<ul style="list-style-type: none"> Concentrations supérieures au bruit de fond géochimique régional et/ou local
Eaux souterraines et superficielles aux points d'usages	<ul style="list-style-type: none"> AEP Irrigation Abreuvement Remplissage de piscine 	<ul style="list-style-type: none"> RAS 	<ul style="list-style-type: none"> Toute la Zone 3 	<ul style="list-style-type: none"> RAS
Eaux superficielles du Reigous et de l'Amous	<ul style="list-style-type: none"> Pas d'usages 	<ul style="list-style-type: none"> Risque environnemental : concentrations élevées en MES, Arsenic, Plomb, Sulfates, Cadmium et Manganèse Risque sanitaire : RAS si pas d'usage 	<ul style="list-style-type: none"> Secteur 1 : Reigous amont Secteur 2 : Confluence Amous / Reigous à l'étiage 	<ul style="list-style-type: none"> -
Végétaux des jardins potagers	<ul style="list-style-type: none"> Autoconsommation / don 	<ul style="list-style-type: none"> Risque environnemental : concentration en Plomb élevées dans les légumes feuilles Risque sanitaire : ingestion légumes 	<ul style="list-style-type: none"> Secteurs 1, 2, 3 et 6 (1 échantillon) (Pb) et secteur 1 (As sur 1 échantillon) 	<ul style="list-style-type: none"> Concentration en plomb et arsenic (1) supérieures aux valeurs de référence
Végétaux du verger / Jus de fruits	<ul style="list-style-type: none"> Vente / autoconsommation 	<ul style="list-style-type: none"> RAS 	<ul style="list-style-type: none"> Secteur 6 	<ul style="list-style-type: none"> RAS

Tableau 19 : Recensement des problématiques en fonction des usages

PARTIE 5 : DELIMITATION DES IMPACTS, RECOMMANDATIONS ET CONCLUSION GENERALE

XXIII. DELIMITATION DES IMPACTS

Cette présente étude a consisté à un premier état des lieux dans les zones les plus à risques, en différenciant trois zones, conformément à celles définies dans le cahier des charges :

- Zone d'étude N°1 : ancienne zone de l'usine ;
- Zone d'étude N°2 : secteur environnant avec zones d'extractions et dépôts éparses (« les mines à ciel ouvert ») ;
- Zone d'étude N°3 : zone d'écoulement des eaux depuis le stockage de résidus d'industries connexes à l'activité minière dans le Reigous puis dans l'Amous.

Compte tenu :

- des résultats de l'étude historique mettant en évidence la présence d'installations de l'activité minière dans la zone 3 (secteur 1 du Reigous jusqu'au foyer communal actuel),
 - des résultats de la caractérisation des milieux dans chaque zone,
- certaines zones et secteurs peuvent être regroupés afin de définir trois périmètres, permettant une meilleure compréhension des actions à réaliser et en vue de la mise en place des études complémentaires et restrictions/limitations d'usage ultérieurement.

La délimitation ci-après s'appuie sur la connaissance du secteur acquise lors des études documentaires et des campagnes d'investigations (niveaux de concentrations dans les différents milieux) et distingue :

- les zones où les milieux d'exposition présentent un écart de qualité significatif avec les critères réglementaires ou niveaux de risque potentiels ;
- les zones où la qualité des milieux ne présenterait pas à ce jour, ni de risque de présenter dans l'avenir, d'écart par rapport à la gestion mise en place pour la population en général.

La délimitation proposée est la suivante :

- **Périmètre A, nécessitant un plan de surveillance et de gestion :**
 - **A1:** zone des installations minières et industrielles intégrant le quartier du Reigous jusqu'à La Fabrègue (confluence Amous/Reigous) ;
 - **A2 :** dépôt de stériles (hors zone d'étude actuel) à intégrer dans ce périmètre A en vue de la mise en place des servitudes et restrictions d'usage ;
 - **A3 :** zone de dépôts de sédiments en aval suite aux diverses inondations (dans un premier temps, délimitation de la zone en s'appuyant sur le zonage de la zone inondable du PLU de la commune de Saint Sébastien d'Aigrefeuille).
- **Périmètre B :** le reste des secteurs étudiés sur la commune de Saint Sébastien d'Aigrefeuille correspondant à la zone 3 hors secteur du Reigous et des zones de dépôt de sédiments (*limite géographique de la présente étude tant pour l'étude historique et documentaire que pour les campagnes d'investigations des milieux*).
- **Périmètre C :** la zone d'extraction et dépôts éparses (anciennes zones d'exploitation à ciel ouvert)

La délimitation de ces périmètres est présentée en **Annexe 27**.

