

Document public

Etude du fond hydrogéochimique de la Corse - Impacts des activités minières sur la qualité des eaux

Rapport final

BRGM/RP-61469-FR
septembre 2013

Étude réalisée dans le cadre des opérations
de Service public du BRGM 2012

L. Cary, M. Genevier, N. Frissant, J. Lions

Vérificateur :

Nom : Gourcy Laurence

Date : 06/08/2013

Signature :



Approbateur :

Nom : Frissant Nicolas

Date : 11/04/2014

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 : fond hydrogéochimique, activités minières, Corse, qualité des eaux, eaux de surface, eaux souterraines

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

Cary L., Genevier M., Frissant N., J. Lions (2013) – Etude du fond hydrogéochimique de la Corse. Impacts des activités minières sur la qualité des eaux. BRGM/RP-61469-FR, 164 p., 52 fig., 28 tabl, 5 ann.

Synthèse

La Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE) et sa directive fille de décembre 2006 (2006/118/CE) imposent aux Etats Membres d'évaluer l'état de leurs masses d'eau souterraine et de surface. L'évaluation du bon état chimique des masses d'eau nécessite de bien connaître les fonds géochimiques naturels de manière à distinguer les éléments traces naturellement présents dans le milieu de ceux résultant des activités humaines. Par ailleurs, un certain nombre d'éléments traces posent problème pour l'utilisation de la ressource pour l'usage « alimentation en eau potable » (AEP) par la présence, localement, de teneurs supérieures aux seuils imposés par la réglementation. Il est donc nécessaire d'apprécier les fluctuations ou variations des fonds géochimiques naturels pour ces éléments.

C'est dans ce contexte et pour répondre aux besoins de la DCE en matière d'identification des fonds géochimiques naturels dans les cours d'eau et les eaux souterraines que l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse et l'Office de l'Environnement de la Corse ont sollicité le BRGM.

L'objectif global est d'étudier le fond hydrogéochimique de la Corse et d'évaluer les impacts des activités minières sur la qualité de l'eau. L'étude a également pour objectifs une meilleure interprétation des programmes de mesure 2010-2015 de la DCE et participe à la définition des objectifs d'état pour les masses d'eau du bassin Corse. Ce travail fait suite à l'étude nationale réalisée par le BRGM (Brenot *et al.*, 2006) qui avait identifiée la Haute-Corse comme zone à risque pour l'arsenic, l'antimoine, le chrome et le nickel et le sud de la Corse pour l'arsenic et le baryum. L'objectif de l'étude est d'inventorier les sources naturelles en métaux et métalloïdes présents en Corse et, à partir des données disponibles et d'études complémentaires, de délimiter le plus précisément possible les zones à risque de fond hydrogéochimique élevé.

Après un rappel des objectifs et de la méthodologie suivie, le rapport présente les masses d'eau superficielle corses pour lesquelles, en 2010, les normes de qualité environnementale (NQE) pour les polluants spécifiques de l'état écologique (PSPE) ont été dépassées, ainsi que les masses d'eau superficielle ou souterraine concernées dans le Programme de Mesures (PdM) 2010-2015 du SDAGE par la mesure 2A-02 (« Améliorer la connaissance sur la présence d'éléments métalliques issus du fond géochimique »).

Les secteurs étudiés sont :

- les masses d'eau superficielle pour lesquelles des concentrations en métaux lourds supérieures aux NQE ont été observées, d'après l'analyse des données du réseau de surveillance de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse (AERM&C) :
 - o la Bravona à Linguizzetta (pour le paramètre arsenic) ;
 - o le Tagnone à Aléria (pour le paramètre chrome) ;
 - o le Liamone à Arbori (pour le paramètre cuivre) ;
 - o la Gravone (pour le paramètre zinc) ;
- les masses d'eau superficielle ou souterraine concernées par la mesure 2A-02 dans le PdM 2010-2015 du SDAGE :
 - o amont et aval de la Bravona ;

- amont et aval du Fium'Orbu ;
 - les aquifères alluviaux secondaires, le Miocène de la Plaine-Orientale et les formations métamorphiques de l'Est de la Corse, moins prioritaires dans l'immédiat, n'ont pas été traités.
- les sites à fort enjeu pour l'alimentation en eau potable (AEP) ou à fond géochimique élevé tels que :
- Propriano ;
 - la région de Balagne ;
 - Osani ;
 - Bonifacio ;
 - le Cap Corse.

Les données de qualité des eaux de surface et souterraines provenant de différentes bases de données (ADES, AERM&C, SISE-Eaux ou issues de la bibliographie) ont été analysées et représentées sur des cartes. Une étude du contexte local a pris en compte la géologie, l'occupation des sols, les activités minières, la présence de villes, industries ou d'agriculture. Le fond géochimique naturel des lithologies majeures de Corse couvertes par la campagne de l'Inventaire Minier National du BRGM a été calculé.

Dans l'ensemble, les chroniques de suivi de la qualité de l'eau ne permettent pas d'établir avec certitude le fond géochimique naturel des cours d'eau ou des eaux souterraines. Elles ne permettent pas plus d'identifier l'origine ponctuelle de fortes teneurs en métaux qu'elles enregistrent et les phénomènes qui y ont conduit, en raison de données trop peu homogènes dans l'espace et trop peu fréquentes dans le temps. Les chroniques sont donc, en termes temporels ou de représentativité spatiale, fréquemment inadaptées pour évaluer l'impact d'activités minières passées ou activités actuelles. La campagne exploratoire menée en septembre 2012 sur quatre bassins versant a permis d'acquérir des données originales et nouvelles permettant de mieux contraindre le problème de la répartition spatiale des points d'analyse. Ces données mettent en évidence les points suivants.

L'étude des données existantes a permis de conclure avec confiance sur l'origine de l'arsenic dans les eaux de surface de la Bravone, de l'antimoine et du nickel dans la région du Cap Corse, de l'arsenic, plomb et zinc dans la région de Balagne et de l'arsenic et du plomb dans la région d'Osani. Dans ces cas, les anciennes activités minières développées dans des sites à fond géochimique élevé en éléments métalliques et métalloïdes peuvent être à l'origine de teneurs ponctuelles élevées dans les eaux de surface, suite notamment à de fortes précipitations engendrant un drainage des terrils et l'arrivée d'eaux d'exhaure après remplissage des anciennes galeries minières.

L'apparition ponctuelle de fortes concentrations en éléments associés ou non à d'autres éléments, ou bien la disparition, dans le suivi, de fortes teneurs passées ne se reproduisant pas depuis plusieurs années, dans les eaux de surface et souterraine, sont très probablement liées aux activités anthropiques qui semblent avoir été interrompues dans le cas de Bonifacio. Pour le Rizzanese à Propriano, l'analyse du contexte et les données traitées ne permettent pas de conclure avec certitude sur l'origine des teneurs mesurées en Pb, Hg ou Zn mais l'hypothèse d'une origine anthropique est favorisée. Une campagne exploratoire pourrait y être réalisée et pourrait, si les teneurs en plomb sont suffisantes, s'accompagner d'une analyse des isotopes de cet élément.

Les activités anthropiques semblent également être à l'origine du chrome dans le Tagnone à la station d'Aléria, du cuivre dans le Liamone à la station d'Arbori, du zinc dans la Gravone à la station de Bocognano et du plomb dans les forages à Bonifacio (le forage d'Araguina).

Pour le Fium'Orbu, les résultats de la campagne exploratoire, en particulier les analyses de tritium, ne mettent pas en évidence un enrichissement en éléments dissous des eaux de surface par les eaux de nappe en aval du Centre d'enfouissement des ordures. En outre, Le drainage des anciens travaux miniers de la mine de Finosa est susceptible d'influer sur la qualité des eaux de surface, notamment pour le ruisseau de Finosa, affluent du Fium'Orbu.

Sommaire

1. Cadre et objectifs de l'étude	17
1.1 METHODOLOGIE DU PROJET.....	18
1.2 PLAN DU RAPPORT	19
2. Fond géochimique et rappels sur la qualité des sols et des eaux	21
2.1 FOND GEOCHIMIQUE NATUREL DES ROCHES	21
2.2 ANALYSE DES DONNEES EXISTANTES.....	25
2.3 ARSENIC.....	26
2.3.1 Mobilité de l'arsenic dans les eaux et les sols	26
2.3.2 Contexte géologique favorable à la présence d'arsenic	26
2.3.3 Répartition spatiale des données en Corse.....	26
2.4 ANTIMOINE	29
2.4.1 Mobilité de l'antimoine dans les sols et les eaux	29
2.4.2 Contexte géologique favorable à la présence d'antimoine	29
2.4.3 Répartition spatiale des données en Corse.....	29
2.5 CUIVRE	31
2.5.1 Mobilité du cuivre dans les sols et les eaux.....	31
2.5.2 Contexte géologique favorable à la présence de cuivre	31
2.5.3 Répartition spatiale des données en Corse.....	31
2.6 CHROME	33
2.6.1 Mobilité du chrome dans les sols et les eaux	33
2.6.2 Contexte géologique favorable à la présence de chrome.....	33
2.6.3 Répartition spatiale des données en Corse.....	33
2.7 MANGANESE	36
2.7.1 Mobilité du manganèse dans les sols et les eaux.....	36
2.7.2 Contexte géologique favorable à la présence de manganèse	36
2.7.3 Répartition spatiale des teneurs en manganèse en Corse	36
2.8 NICKEL.....	38
2.8.1 Mobilité du nickel dans les sols et les eaux.....	38
2.8.2 Contexte géologique favorable à la présence de nickel	38
2.8.3 Répartition spatiale des données en Corse.....	38
2.9 PLOMB	40
2.9.1 Mobilité du plomb dans les sols et les eaux	40
2.9.2 Contexte géologique favorable à la présence de plomb	40

2.9.3 Répartition spatiale des teneurs en plomb en Corse	40
2.10 ZINC	43
2.10.1 Mobilité du zinc dans les sols et les eaux	43
2.10.2 Répartition spatiale des données en Corse	43
2.11 SYNTHÈSE	46
3. Campagne exploratoire	49
3.1 CHOIX DES POINTS DE PRELEVEMENT	49
3.2 LES ANALYSES CHIMIQUES	50
4. Analyse des données	51
4.1 LES FACIES HYDROCHIMIQUES	51
5. Qualité des eaux de la Bravona (arsenic).....	53
5.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	53
5.2 ANALYSE DES DONNEES EXISTANTES.....	53
6. Qualité des eaux du Tagnone (chrome)	57
6.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	57
6.2 ANALYSE DES DONNEES EXISTANTES.....	58
6.3 ANALYSE DES RESULTATS DE LA CAMPAGNE EXPLORATOIRE	60
6.3.1 Sélection des échantillons.....	60
6.3.2 Conditions hydrologiques.....	61
6.3.3 Analyse des données.....	62
6.4 CONCLUSION SUR LA QUALITE DES EAUX DU TAGNONE	66
7. Qualité des eaux du Liamone (cuivre).....	67
7.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	67
7.2 ANALYSE DES DONNEES EXISTANTES.....	67
7.3 ANALYSE DES RESULTATS DE LA CAMPAGNE EXPLORATOIRE	70
7.3.1 Sélection des échantillons.....	70
7.3.2 Conditions hydrologiques des prélèvements.....	71
7.3.3 Analyse des données.....	72
7.4 CONCLUSION SUR LA QUALITE DES EAUX DU LIAMONE	74
8. Qualité des eaux de la Gravone (zinc).....	75
8.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	75

8.2	ANALYSE DES DONNEES EXISTANTES.....	76
8.3	ANALYSE DES RESULTATS DE LA CAMPAGNE EXPLORATOIRE	79
8.3.1	Sélection des échantillons.....	79
8.3.2	Conditions hydrologiques.....	79
8.3.3	Analyse des données.....	80
8.4	CONCLUSIONS SUR LA QUALITE DES EAUX DE LA GRAVONE	83
9.	Qualité des eaux du Fium'Orbu	85
9.1	CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	85
9.2	ANALYSE DES DONNEES EXISTANTES.....	85
9.3	ANALYSE DES RESULTATS DE LA CAMPAGNE EXPLORATOIRE	88
9.3.1	Sélection des échantillons.....	88
9.3.2	Conditions hydrologiques.....	89
9.3.3	Analyse des données.....	90
9.4	CONCLUSION SUR LA QUALITE DES EAUX DU FIUM'ORBU.....	93
10.	Qualité des eaux du bassin versant du Rizzanese (plomb et mercure)	95
10.1	CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	95
10.2	DONNEES EXISTANTES.....	95
10.2.1	Station de pompage « Rizzanese à Sartène »	95
10.2.2	ICPE	97
10.2.3	Les champs captant de la nappe du Rizzanese	98
10.3	CONCLUSIONS SUR L'ORIGINE POSSIBLE DES CONCENTRATIONS EN PB ET MERCURE	100
11.	Région de la Balagne.....	103
11.1	ANALYSE DU CONTEXTE LOCAL	103
11.2	DONNEES DISPONIBLES ET CONCENTRATIONS OBSERVEES	104
11.2.1	Secteur de Calvi-Galéria	104
11.2.2	Secteur de l'île Rousse (As-Pb-Zn)	107
11.3	CONCLUSIONS SUR L'ORIGINE POSSIBLE DES CONCENTRATIONS.....	109
12.	Site d'Osani (arsenic et plomb).....	111
12.1	ANALYSE DU CONTEXTE LOCAL	111
12.2	DONNEES DISPONIBLES ET CONCENTRATIONS OBSERVEES	111
12.3	CONCLUSIONS SUR L'ORIGINE POSSIBLE DES CONCENTRATIONS EN ARSENIC ET PLOMB	115

13.	Site de Bonifacio (Cd, Sb, Ni, Pb, Zn)	117
13.1	ANALYSE DU CONTEXTE LOCAL	117
13.2	DONNEES DISPONIBLES ET CONCENTRATIONS OBSERVEES	117
13.2.1	Cas de l'antimoine.....	118
13.2.2	Cas du cadmium	118
13.2.3	Cas du nickel	118
13.2.4	Cas du plomb.....	118
13.2.5	Cas du zinc	122
13.3	CONCLUSIONS SUR L'ORIGINE POSSIBLE DES CONCENTRATIONS	122
14.	Région du Cap Corse	123
14.1	ANALYSE DU CONTEXTE LOCAL	123
14.2	DONNEES DISPONIBLES ET CONCENTRATIONS OBSERVEES EN ANTIMOINE	125
14.3	DONNEES DISPONIBLES ET CONCENTRATIONS OBSERVEES EN NICKEL 129	
14.4	CONCLUSIONS SUR L'ORIGINE POSSIBLE DES CONCENTRATIONS EN ANTIMOINE ET NICKEL.....	131
15.	Conclusions	133
16.	Bibliographie	136
17.	Annexe 1 Description des sites de la campagne exploratoire	139
18.	Annexe 2 Résultats de la campagne exploratoire dans le Tagnone	143
19.	Annexe 3 Résultats de la campagne exploratoire dans le Liamone	149
20.	Annexe 4 Résultats de la campagne exploratoire dans la Gravone	155
21.	Annexe 5 Résultats de la campagne exploratoire dans le Fium'Orbu	161

Liste des figures

Figure 1 : Cartes présentant les teneurs en arsenic dans les roches (données issues de l'IMN) et en arsenic dissous a) dans les eaux souterraines (ADES) et b) les eaux de surface. Les mines d'arsenic sont également indiquées.	28
Figure 2 : Teneurs en antimoine dissous mesurées a) dans les eaux souterraines issues des bases ADES et SISE-EAUX (ARS) et b) dans les eaux de surface issues du rapport BRGM (BRGM, 1995b). Les données inférieures à la limite de détection (LD) et la limite de quantification (LQ) sont indiquées et concernent la majorité des mesures. Les données AERM&C sont inférieures à la LQ ou mesurées sur des eaux brutes non filtrées.	30
Figure 3 : Teneurs en Cu dans les roches (IMN), les sols (RMQS), et teneurs en Cu dissous a) dans les eaux souterraines et b) les eaux de surface (données postérieures à 2010).	32
Figure 4 : Concentrations en chrome total dans les roches (IMN), dans les sols (RMQS) et en chrome dissous a) dans les eaux souterraines et b) dans les eaux de surface (données postérieures à 2010).	35
Figure 5 : a) Teneurs en manganèse total dans les roches et les eaux souterraines et b) dans les eaux de surface (données de 2007 sur fraction brute) et dans les sols.	37
Figure 6 : Carte présentant les teneurs en nickel dissous dans a) les eaux de surface (données postérieures à 2010) et b) les eaux souterraines d'après les données disponibles, ainsi que les teneurs en nickel dans les roches et sols.	39
Figure 7 : Carte présentant les teneurs en plomb dans les roches (données issues de l'IMN) et dans les sols (données issues du RMQS). Les teneurs totales dans les sédiments étant largement supérieures à celles des sols, les gammes de couleurs sont différentes.	41
Figure 8 : Carte présentant les teneurs en plomb dissous a) dans les eaux souterraines et b) dans les eaux de surface (données postérieures à 2010).	42
Figure 9 : Teneurs en Zn dans les sols (RMQS) et roches (IMN).	44
Figure 10 : a) Teneurs en zinc dissous dans les eaux souterraines et b) dans les eaux de surface (postérieures à 2010).	45
Figure 11 : Carte de synthèse des zones à fond géochimique naturel (FGN) élevé et des classes de teneurs maximales rencontrées dans les eaux souterraines . Les classes sont établies avec la valeur de la limite de qualité pour les eaux brutes destinées à la consommation humaine, lorsqu'elle existe. Les mines et les sites ICSP sont indiqués.	46
Figure 12 : Carte de synthèse des zones à fond géochimique naturel (FGN) élevé et des teneurs maximales rencontrées dans les eaux de surface et recensées dans la base de données du suivi qualité de l'AERM&C. Les classes sont établies avec la valeur NQE. Les mines et les sites ICSP sont indiqués.	47
Figure 13 : Masses d'eau de surface et points de prélèvements des eaux de la campagne exploratoire de septembre 2012. La carte géologique est au 1/1 000 000.	49
Figure 14 : Diagramme de Piper représentant les points d'eau de la campagne exploratoire de septembre 2012, les points de la base ADES et du suivi AERM&C dont les balances ioniques sont inférieures à 10 %.	52
Figure 15 : Site de Matra et teneurs dans les eaux de surface (Presa, Bravona) et souterraines.	54
Figure 16 : a) dépôts de résidus miniers de réalgar sur les bords de la Presa, affluent de la Bravone, en amont du village de Matra et b) graviers de réalgar dans le lit de la Presa sur le site de la mine de Matra. Photos L. Cary.	55
Figure 17 : Teneurs en chrome dans les eaux de surface et souterraines et dans les sédiments dans la région du Tagnone.	59

Figure 18 : Points échantillonnés lors de la campagne exploratoire (CE) de septembre 2012 dans le bassin versant du Tagnone.....	61
Figure 19 : Débit du Tavignano mesuré à la station limnimétrique de la DREAL Corse d'Antisanti (Y9102030) entre le 01/01/2012 et le 25/11/2012.	62
Figure 20 : Diagramme de Piper des points de la campagne exploratoire du Tagnone et du suivi AERMC où seuls quatre prélèvements réunissent les conditions suffisantes (tous les éléments dissous majeurs mesurés et balance ionique inférieure à 10%)..	63
Figure 21 : Evolution amont - aval des teneurs et des flux pour quelques éléments dans les eaux de surface du Tagnone (CE signifie campagne exploratoire).	65
Figure 22 : Teneurs en cuivre dans les eaux de surface et souterraines et dans les sédiments dans la région du Liamone et d'Arbori.	69
Figure 23 : Carte de la région d'Arbori. Le point 11136X0121/MERCOL correspondant au forage AEP U Cattaru est signalé par une teneur en As de 16 µg/L.	70
Figure 24 : Localisation des points échantillonnés dans le bassin versant du Liamone lors de la campagne exploratoire de septembre 2012.	71
Figure 25 : Débit du Liamone à la station limnimétrique de la DREAL Corse d'Arbori (Y8124010) entre le 01/01/2012 et le 25/11/2012.	72
Figure 26 : Diagramme de Piper avec les points échantillonnés dans le bassin versant du Liamone lors de la campagne exploratoire de septembre 2012 et deux points du suivi AERM&C à la station d'Arbori.	73
Figure 27 : a) Teneurs en Zn dans les eaux de surface et souterraines dans le bassin versant de la Gravone ; b) zoom sur les installations classées et le suivi ICPE et c) zoom sur la région amont de Bocognano, à la station 6215900 BOCOGNANO.	78
Figure 28 : Débits de la Gravona à la station limnimétrique de la DREAL Corse de Péri (Y8324020) entre le 01/01/2012 et le 25/11/2012.	80
Figure 29 : Diagramme de Piper des points de la campagne exploratoire de la Gravone et du suivi AERMC où seuls quatre prélèvements (deux à Bocognano et deux à Ajaccio) réunissent les conditions suffisantes (données des éléments majeurs dissous disponibles et balance ionique inférieure à 10%).....	81
Figure 30 : Localisation des points de prélèvements et représentation des teneurs en zinc mesurées lors de la campagne exploratoire (CE) de septembre 2012.	82
Figure 31 : a) Teneurs en chrome dans les eaux de surface du Fium'Orbu et souterraines à Ghisonaccia et b) teneurs en Pb dans le même site.	87
Figure 32 : Localisation des points de prélèvements de la campagne exploratoire de septembre 2012 et indication des teneurs en plomb mesurées.	89
Figure 33 : Débit du Fium'Orbu mesuré à la station limnimétrique de la DREAL Corse de Sampolo (Y9414020) entre le 01/01/2012 et le 25/11/2012.....	90
Figure 34 : Diagramme de Piper des points de la campagne exploratoire, du suivi ARS au point BSS 11195X0147/FITTEL (puits de Ghisonaccia) et du suivi AERMC du Fium'Orbu à la station de Ghisonaccia.	91
Figure 35 : détail des teneurs en plomb en amont du Fium'Orbu, au niveau de la mine de Finosa	93
Figure 36 : a) Teneurs en plomb dans les eaux de surface et souterraines de la région de Propriano et b) zoom sur le Rizzanese montrant les champs captant pour l'alimentation en eau potable. Données issues du suivi de l'AERM&C.	99
Figure 37 : Teneurs en mercure dans les eaux souterraines des champs captants à proximité du Rizzanese. Données issues du suivi de l'AERM&C.	99
Figure 38 : Carte présentant les zones à teneurs en a) As et b) Pb dans les eaux de surface et souterraines dans la région Balagne-Filisorma de l'Ouest de la Corse. Il n'existe pas de point de suivi de l'AERMC dans ce secteur.	106

Figure 39 : a) Teneurs en As et b) teneurs en Zn dans les eaux de surface et souterraines dans le bassin versant du Régino. Les noms des mines soulignés indiquent une exploitation minière. Les données SISE-Eaux n'ayant pas de code signe, il n'est pas certain que le résultat soit au-dessus de la limite de détection.	109
Figure 40 : Fond géochimique et teneurs en As dans les eaux souterraines de la région Lozari-Osani.....	112
Figure 41 : a) Teneurs en As dans région de Osani-Serriera et b) zoom sur la région d'Osani sur la carte géologique harmonisée au 1/50 000. Seul le point 11088X0024/VIGNOL AEP fait l'objet d'un suivi.	115
Figure 42 : Teneurs maximales en plomb mesurées dans les eaux souterraines à Bonifacio (base ADES) et dans les sols (données IMN).	120
Figure 43 : Teneurs en plomb mesurées dans les différents points d'eau souterraine à Bonifacio. Les mesures inférieures à la limite de détection ou de quantification ont été signalées par 0 afin d'indiquer la présence d'un suivi.	121
Figure 44 : Teneurs en zinc mesurées dans les différents points d'eau souterraine à Bonifacio.	122
Figure 45 : Mines et indices du Cap Corse.	125
Figure 46 : Points et teneurs en antimoine issues de la base ADES et Sise-eaux. Il n'existe aucune valeur supérieure à la LQ (code signe = 1) dans le réseau de suivi AERM&C et ICPE pour les eaux souterraines.	128
Figure 47 : Teneurs en antimoine mesurées dans les eaux de surface acquises par le BRGM Corse (rapport RR-38649-FR, 1996).	129
Figure 48 : Teneurs en Ni dans les eaux de surface et souterraines du Cap Corse, ainsi que dans les sols (données RMQS).	131
Figure 49 : Planche photographique des sites échantillonnés dans le Tagnone en septembre 2012.	145
Figure 50 : Planche photographique des sites échantillonnés dans le Liamone en septembre 2012.	153
Figure 51 : Planche photographique des sites échantillonnés dans le bassin versant de la Gravone.	158
Figure 52 : Planche photographique des sites échantillonnés dans le bassin versant du Fium'Orbu.	163

Liste des tableaux

Tableau 1 : Relations entre la lithologie, les minéralisations associées et les éléments traces dans les eaux naturelles pour la Corse granitique et volcanique (d'après BLUM et al., 2006 complété).	22
Tableau 2 : Relation entre la lithologie, les minéralisations associées et les éléments traces dans les eaux naturelles pour la Corse alpine (d'après BLUM et al., 2006).	22
Tableau 3 : Valeurs seuils pour le fond géochimique naturelle des roches calculées à partir des données de l'Inventaire Minier National en Corse et dans le bassin Rhône-Méditerranée et Corse (CARY and LEYNET, 2011). Les valeurs en rouge marquent des différences importantes entre ces deux informations.	24
Tableau 4 : Nombre de mesures sur le support eau pour chaque producteur de la base ADES selon les codes signes affectés à l'analyse. Le code signe 1 signifie que la valeur est supérieure à la limite de quantification. Un code signe différent de 1 rassemble les mesures inférieures au seuil de détection, au seuil de détection et les détections à l'état de traces. Les données pour les eaux de surface (ESU) du suivi qualité de l'AERMC sont également indiquées en fonction du code de	

l'analyse et du support (pour rappel, fraction 3 : eau, fraction 6 : sédiments, fraction 9 :bryophytes).	25
Tableau 5 : Ensemble des teneurs mesurées en Cr à la station d'Aléria sur le Tagnone par l'AERM&C. En rouge, la valeur dépassant la NQE.	58
Tableau 6 : Ensemble des teneurs mesurées en Cu à la station d'Arbori sur le Liamone par l'AERM&C. En rouge, les valeurs supérieures à la NQE.	68
Tableau 7 : Teneurs mesurées dans les eaux du bassin versant du Liamone en septembre 2012. En gras les valeurs les plus élevées.....	74
Tableau 8 : Ensemble des teneurs mesurées en Zn à Bocognano par l'AERM&C. En rouge, les valeurs supérieures à la NQE.	78
Tableau 9 : Teneurs en éléments dissous (fraction filtrée) issues de la campagne exploratoire de septembre 2012 (cases jaunes) et du suivi AERM&C (cases bleues).	83
Tableau 10 : Suivi qualité dans les piézomètres de contrôle de l'ICSP ISDND Prunelli di Fiumorbo (base ADES, valeurs supérieures à la limite de quantification).	88
Tableau 11 : nombre d'analyses dont la mesure est inférieure à la limite de détection (base ADES).	88
Tableau 12 : Teneurs en métaux dans les eaux du bassin versant du Fium'Orbu lors de la campagne de septembre 2012 et du suivi AERM&C (en bleu).	92
Tableau 13 : Teneurs en éléments en amont et en aval de l'ISDND lors de la campagne de septembre 2012.	92
Tableau 14 : Teneurs en mercure, arsenic et plomb dans le support bryophytes et sédiment (teneurs supérieures à la limite de détection) mesurées à la station de Sartène du Rizzanese (base de données AERM&C)	96
Tableau 15 : Teneurs en mercure et plomb dans le support eau (teneurs supérieures à la limite de détection pour code signe = 1) à la station de Sartène du Rizzanese (base de données AERM&C).....	97
Tableau 16 : Teneurs en plomb et mercure dans les eaux souterraines (données issues du suivi de l'AERM&C, base ADES) En rouge les données mentionnées dans le paragraphe descriptif.	100
Tableau 17 : Teneurs en plomb mesurées au forage 11056X0123/FIGA (base ADES). En rouge dépassement de la limite de qualité AEP.	106
Tableau 18 : Paramètres physico-chimiques et concentrations en arsenic, fer, manganèse, nickel et fluor dans les eaux souterraines pour le point 11088X0024/VIGNOL situé à proximité d'Osani. En rouge, point remarquable.	113
Tableau 19 : Points d'eau recensés dans la base ADES.....	117
Tableau 20 : Potentiel d'oxydo-réduction et teneurs en fer et plomb mesurés au puits Araguina (11282X0005/ARAGUI). En rouge les valeurs dépassant les normes AEP....	121
Tableau 21 : Teneurs en quelques métaux lourds mesurées à la station 6300200 du Luri en 2011	126
Tableau 22 : Teneurs en nickel dans les eaux et description des formations géologiques concernées	130
Tableau 23 : Synthèse des observations pour comprendre l'origine des teneurs en métaux dépassant les normes dans des masses d'eaux corses.	135
Tableau 24 : Points d'eau et dates d'échantillonnage du projet.....	139
Tableau 25 : Mesures de la campagne exploratoire de septembre 2012 dans le Tagnone.	146
Tableau 26 : Données du suivi AERM&C à la station d'Aléria.	147
Tableau 27 : Mesures de la campagne exploratoire de septembre 2012 dans le Liamone.	153
Tableau 28 : Mesures de la campagne exploratoire de septembre 2012 dans la Gravone.	158

Tableau 29 : Mesures de la campagne exploratoire de septembre 2012 dans le Fium'Orbu .. 164

Liste des annexes

17.	Annexe 1 Description des sites de la campagne exploratoire.....	139
18.	Annexe 2 Résultats de la campagne exploratoire dans le Tagnone	143
19.	Annexe 3 Résultats de la campagne exploratoire dans le Liamone	149
20.	Annexe 4 Résultats de la campagne exploratoire dans la Gravone	155
21.	Annexe 5 Résultats de la campagne exploratoire dans le Fium'Orbu	161

1. Cadre et objectifs de l'étude

La Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE) et sa directive fille de décembre 2006 (2006/118/CE) imposent aux Etats Membres d'évaluer l'état de leurs masses d'eau souterraine et de surface. L'évaluation du bon état chimique et écologique des masses d'eau nécessite de bien connaître les fonds géochimiques naturels de manière à distinguer les éléments traces naturellement présents dans le milieu de ceux résultant des activités humaines. Par ailleurs, un certain nombre d'éléments traces posent problème pour l'utilisation de la ressource pour l'usage « alimentation en eau potable » (AEP) par la présence, localement, de teneurs supérieures aux seuils imposés par la réglementation. Il est donc nécessaire d'apprécier les fluctuations ou variations des fonds géochimiques naturels pour ces éléments.

C'est dans ce contexte et pour répondre aux besoins de la DCE en matière d'identification des fonds géochimiques naturels dans les cours d'eau et les eaux souterraines que l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse et l'Office de l'Environnement de la Corse ont sollicité le BRGM. L'étude a également pour objectifs une meilleure interprétation des programmes de mesure 2010-2015 de la DCE et participe à la définition des objectifs d'état pour les masses d'eau du bassin Corse.

Cette étude fait suite à quelques études ayant visé à identifier ou délimiter des zones à risques de fond géochimique élevé, parmi lesquelles figure l'étude nationale réalisée par Brenot et al. (2006). Cette étude a permis de délimiter la Haute-Corse comme zone à risque pour l'arsenic, l'antimoine, le chrome et le nickel et le sud de la Corse pour l'arsenic et le baryum. Pour rappel, de nombreuses prospections et exploitations ont eu lieu en Corse à la fin du XIX^{ème} siècle et au début du XX^{ème} siècle et le drainage de ces anciens travaux miniers pourrait contribuer à une augmentation des teneurs en éléments dans les eaux de surface voire souterraines.

Lors de la réunion du comité de pilotage de mai 2012, il a été convenu d'étudier en priorité cinq masses d'eaux de surface, parmi lesquelles celles présentant un dépassement des concentrations en métaux lourds par rapport aux normes de qualité environnementale (NQE), et celles concernées par la mesure 2A-02 « Améliorer la connaissance sur la présence d'éléments métalliques issus du fond géochimique » du programme de mesure (PdM) 2010-2015 du SDAGE.

Les masses d'eau de surface présentant un dépassement des concentrations en métaux lourds par rapport aux NQE sont :

- la Bravona à Linguizzetta (pour le paramètre arsenic) ;
- le Tagnone à Aléria (pour le paramètre chrome) ;
- le Liamone à Arbori (pour le paramètre cuivre) ;
- la Gravone (pour le paramètre zinc).

Les masses d'eau superficielle ou souterraine concernées par la mesure 2A-02 dans le PdM 2010-2015 du SDAGE :

- amont et aval de la Bravona ;
- amont et aval du Fium'Orbu ;

- les aquifères alluviaux secondaires, le Miocène de la Plaine-Orientale et les formations métamorphiques de l'Est de la Corse.

1.1 METHODOLOGIE DU PROJET

La première phase de l'étude a permis de caractériser le fond hydrogéochimique à partir des connaissances et des données existantes. Une collecte des études a été réalisée auprès de l'Office de l'Environnement de Corse, l'Agence de l'Eau, les Conseils Généraux, la Collectivité Territoriale Corse, la DREAL, l'INRA, les principaux bureaux d'études corses et le BRGM.

Les données spécifiques au fond géochimique telles que les analyses de sols et sédiments acquises par exemple dans le cadre du programme « Inventaire des ressources minérales du territoire national » (IMN) de 1975 et 1991 et les indices et gisements miniers ont été couplées aux données qualitatives sur les concentrations en éléments traces dans les eaux de surface (réseau de suivi qualité de l'AERM&C et de l'ARS) et souterraines (ADES). Les données du RMQS (Réseau de Mesure de la Qualité des Sols, INRA) de la base de données du GIS SOL (INRA) ont été intégrées à l'analyse du fond hydrochimique et sont présentées sous forme de cartes.

Les données de qualité sur les eaux (bancaisées dans ADES et disponibles dans les études antérieures) ont fait l'objet d'un traitement spécifique. La première étape a consisté à valider les données et distinguer les cas où des apports anthropiques sont avérés sur la base des teneurs en nitrates, pesticides, polluants organiques, etc. Une analyse du contexte local des secteurs sélectionnés a ensuite été menée en prenant en compte la géologie au 1/50 000, l'occupation des sols, la géographie urbaine et l'activité anthropique passée ou actuelle afin de tenter d'identifier l'origine des dépassements des normes pour certains éléments. Ensuite un traitement statistique, dans la mesure du possible, a été appliqué afin de corréliser les éléments et identifier les sources possibles en éléments traces.

L'ensemble des données (eaux, sols, sédiments, minéralisations) a été intégré dans un SIG afin de délimiter les zones à risque de fond hydrogéochimique élevé et à corréliser les fonds hydrochimique et géochimique.

Le présent rapport étudie les cinq cas de dépassement des concentrations en métaux par rapport aux Normes de Qualité environnementale (NQE) des eaux de surface et analyse et interprète les résultats des campagnes exploratoires menées dans le cadre de cette étude sur quatre des cinq cas. La Bravone avec la mine de Matra n'a pas fait l'objet d'une campagne exploratoire car Geoderis réalise actuellement une étude spécifique du site minier visant à mieux comprendre la dynamique de la pollution qui en est issue. En outre, les données disponibles sont suffisamment étayées pour conclure à une influence des activités minières passées sur la qualité des eaux de la Bravone.

Les Normes de Qualité Environnementale (NQE) sont définies dans le contexte réglementaire de la Directive Cadre sur l'Eau. Pour rappel, les NQE ne peuvent être appliquées aux eaux souterraines que dans le cas où un lien est avéré entre eaux de surface et eaux souterraines. Lorsqu'elles ne s'appliquent pas, les limites de qualité des eaux brutes destinées à la consommation humaine seront utilisées (ce qui correspond aux valeurs seuils nationales pour les eaux souterraines, arrêté du 17 décembre 2008).

1.2 PLAN DU RAPPORT

Le rapport présente en premier lieu des valeurs du fond géochimique naturel des roches de Corse déterminées à partir des données de l'Inventaire Minier National (IMN) qui sont comparées à celles de l'ensemble du bassin Rhône-Méditerranée-Corse.

Des rappels sur la mobilité des éléments arsenic (As), antimoine (Sb), cuivre (Cu), chrome (Cr), manganèse (Mn), nickel (Ni), plomb (Pb) et zinc (Zn) sont exposés.

Après présentation de la méthodologie de travail sur le terrain et des sites échantillonnés lors de la campagne exploratoire, une analyse détaillée des bassins versants investigués est proposée. Les objets d'étude sont :

- des masses d'eau superficielle d'après l'analyse des données du réseau de surveillance de l'AE RM&C :
 - o la Bravona à Linguizzetta (arsenic) ;
 - o le Tagnone à Aléria (chrome) ;
 - o le Liamone à Arbori (cuivre) ;
 - o la Gravone (zinc).
- des masses d'eau superficielle pré-citées, amont et aval ou bien les bassins versants concernés par la mesure 2A-02 dans le PdM 2010-2015 du SDAGE :
 - o le Fium'Orbu.
- d'autres secteurs sur lesquels des teneurs élevées en certains métaux ont été relevées :
 - o site de Propiano ;
 - o région de Balagne ;
 - o site d'Osani ;
 - o site de Bonifacio ;
 - o région du Cap Corse.

2. Fond géochimique et rappels sur la qualité des sols et des eaux

Ce chapitre vise à présenter de façon exhaustive les données existantes sur les teneurs en métaux et métalloïdes dans les sols, les sédiments et les eaux souterraines en Corse issues de trois bases de données (RMQS, IMN, ADES) en précisant les propriétés physico-chimiques des éléments et des exemples de fortes teneurs en France. Les éléments principaux qui seront étudiés dans ce travail sont : l'arsenic (As), l'antimoine (Sb), le cadmium (Cd), le chrome (Cr), le cuivre (Cu), le manganèse (Mn), le nickel (Ni), le plomb (Pb) et le zinc (Zn).

Les informations générales sur la mobilité des éléments dans les sols et les eaux sont essentiellement issues du Guide technique sur la qualité naturelle des eaux souterraines (CHERY, 2006).

2.1 FOND GEOCHIMIQUE NATUREL DES ROCHES

La base de données de l'Inventaire Minier National (IMN) est issue d'une prospection géochimique à vocation minière, menée entre 1975 et 1991 dans le cadre du programme « Inventaire des ressources minérales du territoire national ». Plus de 280 000 échantillons ont été collectés pour couvrir les zones susceptibles de receler des minéralisations. Pour la Corse, seules les régions de Galéria – Mont Cinto et du sud de l'île ont fait l'objet de la campagne. L'estimation du fond géochimique a porté sur les éléments suivants : As, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, P, Pb, Y, Zn. En raison d'un seuil de quantification élevé et insuffisamment discriminant, il n'a pas été possible d'établir un fond géochimique pour Ag, Cd et Sb.

Le fond géochimique naturel des formations géologiques a déjà été étudié précisément en Corse, menant à une identification des zones à risque de fond géochimique élevé en éléments traces dans les cours d'eau et les eaux souterraines du bassin Rhône-Méditerranée et Corse (BLUM et al., 2006; BRENOT et al., 2006; BRGM, 1997). Les relations entre la lithologie, les minéralisations associées et les éléments traces présents dans les eaux naturelles pour la Corse granitique et volcanique et la Corse alpine étaient mises en évidence (Tableau 1 et Tableau 2).

Une méthode d'estimation semi-automatique du fond géochimique des roches a été récemment mise au point (CARY and LEYNET, 2011). Cette analyse permet de distinguer, pour une série de données, la valeur à partir de laquelle des anomalies apparaissent, que celles-ci soient d'origine naturelle (hydrothermalisme, circulations préférentielles, autres accumulations ...) ou anthropique. La valeur calculée V1 distingue les concentrations mesurées qui appartiennent au fond géochimique naturel, des anomalies, qu'elles soient d'origine naturelle ou anthropique. Pour certains éléments, deux valeurs seuils (V1 et V2) sont proposées ; elles définissent alors une gamme de concentrations intermédiaires, dans laquelle les effets naturels et anthropiques faiblement anormaux se mélangent. Le bruit de fond a été déterminé à partir d'un échantillon statistique minimum de 250 données. L'incertitude liée à la méthode dépend notamment de l'échelle géologique considérée (les formations ont été sélectionnées sur la carte au 1/1 000 000).

Lithologie	Eléments traces potentiellement présents sous forme minéralisée	Eléments traces susceptibles d'être présents dans les eaux de surface et souterraines
Granites	Ag Ba Cu F Fe Pb Zn	Ba F Fe
Gneiss	Fe Mn	Fe Mn
Gabbro-diorites	Cu	
Syénites	Fe	Fe
Rhyolites	Cu Pb Zn	
Tufs volcaniques	Cu Pb Zn	
Grauwackes	Pb Zn	Zn
Bassin houiller	Fe	Fe, As, Pb

Tableau 1 : Relations entre la lithologie, les minéralisations associées et les éléments traces dans les eaux naturelles pour la Corse granitique et volcanique (d'après BLUM et al., 2006 complété).

Lithologie	Eléments potentiellement présents dans les minéralisations associées	Eléments traces pouvant être retrouvés en concentrations significatives dans les eaux de surface et dans les eaux souterraines
Schistes Lustrés	Fe Mn Pb Sb Zn	Fe Mn Sb
Amphibolites	Cu Fe	Cu Fe Ni
Serpentinites	Cu Fe Ni	Fe (Ni plus rare)
Calcschistes	Fe Mn	Fe Mn
Cipolins	Fe Mn	Fe Mn
Schistes et amphibolites	Cu Fe Pb	Fe
Filons	Au contact entre schistes et gneiss et entre schistes et serpentinites	As Fe
	Dans serpentinites	As Fe
	Autres	Cu Fe

Tableau 2 : Relation entre la lithologie, les minéralisations associées et les éléments traces dans les eaux naturelles pour la Corse alpine (d'après BLUM et al., 2006).

Le Tableau 3 présente les valeurs seuils v1 et v2 calculées pour les données de l'Inventaire Minier National disponibles en Corse dans les trois formations majeures apparaissant sur la carte géologique au 1/1 000 000 : (1) les granodiorites et granites hercyniens du Carbonifère et Permien, (2) les laves et tufs du carbonifère et Permien et (3) les roches d'origine volcano-sédimentaire de l'Ordovicien et du Dévonien situées au Nord de Galéria. Ces valeurs doivent être considérées avec précautions car elles sont éminemment liées aux échantillons prélevés, en lien avec la carte géologique au millionième ne prenant pas en compte les variations géologiques fines en particulier la présence de filons et de dykes et aux techniques analytiques à limites de détection hautes des années 80.

La majorité des échantillons (5155) a été prélevée en Corse du Sud dans les têtes de bassins versants constitués de granodiorites et granites. Les teneurs en bore, fer, manganèse, plomb et yttrium y sont plus importantes que dans l'ensemble du bassin Rhône-Méditerranée et Corse.

Les laves et tufs représentent l'essentiel des lithologies de la région de Galéria. Les valeurs montrent clairement des teneurs supérieures en arsenic, manganèse, plomb, yttrium et zinc à celles calculées dans l'ensemble du bassin Rhône-Méditerranée et Corse.

Géologie	Lithologie	Nbre éch	élément	v 1 Corse	v 2 Corse	v 1 RM&C	v 2 RM&C
Granodiorites et granites hercyniens (Carbonifère et Permien)	p6bp7p8	5155	As mg/kg	44	100	49	-
			B mg/kg	40	-	19	-
			Ba mg/kg	-	-	538	-
			Co mg/kg	27	-	22	39
			Cr mg/kg	36	87	80	127
			Cu mg/kg	-	-	40	86
			Fe2O3 %	6,7	-	5,6	10
			MnO %	0,25	-	0,14	-
			Nb mg/kg	-	-	45	60
			Ni mg/kg	21	-	35	67
			P2O5 %	-	-	0,27	0,5
			Pb mg/kg	78	-	60	-
			V mg/kg	110	-	84	-
			Y mg/kg	106	-	39	-
Zn mg/kg	130	-	150	-			
Laves et tufs (Carbonifère et Permien)	v7v8	805	As mg/kg	120	-	55	-
			B mg/kg	25	-	27	53
			Ba mg/kg	500	-	547	-
			Co mg/kg	17	-	23	-
			Cr mg/kg	45	-	63	-
			Cu mg/kg	24	83	25	70
			Fe2O3 %	5,8	-	5,5	6,5
			MnO %	0,3	-	0,14	-
			Nb mg/kg	-	-	29	44
			Ni mg/kg	33	-	27	-
			P2O5%	-	-	0,17	-
			Pb mg/kg	90	-	52	-
			V mg/kg	83	-	71	-
			Y mg/kg	78	-	21	-
Zn mg/kg	164	-	124	-			
Roches d'origine sédimentaire (Ordovicien à Dévonien)	s4s6	256	As mg/kg	54	-	42	-
			B mg/kg	24	-	45	70
			Ba mg/kg	625	-	436	-
			Co mg/kg	21	-	23	31
			Cr mg/kg	83	-	86	-
			Cu mg/kg	36	-	49	-
			Fe2O5 %	8,56	-	7,5	10
			MnO %	0,2	-	0,17	-
			Nb mg/kg	-	-	40	-
			Ni mg/kg	63	-	58	-
			P2O5 %	-	-	0,17	0,26
			Pb mg/kg	68	-	58	-
			V mg/kg	144	-	81	-
Y mg/kg	60	-	29	-			
Zn mg/kg	135	-	111	-			

Tableau 3 : Valeurs seuils pour le fond géochimique naturelle des roches calculées à partir des données de l'Inventaire Minier National en Corse et dans le bassin Rhône-Méditerranée et Corse (CARY and LEYNET, 2011). Les valeurs en rouge marquent des différences importantes entre ces deux informations.

2.2 ANALYSE DES DONNEES EXISTANTES

Les données provenant de la base ADES ainsi que les données de la base SISE-Eaux et de l'Agence de l'Eau sont présentées dans le Tableau 4 et analysées dans les parties suivantes consacrées à l'étude de la mobilité des éléments dans les eaux et les sols, ainsi qu'à la répartition des teneurs dans les sols et eaux de Corse.

	élément	Sb	As	Cd	Cr	Cu	CN libres	Fe	F	Mn	Hg	Ni	Pb	Zn	
ADES	unité	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	
	Total code 1	5	68	149	112	203	2	645	665	216	77	81	203	297	
	Total code <>1	470	546	619	321	361	216	702	420	984	388	462	377	276	
	Total analyses	475	614	768	433	564	218	1347	1085	1200	465	543	580	573	
	AERMC														
	1		5	28	10	35	2	211	358	38	13	13	48	69	
	code <>1	138	133	110	128	103	120	268	121	441	125	125	90	69	
	Total	138	138	138	138	138	122	479	479	479	138	138	138	138	
	ARS														
	1	5	59	112	67	138		353	304	166	52	39	118	178	
	code <>1	330	396	459	169	241	79	432	296	543	214	307	262	197	
	Total	335	455	571	236	379	79	785	600	709	266	346	380	375	
	ICPE														
	1		4	9	35	30		81	3	12	12	29	37	50	
	code <>1	2	17	50	24	17	17	2	3		49	30	25	10	
	Total	2	21	59	59	47	17	83	6	12	61	59	62	60	
AERM&C ESU	Total mesures	130	198	338	198	198	0	24	0	24	334	338	338	198	
	Code 1														
	eau	4	10	3	25	33		5		2		45	15	55	
	sédiments	9	24	4	29	29		12		12	5	29	26	29	
	bryophytes		44	63	63	63					54	63	51	61	
	Total	13	78	70	117	125		17		14	59	137	92	145	
	Code <>1														
	eau	102	96	243	81	73		7		10	242	201	231	51	
	sédiments	15	5	25							24		3		
	bryophytes		19								9		12	2	
	Total	117	120	268	81	73		7		10	275	201	246	53	

Tableau 4 : Nombre de mesures sur le support eau pour chaque producteur de la base ADES selon les codes signes affectés à l'analyse. Le code signe 1 signifie que la valeur est supérieure à la limite de quantification. Un code signe différent de 1 rassemble les mesures inférieures au seuil de détection, au seuil de détection et les détections à l'état de traces. Les données pour les eaux de surface (ESU) du suivi qualité de l'AERMC sont également indiquées en fonction du code de l'analyse et du support (pour rappel, fraction 3 : eau, fraction 6 : sédiments, fraction 9 : bryophytes).

2.3 ARSENIC

2.3.1 Mobilité de l'arsenic dans les eaux et les sols

L'arsenic est relativement concentré dans les verres volcaniques, les minéraux silicatés et les roches ignées contenant du fer ferrique. De fortes concentrations sont également possibles en milieu sédimentaire. L'arsenic peut être adsorbé sur les argiles, dans les marnes et être associé à de la matière organique ou à la pyrite. L'arsenic est présent en plus forte proportion dans les roches sédimentaires : 13 mg/g en moyenne dans les marnes et les schistes. Il se trouve également en proportion importante dans certains minerais de cuivre, de zinc et de plomb où il est associé à des sulfures. Le réalgar (As_2S_2), l'orpiment (As_2S_3) et le mispickel (FeAsS) sont des sulfures d'arsenic susceptibles d'être présents dans les minerais sulfurés.

Dans les eaux, l'arsenic est présent sous forme dissoute ou particulaire. En général dans les matières en suspensions des rivières françaises, les teneurs sont de l'ordre de 5 $\mu\text{g/g}$ (MEYBECK, 1986). L'arsenic dissous dans les eaux superficielles se trouve à des concentrations comprises entre 0,1 et 10 $\mu\text{g/L}$. Des concentrations dans les eaux souterraines de quelques $\mu\text{g/L}$ à quelques dizaines de $\mu\text{g/L}$ en arsenic sont assez fréquentes et les normes de potabilité sont ainsi souvent dépassées. Les conditions d'oxydo-réduction sont essentielles dans le contrôle de la mobilité de l'arsenic, ainsi que les facteurs organiques comme des processus de méthylation. En solution, l'arsenic se présente essentiellement sous forme inorganique : arséniate (As^{V}) et arsénite (As^{III}). La forme trivalente domine en milieu réducteur et peut co-précipiter avec le soufre pour former des sulfures. En milieu oxydant, la forme pentavalente prédomine et tend à être adsorbée ou à co-précipiter avec des hydroxydes de fer.

De fortes teneurs dans les eaux peuvent être associées à des concentrations importantes en arsenic dans le sol (Barbier et Chery, 1997).

2.3.2 Contexte géologique favorable à la présence d'arsenic

Des contaminations s'observent dans tous les types d'aquifères et aucune lithologie caractéristique ne peut être retenue. La présence d'arsenic peut être attendue dans des milieux où existent des filons sulfurés ainsi que dans les aquifères où la roche est riche en arsenic (adsorbé sur la matière organique ou sur des hydroxydes) et où les conditions d'oxydoréduction favorisent sa mise en solution.

En ce qui concerne les aquifères volcaniques, ceux-ci sont a priori peu minéralisés et peu exposés à une contamination, même si certaines nappes particulières situées dans d'anciens thalwegs fossiles sous-coulée de lave, où l'eau est en contact avec le socle, sont toutefois susceptibles de fournir des concentrations en arsenic supérieures aux normes (BOULMIER et al., 1999).

2.3.3 Répartition spatiale des données en Corse

Les teneurs en arsenic dans les sédiments de tête de bassin issues de la base de données de l'Inventaire Minier National (IMN) du BRGM, et dans les eaux souterraines d'après la base de données ADES et de surface sont présentées dans la Figure 1 a et b. Le fond géochimique du sud de l'île est relativement peu élevé en arsenic sans valeurs anormales tandis qu'il est nettement plus élevé dans la région de Galéria où les échantillons montrent des teneurs supérieures à la valeur seuil V2 de 100 mg/kg (Tableau 3), correspondant à des valeurs anormales provenant de l'activité anthropique ou d'anomalies naturelles comme retrouvées dans un contexte de dykes et filons.

Sur les 614 mesures d'arsenic répertoriées dans ADES sur les eaux souterraines, 68 seulement, soient 11 %, ont une valeur mesurée supérieure aux limites de détection-quantification (Tableau 4).

Parmi les 198 mesures d'arsenic du suivi qualité des eaux de surface de l'AERM&C, 78, soient 40 %, ont une valeur supérieure aux limites de détection-quantification. Parmi elles, dix mesures portent sur les eaux (Tableau 4). Seules quatre mesures réalisées dans la Bravone à Linguizzetta montrent des teneurs comprises entre 19,7 et 72,4 µg/L supérieures à la NQE des eaux de surface (4,2 µg/L).

Pour les eaux de surface, les analyses ont été menées dans le bassin versant de la Bravone (BRGM, 1995b) mettant en évidence des teneurs importantes en arsenic et en antimoine dans les eaux de surface, comme cela est présenté au chapitre 2.4.3 de ce rapport, en lien avec l'activité minière de Matra (Figure 1).

En conséquence, une définition précise du fond géochimique des masses d'eau est, la plupart du temps, impossible, en raison des limites de détection trop élevées utilisées dans les bases de données disponibles.

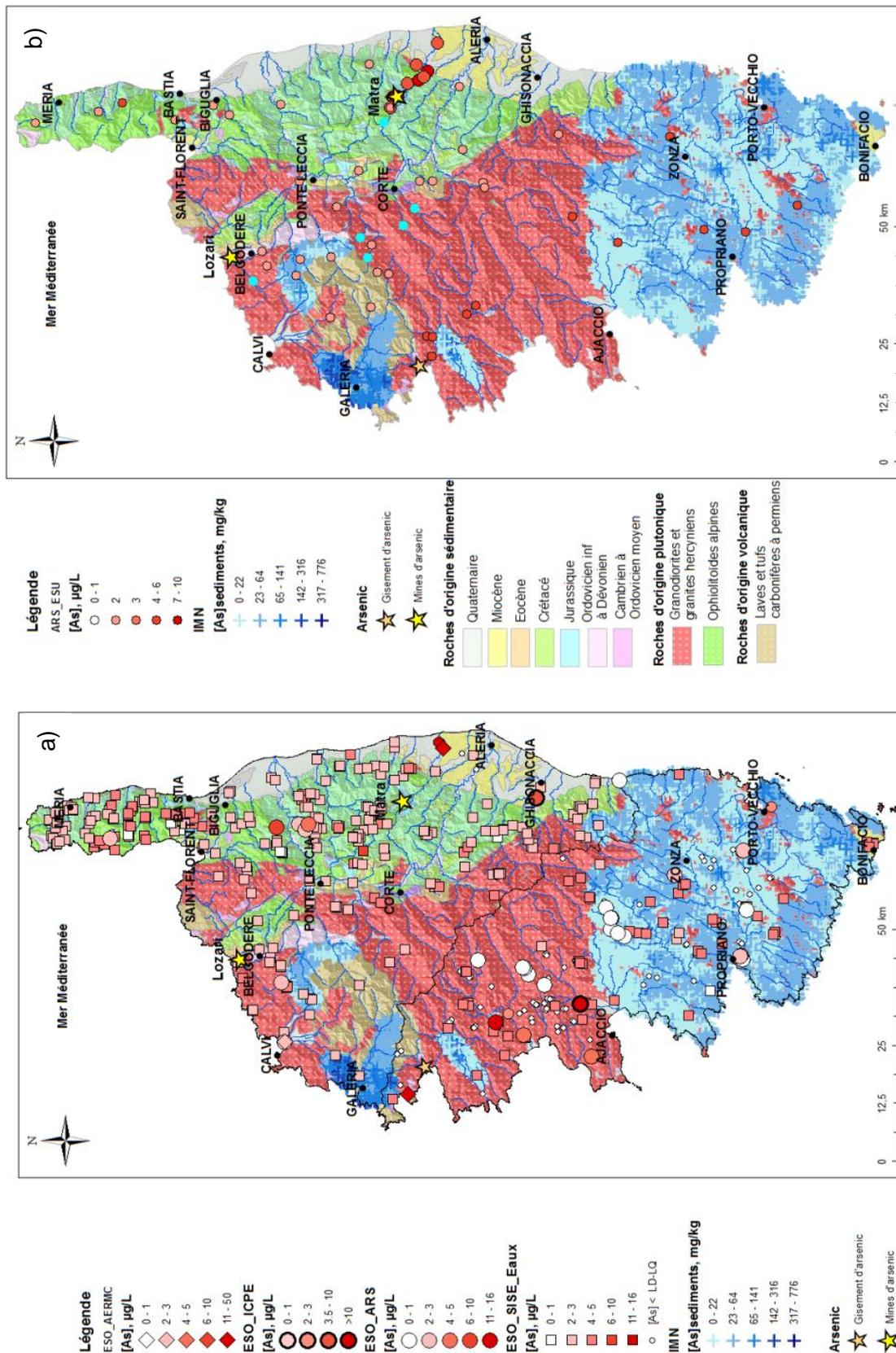


Figure 1 : Cartes présentant les teneurs en arsenic dans les roches (données issues de l'IMN) et en arsenic dissous a) dans les eaux souterraines (ADES) et b) les eaux de surface. Les mines d'arsenic sont également indiquées.

2.4 ANTIMOINE

2.4.1 Mobilité de l'antimoine dans les sols et les eaux

D'un point de vue chimique, l'antimoine a des propriétés similaires à l'arsenic. Il est peu abondant dans les roches comme dans les eaux naturelles. Les teneurs en antimoine supérieures au seuil analytique de 1 µg/L sont rares et se trouvent dans des zones très localisées où le fond géochimique naturel est riche en antimoine. Seules les eaux thermales peuvent contenir de fortes concentrations en antimoine (jusqu'à quelques centaines de µg/L en milieu volcanique principalement). La présence d'antimoine dans les eaux souterraines reste cependant un phénomène rare, souvent lié à l'excavation de roches (anciennes mines). Des anomalies en antimoine, jusqu'à 628 µg/L, ont d'ailleurs été mises en évidence dans quelques secteurs du Cap Corse (BRGM, 1995a). Dans certaines zones, malgré l'absence de mines, l'eau souterraine contient des quantités non négligeables d'antimoine (10 et 12 µg/L). Ainsi, même si le drainage minier est la cause principale de ces anomalies, il existe une sensibilité générale liée à un fond géochimique particulièrement concentré (teneurs importantes en minéraux). En Ardèche, une concentration de 27 µg/L a été mesurée dans une zone à sols riches en plomb (BARBIER and CHERY, 1997), probablement due à l'altération météorique de sulfo-antimoniures de plomb.

2.4.2 Contexte géologique favorable à la présence d'antimoine

Les zones riches en antimoine correspondent souvent à la présence de filons miniers principalement dans les roches de socle. L'antimoine est souvent associé à l'arsenic et au plomb (sulfo-antimoniures de plomb), les zones plombifères et arsénifères constituent donc une source potentielle d'antimoine.

2.4.3 Répartition spatiale des données en Corse

Les bases de données IMN et RMQS ne comportent pas d'analyse de l'antimoine. La Figure 2 présente les teneurs en antimoine dans les eaux souterraines d'après la base de données ADES et ARS. Le fond géochimique du sud de l'île est relativement peu élevé en arsenic tandis qu'il est nettement plus élevé dans la région de Galéria où les sédiments montrent des teneurs supérieures à 100 mg/kg.

Sur les 475 mesures d'antimoine répertoriées dans ADES, 5 seulement, soit 1 %, ont une valeur mesurée supérieure aux limites de détection-quantification (Tableau 4). Seule la Haute-Corse a fait l'objet d'un suivi de l'ARS en antimoine sur les eaux des captages d'alimentation en eau potable. Les valeurs sont égales à 1, 2 ou 5, ce qui suggère qu'elles sont en-dessous des limites de détection (la base de données ne précise pas si c'est effectivement le cas). Dans ADES, seuls un point d'eau situé à Girolata (de code BSS 11088X0016/GIROLA) et un autre situé à Bonifacio (de code BSS 11282X0002/ARENAG) montrent des teneurs en antimoine supérieures à la limite de qualité (respectivement 12 µg/l le 19/10/2005 et 6 µg/L le 24/06/2009).

Parmi les 130 mesures d'antimoine du suivi qualité de l'AERM&C, 13, soient 10 %, ont une valeur supérieure aux limites de détection-quantification dont quatre portent sur les eaux et neuf sur les sédiments (Tableau 4). Le rapport BRGM (1995b) fait état de teneurs importantes en antimoine dans les eaux de surface de la Bravone et de la Présa, en lien avec les anciennes activités minières de Matra. Le peu de données exploitables rend difficile une définition précise du fond géochimique naturel.

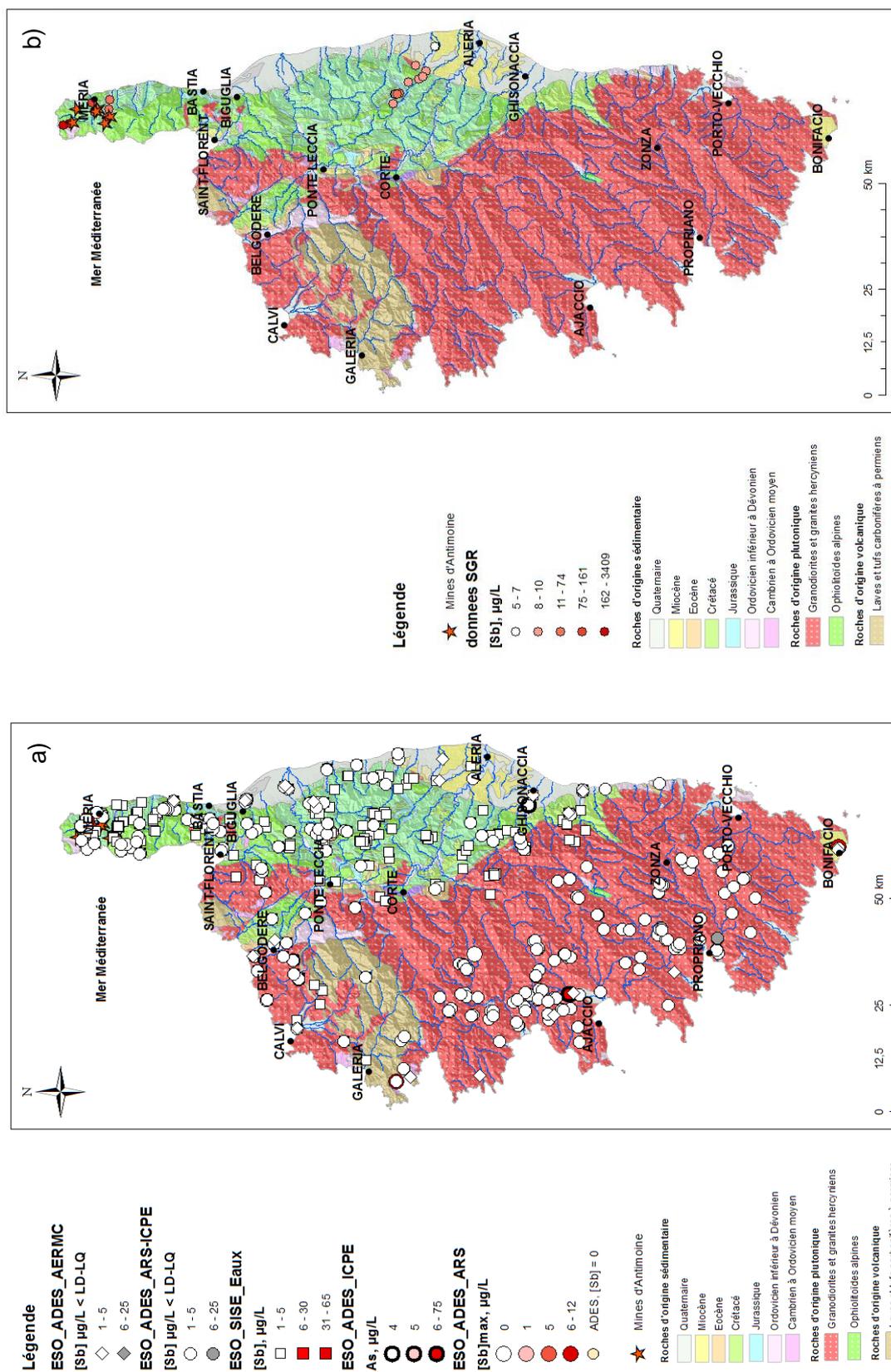


Figure 2 : Teneurs en antimoine dissous mesurées a) dans les eaux souterraines issues des bases ADES et SISE-EAUX (ARS) et b) dans les eaux de surface issues du rapport BRGM (BRGM, 1995b). Les données inférieures à la limite de détection (LD) et la limite de quantification (LQ) sont indiquées et concernent la majorité des mesures. Les données AERM&C sont inférieures à la LQ ou mesurées sur des eaux brutes non filtrées.

2.5 CUIVRE

2.5.1 Mobilité du cuivre dans les sols et les eaux

En solution, on retrouve les ions Cu^+ et Cu^{2+} , la deuxième forme prédominant. La forme solide la plus courante est le carbonate de cuivre (CuCO_3). Sa faible solubilité et l'adsorption ou la co-précipitation avec des hydroxydes ferriques expliquent les concentrations basses en cuivre dans les eaux naturelles. Les caractéristiques chimiques du cuivre n'autorisent généralement pas l'existence de fortes concentrations dans les eaux naturelles. Celles-ci ne dépassent habituellement pas $1 \mu\text{g/L}$, même si des teneurs plus fortes sont possibles à un pH plus acide et s'il y a oxydation de sulfures de cuivre.

2.5.2 Contexte géologique favorable à la présence de cuivre

L'environnement géologique peut être une source de cuivre, surtout dans le cas d'eaux acides et en présence, en profondeur, de sulfures de cuivre plus ou moins oxydés. Le cuivre est retrouvé de façon fréquente dans les encaissements basiques comme les massifs gabbroïques ou les migmatites et les gneiss du secteur de Porto-Vecchio (BRGM, 1997). Il est peu probable de le retrouver en teneurs significatives dans les eaux.

2.5.3 Répartition spatiale des données en Corse

a) Analyse du contenu des bases de données

Selon les données du RMQS, la Corse alpine est une zone à fond géochimique fort en Cu (Figure 3). Le fond géochimique calculé avec les données de l'IMN montre que les laves et tufs de Corse ont des teneurs en cuivre comparables à celles du bassin Rhône-Méditerranée et Corse (respectivement 24 et 25 mg/kg), avec quelques valeurs anormales au-delà de 83 mg/kg (valeur seuil présentée dans le Tableau 3. En revanche, les roches volcano-sédimentaires de la région de Galéria sont moins riches en cuivre (36 mg/kg) et ne montrent pas d'anomalie. Les données n'ont pas permis d'estimation pour les granodiorites.

Le Liamone à Arbori (station 6215800) a montré un dépassement de la NQE ($1,4 \mu\text{g/L}$) pour le paramètre cuivre en 2010. La limite de qualité est de $2000 \mu\text{g/L}$. Ce cas sera étudié en détail dans la partie 7.

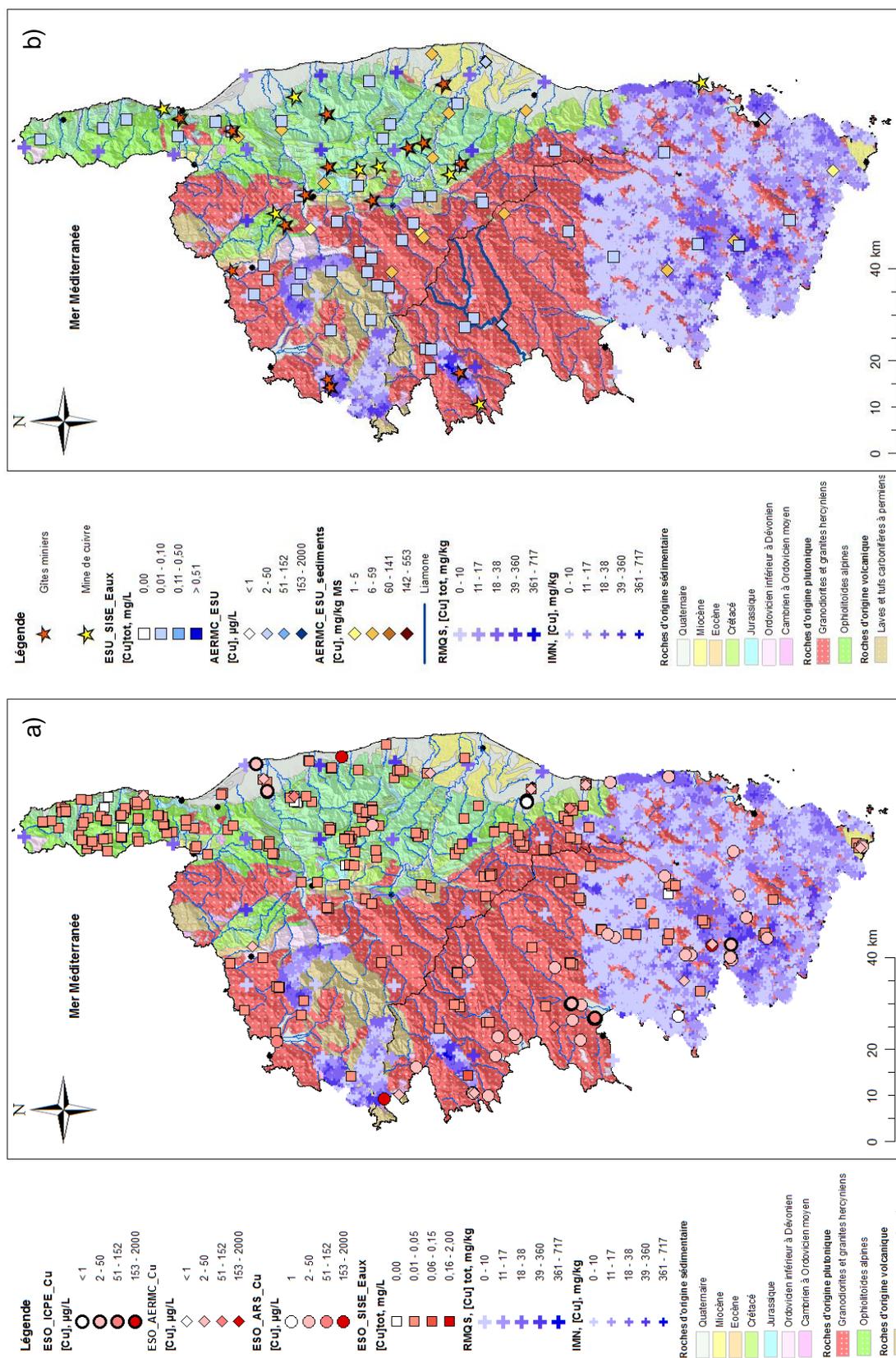


Figure 3 : Teneurs en Cu dans les roches (IMN), les sols (RMQS), et teneurs en Cu dissous a) dans les eaux souterraines et b) les eaux de surface (données postérieures à 2010).

Dans la base ADES, 564 analyses de cuivre dissous dans les eaux ont été reportées, dont 45 (8%) sont au-dessus de la limite de détection. Seul un point d'eau situé dans la plaine alluviale de la Figarella, à Calvi (de code BSS 11056X0123/FIGA) montre une teneur (2,1 mg/L) équivalente à la limite de qualité (2 mg/L, Figure 3). Les eaux souterraines font l'objet d'un suivi ICPE au niveau de trente points. Dans la base de données ARS, peu de valeurs sont supérieures à la limite de détection.

Dans la base de suivi qualité des eaux de surface de l'AERMC (Tableau 4), le nombre total d'analyses est de 198, dont 33 portent sur les eaux avec une valeur au-dessus de la limite de détection-quantification.

2.6 CHROME

2.6.1 Mobilité du chrome dans les sols et les eaux

En solution, il existe six formes stables de Cr. A des pH courants, les formes CrOH^{2+} et $\text{Cr}(\text{OH})_2^+$ prédominent. La forme trivalente du chrome est très insoluble et immobile mais peut, sous certaines conditions (oxydantes, entre autre), être mobilisée.

L'espèce minérale contenant du chrome est la chromite (FeCr_2O_4) que l'on retrouve essentiellement dans les roches ignées ultramafiques. Le chrome se substitue aisément au fer ferrique et est présent dans de nombreux minéraux silicatés (pyroxènes, amphiboles, micas).

Les teneurs en chrome sont généralement inférieures à 1 ou 2 $\mu\text{g/L}$. De fortes concentrations en Cr^{VI} ne sont possibles que dans les eaux très oxygénées (hors complexation), mais ne dépassent jamais la norme.

2.6.2 Contexte géologique favorable à la présence de chrome

Des concentrations significatives en chrome sont rencontrées en contexte volcanique ou intrusif (Robertson, 1991). Le temps de résidence joue un rôle important, les eaux les plus vieilles étant les plus concentrées. Un pH alcalin et un milieu oxygéné favorisent la mise en solution du chrome. L'aquifère molassique dans les Alpes montre une concentration moyenne en chrome de 2,5 $\mu\text{g/L}$, avec un maximum de 6,9 $\mu\text{g/L}$ relevé dans un sous-système aquifère du Miocène de la région de Chambéry, composé de grès glauconieux ou calcaireux. L'origine avancée est le lessivage de niveaux ophiolitiques dans les pré-Alpes, riches en spinelle chromifère (HESSKE et al., 1997).

D'autres anomalies en chrome ont été identifiées dans des aquifères alluvionnaires et leur mise en relation avec des anomalies de teneurs en nitrates permet souvent de distinguer l'existence d'une pression anthropique sur ces captages, sans pour autant permettre de conclure à une origine anthropique du chrome. La présence de chrome peut en effet s'expliquer par la mise en solution de chrome de certains minéraux grâce à des conditions de potentiel redox et de pH favorables (milieu oxydant et légèrement basique).

2.6.3 Répartition spatiale des données en Corse

Le fond géochimique calculé à partir des données IMN montre un bruit de fond relativement faible dans les granodiorites et granites de la Corse du Sud (36 mg/kg) avec des anomalies à partir de 87 mg/kg. Ces valeurs sont inférieures à celles de l'ensemble du bassin Rhône-

Méditerranée et Corse. Le bruit de fond dans les laves et tuffs est bas et inférieur à celui de l'ensemble du bassin (respectivement 24 mg/kg et 63 mg/kg) et sans anomalie notable.

La base RMQS permet de montrer que la Corse alpine possède un fond géochimique élevé en chrome, avec des teneurs variant de 27,9 mg/kg à Aleria à 2900 mg/kg dans un rankosol d'érosion sur éboulis (Figure 4). Le fond géochimique de la Corse cristalline est en revanche faible, d'où l'absence de suivi des teneurs en chrome en Corse du sud par l'ARS.

La base de données ADES contient 433 mesures du paramètre chrome dont 112 sont supérieures aux limites de détection-quantification parmi lesquelles sept sont supérieures à la limite de qualité de 50 µg/L (Tableau 4). Les secteurs où les teneurs sont les plus élevées sont le Cap-Corse et la Castagniccia.

La base de données de l'AERM&C des eaux de surface fait état de 198 mesures du paramètre chrome, dont 117 sont supérieures à la limite de détection parmi lesquelles 25 seulement portent sur les eaux (Tableau 4). Seul le Tagnone, à la station d'Aléria, a montré une fois une teneur de 14 µg/L dépassant la NQE (3,4 µg/L).

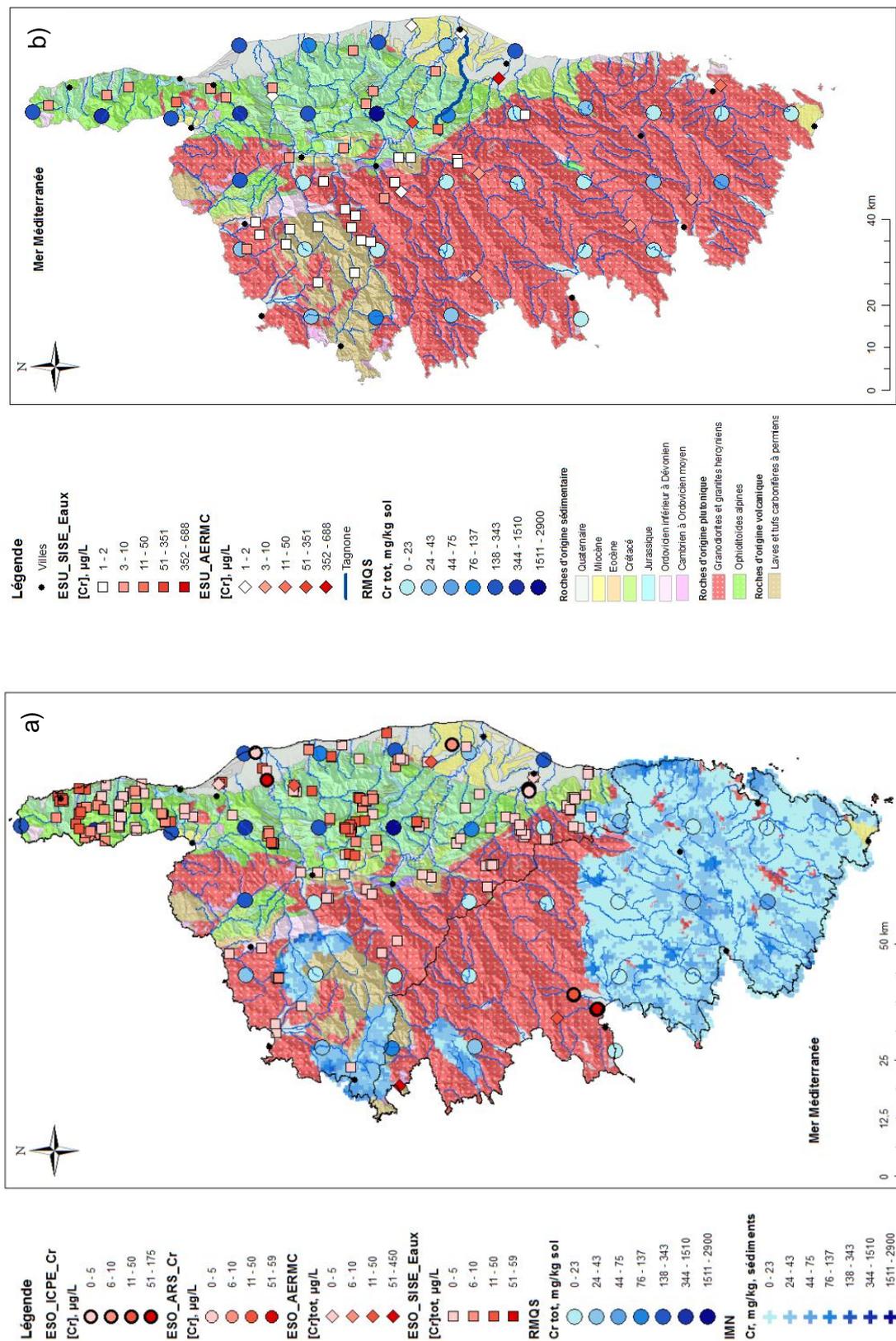


Figure 4 : Concentrations en chrome total dans les roches (IMN), dans les sols (RMQS) et en chrome dissous a) dans les eaux souterraines et b) dans les eaux de surface (données postérieures à 2010).

2.7 MANGANESE

2.7.1 Mobilité du manganèse dans les sols et les eaux

Le manganèse figure, tout comme l'aluminium et le fer, dans la liste des « paramètres indicateurs de qualité témoins du fonctionnement des installations de production et de distribution d'eau ».

Le manganèse est un constituant mineur des roches ignées et métamorphiques. Il entre dans la composition des basaltes, des olivines, des pyroxènes, et des amphiboles. Il est également possible d'en rencontrer dans les dolomies et la rhodochrosite (MnCO_3). Les hydroxydes de fer, et autres minéraux comme la sidérite où le manganèse est présent en impuretés, constituent également une source de manganèse.

Le manganèse, comme le fer, est sensible aux conditions d'oxydo-réduction des milieux naturels. Dans les eaux naturelles, l'ion Mn^{2+} est largement prédominant. Si le pH est suffisamment élevé, il peut précipiter sous forme d'oxydes de Mn^{4+} . Comme pour le fer, la teneur en manganèse est essentiellement contrôlée par les conditions de pH et de Eh. Dans les eaux pauvres en oxygène et de préférence acides, il est possible de rencontrer plus de 1 mg/L de manganèse. En milieu oxygéné, la concentration en manganèse est limitée par la précipitation de minéraux et la co-précipitation avec des hydroxydes. Elle est alors souvent inférieure à 1 $\mu\text{g/L}$. La matière organique peut, comme pour le fer, générer les conditions d'une augmentation de la teneur en manganèse d'un milieu.

2.7.2 Contexte géologique favorable à la présence de manganèse

Les conditions d'oxydoréduction influencent principalement la concentration en manganèse dans les eaux, l'évolution de sa teneur dépend peu de la lithologie de l'aquifère.

2.7.3 Répartition spatiale des teneurs en manganèse en Corse

Le fond géochimique calculé à partir des données IMN montre un bruit de fond relativement élevé dans les granodiorites et granites de la Corse du Sud (0,25 %) mais sans anomalie. Ces valeurs sont supérieures à celles de l'ensemble du bassin Rhône-Méditerranée et Corse (0,14 %) (Tableau 3). Le bruit de fond dans les laves et tuffs est également important (0,3 %) et supérieur à celui de l'ensemble du bassin (0,14 %) sans anomalie notable. Pour les sédiments de petits ruisseaux de la région de Galéria, le fond géochimique est plus bas (0,2 %), proche de celui de l'ensemble du bassin (0,17 %). Selon les données de la base RMQS, la Corse alpine possède un fond géochimique élevé en manganèse (Figure 5).

Dans la base ADES, 1200 analyses de manganèse dissous dans les eaux ont été reportées, dont 216 (18 %) sont au-dessus des limites de détection-quantification. Douze analyses concernent le suivi ICPE.

Dans la base de suivi qualité des eaux de surface de l'AERMC, le nombre total d'analyses du manganèse est de 24, dont 14 au-dessus de la limite de détection. Seules 2 mesures portent sur le support eau, dans le Tavignano, dont l'une est importante (129 $\mu\text{g/L}$) (Tableau 4).

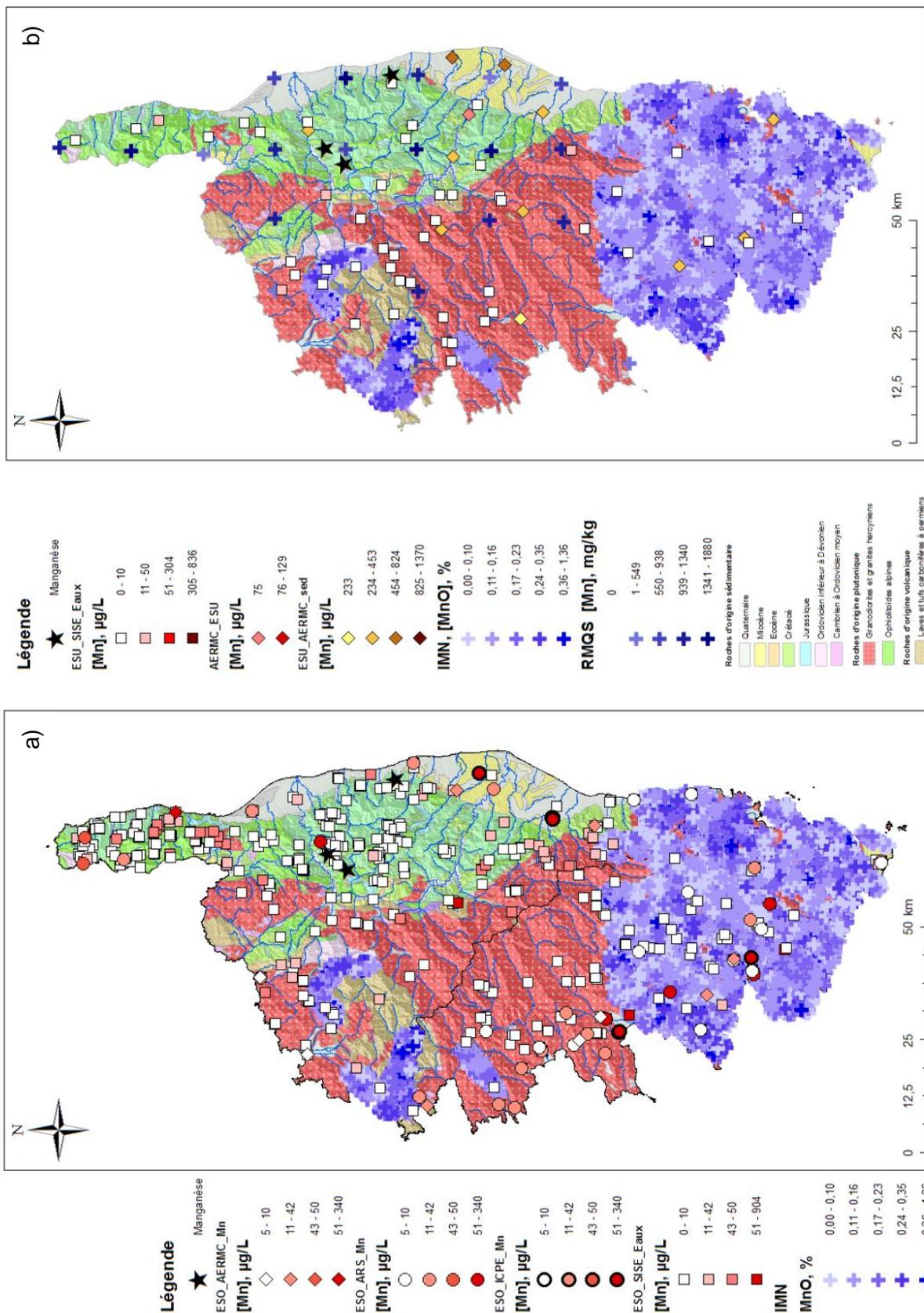


Figure 5 : a) Teneurs en manganèse total dans les roches et les eaux souterraines et b) dans les eaux de surface (données de 2007 sur fraction brute) et dans les sols.

2.8 NICKEL

2.8.1 Mobilité du nickel dans les sols et les eaux

La forme la plus stable du nickel en solution est l'ion Ni^{2+} . A pH alcalin, les formes hydroxydes prédominent. La teneur en nickel dans les roches varie de 1 mg/kg dans les grès à 160 mg/kg dans les basaltes. Le nickel se substitue facilement au fer et au magnésium dans les roches ferromagnésiennes. Il est ainsi principalement présent dans les minéraux sulfurés comme la pyrite $[(Fe,Ni)S_2]$ ou la pentlandite $[(Fe,Ni)_9S_8]$.

La source principale de nickel dans les eaux souterraines est l'oxydation de la pyrite où le nickel est substitué au fer (0,1 à 1 mole de Ni pour 100 moles de Fe). Les concentrations en nickel dans les eaux souterraines sont généralement inférieures à quelques $\mu g/L$, même pour des eaux issues de milieux potentiellement riches en nickel comme les basaltes à olivine. Dans le cas de l'oxydation de la pyrite, des concentrations de quelques centaines de $\mu g/L$ sont possibles. La limite de qualité est de 20 $\mu g/L$ dans les eaux.

Les facteurs qui contrôlent la teneur en nickel sont : (1) la présence de minéraux contenant du nickel (minéraux sulfurés en particulier) dont l'oxydation par les nitrates ou par une diminution du niveau piézométrique libère du nickel, (2) le pH et le potentiel redox, (3) la présence d'oxydes de fer et surtout de manganèse sur lesquels le nickel s'adsorbe facilement.

2.8.2 Contexte géologique favorable à la présence de nickel

Les basaltes à olivine et les serpentines représentent l'environnement géologique le plus favorable à une contamination par le nickel. Les régions françaises concernées sont l'Aubrac, le Puy de Dôme, le Cantal et la Corse. Des concentrations élevées ont été mesurées dans des contextes sédimentaires carbonatés dans le Nord de la France (DENIS et al., 2000; VALLEE et al., 1999).

2.8.3 Répartition spatiale des données en Corse

Dans les laves, le fond géochimique est relativement riche en nickel, particulièrement identifié dans le Mont Cinto au Sud-Est de Galéria (BRGM, 1997). Les granites et granodiorites ont un fond géochimique relativement pauvre en nickel (21 mg/kg), valeur inférieure à celle de l'ensemble de la région RM&C, sans valeur anormale. Les sédiments sont en revanche plus enrichis en nickel, en Corse (63 mg/kg) comme dans le bassin RM&C (58 mg/kg).

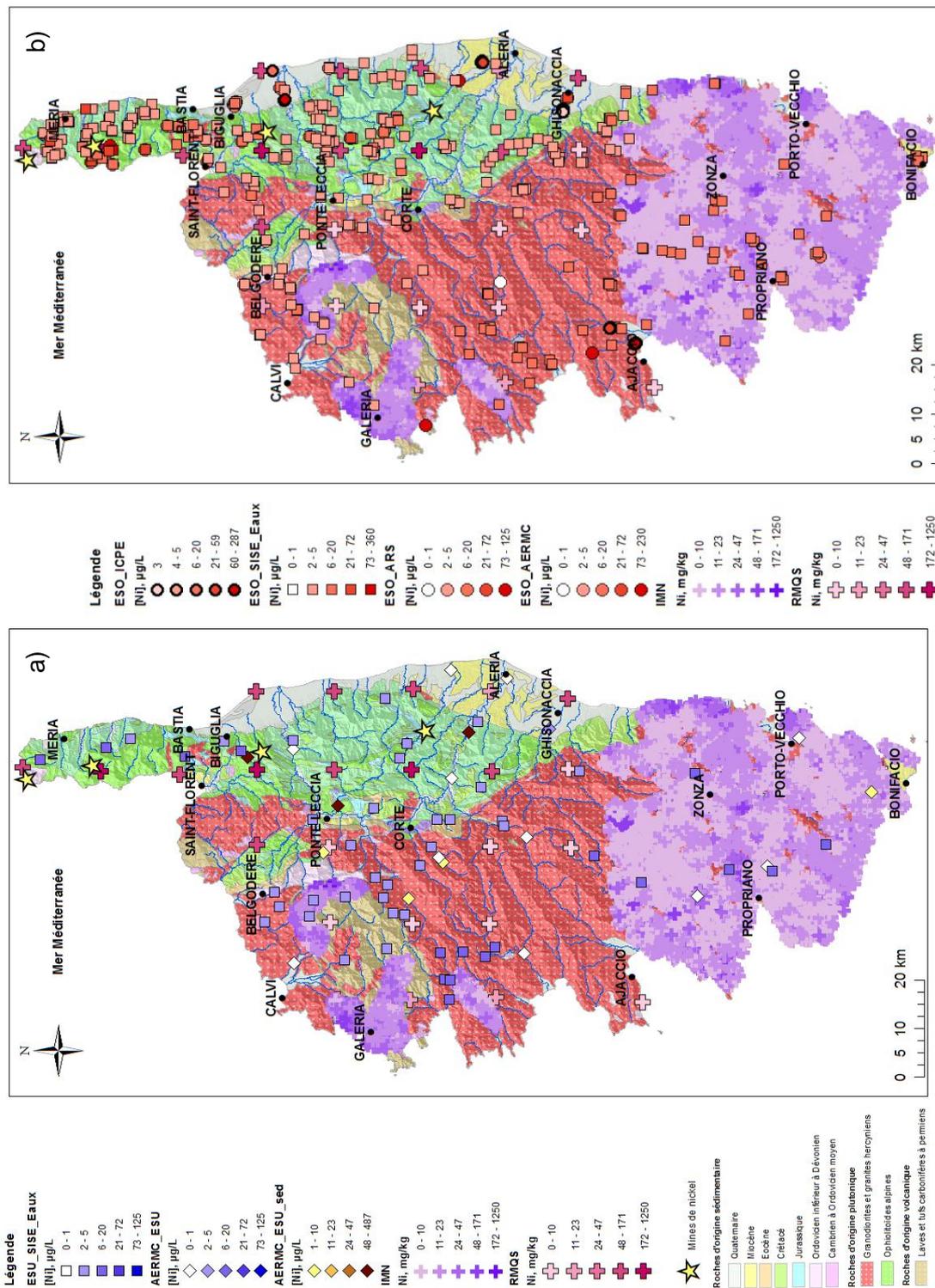


Figure 6 : Carte présentant les teneurs en nickel dissous dans a) les eaux de surface (données postérieures à 2010) et b) les eaux souterraines d'après les données disponibles, ainsi que les teneurs en nickel dans les roches et sols.

La base de données ADES contient 543 analyses du paramètre nickel dans les eaux dont 81 (15 %) sont supérieures aux limites de détection-quantification.

La base de données AERMC des eaux de surface contient 338 analyses de nickel dont 137 (40 %) sont supérieures à la limite de détection (Tableau 4). Parmi ces données, 45 seulement portent sur les eaux, le reste étant mesuré sur les sédiments et les bryophytes.

2.9 PLOMB

2.9.1 Mobilité du plomb dans les sols et les eaux

La forme principale du plomb en solution est l'ion Pb^{2+} . Il peut aussi former des hydroxydes ou encore des complexes avec les ions carbonates, phosphates et sulfates. L'oxyde de plomb a un comportement chimique amphotère (qui peut se combiner aussi bien avec les bases qu'avec les acides). Il a deux domaines de solubilité dans l'eau : à $pH < 5,5$ et à $pH > 7,5$ environ. Le plomb est présent dans les familles de minéraux suivantes : les orthophosphates, particulièrement répandus en milieu cristallin, les carbonates, avec la cérusite $PbCO_3$, les sulfures (PbS_2 galène), les sulfates ($PbSO_4$, anglésite).

Le plomb est peu mobile en raison de la faible solubilité des complexes carbonatés et phosphatés auxquels il est associé. Il peut s'adsorber sur des surfaces organiques ou inorganiques ou encore co-précipiter avec des oxydes de manganèse.

Des concentrations en plomb d'origine naturelle supérieures au seuil analytique sont très rares même lorsque le contexte géologique est riche en cet élément.

2.9.2 Contexte géologique favorable à la présence de plomb

Puisque aucune anomalie en plomb d'origine naturelle n'a pu actuellement être réellement montrée, il n'est pas possible de définir un contexte géologique caractéristique d'une contamination par le plomb.

2.9.3 Répartition spatiale des teneurs en plomb en Corse

D'après les données de l'IMN, le fond géochimique en plomb des sédiments de tête de bassin est relativement élevé dans la région de Galéria. C'est également le cas dans la région de Balagne-Filosorma où de nombreuses mines ont été actives à la fin du XIX^{ème} siècle. La région de Pietralba possède également de nombreuses mines et indices miniers où le plomb et le cortège cuivre et zinc sont présents. Les laves et tufs et les granodiorites et granites de la Corse-du-Sud possèdent un fond géochimique élevé en plomb, avec une valeur seuil respectivement de 78 et 90 mg/kg, supérieure à ce qui est calculé à l'échelle du bassin RM&C, respectivement 60 et 52 mg/kg.

Dans les eaux souterraines, bien que la grande majorité des points montre des teneurs en Pb inférieures à la limite de qualité (50 $\mu g/L$), quelques zones se distinguent avec des teneurs supérieures à 7 $\mu g/L$. La base de données ADES contient 580 analyses du paramètre plomb dans les eaux dont 203 sont supérieures à la limite de détection. La base de données AERMC contient 338 analyses de plomb dont 92 (27 %) sont supérieures à la limite de détection. Parmi ces données, quinze seulement portent sur les eaux, le reste étant mesuré sur les sédiments.

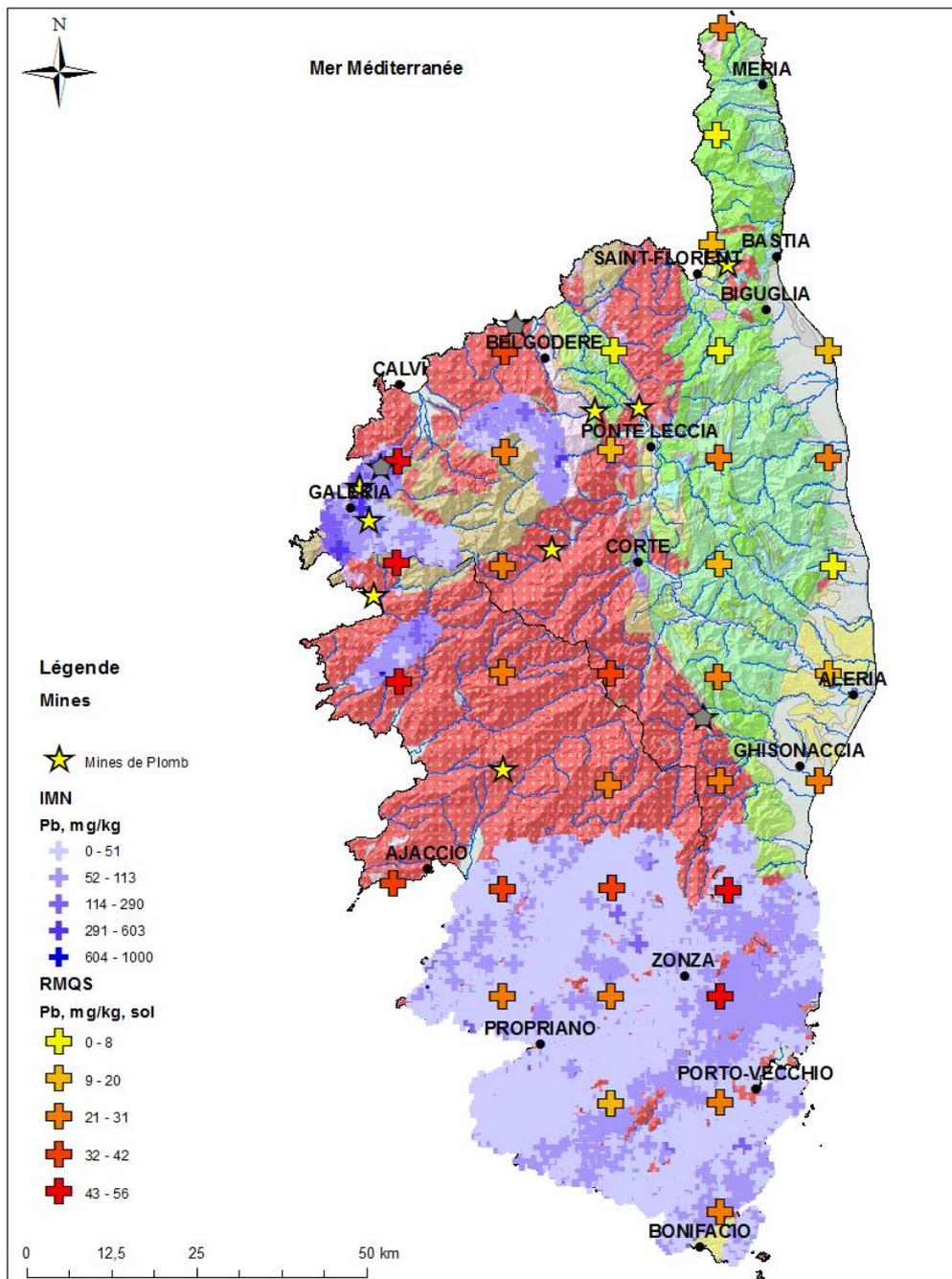


Figure 7 : Carte présentant les teneurs en plomb dans les roches (données issues de l'IMN) et dans les sols (données issues du RMQS). Les teneurs totales dans les sédiments étant largement supérieures à celles des sols, les gammes de couleurs sont différentes.

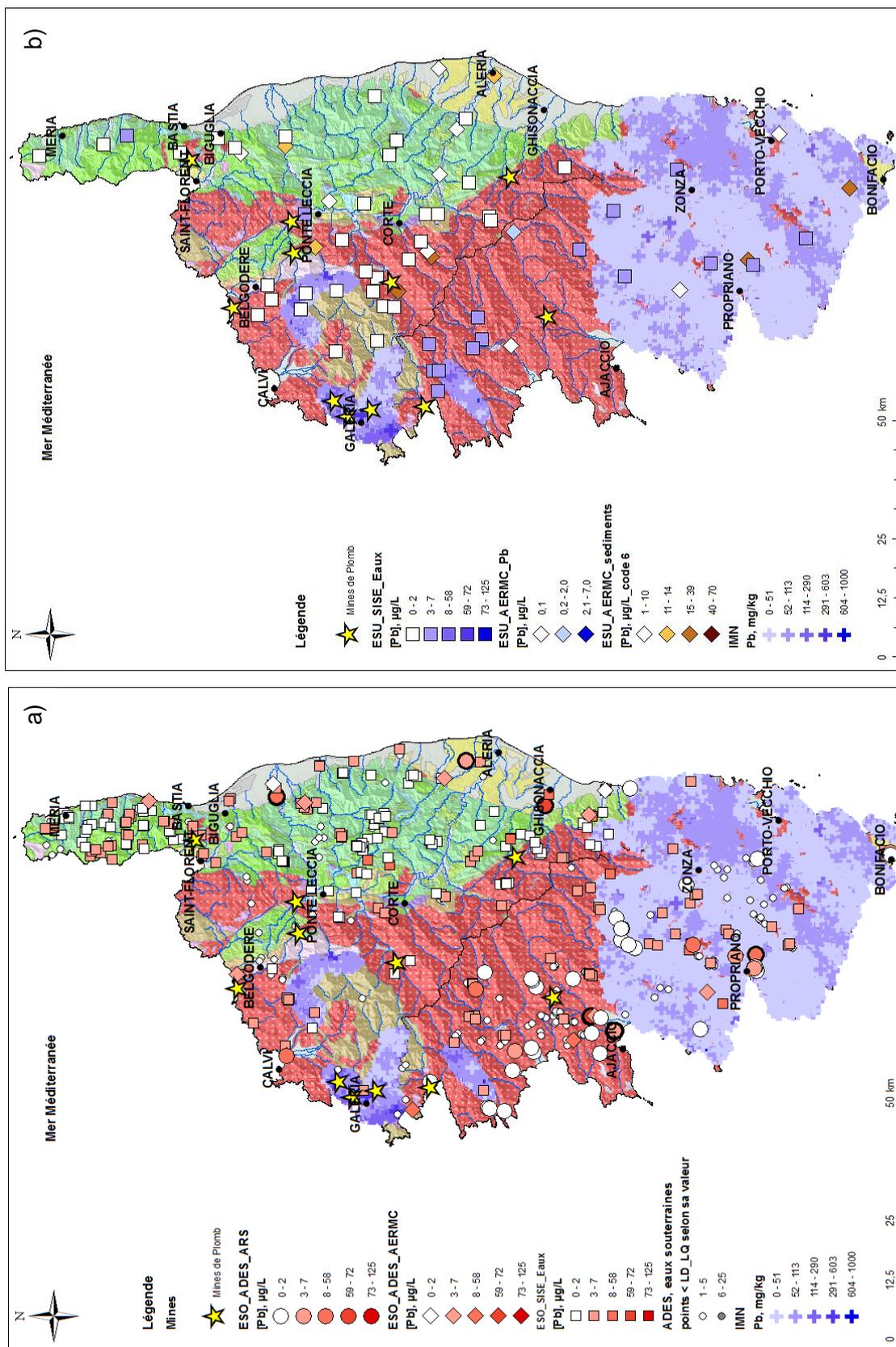


Figure 8 : Carte présentant les teneurs en plomb dissous a) dans les eaux souterraines et b) dans les eaux de surface (données postérieures à 2010).

2.10 ZINC

2.10.1 Mobilité du zinc dans les sols et les eaux

Le seul état d'oxydation du zinc est Zn^{II} . Il est relativement plus soluble que le cuivre et le nickel. La solubilité du carbonate de zinc reste relativement faible. Le zinc s'adsorbe facilement sur certaines surfaces minérales et peut co-précipiter. L'ensemble de ces propriétés tend à limiter sa concentration dans les eaux naturelles.

Aucune eau d'origine naturelle ne dépasse la norme de qualité en France. