

Résultats des caractérisations complémentaires effectuées sur différents milieux dans le district minier de Pontgibaud (63)

Rapport intermédiaire

BRGM/RP-58571-FR

juin 2010



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Résultats des caractérisations complémentaires effectuées sur différents milieux dans le district minier de Pontgibaud (63)

Rapport intermédiaire

BRGM/RP-58571-FR
juin 2010

F. Cottard
Avec la collaboration de
P. Auger et S. Grégoire

Vérificateur :
Nom : Marc SAUNIER
Date : le 27 Août 2010
Signature : 

Approbateur :
Nom : Karim BEN SLIMANE
Date : le 27 août 2010
Signature : 

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique,
l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.

Mots clés : Sites miniers, Pontgibaud, Sioule, Résidus de traitement, Sols contaminés, Plomb, Arsenic, Sédiments, Eaux superficielles.

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

Cottard F. (2010) – Résultats des caractérisations complémentaires effectuées sur différents milieux dans le district minier de Pontgibaud (63), BRGM/RP-58571-FR, 78 p., 12 fig., 8 tabl., 4 ann.

© BRGM, 2010, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Cette étude s'inscrit dans un programme d'études et de travaux, proposé par le BRGM pour répondre aux besoins de la DREAL Auvergne. L'objectif est de mettre les sites de dépôts de résidus miniers abandonnés depuis la fin du XIX^e siècle dans le secteur de Pontgibaud, en conformité avec les préconisations ministérielles sur la gestion des sites et sols pollués.

La présente étude constitue la dernière étape de la Phase 1 du programme. Elle a pour objet d'actualiser les données sur la qualité de plusieurs milieux affectés par les activités minières passées : sols des secteurs habités proches des dépôts de résidus de « Pontgibaud stade » et de Roure-les-Rosiers mais aussi eaux et sédiments de la Sioule qui constitue le principal récepteur des pollutions en plomb et arsenic de la région, eaux de l'étang de la COMIREX et de la galerie de Barbecot, déchets miniers de Roure.

Les investigations sur les sols menées à l'aide d'un équipement de fluorescence X portable, et contrôlées par analyses en laboratoire, confirment la présence de fortes contaminations en plomb et arsenic autour des quelques habitations localisées à Pontgibaud entre l'ancienne laverie de Caravaux au nord, et les vestiges de l'usine métallurgique au sud (plusieurs points dépassant 1 % en Pb et 0,1 % en As). Ce secteur, bien que peu habité (environ une dizaine de familles), présente des risques environnementaux par rapport aux usages constatés (potagers, cours pour enfants) et nécessiterait la mise en œuvre de quelques actions de gestion (information, restriction d'usage). Les analyses effectuées sur le secteur de La Bantusse ne révèlent pas d'anomalies à l'exception d'une forte teneur en plomb dans la prairie bordant le ruisseau de la Veyssière. La présence de plomb et arsenic en concentrations non négligeables dans les crépis extérieurs des habitations confirment le réemploi fréquent des sables à partir des dépôts de résidus miniers.

Les données acquises sur **la qualité des eaux et des sédiments de la Sioule** sont ponctuelles et non représentatives des phénomènes s'y déroulant sur l'ensemble de l'année (hautes eaux, basses eaux, crues etc.). Les eaux de la Sioule sont de bonne qualité au moment des prélèvements et la capacité de dilution de la rivière alliée aux faibles apports en métaux dissouts permet de maintenir ce bon état à travers l'ensemble du district minier. À l'inverse, les résultats obtenus sur les sédiments superficiels montrent que ceux-ci accumulent les contaminants (en particulier, plomb, zinc et cadmium) transportés sous forme particulaire par le ruisseau de la Veyssière et également en provenance de chacun des dépôts situés sur les berges de la rivière jusqu'à Montfermy.

Les caractérisations particulières effectuées sur les eaux (retenue de la COMIREX à Rosiers ou galerie de drainage à Barbecot) ainsi que sur les stériles miniers à Roure apportent des données complémentaires en vue des futures réhabilitations qui seront menées sur les sites.

Sommaire

1. Introduction	9
1.1. RAPPELS SUR LA PROBLÉMATIQUE DU DISTRICT MINIER DE PONTGIBAUD	9
1.2. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE	9
2. Résultats des caractérisations sur les sols	11
2.1. RAPPEL DES ENJEUX	11
2.2. MÉTHODOLOGIE	11
2.2.1. Mesures sur site au moyen d'une fluorescence X portable.....	12
2.2.2. Mesures de laboratoire.....	12
2.3. RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION.....	13
2.3.1. Secteur de Pontgibaud stade	13
2.3.2. Secteur de La Bantusse	16
3. Résultats des caractérisations effectuées sur la Sioule et ses affluents	17
3.1. RAPPEL DES ENJEUX	17
3.2. RÉSULTATS DES CARACTÉRISATIONS ANTÉRIEURES	17
3.3. MÉTHODE	18
3.4. RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS	19
3.4.1. Eaux de surface.....	19
3.4.2. Sédiments.....	23
3.5. RÉSULTATS DES CARACTÉRISATIONS PARTICULIÈRES	27
3.5.1. Retenue d'eau de la laverie des Rosiers (COMIREX).....	27
3.5.2. Sortie d'eau de mine de Barbecot	29
4. Compléments de caractérisation sur les stériles rocheux de la mine de Roure	31
4.1. CONTEXTE ET OBJECTIFS	31
4.2. RÉSULTATS.....	31
5. Conclusions	33
6. Bibliographie	37

Liste des illustrations

Figure 1 - Ponts de mesure à l'aide de la fluorescence X portable dans le secteur habité de Pontgibaud situé au sud du dépôt de résidus et de part et d'autre de la départementale D941.....	14
Figure 2 - Diagrammes de corrélations binaires établis pour le plomb, l'arsenic et le zinc à partir des analyses de Fluorescence X portable et ICP en laboratoire.	15
Figure 3 - Illustrations de quelques stations de prélèvements sur la Sioule en avril 2010.	20
Figure 4 - Diagramme représentant les concentrations en plomb et arsenic dissouts dans les différents prélèvements d'eau effectués d'amont en aval sur la Sioule le 13 avril 2010.....	21
Figure 5 - Diagramme représentant les concentrations en zinc et cadmium dissouts dans les différents prélèvements d'eau effectués d'amont en aval sur la Sioule le 13 avril 2010.....	21
Figure 6 - Photographies illustrant la variété de la disposition des sédiments fins superficiels dans le lit de la Sioule et de son affluent la Veysière.	24
Figure 7 - Comparaisons des concentrations en arsenic et plomb dans les sédiments de la Sioule prélevés en avril 2010.	26
Figure 8 - Comparaisons des concentrations en zinc et cadmium dans les sédiments de la Sioule prélevés en avril 2010.	26
Figure 9 - Comparaisons des concentrations en chrome et nickel dans les sédiments de la Sioule prélevés en avril 2010.	27
Figure 10 - Caractérisations particulières des eaux sur les sites des Rosiers et de Barbecot.....	28
Figure 11 - Comparaison des concentrations en arsenic et principaux métaux ainsi qu'en sulfates dans les eaux de la retenue de la COMIREX et du ruisseau de la Veysière.....	28
Figure 12 - Illustrations des stériles miniers de la Mine de Roure (secteur du puits Anna) et localisation du faciès pulvérulent riche en arsenic (près de 5 %).	32

Liste des tableaux

Tableau 1 - Résultats des analyses chimiques réalisées sur les échantillons sélectionnés de sol du secteur de Pontgibaud	14
Tableau 2 - Caractéristiques physico-chimiques des eaux du secteur de Roure-les-Rosiers	19
Tableau 3 - Caractéristiques physico-chimiques des eaux du secteur de Pontgibaud stade....	19

Tableau 4 - Caractéristiques physico-chimiques des eaux du secteur de Barbecot-Pranal-Montfermy.....	20
Tableau 5 - Résultats des analyses chimiques réalisées en avril 2010 sur les eaux de surface du district minier de Pontgibaud	22
Tableau 6 - Résultats des analyses chimiques réalisées en avril 2010 sur les édiments de la Sioule et de son affluent : le ruisseau de la Veyssière.....	25
Tableau 7 - Résultats de la composition chimique de la sortie d'eau de la galerie sous terril de Barbecot et comparaison avec les analyses antérieures	29
Tableau 8 - Résultats de fluorescence X portable obtenus sur les stériles des terrils du secteur des puits Anna et Ste Marie (ancienne mine de Roure) (LOD=seuil de détection)	32

Liste des annexes

Annexe 1 - Cartes de localisation et de résultats des investigations sur les sols.....	39
Annexe 2 - Résultats des mesures de fluorescence X portable sur les sols.....	43
Annexe 3 - Cartes de localisation des stations de prélèvement pour l'eau et les sédiments le long de la Sioule	47
Annexe 4 - Résultats analytiques de laboratoire des prélèvements effectués sur le secteur de Pontgibaud.....	53

1. Introduction

1.1. RAPPELS SUR LA PROBLÉMATIQUE DU DISTRICT MINIER DE PONTGIBAUD

Le district métallifère de Pontgibaud comporte un ensemble de stocks de déchets issus de l'activité minière du plomb et de l'argent qui s'est principalement déroulée dans la seconde moitié du XIX^e siècle (1840 à 1897).

De ces exploitations passées, ne subsistent aujourd'hui en surface que plusieurs dépôts de résidus de laveries ainsi que des verses à stériles rocheux abandonnées sur les berges de la Sioule ou de certains de ses affluents.

L'ensemble du stock de résidus de laverie est estimé à un total cumulé de 225 000 m³ (estimation d'après cartes topographiques détaillées au 1/5 000), soit environ 550 000 tonnes de matériaux qui se répartissent ainsi :

- 87 200 m³ sur Roure-les-Rosiers ;
- 64 100 m³ sur Pontgibaud auxquels il faut ajouter 37 300 m³ de scories métallurgiques ;
- 32 400 m³ sur le site de Barbecot ;
- 4 050 m³ sur le site de Pranal.

Ces résidus de laverie correspondent à des sables argileux de granulométrie variable et de couleur blanchâtre à jaunâtre qui renferment d'après les caractérisations récentes effectuées par GEODERIS, des concentrations élevées en plomb (1 000 à 80 000 mg/kg), arsenic (500 à 8 000 mg/kg) et cadmium (1 à 100 mg/kg). Ces matériaux sont, en fonction de la biodisponibilité des métaux contenus, susceptibles de présenter un impact sur l'environnement et la santé du fait essentiellement des fractions fines qui sont potentiellement remobilisables sous forme particulaire principalement par les eaux de surface.

La configuration des sites en bordure immédiate de la Sioule ou d'un de ses affluents, comme les habitudes de la population locale et estivale, amènent à une situation non compatible au regard de la politique de gestion des sites et sols pollués telle que recommandée par le Ministère en charge de l'environnement.

1.2. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

À la demande de la DREAL Auvergne, un programme d'études et de travaux en trois phases a été proposé par le BRGM pour répondre rapidement au souci de mettre ces sites en conformité avec les préconisations ministérielles sur la gestion des sites et sols pollués. Dans le détail, le contenu du programme d'études proposé est le suivant :

- **la phase 1** est conçue à la fois pour établir l'état des lieux à partir de la synthèse des données disponibles et définir/dimensionner les travaux à réaliser ;
- **les phases 2 et 3** correspondent à la conception des plans de gestion et la mise en œuvre des travaux qui seront réalisés site par site.

Sur la base des données disponibles réalisées dans la phase 1 (Cottard, 2009), il est apparu nécessaire de compléter **l'état des lieux sur les impacts environnementaux** des sites contaminés de dépôt de résidus en focalisant les investigations sur les secteurs habités sensibles, localisés près de ces sites ou à leur aval hydraulique. En parallèle, il a été également proposé d'actualiser les données disponibles sur la qualité des eaux superficielles et des sédiments de la Sioule, principal récepteur des pollutions en plomb et arsenic depuis 1840.

Le présent rapport rassemble donc les résultats obtenus sur les caractérisations complémentaires multi milieux menées dans la région de Pontgibaud du 12 au 14 avril 2010 avec les objectifs détaillés suivants :

- investigations sur les sols des deux secteurs habités de Pontgibaud stade et de La Bantusse (à l'aval hydraulique de Roure-les-Rosiers), en vue :
 - de cerner l'étendue des pollutions découvertes par GEODERIS,
 - de quantifier les niveaux de contamination rencontrés ;
- actualisation des données sur la qualité des eaux et sédiments de la Sioule avant le démarrage des travaux de réhabilitation des sites de dépôts de résidus (point zéro) ;
- caractérisation complète de la retenue d'eau de la laverie des Rosiers et de la sortie d'eau de mine de Barbecot ;
- compléments de caractérisation des stériles de mine de la Mine de Roure, devant être réemployés comme matériaux de couverture dans la réhabilitation des dépôts de résidus.

2. Résultats des caractérisations sur les sols

2.1. RAPPEL DES ENJEUX

Les observations et les mesures faites sur le terrain montrent que la pollution en plomb et arsenic, principaux éléments problématiques, est mobilisable sur des distances importantes. Les matériaux contaminés sont facilement entraînés en surface par érosion hydrique et ils peuvent affecter les sols des parcelles contiguës aux dépôts, voire au-delà. Ils ont aussi été réutilisés comme remblais dans les chemins ou les cours d'habitations dans la ville de Pontgibaud et aux alentours.

Les données existantes principalement fournies par l'étude GEODERIS de 2008, permettent de caractériser avec une relative bonne précision les résidus de laverie, (c'est-à-dire les **sources primaires de pollution**) ainsi que certains sols affectés par ces dépôts, mais elles ne permettent pas de cerner avec précision **l'étendue des zones contaminées** ni d'identifier clairement **les enjeux humains** à protéger (Cottard, 2009).

Sur la base de ce constat, les deux sites de Pontgibaud stade et Roure Les Rosiers ont été sélectionnés car considérés comme « sensibles », principalement à cause de la proximité d'habitations et de jardins potagers. Deux secteurs particuliers ont donc été considérés (voir cartes de l'annexe 1) :

- à Pontgibaud, les habitations avec jardins potagers situées directement au sud du stock de résidus ainsi que les installations du centre sportif (sous couche du stade construite avec les résidus) ;
- le secteur habité à l'aval du site des Rosiers (hameau de La Bantusse près de la D986) est directement affectés par le transport hydrique des résidus en provenance des anciens bassins de décantation via le ruisseau de la Veyssière.

Dans ces deux secteurs, les modes de contamination peuvent être liés à des expositions directes (inhalation de poussières chargées en polluant, ingestion de terre ou d'eau polluée) ou indirectes (ingestion de produits de consommation susceptibles d'être eux même pollués).

2.2. MÉTHODOLOGIE

Sur chacun des deux secteurs sensibles de Pontgibaud et La Bantusse, il a donc été prévu de réaliser une campagne de caractérisation des sols en couplant :

- des mesures de terrain (par analyses *in situ* de fluorescence X portable) qui permettent au moindre coût de couvrir la plus grande surface possible avec le maximum de points de mesure ;
- à des prélèvements d'échantillons pour analyse chimique en laboratoire focalisés sur les points à fortes concentrations (« hot spot ») en plomb et/ou arsenic.

2.2.1. Mesures sur site au moyen d'une fluorescence X portable

Les caractéristiques de l'appareil utilisé correspondent au spectromètre portable de fluorescence X de type NITON®Lt792WY. Les mesures ont concerné les éléments suivants : As, Sb, Sn, Sr, Rb, Pb, Zn, Fe, Mn, Cr, V, Ti, Ca, K.

Les résultats d'analyse obtenus à l'aide du spectromètre portable de fluorescence X sont exprimés en mg par kg d'échantillons humides (mesures *in situ*) contrairement aux données d'analyses chimiques (spectrométrie d'absorption atomique ou ICP) où les données sont exprimées en poids sec après un séchage à 105 °C. Il convient aussi de rappeler qu'il s'agit de mesures de surface qui permettent d'estimer les teneurs en polluant directement mises en jeu en cas d'exposition directe de la cible avec le solide contaminé (résidu minier, sol).

La campagne de terrain a été effectuée par le spécialiste de la mesure NITON® du BRGM, accompagné du responsable BRGM de l'opération. Le positionnement des points de mesure géoréférencés est présenté sur les cartes de l'annexe 1. Les résultats de mesures sont, quant à eux, reportés en annexe 2 avec les paramètres de fonctionnement. Les diagrammes binaires de corrélation entre les mesures NITON et les résultats d'analyses ICP-AES pour les principaux éléments recherchés (As, Pb, Zn, Cd) ont été inclus dans le texte (figure 2).

Il est souligné ici que l'utilisation de cette méthode nécessite de prendre connaissance de certaines limites liées au fonctionnement de l'appareil, notamment pour les éléments suivants :

- le surdosage de l'arsenic par les très fortes teneurs en plomb ;
- l'impossibilité de doser le chrome à cause de problèmes d'interférence entre les raies émises ;
- un certain nombre d'artéfacts liés à la nature du matériau analysé et au mode de mesure (présence d'humidité, granulométrie trop importante, temps de mesure).