Au regard des investigations réalisées, il apparaît que des études complémentaires sont nécessaires afin de :

- compléter la connaissance sur certains milieux ;
- mieux appréhender les mesures de gestion environnementale et sanitaire pour chaque périmètre.

Des recommandations sont également préconisées en terme de :

- préservation de l'état des milieux dans les secteurs permettant la jouissance des usages (afin d'éviter la survenue d'une dégradation des milieux d'exposition),
- surveillance de l'état des milieux,
- mesures de gestion simple et,
- conservation de la mémoire par la mise en place de servitudes et restrictions d'usage.

XXIV.RECOMMANDATIONS

XXIV.1. Mesures de gestion simple, études approfondies

Le tableau présenté page suivante synthétise les impacts constatés, les mesures de gestion simple, la nécessité de réaliser un plan de gestion, des recommandations.

Dans ce tableau, les mesures de gestion simples proposées sont jugées « techniquement et économiquement » simples à mettre en œuvre pour réduire les expositions et limiter les éventuelles conséquences sanitaires pour la population. D'un point de vue social ou juridique, elles pourront apparaître plus difficiles à mettre en œuvre sans une communication importante auprès des usagers.

A cela il faut ajouter les études complémentaires et recommandations propres à la zone d'extraction à ciel ouvert (périmètre C) type mise en sécurité de la zone, études hydrauliques et étude de revégétalisation.

Secteur	Impact/problématiques	Etudes complémentaires	Mesures de gestion / Recommandations
Périmètre A	<p>SOLS ET POUSSIÈRES</p> <ul style="list-style-type: none"> Risque environnemental : concentrations élevées en métaux lourds dans les sols notamment Plomb, Arsenic, Zinc (Cadmium associé au Zinc) et Cuivre + mesures de ces métaux dans les poussières (absence de valeurs réglementaires). Risque sanitaire : contact / ingestion / inhalation de poussière et de sols pollués <p>BATIMENTS</p> <ul style="list-style-type: none"> Plomb et Arsenic sur le bâti (surface des bétons) y compris au niveau d'habitations – mesures uniquement en zone 1 à ce stade <p>EAUX SUPERFICIELLES (AMOUS/REIGOUS)</p> <ul style="list-style-type: none"> Risque environnemental : concentrations élevées en MES, Arsenic, Plomb, Sulfates, Cadmium et Manganèse Pas d'usage recensé à ce jour <p>VEGETAUX</p> <ul style="list-style-type: none"> Risque environnemental : concentration en Plomb élevées dans les légumes feuilles Risque sanitaire : ingestion légumes 	<ul style="list-style-type: none"> Mise en œuvre d'un programme d'investigations complémentaires permettant de compléter les données acquises <ul style="list-style-type: none"> atlas du bâti sur l'ensemble du périmètre A, végétaux dans la zone de l'usine dans la mesure du possible, mesures d'air ambiant par prélèvement actif (Reigous) sols pour délimiter clairement le périmètre source de la Malabouisse pour confirmer dans le temps les concentrations en métaux Campagne d'imprégnation de la population (exemple : plombémie) Etude de faisabilité technico-économique d'un plan de gestion Mise en place de surveillance et de maintenance sur le dépôt de stériles 	<ul style="list-style-type: none"> Informers le public (CLIS, réunion publique, etc.) Recommandations concernant le maintien d'un couvert végétal avec mise en herbe de l'ensemble des surfaces à nu Recommandations d'une limitation du contact des enfants avec les poussières et les sols et les autres sources d'exposition au plomb et à l'arsenic Recommandations de ne pas faire de jardins potagers directement dans les sols en place (en pots, ...) et recommandation sur les pratiques de jardinage Couverture des sols dans les zones à risques (cour, zones à nus, ...) Règles d'hygiène et de sécurité compte tenu du risque contact / ingestion de sols et de poussières A titre de précaution, en l'absence de quantification des métaux dans les végétaux cultivés, privilégier les cultures hors sol (en pots) Recommandation d'interdiction de commercialiser les végétaux produits sans contrôle préalable Mise en place de limitations/ restrictions d'usage
Périmètre B	<p>SOLS ET POUSSIÈRES</p> <ul style="list-style-type: none"> Risque sanitaire : contact / ingestion / inhalation de poussière et de sols pollués <p>VEGETAUX</p> <ul style="list-style-type: none"> Risque environnemental : concentration en Plomb élevées dans les légumes feuilles 	<ul style="list-style-type: none"> Campagne d'imprégnation de la population (exemple : plombémie) Réalisation d'une nouvelle campagne de prélèvements et analyses sur les milieux végétaux, sols potager et eaux pour répéter la mesure Prélèvements actifs air ambiant extérieur afin de réaliser l'IEM air 	<ul style="list-style-type: none"> Recommandations d'une limitation du contact des enfants avec les poussières et les sols et les autres sources d'exposition au plomb et à l'arsenic Recommandation à titre conservatoire de ne pas faire de jardins potagers directement dans les sols en place (en pots, ...) et recommandation sur les pratiques de jardinage Règles d'hygiène et de sécurité compte tenu du risque contact / ingestion de sols et de poussières
Périmètre C	<p>GALERIES</p> <ul style="list-style-type: none"> Risque d'effondrement Risque de chute <p>SOLS ET POUSSIÈRES</p> <ul style="list-style-type: none"> Concentrations élevées en métaux lourds notamment Plomb et Arsenic Risque environnemental : difficulté de revégétalisation, sols légers et acides Risque sanitaire : contact / ingestion / inhalation de poussières et de sols pollués <p>EAUX - ruissellement</p> <p>Entraînement d'éléments particuliers et dissous chargés en métaux lourds vers le Reigous puis l'Amous</p>	<ul style="list-style-type: none"> Etudes spécifiques zone d'extraction à ciel ouvert (cf. p.94), exemple <ul style="list-style-type: none"> Plan de gestion axé sur le phytomanagement Etude hydraulique Etude géotechnique 	<ul style="list-style-type: none"> Recommandations de la zone d'extraction à ciel ouvert (cf. p.94), exemple <ul style="list-style-type: none"> Sécurisation des galeries Informers le public Interdire l'accès (clôtures, panneaux d'information, etc.)

Tableau 20 : Tableau de synthèse des problématiques, mesures de gestion simples et études approfondies à réaliser sur les périmètres A, B et C

Les mesures de gestion simples proposées sont jugées « techniquement et économiquement » simples à mettre en œuvre pour réduire les expositions et limiter les éventuelles conséquences sanitaires pour la population. D'un point de vue social ou juridique, elles pourront apparaître plus difficiles à mettre en œuvre sans une communication importante auprès des usagers. **Ces mesures de gestion simples concernent l'ensemble de la zone étudiée.**

Les recommandations peuvent concerner les points suivants :

- **Le maintien d'un couvert végétal** avec mise en herbe de l'ensemble des surfaces à nu ou **couverture des sols dans les zones à risques** (cour, zones à nus, ...)
 - conserver les zones en pelouse et les zones recouvertes par des enrobés ou dallage,
 - limiter au maximum les platebandes.
- **une limitation du contact des enfants avec les poussières et les sols :**
 - Limiter les contacts des enfants avec les poussières et les sols du type :
 - laver les mains des enfants avant chaque repas et leur couper les ongles courts ;
 - laver les jouets régulièrement ;
 - choisir pour les jeunes enfants des zones de jeux enherbées plutôt que des sols nus.
 - limiter l'entrée dans la maison des poussières extérieures (laisser les chaussures à l'entrée) ;
 - nettoyer régulièrement les sols de la maison, de préférence avec une serpillière humide (le balais ou l'aspirateur mettent des poussières en suspension) ;
- **Règles d'hygiène et de sécurité**
 - Limiter les contacts des enfants avec les poussières et les sols (cf. ci-dessus)
 - Avoir une alimentation équilibrée et variée
 - avoir des repas équilibrés et réguliers pour éviter les carences en fer et en magnésium et les excès de graisses qui favorisent le passage des métaux dans l'organisme ;
 - varier la provenance des fruits et légumes ;
 - bien laver les fruits et légumes du jardin.
- **pratiques de jardinage** et par précaution, en l'absence de quantification des métaux dans les végétaux cultivés ou en cas de teneurs significatives en plomb notamment, privilégier les cultures hors sol (en pots)
 - éviter l'usage de produits chimiques ;
 - seules les cendres de bois naturel peuvent être utilisées dans les jardins. Les cendres issues de la combustion de bois usagés ou d'autres déchets peuvent contenir des polluants et ne doivent jamais être utilisées ;
 - ne jamais brûler des déchets en plein air, même dans un fût ;
 - vous pouvez mettre de la chaux dans votre jardin : en diminuant l'acidité du sol, elle diminue l'absorption des métaux par les plantes,
 - favoriser les cultures hors sol en pots.
- **Commercialisation des denrées alimentaires** : interdiction de commercialiser les denrées produites sans contrôle préalable et/ou analyses régulières

Par ailleurs, vis-à-vis des eaux souterraines, aucune recommandation n'est émise vis-à-vis des usages constatés.

XXIV.2. Recommandations et surveillance

ICF Environnement recommande la mise en place :

- De prélèvements actifs d'air ambiant extérieur (de type Partisol bas débit équipés de tête de prélèvement TSP « poussières totales ») afin d'évaluer le risque sanitaire vis-à-vis de ce milieu ;
- De prélèvements complémentaires sur les milieux sols, végétaux et eaux afin de confirmer dans le temps ses concentrations en métaux ;

Par ailleurs, une réflexion pourrait être menée par les autorités sanitaires concernant un suivi des personnes les plus vulnérables et les plus exposées (résidents enfants et adultes).

Les résultats relatifs au dépistage de la plombémie permettront de se prononcer de façon plus fine sur les conséquences sur l'imprégnation des cibles sensibles et des mesures à préconiser pour la gestion des sols du secteur.

XXIV.3. Servitudes et restrictions d'usage

Par ailleurs, des servitudes pourront être constituées par les restrictions suivantes :

- Le propriétaire du site devra garder en mémoire l'historique du site et respecter les prescriptions particulières d'utilisation des sols et du sous-sol.
- Interdiction de réaliser des affouillements (trous, tranchées, réalisation de fondations, de sous-sol, etc...) et creusements de toutes sortes, à l'exception de ceux nécessaires à la viabilisation et la réalisation des constructions et aménagements autorisés, sauf à respecter les précautions particulières ci-dessous.
- En cas de travaux de remaniement des sols (excavation, réalisation de fondations, de sous-sol, etc...) un contrôle de la qualité des sols devra être entrepris ; des mesures relatives à la santé, à l'hygiène, à la sécurité et à la prévention des éventuels transferts de pollution devront être prises, en particulier afin d'assurer la protection du personnel réalisant les travaux et des tiers.
- En cas d'affouillement ou de creusement au-delà des 15 cm de terres ajoutés, les terres et matériaux extraits seront stockés sur le site et caractérisés, puis ils seront éliminés vers les filières agréées en fonction de leur caractérisation. Les terres et matériaux extraits ne pourront pas être réutilisés sur place en surface.
- En cas de cession ou de mise à disposition à titre gratuit ou onéreux de tout ou partie des terrains de la zone concernée, le propriétaire s'engage à dénoncer à tout ayant droit, les servitudes dont elle est grevée, en obligeant le dit ayant droit à les respecter en lieu et place.
- Restriction des usages des milieux (sols (ex. interdiction de constructions nouvelles sans étude préalable), eaux, etc.).

Les servitudes pourraient être transmises à la commune en vue de leur prise en considération dans le document d'urbanisme en vigueur (en sus des dispositions prises notamment dans les zones inondables).

XXV. CONCLUSION GENERALE

L'ADEME a été chargée par l'arrêté préfectoral du 9 novembre 2010 de mener des études sur et hors de l'ancien site Recylex à Saint-Sébastien-d'Aigrefeuille (30) comme suit :

- Une étude IEM sur la zone de l'usine (Zone 1) ;
- Une étude de recensement et de caractérisation des zones de dépôts de résidus d'industries connexes à l'activité minière (Zone 2) ;
- Une étude de recensement et de caractérisation des usages de l'eau en aval (Zone 3).

L'objectif final de cette mission est de déterminer les teneurs des polluants existants et d'évaluer les risques potentiels pour l'environnement immédiat et la population située en aval. Le détail des objectifs est le suivant :

CARACTERISATION DES MILIEUX
<ul style="list-style-type: none">▪ Campagnes de caractérisation des milieux adaptée aux usages recensés sur l'ensemble des trois zones :<ul style="list-style-type: none">○ Sols superficiels○ Eaux souterraines○ Eaux de surface○ Végétaux cultivés○ Prairies / pâturages○ Poussières▪ Mise à jour du schéma conceptuel
ZONE 1 – INTERPRETATION DES MILIEUX
<ul style="list-style-type: none">▪ Vérifier que l'état des milieux est compatible avec les usages fixés
ZONE 2 – ETUDE DES TAS DE DECHETS DISPENSES
<ul style="list-style-type: none">▪ Etude des tas dispersés▪ Tests de phytotoxicité▪ Analyse des problématiques▪ Recommandations
ZONE 3 – USAGES DE L'EAU A L'AVAL
<ul style="list-style-type: none">▪ Synthèse des usages▪ Analyse de la problématique▪ Recommandations en fonction des usages

Pour chaque zone définie ci-dessus les problématiques et les recommandations ont été détaillées dans les parties précédentes de ce rapport.

Pour la Zone 1, les investigations réalisées ont montré :

- Un impact des anciennes activités minières et industrielles sur les sols superficiels y compris ceux utilisés pour la culture de végétaux et les bâtiments de la Zone 1 principalement en plomb et arsenic ;
- L'absence d'impact sur les eaux souterraines utilisées ;
- L'absence de gradient significatif sur les retombées de poussières au niveau des trois points mesurés en zone 1.

L'IEM sols montre des niveaux de risques pour le Plomb et l'Arsenic en incompatibilité et/ou en zone d'incertitude pour le scénario ingestion de particules de sols. Rappelons que cette approche est conservatrice puisqu'en particulier elle n'intègre pas la notion de biodisponibilité de ces éléments.

Pour la Zone 2 les investigations réalisées ont montré :

- Un impact des anciennes activités minières sur les sols superficiels principalement en plomb et arsenic en particulier sur les anciennes zones minières sur lesquelles le couvert végétal est absent ;
- Une contribution des ruissellements dans la contribution globale des concentrations en éléments métalliques dans les eaux superficielles à l'aval.

L'identification des différentes zones de tas dispersés et un recensement des problématiques associées (surfaces concernées, concentrations en éléments métalliques, couvert végétal, phytotoxicité des sols) ont été menés permettant d'ébaucher un certain nombre de mesures de gestion susceptibles d'améliorer la situation. Des mesures de mise en sécurité ont également été recommandées.

Pour la Zone 3, les investigations réalisées ont montré :

- Un impact des anciennes activités minières et industrielles sur les sols superficiels y compris ceux utilisés pour la culture de végétaux principalement en plomb et arsenic. Cet impact est plus important sur les sols superficiels localisés en amont de la zone, vers l'aval elles tendent vers le bruit de fond géochimique ;
- Que les eaux souterraines aux points d'usage sont compatibles avec leurs usages associés ;
- Un impact sur les eaux superficielles du Reigous qui est fortement atténué vers l'aval jusqu'à devenir compatible avec les objectifs de qualité sur les cours d'eau ;
- Qu'il pouvait y avoir un impact sur les végétaux particulièrement les légumes feuilles et les prairies / pâturages pour le plomb et l'arsenic sur les secteurs à proximité des anciennes activités minières et industrielles. Dans le cadre de la campagne, les valeurs de références de mise sur le marché sont dépassées pour le plomb sur 6 échantillons sur 34 ;
- que la multiplication des points de mesure sur le profil de la vallée n'a pas permis de mettre en évidence un gradient qui aurait pu mettre en évidence un impact des anciennes activités minières et industrielles sur la qualité des retombées de poussières.

Compte tenu :

- des résultats de l'étude historique mettant en évidence la présence d'installations de l'activité minière dans la zone 3 (secteur 1 du Reigous jusqu'au foyer communal actuel),
- des résultats de la caractérisation des milieux dans chaque zone,

certaines zones et secteurs peuvent être regroupés afin de définir trois périmètres, permettant une meilleure compréhension des actions à réaliser et en vue de la mise en place des études complémentaires et restrictions/limitations d'usage ultérieurement.

La délimitation proposée est la suivante :

- **Périmètre A, nécessitant un plan de surveillance et de gestion :**
 - **A1**: zone des installations minières et industrielles intégrant le quartier du Reigous jusqu'à La Fabrègue (confluence Amous/Reigous) ;
 - **A2** : dépôt de stériles (hors zone d'étude actuel) à intégrer dans ce périmètre A en vue de la mise en place des servitudes et restrictions d'usage ;

- **A3** : zone de dépôts de sédiments en aval suite aux diverses inondations (dans un premier temps, délimitation de la zone en s'appuyant sur le zonage de la zone inondable du PLU de la commune de Saint Sébastien d'Aigrefeuille).
- **Périmètre B** : le reste des secteurs étudiés sur la commune de Saint Sébastien d'Aigrefeuille correspondant à la zone 3 hors secteur du Reigous et des zones de dépôt de sédiments (*limite géographique de la présente étude tant pour l'étude historique et documentaire que pour les campagnes d'investigations des milieux*).
- **Périmètre C** : la zone d'extraction et dépôts éparses (anciennes zones d'exploitation à ciel ouvert)

Au regard des investigations réalisées, il apparaît que des études complémentaires sont nécessaires afin de :

- compléter la connaissance sur certains milieux ;
- mieux appréhender les mesures de gestion environnementale et sanitaire pour chaque périmètre.

Des recommandations sont également données en terme de :

- préservation de l'état des milieux dans les secteurs permettant la jouissance des usages (afin d'éviter la survenue d'une dégradation des milieux d'exposition),
- surveillance de l'état des milieux,
- mesures de gestion simple et,
- conservation de la mémoire par la mise en place de servitudes et restrictions d'usage.

En parallèle, une réflexion pourrait être menée par les autorités sanitaires concernant un suivi des personnes les plus vulnérables et les plus exposées (résidents enfants et adultes).

Les résultats relatifs au dépistage de la plombémie permettront de se prononcer de façon plus fine sur les conséquences sur l'imprégnation des cibles sensibles et des mesures à préconiser pour la gestion des sols du secteur.

Une première ébauche d'un plan de surveillance des milieux et des restrictions d'usage pouvant être mis en place est en cours d'élaboration.

XXVI. LIMITATIONS DU RAPPORT

Le rapport, remis par ICF, est rédigé à l'usage exclusif du client et de manière à répondre à ses objectifs indiqués dans la proposition commerciale d'ICF (cf. fiche signalétique). Il est établi au vu des informations fournies à ICF et des connaissances techniques, réglementaires et scientifiques connues le jour de la commande définitive.

La responsabilité d'ICF ne pourra être engagée si le client lui a transmis des informations erronées ou incomplètes.

ICF n'est notamment pas responsable des décisions de quelque nature que ce soit prises par le client à la suite de la prestation fournie par ICF, ni des conséquences directes ou indirectes que ces décisions ou interprétations erronées pourraient causer. Toute utilisation partielle ou inappropriée ou toute interprétation dépassant les conclusions des rapports émis ne saurait engager la responsabilité d'ICF.