Nous rappelons que cette méthode d'analyse doit être considérée comme un outil permettant de dégrossir le travail d'investigation sur les sols en délimitant les zones impactées et en hiérarchisant leur degré de pollution. L'avantage de la technique repose sur le grand nombre de mesures qu'elle permet d'effectuer en un temps limité et au moindre coût. La connaissance précise de la teneur en polluant en un point donné ne pourra de toute façon passer que par une véritable analyse en laboratoire.

2.2.2. Analyses de laboratoire

Pour les solides, les analyses de laboratoire ont été réalisées par des méthodes classiques de type ICP/AES et Adsorption Atomique selon les protocoles en vigueur.

2.3. RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

2.3.1. Secteur de Pontgibaud stade

a) Contexte

Des mesures sur la qualité des sols ont été réalisées en 2008 par GEODERIS près des infrastructures sportives communales (stade de foot et gymnase) directement contiguës au dépôt de résidus de l'ancienne laverie de Caravaux. Les résultats ont montré des concentrations en plomb et arsenic nettement supérieures au fond géochimique (entre 1 345 et 2 259 ppm pour le plomb et jusqu'à 800 ppm pour l'arsenic) et imputables à la proximité des résidus de lavage voire à leur réemploi dans les travaux de terrassement (sous couche du terrain de foot par exemple et remblayage des chemins d'accès) ou dans les constructions d'habitations (crépis des maisons faits avec sable des résidus).

Les investigations menées dans le cadre de notre étude ont, par contre, essentiellement porté sur le secteur habité de part et d'autre de la départementale D941 (figure 1 et carte de l'annexe 1) et en particulier sur l'état des sols de plusieurs parcelles, cours de maison et potagers.

26 points de mesure ont été réalisés sur ce secteur et 5 échantillons prélevés pour analyses chimique en laboratoire. Deux mesures ont aussi été réalisées à titre indicatif sur les crépis d'habitation. Les résultats sont rassemblés dans les tableaux 1 et 2 et ainsi que dans l'annexe 2 de ce document.

b) Résultats

À partir de l'examen du tableau de l'annexe 2 représentant les résultats des 26 valeurs mesurées dans le secteur habité de part et d'autre de la départementale D941, il est possible de souligner les points suivants :

- on observe une assez bonne corrélation entre les valeurs obtenues sur le plomb et celles mesurées sur l'arsenic (maxima/minima) ;
- l'ensemble du secteur investigué est contaminé en plomb et arsenic dans la tranche de sol superficiel avec les résultats suivants :
 - . 4 teneurs dépassent 1 % en Pb (avec maxi 4,5 %) dont 2 sont supérieures à 1 000 ppm d'As (maxi 2 500 ppm),
 - . 4 valeurs sont inférieures à 0,1 % de plomb correspondant à 4 mesures inférieures à 100 ppm d'arsenic,
 - . le reste des résultats s'échelonne entre 0,1 et 1 % en plomb (18 valeurs) correspondant à autant de valeurs en arsenic comprises entre 100 et 1 000 ppm (16 mesures concentrées entre 100 et 500 ppm) ;

- les trois mesures effectuées sur les crépis extérieurs d'habitation (voir annexe 2) montrent des teneurs comprises entre 0,07 et 0,12 % de plomb, ce qui semblerait indiquer la réutilisation des sables des dépôts de résidus à des fins de construction.

Les observations de terrain révèlent que les sols ont une composition très variable passant d'un faciès sablonneux gris à jaune similaire aux résidus du dépôt de l'ancienne laverie à des faciès gris noir localement enrichi en humus ou en fragments de scories. Les fortes concentrations en plomb et arsenic se trouvent indistinctement dans les deux types de faciès rencontrés.



Point de mesure STD09 dans cours de maison avec enfants (faciès sablonneux)



Point de mesure STD33 fortement pollué dans cours d'habitation (7 % Pb et 1 200 ppm As dans faciès gris noir)

Figure 1 - Ponts de mesure à l'aide de la fluorescence X portable dans le secteur habité de Pontgibaud situé au sud du dépôt de résidus et de part et d'autre de la départementale D941.

Les résultats d'analyses chimiques sur les 5 échantillons de sol sélectionnés à partir des mesures de fluorescence X sont représentés dans le tableau 1 suivant.

Élément	Unité	Limite de détection	PONSTD07	PONSTD10	PONSTD14	PONSTD30	PONSTD33
			Cour maison secondaire	Cour maison habitée avec enfants	Cour deuxième maison secondaire	Potager devant grand bâtiment habité	Cour intérieure grand bâtiment
As (Arsenic)	mg/Kg	20	371	297	699	361	1265
Ba (Baryum)	mg/Kg	10	3952	3348	3276	2004	23990
Bi (Bismuth)	mg/Kg	10	56	35	26	21	< LQ
Cd (Cadmium)	mg/Kg	2	7	4	< LQ	4	11
Co (Cobalt)	mg/Kg	5	27	24	11	33	27
Cr (Chrome)	mg/Kg	10	69	84	60	88	72
Cu (Cuivre)	mg/Kg	5	204	133	234	213	1162
Fe (Fer)	%	0,02	5	4,1	1,8	5,3	14
Mn (Manganèse)	%	0,01	0,05	0,06	0,01	0,11	0,08
Ni (Nickel)	mg/Kg	10	48	33	20	49	84
Pb (Plomb)	mg/Kg	10	17960	5064	16308	7948	69620
Sb (Antimoine)	mg/Kg	10	246	91	173	178	2032
Zn (Zinc)	mg/Kg	5	2499	963	748	1039	22840

Tableau 1 - Résultats des analyses chimiques réalisées sur les échantillons sélectionnés de sol du secteur de Pontgibaud.

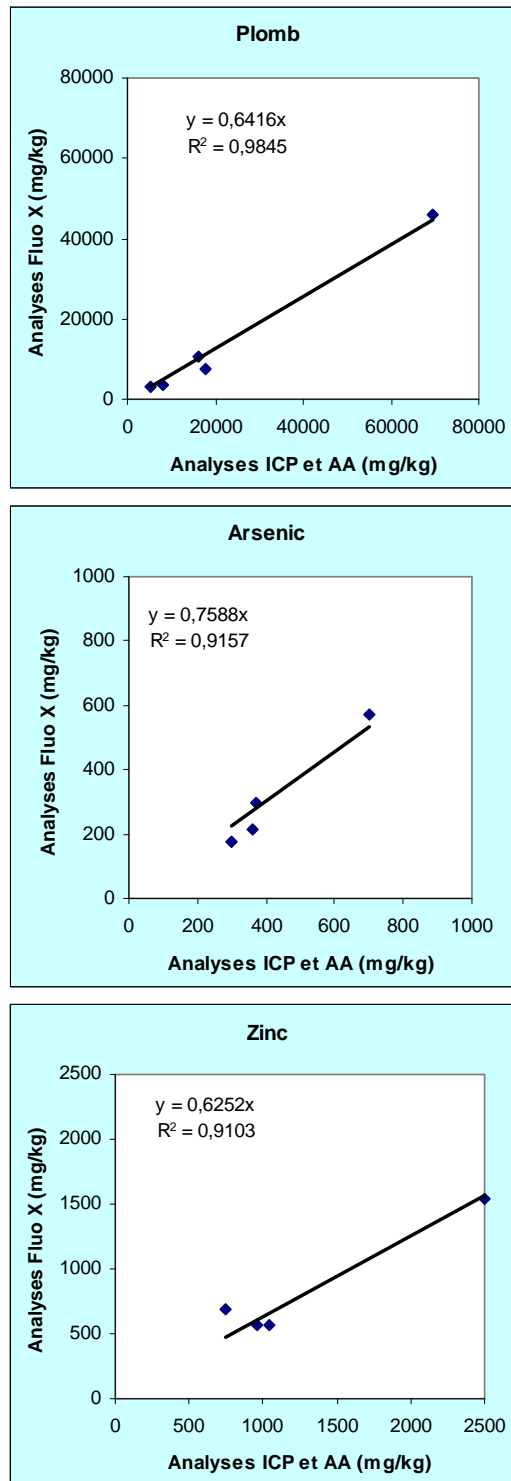


Figure 2 - Diagrammes de corrélations binaires établis pour le plomb, l'arsenic et le zinc à partir des analyses de Fluorescence X portable et ICP en laboratoire.

Ces analyses confirment les concentrations élevées en arsenic, plomb, barium et zinc dans les sols superficiels du secteur investigué. Le point le plus contaminé (STD33) avec 7 % de plomb, 1 265 mg/kg d'arsenic, 2,4 % de barium et 2,2 % de zinc est situé au sud du secteur investigué, dans une cour d'immeuble et en limite nord de l'enceinte de l'ancienne usine métallurgique du XIX^e siècle (voir figure 1 et carte de l'annexe 1).

c) Comparaison des résultats

La comparaison des résultats entre les deux modes d'analyses successivement pour le plomb, l'arsenic et le zinc est présentée sous forme de graphique sur la figure 2 ci-dessous.

Ces résultats montrent un assez bon degré de corrélation pour le plomb (coefficient de 0,98), légèrement moins bon pour l'arsenic et le zinc (coefficient de 0,91). Le décalage observé entre les valeurs mesurées par fluorescence X et celles obtenues en laboratoire (pentes de droite de calibration inférieures à 1 avec 0,64 pour le plomb, 0,75 pour l'arsenic et 0,62 pour le zinc) souligne une sous-estimation significative des teneurs mesurées sur le terrain : 36 % pour le plomb, 25 % pour l'arsenic et 38 % pour le zinc). D'une manière générale, ces résultats sont moins bons que ceux obtenus par GEODERIS en 2008 avec les mêmes techniques d'analyse (GEODERIS, 2008) sans que l'on puisse expliquer clairement l'origine du décalage (incidence des fortes concentrations du point STD33 ?).

2.3.2. Secteur de La Bantusse

Dans le cadre du travail réalisé en 2008 par GEODERIS, une contamination importante liée à ces décharges de matière particulaire a notamment pu être mise en évidence au niveau des zones de prairies située en bordure du ruisseau de la Veyssière, en aval du dépôt de Roure-les-Rosiers.

Les résultats des mesures effectuées à l'aide de la fluorescence X portable (NITON) sont figurés sur la carte de l'annexe 1 et dans le tableau de l'annexe 2. Une seule valeur dépasse 1 % en plomb correspondant à 735 ppm d'arsenic (PONBAN26). Ce point correspond au sol de la prairie dont les fortes concentrations sont à mettre en relation avec des épisodes de débordement du ruisseau.

Les autres mesures effectuées autour des habitations ainsi que dans un potager montrent des concentrations comprises entre 0,1 et 0,5 % de plomb et 100 et 500 mg/kg d'arsenic, valeurs proches du fond géochimique naturel local.

La mesure faite sur le crépi extérieur de l'habitation principale du hameau en bordure du chemin d'accès à la mine (cf. annexe 2) montre également la présence de plomb (0,37 %) et d'arsenic (190 ppm) provenant probablement de la réutilisation des sables des résidus à partir des dépôts tout proches.

3. Résultats des caractérisations effectuées sur la Sioule et ses affluents

3.1. RAPPEL DES ENJEUX

La Sioule constitue **le récepteur régional** des contaminations issues de l'érosion et du lessivage des dépôts de résidus situés sur ses berges (Pontgibaud, Barbecot, Pranal) ou le long de certains de ses affluents (Roure-les-Rosiers).

Il est important de souligner ici que cette contamination s'effectue essentiellement **sous forme particulaire**, c'est-à-dire que, parallèlement à l'entraînement mécanique de fractions granulométriques fines à ultrafines, les contaminants métalliques au préalable dissouts sont plus ou moins adsorbés sur des particules ou colloïdes de natures diverses (oxyhydroxydes de fer, argiles, matière organique..) transportées par les eaux d'écoulement. On notera également que **ces émissions existent depuis plus 150 ans** et qu'elles ont contribué à l'envasement de certains ruisseaux (par exemple le ruisseau de la Veyssière sur Roure-les-Rosier) et, à plus grande échelle, à l'accumulation de sédiments bien visibles dans les zones de dépôts préférentiels de la Sioule (méandres et zones de chute du courant).

L'objectif poursuivi par cette campagne de caractérisation concerne l'actualisation des données sur le système fluvial de la Sioule en amont et à l'aval de Pontgibaud et, en préalable, aux travaux de réhabilitation et de mise en sécurité prévus sur les sites de dépôts de résidus.

Nous rappelons que les mesures et analyses réalisées correspondent à une investigation ponctuelle (2 jours sur l'année) et qu'à ce titre, elles **ne peuvent être représentatives de la qualité de l'eau et des sédiments** de cette rivière sur l'ensemble de l'année.

3.2. RÉSULTATS DES CARACTÉRISATIONS ANTÉRIEURES

Les données antérieures disponibles, relatives à la qualité des eaux et des sédiments de la Sioule sont les suivantes :

a) Eaux superficielles

- 3 analyses d'eau réalisées en 1995 par ANTEA pour le compte du Syndicat Mixte pour l'Aménagement et le Développement des Combrailles qui montrent l'absence de contamination à l'aval hydraulique du système terril/bassin de décantation de Pranal (ANTEA, 1995) ;
- 10 analyses d'eau effectuées par en 2005 par GEODERIS dont 3 prélèvement concernant le secteur de Barbecot et le reste focalisé sur le secteur de Roure-les-

Rosiers (2 écoulements gravitaires en sorties d'anciens ouvrages miniers et 5 analyses sur les ruisseaux de Faye et de la Veyssière) ;

- 3 échantillons analysés en 2008 par GEODERIS (1 sur le ruisseau de la Veyssière et 2 sur la Sioule : Pontgibaud stade et pont de Pranal).

Seuls les 2 prélèvements effectués par GEODERIS sur les sorties d'eaux d'anciens travaux miniers sont contaminés en éléments dissouts (surtout Zn et As). Peu ou pas de ces éléments ne sont retrouvés dans les ruisseaux à l'aval (concentration de 127 µg/l en arsenic analysée à l'amont de la Veyssière). Ces résultats attestent qu'en période calme (hors intempéries et ruissellements importants), l'essentiel des métaux et métalloïdes dissouts sont adsorbés sur des particules (oxyhydroxides, argiles, matière organique...) qui sédimentent rapidement. Malheureusement, aucune information concernant la qualité des sédiments n'a pu être obtenue à l'époque de caractérisation des eaux.

b) Sédiments

Seules deux analyses de sédiments réalisées par ANTEA en 1995 sont disponibles. Elles correspondent à un prélèvement en amont du site de Barbecot et d'un échantillon à l'aval du bassin de décantation de Pranal.

Les résultats montrent l'impact des dépôts pour les principaux éléments qui nous intéressent puisque d'amont en aval, la concentration en plomb triple et passe de 466 mg/kg à 1 204 mg/kg, celle en baryum est multipliée par 4 (698 à 2 316 mg/kg) alors que la teneur en arsenic ne varie que faiblement (110 à 164 mg/kg).

Quant aux bryophytes analysés par ANTEA, ils montrent des teneurs en plomb (60 à 260 g/t), zinc (1 000 à 2 000 g/t), cadmium (7 à 27 g/t), et arsenic (18 à 29 g/t) qui dénotent indéniablement une pollution du milieu (GEODERIS, 2005).

3.3. MÉTHODE

Actualiser la connaissance de la qualité des eaux et sédiments de la Sioule nécessite de coupler une analyse d'eau et une de sédiments en un même point de prélèvement et sur l'ensemble du système de drainage potentiellement affecté par les sites de dépôts. Plus précisément l'étude documentaire a proposé d'effectuer les prélèvements suivants :

- en amont de la confluence du ruisseau de la Veyssière avec la Sioule dans le secteur du hameau de La Bantusse) et en amont et aval sur cette même rivière (voir carte de localisation annexe 3) ;
- en amont et aval immédiat de chacun des autres sites de stockage (Pontgibaud, Barbecot et Pranal) sur la Sioule (voir carte de localisation annexe 3).

Les prélèvements d'eaux ont été réalisés selon les protocoles de qualité en vigueur (filtration sur eau brute, acidification pour analyses de métaux en solution, chaîne du froid, etc.) et des mesures physico-chimiques systématiquement menées sur le terrain.

En ce qui concerne les sédiments, le mode de prélèvement a été effectué à l'aide d'une spatule sur des dépôts superficiels sous berge ou dans de petites anses en privilégiant les fractions granulométriques fines à très fines (limons) correspondant aux dépôts temporaires et mobilisables des particules ou matières en suspension.

Les échantillons d'eau ont été analysés dans les laboratoires du BRGM à Orléans par ICP/AES pour les cations et traces et par chromatographie ionique pour les anions.

3.4. RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

3.4.1. Eaux de surface

Dans le secteur de Roure-Les-Rosiers, en amont du district minier et de la rivière de la Sioule, le ruisseau de la Veyssière est le principal collecteur des sédiments et contaminants issus de l'érosion et du lessivage des anciens ouvrages miniers ainsi que des dépôts en surface (illustration 2).

Trois stations de prélèvement et de mesure ont été implantées : une sur la Veyssière et deux en rive gauche de la Sioule, à environ 50 m en amont et aval de la confluence avec le ruisseau de la Veyssière (voir carte annexe 3). Le tableau 2 ci-après rassemble les caractéristiques physico-chimiques des différents cours d'eau au moment des mesures. À noter que l'eau de la Veyssière est faiblement minéralisée et possède un pH neutre similaire à celui de la Sioule.

Point de prélèvement	pH	Conductivité $\mu\text{s}/\text{cm}$	Température $^{\circ}\text{C}$	Eh mv	Description
PONEAU03	7.76	110	5.3	154	Sioule amont confluence Veyssière
PONEAU02	7,50	88	6.3	76	Ruisseau de la Veyssière
PONEAU04	7.70	112	5.6	82	Sioule aval confluence Veyssière

Tableau 2 - Caractéristiques physico-chimiques des eaux du secteur de Roure-les-Rosiers.

Plus à l'aval, les eaux des deux stations suivantes respectivement à l'amont et l'aval du **secteur de Pontgibaud stade** avaient lors de leur prélèvement, les caractéristiques suivantes (tableau 3) :

Point de prélèvement	pH	Conductivité $\mu\text{s}/\text{cm}$	Température $^{\circ}\text{C}$	Eh mv	Description
PONEAU05	7,70	110	5,6	267	Sioule amont stade rive droite
PONEAU06	7,76	112	5,7	265	Sioule aval stade rive droite

Tableau 3 - Caractéristiques physico-chimiques des eaux du secteur de Pontgibaud stade.



Confluence du ruisseau de la Veyssière avec la Sioule
(rive gauche)



Sortie des eaux ferrugineuses de la galerie de Barbecot
(rive droite)

Figure 3 - Illustrations de quelques stations de prélèvements sur la Sioule en avril 2010.

Dans le secteur aval de Barbecot-Pranal, les eaux de la Sioule montrent une légère augmentation de conductivité (140 $\mu\text{s}/\text{cm}$) et un pH neutre relativement constant (tableau 4). Les eaux de la sortie de la galerie de Barbecot ont des caractéristiques plus contrastées (conductivité et température élevées, potentiel redox bas pour un pH neutre).

Point de prélèvement	pH	Conductivité $\mu\text{s}/\text{cm}$	Température $^{\circ}\text{C}$	Eh mv	Description
PONEAU07	7,50	140	6,8	115	Sioule amont Barbecot
PONEAU08	6,43	2120	13,5	34	Sortie galerie Barbecot
PONEAU09	7,6	145	7,2	87	Sioule aval Barbecot et amont Pranal
PONEAU10	7,65	145	5,0	128	Sioule aval Pranal Montfermy

Tableau 4 - Caractéristiques physico-chimiques des eaux du secteur de Barbecot-Pranal-Montfermy.

Sur l'ensemble de la zone d'étude, l'examen des résultats d'analyse (voir tableau 5 et figures 4 et 5) permet de souligner les points suivants :

- dans le secteur amont (Roure-Les-Rosiers), l'eau de la Sioule est faiblement minéralisée et présente des concentrations très faibles en métaux et arsenic et ce, jusqu'à la confluence avec le ruisseau de la Veyssière qui transporte l'essentiel des contaminants sous forme dissoute (19,8 $\mu\text{g}/\text{l}$ en As, 59,8 $\mu\text{g}/\text{l}$ en Pb, 0,46 $\mu\text{g}/\text{l}$ en Cd et 115 $\mu\text{g}/\text{l}$ en Zn, mais aussi Ni et Co). Cet apport génère un faible impact à l'aval de la confluence (PONEAU04) où les concentrations de tous les métaux sont rapidement diluées ;
- dans la partie centrale (Pontgibaud stade), l'eau de la Sioule présente une composition inchangée avec de très faibles concentrations en tous les éléments analysés que ce soit en amont ou en aval du dépôt de résidus ;

- dans la partie aval de Barbecot-Pranal-Montfermy (PONEAU07, 08 et 09), on note un enrichissement sensible de l'eau de la Sioule en arsenic (entre 6,2 et 6,5 µg/l), cadmium et zinc notamment.

Ces constats montrent que les concentrations en éléments indésirables sont très basses et satisfont aux limites de qualité des eaux brutes utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine (Annexe II de la circulaire du 11 février 2007). La qualité de l'eau du ruisseau de la Veysière fait exception et dépasse la limite de 50 µg/l fixée pour le plomb.

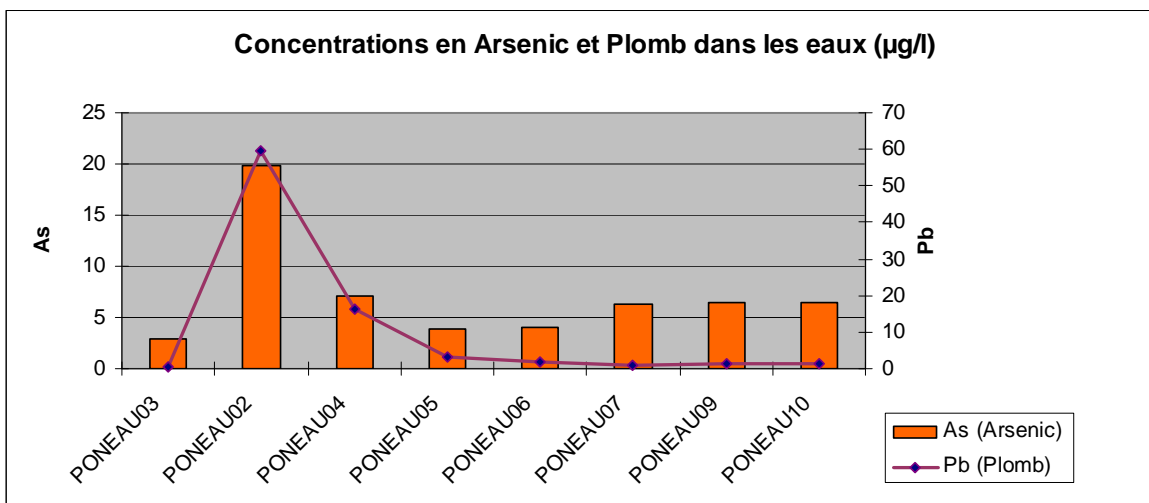


Figure 4 - Diagramme représentant les concentrations en plomb et arsenic dissouts dans les différents prélèvements d'eau effectués d'amont en aval sur la Sioule le 13 avril 2010.

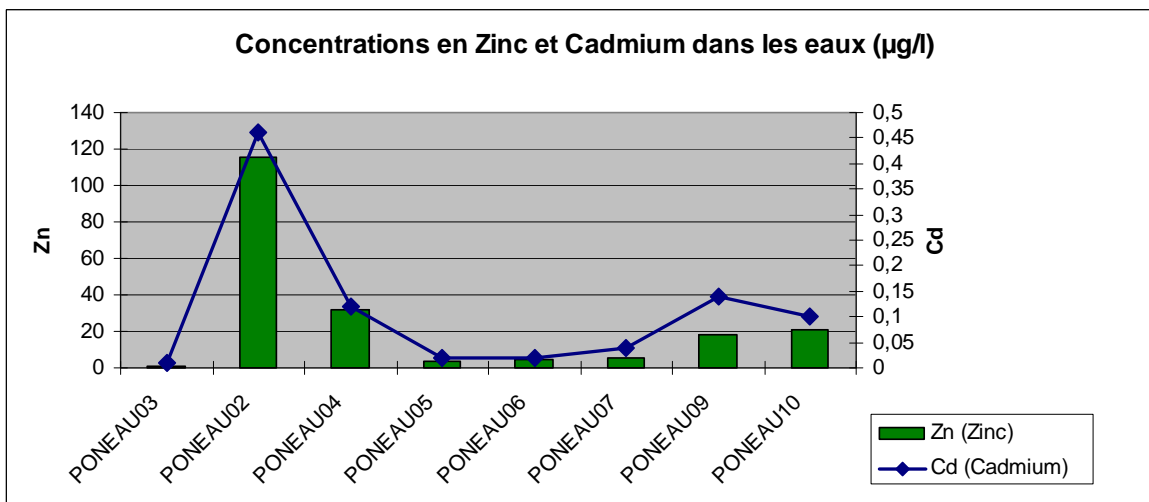


Figure 5 - Diagramme représentant les concentrations en zinc et cadmium dissouts dans les différents prélèvements d'eau effectués d'amont en aval sur la Sioule le 13 avril 2010.

Elément	Unité	Limite de détection	PONEAU01	PONEUA03	PONEAU02	PONEAU04	PONEAU05	PONEAU06	PONEAU07	PONEAU09	PONEAU10
			Eau du lac bleu COMIREX	Sioule amont Veyssièrè	Veyssièrè	Sioule aval Veyssièrè	Sioule amont stade	Sioule aval stade	Sioule amont Barbécot	Sioule aval Barbécot et amont Pranal	Sioule aval Pranal Montfermy
*Al (Aluminium)	µg/l	0,5	9,36	25,4	35,1	25,1	28,2	24,5	24,6	22,9	19,4
*As (Arsenic)	µg/l	0,05	1,29	2,92	19,85	7,14	3,93	4,06	6,26	6,5	6,41
*Ba (Baryum)	µg/l	0,05	98,94	21,54	38,27	26,56	24,34	23,67	22,02	23,52	25,03
*Cd (Cadmium)	µg/l	0,01	12,8	0,01	0,46	0,12	0,02	0,02	0,04	0,14	0,1
*Cu (Cuivre)	µg/l	0,1	2,07	0,46	1,69	0,77	0,58	0,65	0,66	0,75	0,81
*Fe (Fer)	mg/l	0,02	0,038	0,078	0,292	0,121	0,123	0,116	0,119	0,133	0,114
*Li (Lithium)	µg/l	0,1	5,13	2,07	2,35	2,1	1,99	1,95	1,95	6,96	6,26
*Mn (Manganèse)	µg/l	0,1	118,21	9,39	76,7	30,33	17,34	17,43	14,91	19,08	16,22
*Ni (Nickel)	µg/l	0,1	15,82	0,22	2,18	0,76	0,32	0,36	0,34	0,36	0,52
*Pb (Plomb)	µg/l	0,05	1631	0,57	59,79	16,18	3,16	2,03	1,12	1,34	1,23
*Sr (Strontium)	µg/l	0,1	47,06	90,24	57,32	82,7	90,67	91,63	90,39	93,4	89,41
*Zn (Zinc)	µg/l	0,5	1656	1,24	115,1	31,57	3,54	4,13	5,67	18,18	20,48
*Ca (Calcium)	mg/l	0,5	6,8	7,3	5,8	6,9	7,5	7,6	9,1	9,5	10
*Na (Sodium)	mg/l	0,5	3,6	6,1	4,2	5,6	7	7,2	9,2	10	9,4
*Cl (Chlorures)	mg/l	0,5	4,4	9,1	5,3	8,1	10,9	11,2	14,4	14,3	14
*Mg (Magnésium)	mg/l	0,5	2,3	2,9	2,5	2,8	3,1	3,1	3,9	4,1	4,3
*NO3 (Nitrates exprimés en NO3)	mg/l	0,5	0,5	5,3	5,8	5,6	5,5	5,5	5,7	5,7	5,9
*SO4 (Sulfates)	mg/l	0,5	34,1	3,1	7,8	4,3	3,4	3,5	5	5,3	5,7
HCO3 (Bicarbonates)	mg/l	5	7	48	42	37	42	44	50	55	54

Tableau 5 - Résultats des analyses chimiques réalisées en avril 2010 sur les eaux de surface du district minier de Pontgibaud.

L'examen des diagrammes des figures 4 et 5 montrent, sur l'ensemble des stations de prélèvement, une assez bonne corrélation entre les concentrations en éléments traces et en particulier entre le zinc et le cadmium, intimement associés au sein de la sphalérite des zones minéralisées (Cottard, 2009).

Le prélèvement amont a des concentrations faibles en tous les métaux à l'exception de l'arsenic et peut servir de référentiel pour les prélèvements effectués jusqu'à Montfermy.

3.4.2. Sédiments

La qualité des sédiments superficiels est étroitement associée à celle des eaux de surface ce qui signifie en d'autres termes que les contaminants dans la colonne d'eau dérivent la plupart du temps du substrat (matériaux sédimentés et mobilisables). Les prélèvements effectués pour cette caractérisation ont été effectués aux mêmes endroits que pour les eaux de surface. Les photographies de la figure 6 donnent un aperçu des différentes configurations de dépôts du substrat se présentant dans le lit de la Sioule.

Les résultats analytiques complets effectués en laboratoire sont rassemblés dans l'annexe 4.

D'une manière générale les limons échantillonnés présentaient une couleur variant entre le brun foncé et le beige clair dénotant un contenu variable en matière organique.

Les observations de terrain et l'examen du tableau 6 montrent que ce sont des matériaux essentiellement siliceux contenant fer (3 à 4 %) et aluminium (5 à 6 %). Le prélèvement PONSED03 effectué en amont sur la Sioule peut servir de référentiel pour le fond géochimique « sédiment » compte tenu de son contenu particulièrement faible en plomb, zinc, cadmium et arsenic caractéristiques des apports du district minier de Pontgibaud.

L'examen des résultats analytiques du tableau 6 et des diagrammes des figures 7 à 9 permet de souligner les points suivants :

- l'apport en matériaux contaminés du ruisseau de la Veyssière est important (> à 1 % en plomb et 737 mg/kg en arsenic) et affecte la Sioule immédiatement à l'aval de la confluence (PONSED04) ;
- le prélèvement amont (PONSED03), dépourvu de métaux (Pb, Zn, Cd) mais peut avec un fond significatif en arsenic (fond régional) peut servir de référentiel de qualité pour les prélèvements effectués à l'aval de la confluence de la Veyssière ;
- la concentration en arsenic demeure stable à partir de Pontgibaud, sans apport particulier en provenance des dépôts situés à l'aval (stade, Barbecot, Pranal et dépôts de stériles à l'aval de Pranal dans le secteur du Chalard) ;
- le zinc et le cadmium sont bien corrélés et les concentrations augmentent régulièrement à l'aval de Barbecot pour atteindre 4 mg/kg (Cd) et 450 mg/kg (Zn) à Montfermy, dénotant ainsi un enrichissement progressif de l'amont vers l'aval ;

- le chrome et le nickel demeurent stables d'amont en aval du secteur étudié de la Sioule soulignant une signature régionale probablement liée aux formations basaltiques affleurantes le long de la rivière.



Aspect de l'envasement du ruisseau de la Veyssière avec les matériaux entraînés à partir des dépôts de résidus du secteur de Roure-les-Rosiers



Accumulation de limons superficiels en amont de Pontgibaud stade (station PONSED05)



Accumulation de sédiments fins dans une anse de la Sioule à l'aval de Pontgibaud stade (station PONSED06)



Limons fins colorés sous eau à l'aval de Barbecot (station PONSED09)

Figure 6 - Photographies illustrant la variété de la disposition des sédiments fins superficiels dans le lit de la Sioule et de son affluent la Veyssière.

Elément	Unité	Limite de détection	PONSED03	PONSED02	PONSED04	PONSED05	PONSED06	PONSED07	PONSED09	PONSED10
			Sioule amont Veyssière	Veyssière avant confluence	Sioule aval Veyssière	Sioule amont stade	Sioule aval stade	Sioule amont Barbecot	Sioule aval Barbecot et amont Pranal	Sioule aval Pranal Montfermy
*Al (Aluminium)	%	0,02	6,4	5	5,62	6,66	6,11	6,37	6,09	6,45
*As (Arsenic)	mg/kg	5	90	737	320	108	110	132	127	99
*Cd (Cadmium)	mg/kg	0,3	0,3	3	1,1	1	1	1,9	2,5	4,1
*Cr (Chrome)	mg/kg	5	56	53	53	58	47	54	49	49
*Cu (Cuivre)	mg/kg	5	15	32	17	18	18	22	21	27
*Fe (Fer)	%	0,02	4	3,3	2,9	4,1	3,5	3,9	3,2	3,1
*P (Phosphore)	mg/kg	50	1263	762	743	1227	1198	1466	947	982
*Mn (Manganèse)	%	0,01	0,05	0,03	0,03	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03
*Ni (Nickel)	mg/kg	5	23	14	15	24	22	25	18	23
*Pb (Plomb)	mg/kg	5	74	10928	4031	464	383	381	1049	563
*Zn (Zinc)	mg/kg	5	103	516	244	206	201	214	345	450

Tableau 6 - Résultats des analyses chimiques réalisées en avril 2010 sur les sédiments de la Sioule et de son affluent : le ruisseau de la Veyssière.

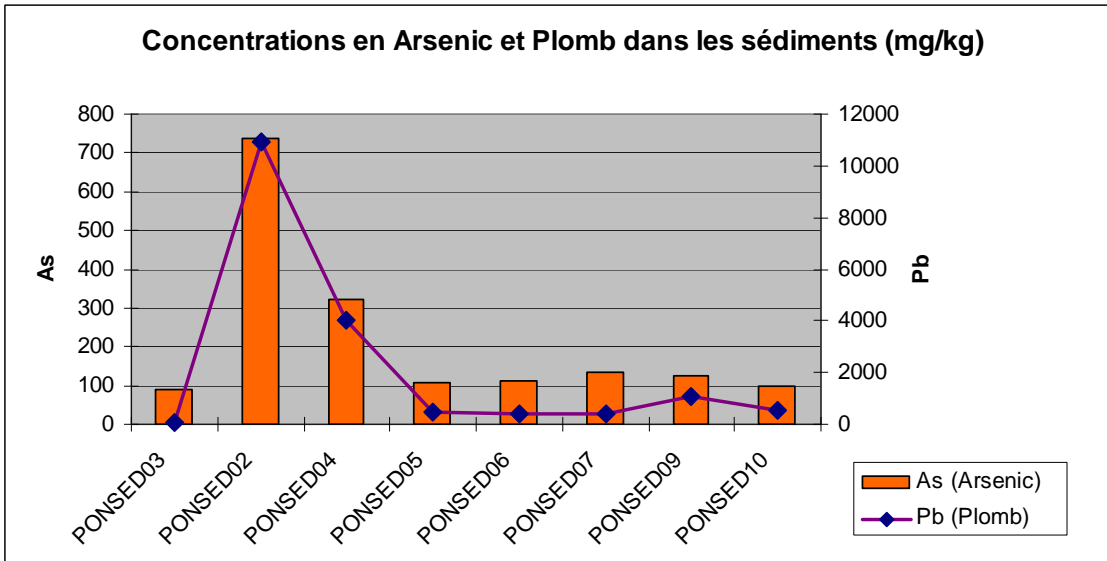


Figure 7 - Comparaisons des concentrations en arsenic et plomb dans les sédiments de la Sioule prélevés en avril 2010.

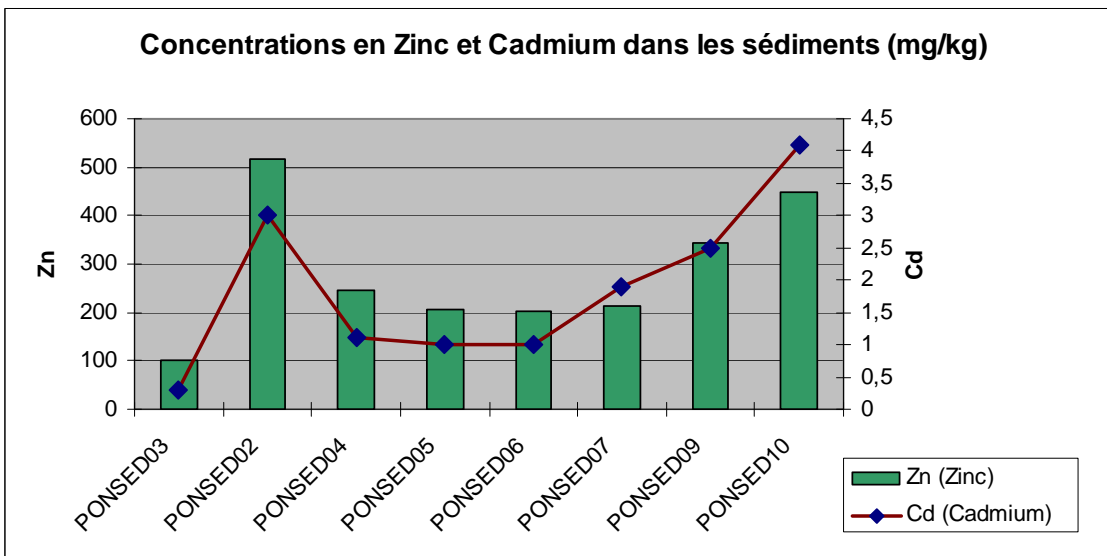


Figure 8 - Comparaisons des concentrations en zinc et cadmium dans les sédiments de la Sioule prélevés en avril 2010.

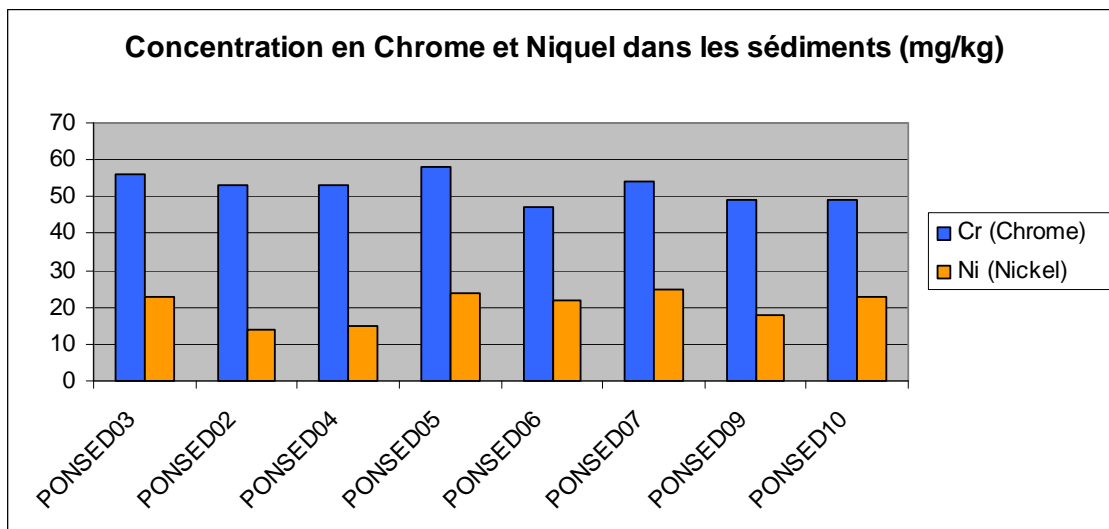


Figure 9 - Comparaisons des concentrations en chrome et nickel dans les sédiments de la Sioule prélevés en avril 2010.

3.5. RÉSULTATS DES CARACTÉRISATIONS PARTICULIÈRES

En complément des prélèvements effectués sur la Sioule, deux caractérisations d'eaux ont été réalisées à Rosier et à Barbecot (figure 10) :

- à Rosier, il s'agissait de connaître la composition de l'eau de la retenue (« lac bleu ») en vue d'une vidange prévue dans le programme de réhabilitation du site ;
- à Barbecot, il était nécessaire d'analyser les eaux chargées en oxydes de fer et de couleur orangée en sortie de la galerie d'écoulement (signalée comme « suivant le filon » dans les archives, Rivot *et al.*, 1851).

3.5.1. Retenue d'eau de la laverie des Rosiers (COMIREX)

Lors de son prélèvement, les eaux de la retenue de la COMIREX (échantillon et mesures effectuées en surface) avaient un pH neutre de 6.9, une conductivité de 104 µs/cm et une température de 10 °C.

Faiblement minéralisée, cette eau est caractérisée par une concentration significative en cadmium (12 µg/l) ainsi qu'en plomb et zinc (1,6 mg/L) qui sont les seuls éléments notables issus du lessivage des résidus alentours. La concentration en arsenic est très faible (1,9 µg/L) ainsi que celle des autres polluants potentiels (Cu, sulfates, etc.) (voir tableau 5, p. 24), ce qui paraît normal au vu du pH mesuré et de l'absence de drainage acide.

Seules les concentrations en cadmium (12.8 µg/l) et plomb (1.6 mg/l) dépassent les limites de qualité des eaux brutes utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine fixées à 5 µg/l pour le cadmium et 50 µg/l pour le plomb (annexe II de la circulaire du 11 février 2007).



Retenue d'eau de la COMIREX (Les Rosiers)



Sortie d'eaux ferrugineuses galerie de Barbecot

Figure 10 - Caractérisations particulières des eaux sur les sites des Rosiers et de Barbecot.

Les recherches de réactifs résiduels de type xanthates ayant pu servir dans le procédé de flottation de la COMIREX pendant la deuxième guerre mondiale n'ont pas abouti. Les informations concernant la dégradabilité de ces composés organiques avec le temps permettent aujourd'hui de penser que ces réactifs chimiques ont disparu.

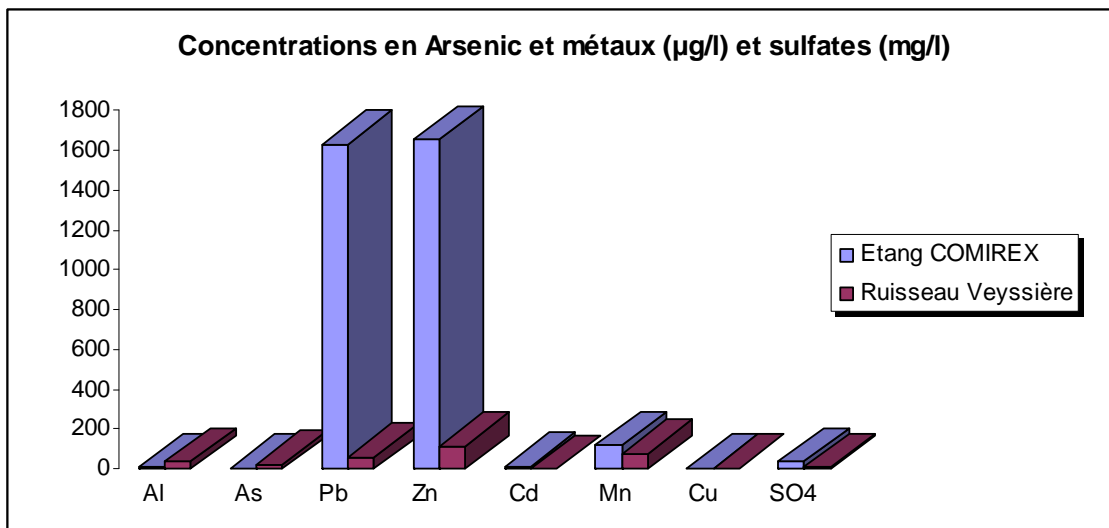


Figure 11 – Comparaison des concentrations en arsenic et principaux métaux ainsi qu'en sulfates dans les eaux de la retenue de la COMIREX et du ruisseau de la Veyssière.

La comparaison des concentrations en éléments traces entre l'étang et le ruisseau de la Veyssière (figure 11) souligne le contraste existant pour les teneurs en plomb et zinc dissouts. Dans le cadre de la réhabilitation du site, ce constat impliquera une gestion appropriée de la vidange de l'étang par exemple une vidange progressive évitant une pollution trop brutale de la Veyssière puis de la Sioule à l'aval.

3.5.2. Sortie d'eau de mine de Barbecot

Deux analyses d'eau (sortie de galerie en rive droite et eaux du puits Ste barbe) ont été effectuées en 2005. Leurs résultats ainsi que celui du prélèvement de 2010 sont présentés à titre comparatif dans le tableau 7 suivant. Les caractéristiques chimiques et physico-chimiques de cette eau d'écoulement de galerie est relativement constante avec le temps et montrent une bonne corrélation avec l'analyse effectuée en 2005.

Elément	Unité	Limite de détection	PONEAU08	PGD-10	PGD-2
			Eau de sortie de galerie BRGM 2010	Eau de sortie de galerie GEODERIS 2005	Eau du puits Ste Barbe GEODERIS 2005
*Al (Aluminium)	µg/l	0,5	17,8	<30	<30
*As (Arsenic)	µg/l	0,05	12,67	15	<10
*Ba (Baryum)	µg/l	0,05	126	118	83
*Cd (Cadmium)	µg/l	0,01	54,7	27	<2
*Cu (Cuivre)	µg/l	0,1	0,59	<2	<2
*Fe (Fer)	mg/l	0,02	10,3	9.00	1.35
*Li (Lithium)	µg/l	0,1	807	895	2307
*Mn (Manganèse)	µg/l	0,1	1890	1942	1788
*Ni (Nickel)	µg/l	0,1	15,31	12	<5
*Pb (Plomb)	µg/l	0,05	4,51	6	<2
*Sr (Strontium)	µg/l	0,1	735	711	1339
*Zn (Zinc)	µg/l	0,5	5356	3082	<5
*Ca (Calcium)	mg/l	0,5	221,9	196.3	238.4
*Na (Sodium)	mg/l	0,5	140,5	123.3	357
*Cl (Chlorures)	mg/l	0,5	46,9	43.4	131.6
*Mg (Magnésium)	mg/l	0,5	92,8	74.6	139
*NO3 (Nitrates exprimés en NO3)	mg/l	0,5	< LQ	<0.1	<0.1
*SO4 (Sulfates)	mg/l	0,5	60	51.5	51.7
HCO3 (Bicarbonates)	mg/l	5	1501	1503	2584

Tableau 7 - Résultats de la composition chimique de la sortie d'eau de la galerie sous terril de Barbecot et comparaison avec les analyses antérieures.

D'un pH neutre et fortement minéralisée, elle est enrichie en sels minéraux (bicarbonates, chlorures, sulfates) d'éléments alcalins (Ca, Na, Li) et en fer (10,3 mg/L) qui forme des floccs importants en sortie de galerie. Seuls le cadmium (54,7 µg/L) et le zinc (5,3 mg/L) sont présents parmi les polluants recherchés alors que l'arsenic et le

plomb sont en quantités très faibles, bien qu'en concentrations élevées dans les résidus stockés en surface.

Les données historiques attestent de la présence de plusieurs sources thermales dans le secteur de Barbecot – Péchadoire et les compositions chimiques des eaux présentées dans le tableau tendent à le confirmer. La galerie d'écoulement creusée au XIX^e siècle « suivant le filon de Barbecot » était conçue pour évacuer des eaux chargées en CO₂ rencontrées en grande quantité lors des travaux miniers et qui à de nombreuses reprises ont entravé la production de la mine (Lodin, 1892). À noter qu'à l'exception des concentrations en Cd et Zn, la qualité des eaux de sortie de la galerie en rive droite est comparable à celle des eaux du puits Ste Barbe en rive opposée.

L'absence dans l'eau de galerie d'arsenic et de plomb pourtant présents en quantité importante dans les dépôts de résidus sus jacents tendrait à confirmer l'origine thermale de ces eaux bi carbonatées enrichies en sels minéraux.

4. Compléments de caractérisation sur les stériles rocheux de la mine de Roure

4.1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

Plusieurs haldes de stériles de mines existent autour des anciens puits de la mine de Roure (secteur du Puits Anna et Puits Sainte-Marie en amont du vallon de la Veyssière et plus au sud, secteur du puits Taylor). Ces dépôts sont constitués par des matériaux rocheux altérés et friables de composition granitique ou micro granitique (couleur jaune à blanchâtre). Ils correspondent aux roches encaissantes faiblement minéralisées (en galène et autres sulfures) des zones filoniennes défilées sur la mine de Roure. Aujourd'hui, ces dépôts servent de pistes pour des activités de motocross et de quad.

Dans le cadre de la réhabilitation du site de Roure-les-Rosiers, il est prévu de réutiliser une grande partie de ces haldes comme matériaux d'appoint (merlon, couverture, fond d'ouvrage de stockage) dans les futures structures de confinement des résidus fins (Bellenfant, 2009). Les déblais du secteur du puits Sainte-Marie ont fait l'objet de seulement deux mesures analytiques en 2008 par GEODERIS qui a montré des teneurs significatives en arsenic et plomb (0,7 à 1,1 % de plomb et 700 à 1 300 ppm en arsenic). La conclusion était que ces roches renfermaient le même ordre de grandeur des teneurs en contaminants que les résidus issus des laveries (GEODERIS, 2008).

L'objectif poursuivi par cette campagne complémentaire est de vérifier l'ordre de grandeur des teneurs de ces matériaux naturels avant leur réemploi dans le réaménagement du site.

4.2. RÉSULTATS

La caractérisation de ces matériaux a été effectuée avec la même méthode que celle utilisée pour les sols du secteur de Pontgibaud stade, c'est-à-dire à l'aide d'un spectromètre de fluorescence X de type NITON (voir description au chapitre 2). Aucune analyse chimique n'a été réalisée pour contrôler les mesures faites car les investigations sur les terrils ont été réalisées à titre indicatif pour avoir une idée de teneur par rapport aux résidus.

Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau 8 suivant. Ils montrent la présence d'un « fond minéralisé » élevé en plomb (entre 4 000 et 7 000 ppm) et arsenic (entre 200 et 1 000 ppm) dans ces roches faiblement minéralisées provenant de l'encaissant immédiat des caisses filoniennes et du traçage des galeries de reconnaissance ou d'exploitation. À noter que de telles teneurs sont communes dans des roches contenant des minéraux similaires (galène, arsénopyrite, cuivres gris) à l'affleurement où elles contribuent dans cette région d'Auvergne au fond géochimique naturel élevé pour le plomb, le zinc, le cadmium et l'arsenic.

Par rapport aux concentrations mesurées dans les résidus en 2008 par GEODERIS au moyen du même type d'analyseur (fluorescence X portable NITON), on observe à quelques exceptions près, des teneurs deux à trois fois moins élevées dans les stériles pour le plomb et des teneurs globalement similaires pour l'arsenic.

À noter cependant une très forte teneur de 4,8 % en arsenic et 0,6 % en plomb détectée dans un faciès pulvérulent de couleur gris clair (ponrou44) affleurant sous couverture végétale en sommet de talus (cf. figure 12).

Echantillons	Sb	Sn	Ag	Sr	Rb	Pb	As	Zn	Cu	Fe	Mn
Unité	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
ponrou35	121	< LOD	< LOD	< LOD	137	4130	521	2009	53	14881	618
ponrou36	192	126	31	< LOD	151	6090	997	1241	88	28240	199
ponrou37	196	167	30	< LOD	142	7232	991	709	85	12568	< LOD
ponrou38	143	203	< LOD	< LOD	186	5332	909	605	76	14810	< LOD
ponrou39	113	112	< LOD	< LOD	127	5771	397	1576	< LOD	15765	202
ponrou40	< LOD	107	< LOD	< LOD	143	3246	227	1801	51	9594	< LOD
ponrou41	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	146	6160	492	745	< LOD	14146	145
ponrou42	158	138	< LOD	< LOD	159	4146	538	890	< LOD	15325	192
ponrou43	142	340	< LOD	< LOD	152	875	4413	94	137	27621	210
ponrou44	907	703	76	411	101	6214	48404	< LOD	< LOD	95345	< LOD

Tableau 8 - Résultats de fluorescence X portable obtenus sur les stériles des terrils du secteur des puits Anna et Sainte-Marie (ancienne mine de Roure) (LOD = seuil de détection).



Aspect d'un des terrils de stériles miniers du secteur du puits Anna (mine de Roure)



Faciès gris clair riche en arsenic PONROU44 (mine de Roure)

Figure 12 - Illustrations des stériles miniers de la Mine de Roure (secteur du puits Anna) et localisation du faciès pulvérulent riche en arsenic (près de 5 %).

5. Conclusions

Cette étude, réalisée avec l'objectif de compléter l'état des lieux sur les impacts environnementaux des sites contaminés de dépôt de résidus miniers de Pontgibaud, a consisté en plusieurs types d'investigations. Ceux ci ont porté :

- sur les sols des secteurs habités localisés près du site de Pontgibaud stade ainsi qu'à l'aval du site de Roure-les-Rosiers ;
- sur les eaux et sédiments de la Sioule, principal collecteur des contaminants d'origine minière depuis le milieu du XIX^e siècle ;
- sur une sortie d'eau de galerie (Barbecot), sur l'eau de la retenue de la mine des Rosiers ainsi que sur des déchets miniers (stériles de l'ancienne mine de Roure).

a) Sols des secteurs habités

Les résultats, obtenus à partir des investigations menées sur les sols à l'aide d'un équipement de fluorescence X portable, montrent que le secteur habité de « Pontgibaud stade » de part et d'autre de la D941 est contaminé par le plomb et l'arsenic provenant des anciennes activités minières et surtout métallurgiques.

Le niveau de contamination est élevé et probablement bien supérieur aux valeurs de référence locales qu'il s'agirait de déterminer pour les sols (fond pédogéochimique local). En effet, 80 % des valeurs mesurées sont supérieures à 0,1 % de plomb avec 15 % comprises entre 1 et 4,5 % du même métal. L'ensemble de ces concentrations sont étroitement corrélées à des valeurs en arsenic dix fois moins élevées.

Les analyses de contrôle en laboratoire montrent que les concentrations de terrain sont sous estimées d'environ 35 % pour le plomb et de 25 % pour l'arsenic à cause des limites du mode d'analyse utilisé (fluorescence X portable). Le point le plus contaminé renferme près de 7 % de Pb et 1260 mg/kg d'As.

Ce secteur habité présente donc des risques environnementaux par rapport aux usages constatés (utilisation des cours et potagers par les habitants). Seulement une dizaine de familles (dont une avec enfants en bas âge) est concernée par cette contamination historique des sols dans le secteur investigué, et des mesures d'information devraient leur être diffusées avec, éventuellement, une restriction des activités de jardinage voire de jeux des enfants dans les cours de certaines habitations. Nul doute que la zone contaminée s'étend plus au sud en direction du centre ville de Pontgibaud et, en particulier, dans le secteur des anciennes usines métallurgiques centré autour du vestige de l'ancienne cheminée et connu pour être fortement pollué.

Dans le secteur du **hameau de La Bantusse**, situé le long du ruisseau de la Veyssière à l'aval de l'ancienne mine des Rosiers, seule une concentration élevée en plomb et arsenic a été décelée dans la prairie le long du ruisseau. Cette anomalie est à mettre

en relation avec des épisodes de débordement du cours d'eau qui charrie les matériaux en provenance des terrils abandonnés à l'amont.

Les mesures effectuées par curiosité sur les crépis extérieurs des habitations à Pontgibaud ou à La Bantusse révèlent la présence significative de plomb et arsenic (jusqu'à 0,37 % en Pb) et confirment la réutilisation fréquente des sables des résidus miniers dans les constructions ou les infrastructures locales.

b) Eaux et sédiments de la Sioule

La caractérisation des eaux et sédiments de la Sioule et au sud, de son affluent La Veyssière, a été menée dans le but d'actualiser les données en vue de la prochaine réhabilitation des sites de stockage de résidus (point zéro).

Les résultats montrent qu'**au moment des prélèvements, les eaux de la Sioule étaient de bonne qualité** avec des concentrations très basses en arsenic et métaux, rapidement diluées à l'aval immédiat de la confluence du ruisseau de la Veyssière. Ce dernier constitue l'essentiel de l'apport en plomb et arsenic dissouts. Sur la base du débit évalué le jour du prélèvement (environ 20 l/s) et des concentrations analysées (20 µg/l pour l'arsenic et 60 µg/l pour le plomb), on estime les apports de la Veyssière à 13 kg/an en arsenic et à 40 kg/an en plomb. Ces charges en contaminants sont purement indicatives et peuvent varier quotidiennement et de façon très contrastée en fonction des caractéristiques physicochimiques, du débit et des concentrations. '

Par contre, et comme on pouvait s'y attendre, **l'impact** généré par les dépôts de résidus est **plus significatif sur la qualité du substrat formés par les limons superficiels**. Les teneurs en zinc et cadmium notamment, augmentent d'amont en aval alors que l'arsenic tend à diminuer et que les concentrations en plomb restent élevées (400 à 600 mg/Kg) après l'apport de la Veyssière (> à 1 % en Pb). Rappelons que **cette série d'analyses a été effectuée de façon ponctuelle**, sur 2 jours de l'année et que les résultats ne sont pas représentatifs sur l'ensemble des saisons, la qualité des sédiments changeant constamment avec le temps. Enfin, n'oublions pas que les données obtenues sont seulement indicatives en l'absence d'études plus poussées (granulochimie, extraction séquentielle, lixiviations, etc.) portant sur la biodisponibilité des contaminants.

Les capacités de dilution de la Sioule demeurent très fortes sur l'ensemble de l'année (débit moyen annuel de 7 m³/s) mais il existe un réservoir significatif de sédiments contaminés constitué par les activités minières passées et encore aujourd'hui alimentés par les phénomènes d'érosion des dépôts de résidus fins non réhabilités le long des berges. Ces dépôts de résidus constituent autant de sources diffuses de contamination où l'érosion est un des acteurs essentiels. La remise en suspension des fractions fines durant les épisodes de crues peuvent provoquer des dommages notables à la vie aquatique et également contaminer plus à l'aval les zones basses inondables utilisées pour l'agriculture par exemple.

On notera enfin **l'absence de drainage acide** sur les sites de stockage, que ce soit dans l'eau de la retenue de la COMIREX (fortement chargée en plomb et zinc), dans

l'eau du ruisseau de la Veyssière, ou encore celle à la sortie de galerie de Barbecot, d'origine thermique. Les sulfures présents, essentiellement galène et sphalérite ne sont en effet pas réputés pour être des sulfures réactifs et acidogènes.

c) Les caractérisations sommaires, menées à l'aide d'une fluorescence X portable sur **les stériles rocheux de Roure** destinés à être réemployés dans les travaux de réhabilitation, ont confirmé la présence de fortes anomalies naturelles en plomb et arsenic et donc un fond géochimique local élevé dans les roches encaissantes des anciens filons minéralisés. Nous pensons cependant que les teneurs mesurées (en plomb notamment) autorisent leur réemploi comme matériaux d'appoint dans les ouvrages de stockage de résidus prévus dans le programme de réhabilitation. Cette utilisation aurait aussi l'avantage de concentrer dans un même site, une grande partie des déblais de mine minéralisés aujourd'hui dispersés dans le secteur de Roure et utilisés pour certaines activités de loisirs (moto cross).

6. Bibliographie

ANTEA (1995) – Réhabilitation des anciennes mines de Pranal (63). Diagnostic environnemental et pré-faisabilité du réaménagement. Rapport ANTEA A 03774.

Cottard F. (2009) – Synthèse documentaire sur le district plombo-argentifère de Pontgibaud (63) – Phase 1, rapport BRGM/RP-57862-FR, 33 p. 2 fig., 3 tabl., 2 Ann.

GEODERIS (2005) – Ouvrages débouchant au jour et résidus miniers des concessions de Barbecot, Combes et Roure (63) - état des lieux et propositions de mise en sécurité. GEODERIS-05-AUV-2101-R01/AD (fichier numérique).

GEODERIS (2008) – Évaluation du niveau de contamination des 4 secteurs de stockage de résidus miniers et de laverie du district de Pontgibaud (secteurs de « Pontgibaud stade », Roure-les-Rosiers, Barbecot et bassin de Pranal. GEODERIS-S 2008/85DE-08AUV3120 (fichier numérique).

Laperche V. (2005) – Évaluation des performances du spectromètre portable de fluorescence X Niton XL723S (au laboratoire et sur le terrain). Rapport BRGM n° RP-53377-FR.

Lodin M. (1892) – Étude sur les gites métallifères de Pontgibaud. *Ann. des Mines*, 9^{ème} série, T.1, p. 389-505 plus planches.

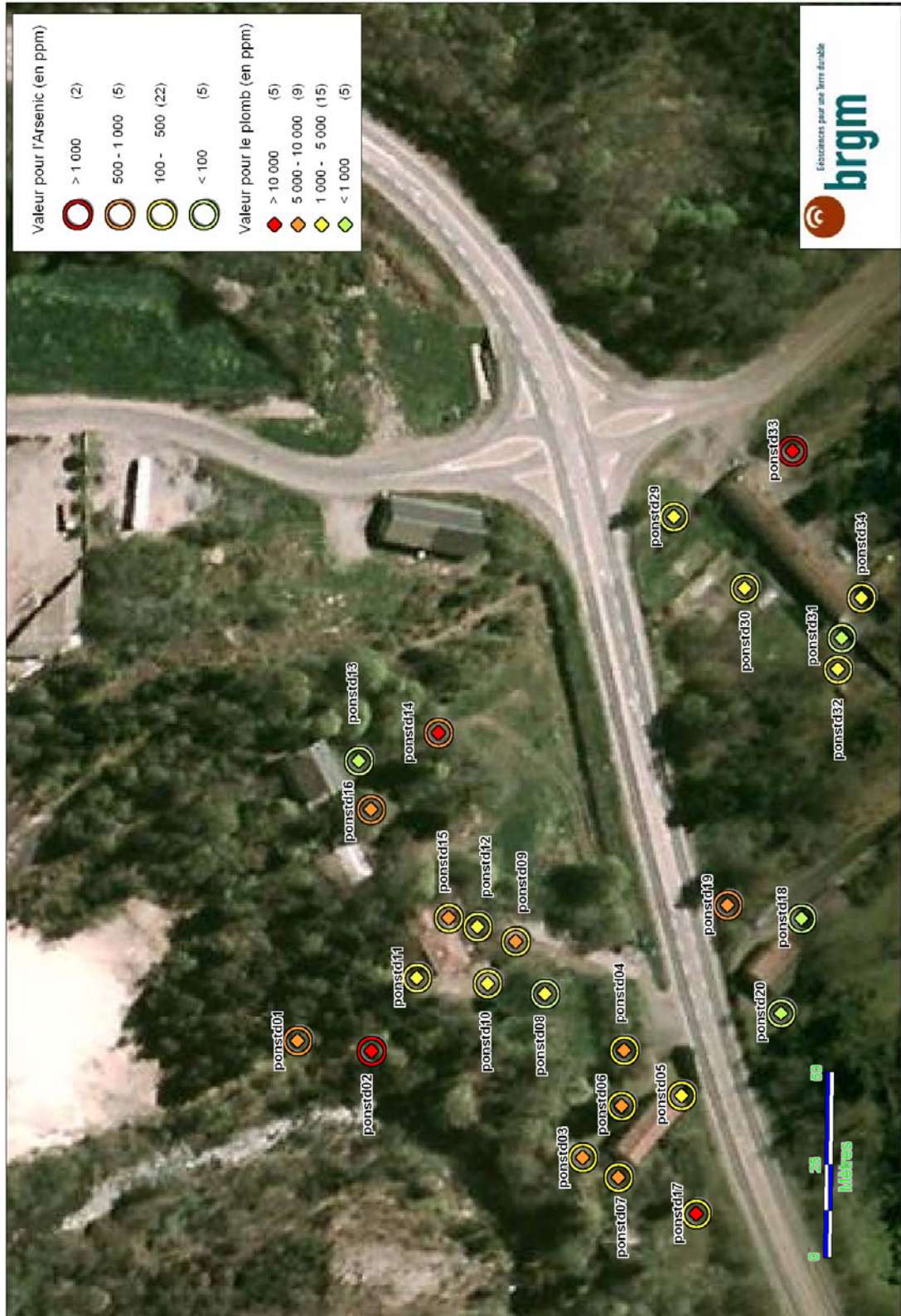
Marroncle J.L. (2004) – District plombo-argentifère de Pontgibaud (63). Concession de Barbecot, de Combes et de Roure : inventaire des vestiges miniers et préconisations de mise en sécurité. Rapport BRGM/RP-53513-FR.

Annexe 1

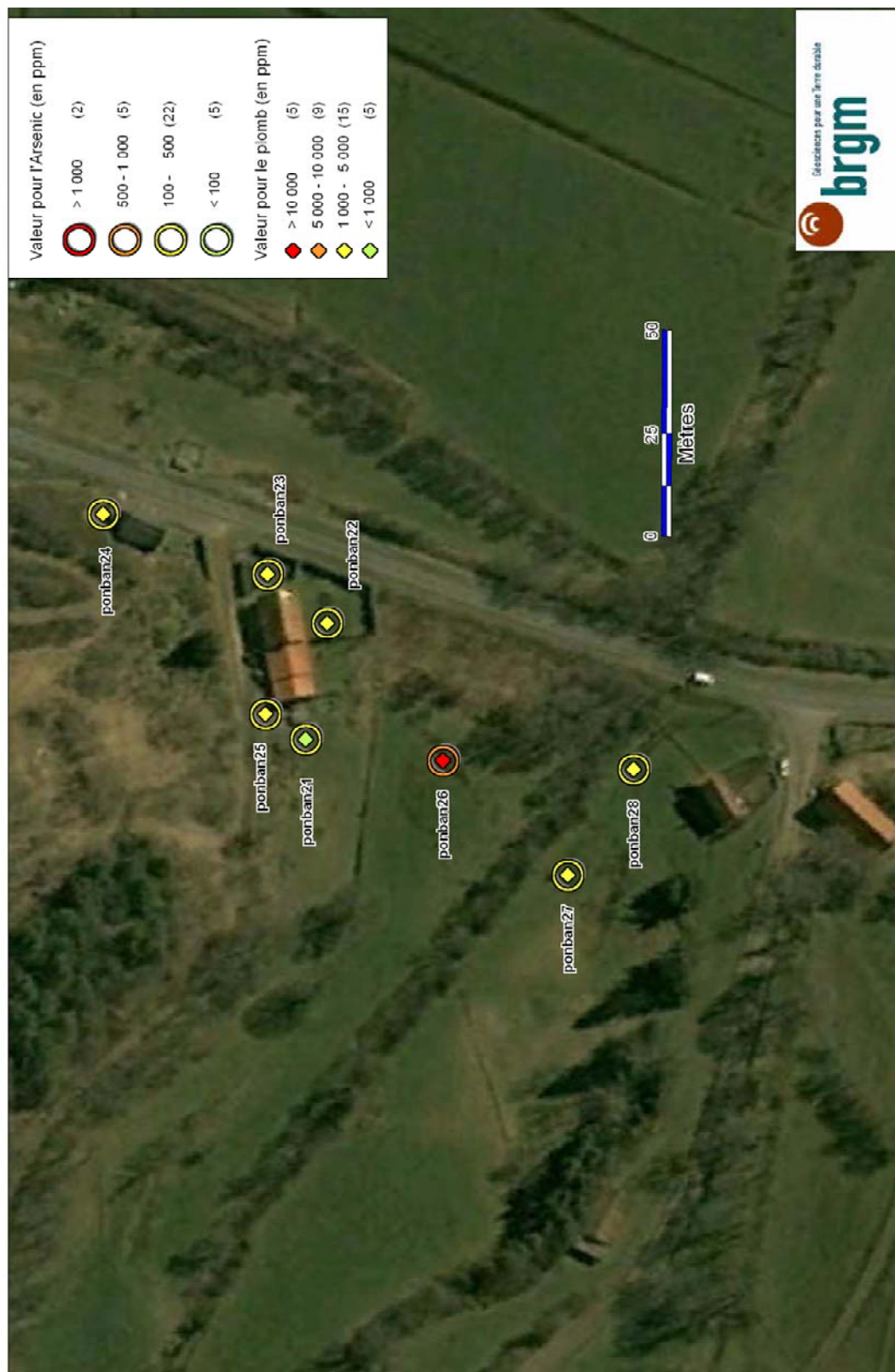
Cartes de localisation et de résultats des investigations sur les sols

Secteurs habités de Pontgibaud stade
et de La Bantusse

Localisation des mesures Niton pour l'arsenic et le plomb pour le secteur Pontgibaud-stadte



Carte des mesures Niton pour l'arsenic et le plomb sur le secteur de Roure-les-Rosiers



Annexe 2

Résultats des mesures de fluorescence X portable sur les sols

Secteurs habités de Pontgibaud stade
et de La Bantusse

Stériles rocheux de l'ancienne mine de Roure

Crépis extérieurs d'habitations

Analyses directes sur le sol (mode bulk)

Analyseur : XLt 792 WY

Temps de comptage : 60 secondes

Toute teneur - ou < E.T apparaît "< LOD"

Éléments en dessous de la limite de détection : Cd

Teneur en ppm

En vert : échantillon de sol prélevé

SAMPLE	Sb	Sn	Ag	Sr	Rb	Pb	As	Zn	Cu	Fe	Mn
PONTGIBAUD stade											
ponstd01	152	< LOD	44	< LOD	88	8581	547	874	45	10905	< LOD
ponstd02	353	< LOD	< LOD	265	44	21974	1368	9845	802	65733	1039
ponstd03	< LOD	< LOD	< LOD	50	27	7331	413	7135	341	46155	584
ponstd04	< LOD	< LOD	22	30	45	6975	348	1899	71	17305	228
ponstd05	< LOD	< LOD	< LOD	79	69	2150	129	512	48	24160	678
ponstd06	< LOD	< LOD	< LOD	88	79	5015	293	680	60	24364	572
ponstd07	< LOD	< LOD	< LOD	112	71	7478	299	1540	112	21500	612
ponstd08	< LOD	< LOD	< LOD	40	78	2471	98	381	64	17328	467
ponstd09	129	< LOD	23	< LOD	81	9280	466	580	< LOD	9063	< LOD
ponstd10	< LOD	< LOD	< LOD	68	74	2875	175	568	61	18837	365
ponstd11	< LOD	< LOD	< LOD	81	64	3756	225	786	68	18468	520
ponstd12	< LOD	< LOD	< LOD	112	54	1962	111	342	43	19305	604
ponstd13	< LOD	< LOD	< LOD	158	57	249	< LOD	97	< LOD	17094	330
ponstd14	175	< LOD	33	< LOD	80	10634	573	694	76	10071	< LOD
ponstd15	< LOD	< LOD	< LOD	72	68	6012	290	569	95	20076	465
ponstd16	119	< LOD	< LOD	< LOD	70	6940	511	692	65	13124	149
ponstd17	< LOD	< LOD	< LOD	151	94	11301	354	2052	211	40106	479
ponstd18	< LOD	< LOD	< LOD	197	42	977	73	129	< LOD	25370	577
ponstd19	< LOD	< LOD	< LOD	147	53	9938	585	1102	249	21255	486
ponstd20	< LOD	< LOD	< LOD	22	87	607	89	216	40	14462	362
LA BANTUSSE											
ponban21	< LOD	< LOD	< LOD	26	118	897	185	248	< LOD	29743	658
ponban22	163	< LOD	< LOD	31	112	1260	135	301	< LOD	22236	608
ponban23	216	92	< LOD	27	102	3574	265	315	< LOD	25403	503
ponban24	< LOD	< LOD	< LOD	51	83	1659	192	310	52	21168	709
ponban25	< LOD	< LOD	< LOD	52	56	1161	214	166	38	16451	317
ponban26	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	56	11620	735	302	42	10975	< LOD
ponban27	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	31	4461	342	188	< LOD	7060	150
ponban28	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	83	3556	289	169	< LOD	21504	566
PONTGIBAUD Stade											
ponstd29	< LOD	< LOD	< LOD	57	70	4661	180	666	89	20902	568
ponstd30	< LOD	< LOD	< LOD	64	107	3611	215	572	113	27969	753
ponstd31	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	92	358	77	124	< LOD	22202	473
ponstd32	< LOD	< LOD	< LOD	85	56	4009	314	533	41	17106	244
ponstd33	2436	180	77	217	39	45886	2505	12825	2035	104242	1114
ponstd34	< LOD	< LOD	< LOD	165	46	3480	190	604	137	23482	472
Stériles ROURE											
ponrou35	121	< LOD	< LOD	< LOD	137	4130	521	2009	53	14881	618
ponrou36	192	126	31	< LOD	151	6090	997	1241	88	28240	199
ponrou37	196	167	30	< LOD	142	7232	991	709	85	12568	< LOD
ponrou38	143	203	< LOD	< LOD	186	5332	909	605	76	14810	< LOD
ponrou39	113	112	< LOD	< LOD	127	5771	397	1576	< LOD	15765	202
ponrou40	< LOD	107	< LOD	< LOD	143	3246	227	1801	51	9594	< LOD
ponrou41	< LOD	< LOD	< LOD	< LOD	146	6160	492	745	< LOD	14146	145
ponrou42	158	138	< LOD	< LOD	159	4146	538	890	< LOD	15325	192
ponrou43	142	340	< LOD	< LOD	152	875	4413	94	137	27621	210
ponrou44	907	703	76	411	101	6214	48404	< LOD	< LOD	95345	< LOD

Crépis de murs extérieurs

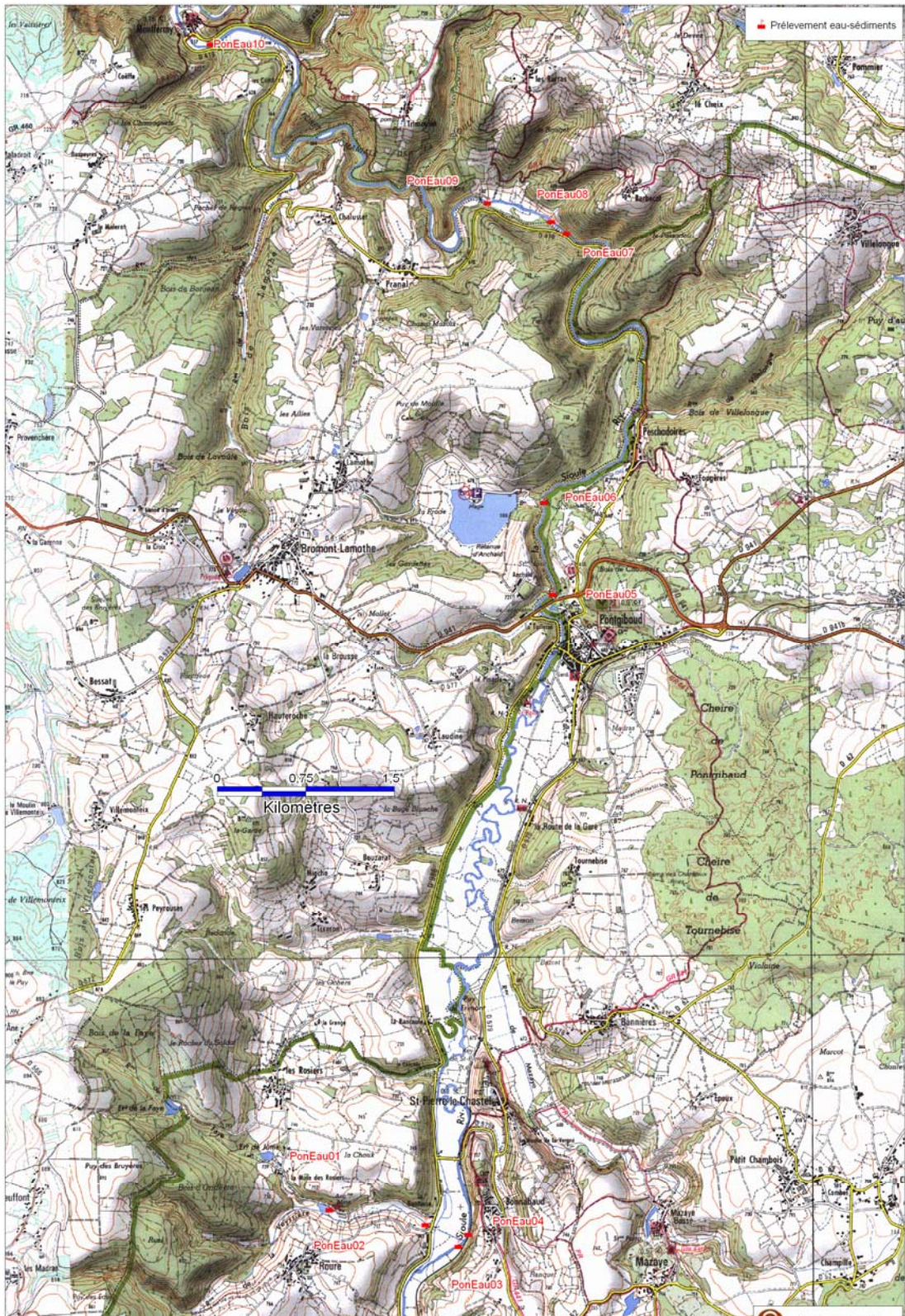
SAMPLE	Sb	Sn	Ag	Sr	Rb	Pb	As	Zn	Cu	Fe	Mn
ponstd10	131	96	< LOD	304	73	691	63	258	< LOD	8822	370
ponstd15	125	73	22	246	62	1285	137	350	< LOD	10469	399
ponban23	89	< LOD	< LOD	145	56	3762	190	421	< LOD	10399	291
ponstd32	< LOD	80	< LOD	402	57	710	101	137	< LOD	7494	275

maison avec enfants ancienne maison des ingénieurs
 petite maison accolée à la précédente
 maison en bordure de route et chemin d'accès à la mine
 ancien bâtiment administratif reconverti en logements

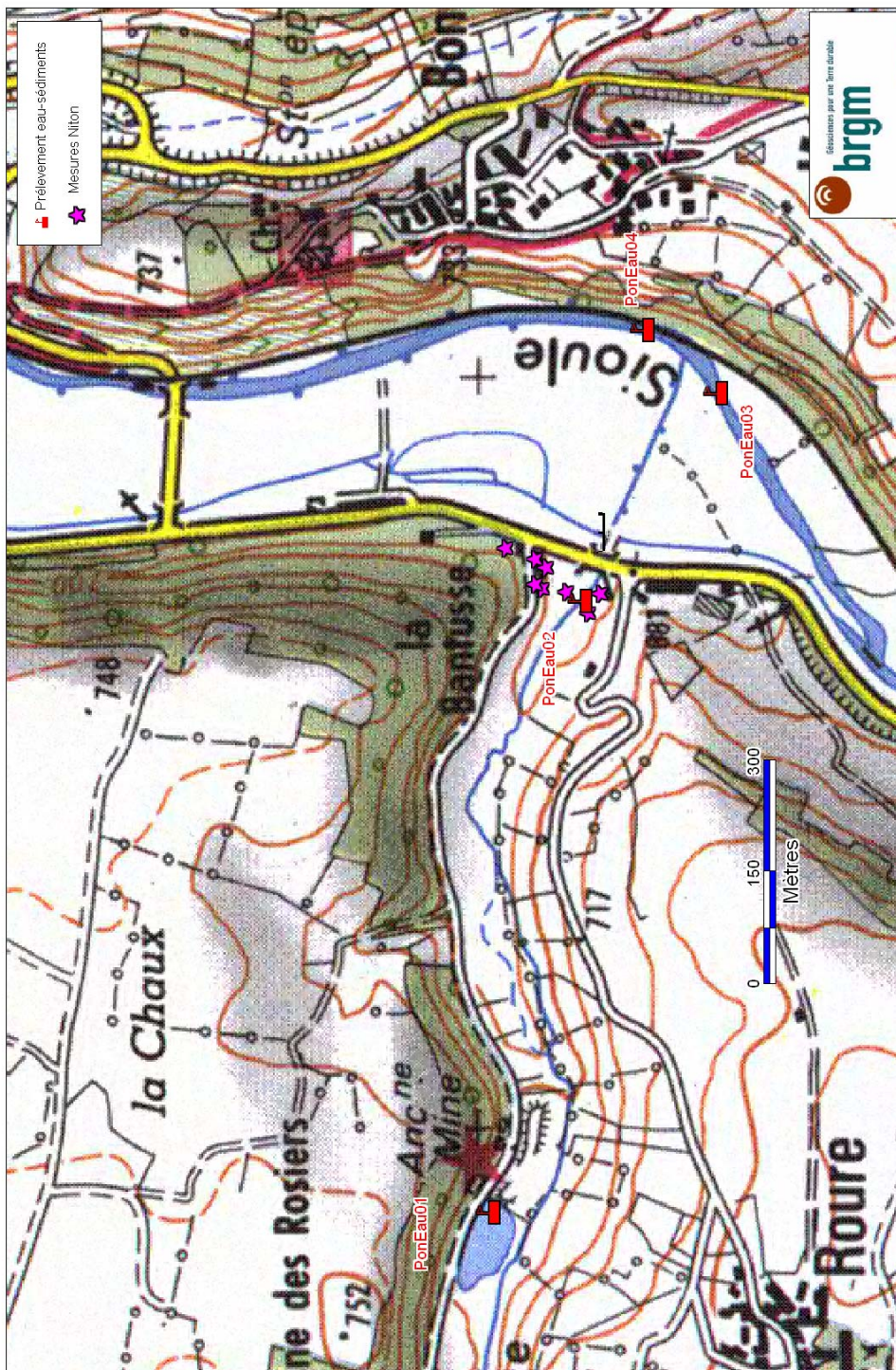
Annexe 3

Cartes de localisation des stations de prélèvement pour l'eau et les sédiments le long de la Sioule

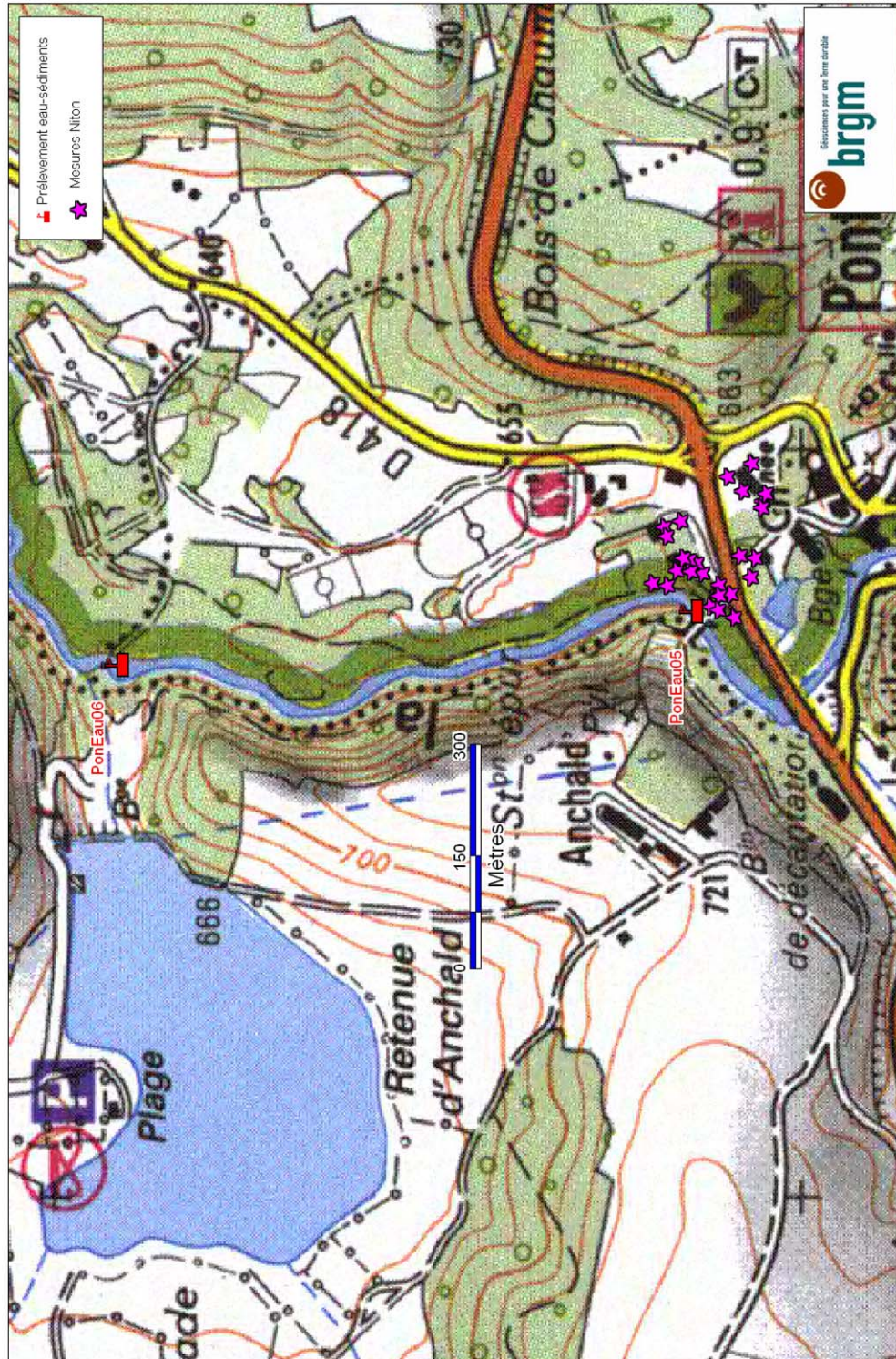
Carte de localisation des prélèvements eau-sédiments



Carte de localisation des prélèvements eau-sédiments sur le secteur Roure-les Rosiers



Carte de localisation des prélèvements eau-sédiments sur le secteur Pontgibaud-stade



Carte de localisation des prélèvements eau-sédiments sur le secteur Barbecot-Pranal



Annexe 4

Résultats analytiques de laboratoire des prélèvements effectués sur le secteur de Pontgibaud

Sols (contrôles fluorescence X portable),
eaux de surface et sédiments



Géosciences pour une Terre durable

brgm

RAPPORT D'ESSAIS

10-8-003-B

Provenance : PONTGIBAUD	Demandeur : COTTARD Francis
Nature échantillon : SOLIDES Nombre: 5	Adresse: DPSM/DIR
Echantillons réceptionnés le : 14/04/2010	3 avenue Claude Guillemin B.P. 36009
Analyses commencées le : 03/05/10	45060 ORLEANS Cedex 2 France
Référence commande : PAM09DTM08 Phase 1	

Secteur analytique	Ingénieur technique
Analyse inorganique des eaux et des solides	T.CONTE
Préparations et matériaux	H.HAAS

Résultats validés par le(s) ingénieur(s) technique(s)

Visa: J.MISSERI Responsable enregistrement des dossiers

Téléphone: 02.38.64.30.17 Télécopie: 02.38.64.39.25

le : 12-MAI-2010

Nombre de pages: 8

Les résultats exprimés ne concernent que les échantillons soumis à essais.
La reproduction de ce rapport d'essais n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

Siège
Tour Mirabeau - 39-43, quai André-Citroën, 75739 Paris Cedex 15- France
Tél. 01 40 58 89 00 - Fax 01 40 58 89 33

Centre scientifique
3, avenue Claude-Guillemin, BP 36009, 45060 Orléans Cedex 2 - France
Tél. 02 38 64 34 34 - Fax 02.38.64.35.18

brgm Etablissement public à caractère industriel et commercial - RCS 58 b 5614 Paris - SIRET 58205614900419

www.brgm.fr

brgm
LISTE DES MODES OPERATOIRES

Id soumission : 100021668

Rapport d'essais : 10-8-003-B

Les analyses suivantes ont été réalisées dans le secteur analytique : Préparations et matériaux

Le mode opératoire **MO093**

Préparation des sols, sédiments, boues et déchets pour détermination des polluants organiques et minéraux d'après les normes NF ISO 11464, NFX 31-147, XP 33-012

est utilisé pour doser :

ENVMIN(Préparation analyses minerales)

Commentaire du laboratoire :

Commentaire général :

brgm
LISTE DES MODES OPERATOIRES

Id soumission : 100021668

Rapport d'essais : 10-8-003-B

Les analyses suivantes ont été réalisées dans le secteur analytique : Analyse inorganique des eaux et des solides

Le mode opératoire	MO077	Détermination de la perte de masse avant ICP
est utilisé pour doser :		
PP (Perte de masse à 450°C)		
Le mode opératoire	MO111	Analyse multiéléments par ICP/AES
est utilisé pour doser :		
Ag (Argent)		As (Arsenic)
B (Bore)		Ba (Baryum)
Be (Béryllium)		Bi (Bismuth)
Cd (Cadmium)		Ce (Cérium)
Co (Cobalt)		Cr (Chrome)
Cu (Cuivre)		La (Lanthane)
Li (Lithium)		Mo (Molybdène)
Nb (Niobium)		Ni (Nickel)
Pb (Plomb)		Sb (Antimoine)
Sn (Etain)		Sr (Strontium)
V (Vanadium)		W (Tungstène)
Y (Yttrium)		Zn (Zinc)
Zr (Zirconium)		
Le mode opératoire	MO256	Doage par spectrométrie d'émission atomique selon NF EN ISO 11885 après mise en solution totale selon NFX31-147
est utilisé pour doser :		
Fe (Fer)		Mn (Manganèse)

Commentaire du laboratoire :

brgm
LISTE DES MODES OPERATOIRES

Id soumission : 100021668

Rapport d'essais : 10-8-003-B

Commentaire général :

Tout échantillon concernant des études d'environnement est détruit un mois après la remise des résultats sauf demande du client.
RESULTATS : Toute valeur supérieure à la limite supérieure de quantification peut entraîner une interférence non contrôlée sur l'un quelconque des éléments.

Les limites de quantification ont été estimées sur des matrices synthétiques ou des solutions étalon. Elles sont susceptibles d'être modifiées en fonction de la nature des échantillons.

Les incertitudes des paramètres accrédités peuvent être fournis sur demande.

REMARQUES : Les résultats des 8 éléments majeurs de l'analyse ICP ne peuvent en aucun cas être utilisés pour une interprétation pétrographique ni pour une évaluation de gisement.

UNITES :

% (pourcentage massique),

mg/kg (1mg/kg=0.0001%=1g/t,)

brgm **TABLEAU DE RESULTATS**

Id soumission : 100021668

Rapport d'essais : 10-8-003-B

Elément	Unité	LQ**	200140930	200140931	200140932	200140933
			1 PONSTD07	2 PONSTD10	3 PONSTD14	4 PONSTD30
PP (Perte de masse à 450°C)	%	0.05	10.00	9.67	1.67	10.33
Li (Lithium)	mg/Kg	10	51	38	87	46
Be (Béryllium)	mg/Kg	2	6	3	3	5
B (Bore)	mg/Kg	10	198	42	55	50
V (Vanadium)	mg/Kg	10	119	117	59	165
Cr (Chrome)	mg/Kg	10	69	84	60	88
Co (Cobalt)	mg/Kg	5	27	24	11	33
Ni (Nickel)	mg/Kg	10	48	33	20	49
Cu (Cuivre)	mg/Kg	5	204	133	234	213
Zn (Zinc)	mg/Kg	5	2499	963	748	1039
As (Arsenic)	mg/Kg	20	371	297	699	361
Sr (Strontium)	mg/Kg	5	324	311	167	252
Y (Yttrium)	mg/Kg	20	25	27	< 20	30
Nb (Niobium)	mg/Kg	20	34	36	< 20	47
Mo (Molybdène)	mg/Kg	5	14	< 5	< 5	< 5
Ag (Argent)	mg/Kg	0.2	24.7	9.2	55.4	10.9
Cd (Cadmium)	mg/Kg	2	7	4	< 2	4
Sn (Etain)	mg/Kg	10	42	21	12	27
Sb (Antimoine)	mg/Kg	10	246	91	173	178
Ba (Baryum)	mg/Kg	10	3952	3348	3276	2004

brgm **TABLEAU DE RESULTATS**

Id soumission : 100021668

Rapport d'essais : 10-8-003-B

			200140934 5 PONSTD33
Elément	Unité	LQ**	
PP (Perte de masse à 450°C)	%	0.05	1.75
Li (Lithium)	mg/Kg	10	39
Be (Béryllium)	mg/Kg	2	3
B (Bore)	mg/Kg	10	45
V (Vanadium)	mg/Kg	10	172
Cr (Chrome)	mg/Kg	10	72
Co (Cobalt)	mg/Kg	5	27
Ni (Nickel)	mg/Kg	10	84
Cu (Cuivre)	mg/Kg	5	1162
Zn (Zinc)	mg/Kg	5	22840
As (Arsenic)	mg/Kg	20	1265
Sr (Strontium)	mg/Kg	5	392
Y (Yttrium)	mg/Kg	20	< 20
Nb (Niobium)	mg/Kg	20	< 20
Mo (Molybdène)	mg/Kg	5	14
Ag (Argent)	mg/Kg	0.2	76.3
Cd (Cadmium)	mg/Kg	2	11
Sn (Etain)	mg/Kg	10	197
Sb (Antimoine)	mg/Kg	10	2032
Ba (Baryum)	mg/Kg	10	23990

brgm **TABLEAU DE RESULTATS**

Id soumission : 100021668

Rapport d'essais : 10-8-003-B

Elément	Unité	LQ**	Lims	200140930	200140931	200140932	200140933
			Labo	1	2	3	4
			Client	PONSTD07	PONSTD10	PONSTD14	PONSTD30
La (Lanthane)	mg/Kg	20		45	44	35	58
Ce (Cérium)	mg/Kg	10		106	92	68	118
W (Tungstène)	mg/Kg	10		76	28	15	42
Pb (Plomb)	mg/Kg	10		17960	5064	16308	7948
Bi (Bismuth)	mg/Kg	10		56	35	26	21
Zr (Zirconium)	mg/Kg	20		150	177	117	255
Fe (Fer)	%	0.02		5.0	4.1	1.8	5.3
Mn (Manganèse)	%	0.01		0.05	0.06	0.01	0.11

brgm **TABLEAU DE RESULTATS**

Id soumission : 100021668

Rapport d'essais : 10-8-003-B

Elément	Unité	LQ**	Lims
			Labo
			Client
			200140934 5 PONSTD33
La (Lanthane)	mg/Kg	20	29
Ce (Cérium)	mg/Kg	10	51
W (Tungstène)	mg/Kg	10	53
Pb (Plomb)	mg/Kg	10	69620
Bi (Bismuth)	mg/Kg	10	< 10
Zr (Zirconium)	mg/Kg	20	107
Fe (Fer)	%	0.02	14.0
Mn (Manganèse)	%	0.01	0.08

** LQ Limite de quantification

FIN DU RAPPORT D'ESSAIS



RAPPORT D'ESSAIS	10-8-003-A
-------------------------	-------------------

Provenance : PONTGIBAUD Nature échantillon : EAU SUPERFICIELLE Echantillons réceptionnés le : 14/04/2010 Analyses commencées le : 14/04/10 Référence commande : PAM09DTM08 Phase 1	Nombre: 10 Demandeur : COTTARD Francis Adresse: DPSPM/DIR 3 avenue Claude Guillemin B.P. 36009 45060 ORLEANS Cedex 2 France
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Secteur analytique	Ingénieur technique
Analyse inorganique des eaux et des solides	T.CONTE

Résultats validés par le(s) ingénieur(s) technique(s)

Visa: J.MISSERI Responsable enregistrement des dossiers
 Téléphone: 02.38.64.30.17 Télécopie: 02.38.64.39.25

le : 12-MAI-2010

Nombre de pages: 9

Les résultats exprimés ne concernent que les échantillons soumis à essais.
 La reproduction de ce rapport d'essais n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

L'accréditation du COFRAC atteste de la compétence des laboratoires pour les seuls essais couverts par l'accréditation qui sont identifiés par le symbole *. Laboratoire agréé par le ministère chargé de l'environnement - se reporter à la liste des laboratoires sur le site du ministère.

Siège
 Tour Mirabeau - 39-43, quai André-Citroën, 75739 Paris Cedex 15- France
 Tél. 01 40 58 89 00 - Fax 01 40 58 89 33

Centre scientifique
 3, avenue Claude-Guillemin, BP 36009, 45060 Orléans Cedex 2 - France
 Tél. 02 38 64 34 34 - Fax 02.38.64.35.18

brgm Etablissement public à caractère industriel et commercial - RCS 58 b 5614 Paris - SIRET 58205614900419

www.brgm.fr

brgm
LISTE DES MODES OPERATOIRES

Id soumission : 100021667

Rapport d'essais : 10-8-003-A

* : éléments analysés dans le cadre de l'accréditation COFRAC

Les analyses suivantes ont été réalisées dans le secteur analytique : Analyse inorganique des eaux et des solides

Le mode opératoire	MO108		Analyse d'éléments traces par ICP/MS.
est utilisé pour doser :			
*Ag (Argent)		*Al (Aluminium)	
*As (Arsenic)		*B (Bore)	
*Ba (Baryum)		*Be (Béryllium)	
*Cd (Cadmium)		*Co (Cobalt)	
*Cr (Chrome)		*Cu (Cuivre)	
*Li (Lithium)		*Mn (Manganèse)	
*Ni (Nickel)		*Pb (Plomb)	
*Sr (Strontium)		*Zn (Zinc)	
Le mode opératoire	NF EN ISO 10304		Méthode par chromatographie ionique(DIONEX)selon NF EN ISO 10304-1 (Juin 1995) pour les eaux faiblement contaminées et NF EN ISO 10304-2 pour les eaux usées (Sept 1996). Evaluation des aires des pics.
Code Sandre :	266		
est utilisé pour doser :			
*Cl (Chlorures)		*F (Fluorures)	
*NO3 (Nitrates exprimés en NO3)		*SO4 (Sulfates)	
Le mode opératoire	NF EN ISO 11732	AOU-05	Détermination de l'azote ammoniacal dans les eaux par analyse en flux(FFA et FIA) et détection spectrométrique.
Code Sandre :	611		
est utilisé pour doser :			
*NH4 (Ammonium exprimé en NH4)			
Le mode opératoire	NF EN ISO 11885	MAR-98	Analyse par ICP - spectrométrie d'émission.
Code Sandre :	306		
est utilisé pour doser :			
*Ca (Calcium)		*Fe (Fer)	
*K (Potassium)		*Mg (Magnésium)	
*Na (Sodium)		*SiO2 (Silice)	
Le mode opératoire	NF EN ISO 6878	AVR-05	Analyse des orthophosphates selon §4 et du phosphore total selon §7 de la norme : méthode spectrométrique au molybdate d'ammonium
Code Sandre :	470		
est utilisé pour doser :			
*PO4 (OrthoPhosphates en PO4)			

brgm
LISTE DES MODES OPERATOIRES

Id soumission : 100021667

Rapport d'essais : 10-8-003-A

* : éléments analysés dans le cadre de l'accréditation COFRAC

Le mode opératoire	NF EN ISO 9963-1	FEV-96	Alcalinité TATAC par potentiométrie selon NF EN ISO 9963-1, CO3/HCO3 calculés à partir des valeurs de l'alcalinité (hypothèse alcalinité uniquement due à CO3, HCO3)
Code Sandre :	234		
est utilisé pour doser :			
CO3 (Carbonates)		HCO3 (Bicarbonates)	
Le mode opératoire	NF EN 26777	MAI-93	Méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire.
Code Sandre :	229		
est utilisé pour doser :			
*NO2 (Nitrites exprimés en NO2)			

Commentaire du laboratoire :

Commentaire général :

Les échantillons reçus non conditionnés selon les recommandations en vigueur (normes d'analyses ou norme NF EN ISO 5667-3) font l'objet d'un commentaire du laboratoire. Le mode et la durée de conservation avant réception au laboratoire sont de la responsabilité de l'organisme préleveur.

Tout échantillon concernant des études d'environnement est détruit un mois après la remise des résultats sauf demande du client.

Pour les solides : résultats exprimés sur matière sèche.

RESULTATS : les limites de quantification ont été estimées sur des matrices synthétiques ou des solutions étalon. Elles sont susceptibles d'être modifiées en fonction de la nature des échantillons

Les incertitudes des paramètres accrédités peuvent être fournis sur demande.

UNITES : elles peuvent être différentes selon les éléments

g/l, mg/l, µg/l (1µg/l=0.001mg/l), ng/l (1ng/l=0.001µg/l)

% (pourcentage massique)

mg/kg (1mg/kg=0.0001%), µg/kg (1µg/kg=0.001mg/kg)

µg=microgramme, ng=nanogramme

brgm **TABLEAU DE RESULTATS**

Id soumission : 100021667

Rapport d'essais : 10-8-003-A

Elément	Unité	LQ**	CS ***	200140916	200140917	200140918	200140919
				1 PON.EAU 01(13/04/2010)	2 PON.EAU 02(13/04/2010)	3 PON.EAU 03(13/04/2010)	4 PON.EAU 04(13/04/2010)
*Ca (Calcium)	mg/l	0.5	1374	6.8	5.8	7.3	6.9
*Mg (Magnésium)	mg/l	0.5	1372	2.3	2.5	2.9	2.8
*Na (Sodium)	mg/l	0.5	1375	3.6	4.2	6.1	5.6
*K (Potassium)	mg/l	0.5	1367	2.0	2.1	2.3	2.2
*NH4 (Ammonium exprimé en NH4)	mg/l	0.05	1335	< 0.05	0.07	< 0.05	< 0.05
CO3 (Carbonates)	mg/l	5	1328	< 5	< 5	< 5	< 5
HCO3 (Bicarbonates)	mg/l	5	1327	7	42	48	37
*Cl (Chlorures)	mg/l	0.5	1337	4.4	5.3	9.1	8.1
*NO3 (Nitrates exprimés en NO3)	mg/l	0.5	1340	0.5	5.8	5.3	5.6
*SO4 (Sulfates)	mg/l	0.5	1338	34.1	7.8	3.1	4.3
*PO4 (OrthoPhosphates en PO4)	mg/l	0.1	1433	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
*NO2 (Nitrites exprimés en NO2)	mg/l	0.01	1339	< 0.01	0.01	0.01	0.01
*F (Fluorures)	mg/l	0.1	1391	0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
*Ag (Argent)	µg/l	0.01	1368	0.03	0.04	< 0.01	0.01
*Al (Aluminium)	µg/l	0.5	1370	9.36	35.1	25.4	25.1
*As (Arsenic)	µg/l	0.05	1369	1.29	19.85	2.92	7.14
*B (Bore)	µg/l	0.5	1362	5.92	2.85	3.90	3.44
*Ba (Baryum)	µg/l	0.05	1396	98.94	38.27	21.54	26.56
*Be (Béryllium)	µg/l	0.01	1377	0.06	0.04	0.01	0.01
*Cd (Cadmium)	µg/l	0.01	1388	12.8	0.46	0.01	0.12

brgm **TABLEAU DE RESULTATS**

Id soumission : 100021667

Rapport d'essais : 10-8-003-A

Elément	Unité	LQ**	CS ***	200140920	200140921	200140922	200140923
				5 PON.EAU 05(13/04/2010)	6 PON.EAU 06(13/04/2010)	7 PON.EAU 07(13/04/2010)	8 PON.EAU 08(13/04/2010)
*Ca (Calcium)	mg/l	0.5	1374	7.5	7.6	9.1	221.9
*Mg (Magnésium)	mg/l	0.5	1372	3.1	3.1	3.9	92.8
*Na (Sodium)	mg/l	0.5	1375	7.0	7.2	9.2	140.5
*K (Potassium)	mg/l	0.5	1367	2.4	2.5	3.0	13.8
*NH4 (Ammonium exprimé en NH4)	mg/l	0.05	1335	< 0.05	0.09	< 0.05	0.23
CO3 (Carbonates)	mg/l	5	1328	< 5	< 5	< 5	< 5
HCO3 (Bicarbonates)	mg/l	5	1327	42	44	50	1501
*Cl (Chlorures)	mg/l	0.5	1337	10.9	11.2	14.4	46.9
*NO3 (Nitrates exprimés en NO3)	mg/l	0.5	1340	5.5	5.5	5.7	< 0.5
*SO4 (Sulfates)	mg/l	0.5	1338	3.4	3.5	5.0	60.0
*PO4 (OrthoPhosphates en PO4)	mg/l	0.1	1433	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
*NO2 (Nitrites exprimés en NO2)	mg/l	0.01	1339	0.01	0.02	0.03	< 0.01
*F (Fluorures)	mg/l	0.1	1391	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.3
*Ag (Argent)	µg/l	0.01	1368	0.01	0.01	< 0.01	0.01
*Al (Aluminium)	µg/l	0.5	1370	28.2	24.5	24.6	17.8
*As (Arsenic)	µg/l	0.05	1369	3.93	4.06	6.26	12.67
*B (Bore)	µg/l	0.5	1362	3.89	3.94	5.30	151
*Ba (Baryum)	µg/l	0.05	1396	24.34	23.67	22.02	126
*Be (Béryllium)	µg/l	0.01	1377	0.01	0.01	0.01	6.54
*Cd (Cadmium)	µg/l	0.01	1388	0.02	0.02	0.04	54.7

brgm **TABLEAU DE RESULTATS**

Id soumission : 100021667

Rapport d'essais : 10-8-003-A

Elément	Unité	LQ**	CS ***	200140924 9 PON.EAU 09(13/04/2010)	200140925 10 PON.EAU 10(13/04/2010)
*Ca (Calcium)	mg/l	0.5	1374	9.5	10.0
*Mg (Magnésium)	mg/l	0.5	1372	4.1	4.3
*Na (Sodium)	mg/l	0.5	1375	10.0	9.4
*K (Potassium)	mg/l	0.5	1367	3.2	2.9
*NH4 (Ammonium exprimé en NH4)	mg/l	0.05	1335	< 0.05	< 0.05
CO3 (Carbonates)	mg/l	5	1328	< 5	< 5
HCO3 (Bicarbonates)	mg/l	5	1327	55	54
*Cl (Chlorures)	mg/l	0.5	1337	14.3	14.0
*NO3 (Nitrates exprimés en NO3)	mg/l	0.5	1340	5.7	5.9
*SO4 (Sulfates)	mg/l	0.5	1338	5.3	5.7
*PO4 (OrthoPhosphates en PO4)	mg/l	0.1	1433	< 0.1	< 0.1
*NO2 (Nitrites exprimés en NO2)	mg/l	0.01	1339	0.03	0.02
*F (Fluorures)	mg/l	0.1	1391	< 0.1	< 0.1
*Ag (Argent)	µg/l	0.01	1368	< 0.01	< 0.01
*Al (Aluminium)	µg/l	0.5	1370	22.9	19.4
*As (Arsenic)	µg/l	0.05	1369	6.50	6.41
*B (Bore)	µg/l	0.5	1362	5.89	5.61
*Ba (Baryum)	µg/l	0.05	1396	23.52	25.03
*Be (Béryllium)	µg/l	0.01	1377	0.02	0.02
*Cd (Cadmium)	µg/l	0.01	1388	0.14	0.10

Id soumission : 100021667

Rapport d'essais : 10-8-003-A

Elément	Unité	LQ**	Lims Labo Client CS ***	200140916	200140917	200140918	200140919
				1 PON.EAU 01(13/04/2010)	2 PON.EAU 02(13/04/2010)	3 PON.EAU 03(13/04/2010)	4 PON.EAU 04(13/04/2010)
*Co (Cobalt)	µg/l	0.05	1379	3.58	0.58	0.06	0.22
*Cr (Chrome)	µg/l	0.1	1389	< 0.1	0.10	< 0.1	< 0.1
*Cu (Cuivre)	µg/l	0.1	1392	2.07	1.69	0.46	0.77
*Fe (Fer)	mg/l	0.02	1393	0.038	0.292	0.078	0.121
*Li (Lithium)	µg/l	0.1	1364	5.13	2.35	2.07	2.10
*Mn (Manganèse)	µg/l	0.1	1394	118.21	76.70	9.39	30.33
*Ni (Nickel)	µg/l	0.1	1386	15.82	2.18	0.22	0.76
*Pb (Plomb)	µg/l	0.05	1382	1631	59.79	0.57	16.18
*SiO2 (Silice)	mg/l	0.5	1348	15.5	13.4	20.3	18.3
*Sr (Strontium)	µg/l	0.1	1363	47.06	57.32	90.24	82.70
*Zn (Zinc)	µg/l	0.5	1383	1656	115.1	1.24	31.57

brgm **TABLEAU DE RESULTATS**

Id soumission : 100021667

Rapport d'essais : 10-8-003-A

Elément	Unité	LQ**	Lims Labo Client CS ***	200140920	200140921	200140922	200140923
				5 PON.EAU 05(13/04/2010)	6 PON.EAU 06(13/04/2010)	7 PON.EAU 07(13/04/2010)	8 PON.EAU 08(13/04/2010)
*Co (Cobalt)	µg/l	0.05	1379	0.10	0.10	0.08	4.56
*Cr (Chrome)	µg/l	0.1	1389	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
*Cu (Cuivre)	µg/l	0.1	1392	0.58	0.65	0.66	0.59
*Fe (Fer)	mg/l	0.02	1393	0.123	0.116	0.119	10.3
*Li (Lithium)	µg/l	0.1	1364	1.99	1.95	5.51	807
*Mn (Manganèse)	µg/l	0.1	1394	17.34	17.43	14.91	1890
*Ni (Nickel)	µg/l	0.1	1386	0.32	0.36	0.34	15.31
*Pb (Plomb)	µg/l	0.05	1382	3.16	2.03	1.12	4.51
*SiO2 (Silice)	mg/l	0.5	1348	20.2	19.8	20.7	79.4
*Sr (Strontium)	µg/l	0.1	1363	90.67	91.63	90.39	735
*Zn (Zinc)	µg/l	0.5	1383	3.54	4.13	5.67	5356

brgm **TABLEAU DE RESULTATS**

Id soumission : 100021667

Rapport d'essais : 10-8-003-A

Elément	Unité	LQ**	Lims Labo Client CS ***	200140924	200140925
				9 PON.EAU 09(13/04/2010)	10 PON.EAU 10(13/04/2010)
*Co (Cobalt)	µg/l	0.05	1379	0.09	0.08
*Cr (Chrome)	µg/l	0.1	1389	< 0.1	< 0.1
*Cu (Cuivre)	µg/l	0.1	1392	0.75	0.81
*Fe (Fer)	mg/l	0.02	1393	0.133	0.114
*Li (Lithium)	µg/l	0.1	1364	6.96	6.26
*Mn (Manganèse)	µg/l	0.1	1394	19.08	16.22
*Ni (Nickel)	µg/l	0.1	1386	0.36	0.52
*Pb (Plomb)	µg/l	0.05	1382	1.34	1.23
*SiO2 (Silice)	mg/l	0.5	1348	21.5	20.2
*Sr (Strontium)	µg/l	0.1	1363	93.40	89.41
*Zn (Zinc)	µg/l	0.5	1383	18.18	20.48

** LQ Limite de quantification

*** CS : Code Sandre

FIN DU RAPPORT D'ESSAIS



Géosciences pour une Terre durable

brgm



RAPPORT D'ESSAIS 10-8-003-C

Provenance : PONTGIBAUD	Demandeur : COTTARD Francis
Nature échantillon : SEDIMENT Nombre: 8	Adresse: DPSPM/DIR
Echantillons réceptionnés le : 14/04/2010	3 avenue Claude Guillemin B.P. 36009
Analyses commencées le : 28/04/10	45060 ORLEANS Cedex 2 France
Référence commande : PAM09DTM08 Phase 1	

Secteur analytique	Ingénieur technique
Analyse inorganique des eaux et des solides	T.CONTE
Préparations et matériaux	H.HAAS

Résultats validés par le(s) ingénieur(s) technique(s)

Visa: J.MISSERI Responsable enregistrement des dossiers
Téléphone: 02.38.64.30.17 Télécopie: 02.38.64.39.25

le : 26-MAI-2010

Nombre de pages: 6

>>> ATTENTION AUX COMMENTAIRES DU LABORATOIRE

Les résultats exprimés ne concernent que les échantillons soumis à essais.
La reproduction de ce rapport d'essais n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

L'accréditation du COFRAC atteste de la compétence des laboratoires pour les seuls essais couverts par l'accréditation qui sont identifiés par le symbole *. Laboratoire agréé par le ministère chargé de l'environnement - se reporter à la liste des laboratoires sur le site du ministère.

Siège
Tour Mirabeau - 39-43, quai André-Citroën, 75739 Paris Cedex 15- France
Tél. 01 40 58 89 00 - Fax 01 40 58 89 33

Centre scientifique
3, avenue Claude-Guillemin, BP 36009, 45060 Orléans Cedex 2 - France
Tél. 02 38 64 34 34 - Fax 02.38.64.35.18

brgm Etablissement public à caractère industriel et commercial - RCS 58 b 5614 Paris - SIRET 58205614900419

www.brgm.fr

brgm
LISTE DES MODES OPERATOIRES

Id soumission : 100021669

Rapport d'essais : 10-8-003-C

* : éléments analysés dans le cadre de l'accréditation COFRAC

Les analyses suivantes ont été réalisées dans le secteur analytique : Préparations et matériaux

Le mode opératoire	MO093	Préparation des sols, sédiments, boues et déchets pour détermination des polluants organiques et minéraux d'après les normes NF ISO 11464, NFX 31-147, XP 33-012
est utilisé pour doser :		
ENVMIN(Préparation analyses minerales)		

Commentaire du laboratoire :

Commentaire général :

brgm
LISTE DES MODES OPERATOIRES

Id soumission : 100021669

Rapport d'essais : 10-8-003-C

* : éléments analysés dans le cadre de l'accréditation COFRAC

Les analyses suivantes ont été réalisées dans le secteur analytique : Analyse inorganique des eaux et des solides

Le mode opératoire	NF EN ISO 15586	MAI-04	Dosage de l'arsenic (absorption atomique avec atomisation électrothermique) selon NF EN ISO 15586(T90-119) après mise en solution à l'eau régale selon NF EN 13346.
est utilisé pour doser :			
*As (Arsenic)			
Le mode opératoire	NF EN ISO 5961	AOU-95	Dosage du cadmium (absorption atomique avec atomisation électrothermique) selon NF EN ISO 5961 après mise en solution totale selon NF X31-147.
est utilisé pour doser :			
*Cd (Cadmium)			

Commentaire du laboratoire :

Les résultats sont exprimés sur produit séché à 40°C.

Commentaire général :

Tout échantillon concernant des études d'environnement est détruit un mois après la remise des résultats sauf demande du client.

Les incertitudes des paramètres accrédités peuvent être fournis sur demande.

RESULTATS : les limites de quantification ont été estimées sur des matrices synthétiques, des solutions étalon ou des matériaux de référence. Elles sont susceptibles d'être modifiées en fonction de la nature des échantillons

UNITES : Elles peuvent être différentes selon les éléments :

g/l, mg/l, µg/l (1 µg/l=0.001mg/l),

% (pourcentage massique),

mg/kg (1mg/kg=0.0001%=1 g/t), µg/kg=0.001mg/kg=mg/t),

µg=microgramme, t=tonne

brgm
LISTE DES MODES OPERATOIRES

Id soumission : 100021669

Rapport d'essais : 10-8-003-C

* : éléments analysés dans le cadre de l'accréditation COFRAC

Les analyses suivantes ont été réalisées dans le secteur analytique : Analyse inorganique des eaux et des solides

Le mode opératoire	MO256	Doage par spectrométrie d'émission atomique selon NF EN ISO 11885 après mise en solution totale selon NFX31-147
est utilisé pour doser :		
*Al (Aluminium)		*Cr (Chrome)
*Cu (Cuivre)		*Ni (Nickel)
*P (Phosphore)		*Pb (Plomb)
*Zn (Zinc)		Fe (Fer)
Mn (Manganèse)		

Commentaire du laboratoire :

Les résultats sont exprimés sur produit séché à 40°C.

Commentaire général :

Tout échantillon concernant des études d'environnement est détruit un mois après la remise des résultats sauf demande du client.
RESULTATS : Toute valeur supérieure à la limite supérieure de quantification peut entraîner une interférence non contrôlée sur l'un quelconque des éléments.

Les limites de quantification ont été estimées sur des matrices synthétiques ou des solutions étalon. Elles sont susceptibles d'être modifiées en fonction de la nature des échantillons.

Les incertitudes des paramètres accrédités peuvent être fournis sur demande.

REMARQUES : Les résultats des 8 éléments majeurs de l'analyse ICP ne peuvent en aucun cas être utilisés pour une interprétation pétrographique ni pour une évaluation de gisement.

UNITES :

% (pourcentage massique),

mg/kg (1mg/kg=0.0001%=1g/t,)

brgm **TABLEAU DE RESULTATS**

Id soumission : 100021669

Rapport d'essais : 10-8-003-C

Elément	Unité	LQ**	Lims	200140937	200140938	200140939	200140940
			Labo	1	2	3	4
			Client	PONSED02	PONSED03	PONSED04	PONSED05
*As (Arsenic)	mg/kg	5		737	90	320	108
*Cd (Cadmium)	mg/kg	0.3		3.0	0.3	1.1	1.0
*Cr (Chrome)	mg/Kg	5		53	56	53	58
*Ni (Nickel)	mg/Kg	5		14	23	15	24
*Cu (Cuivre)	mg/Kg	5		32	15	17	18
*Zn (Zinc)	mg/Kg	5		516	103	244	206
*Pb (Plomb)	mg/Kg	5		10928	74	4031	464
*Al (Aluminium)	%	0.02		5.00	6.40	5.62	6.66
Fe (Fer)	%	0.02		3.3	4.0	2.9	4.1
Mn (Manganèse)	%	0.01		0.03	0.05	0.03	0.05
*P (Phosphore)	mg/Kg	50		762	1263	743	1227

brgm **TABLEAU DE RESULTATS**

Id soumission : 100021669

Rapport d'essais : 10-8-003-C

Elément	Unité	LQ**	Lims	200140941	200140942	200140943	200140944
			Labo Client	5 PONSED06	6 PONSED07	7 PONSED09	8 PONSED10
*As (Arsenic)	mg/kg	5		110	132	127	99
*Cd (Cadmium)	mg/kg	0.3		1.0	1.9	2.5	4.1
*Cr (Chrome)	mg/Kg	5		47	54	49	49
*Ni (Nickel)	mg/Kg	5		22	25	18	23
*Cu (Cuivre)	mg/Kg	5		18	22	21	27
*Zn (Zinc)	mg/Kg	5		201	214	345	450
*Pb (Plomb)	mg/Kg	5		383	381	1049	563
*Al (Aluminium)	%	0.02		6.11	6.37	6.09	6.45
Fe (Fer)	%	0.02		3.5	3.9	3.2	3.1
Mn (Manganèse)	%	0.01		0.04	0.03	0.03	0.03
*P (Phosphore)	mg/Kg	50		1198	1466	947	982

** LQ Limite de quantification

FIN DU RAPPORT D'ESSAIS



Centre scientifique et technique
Service environnement industriel et procédés innovants
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34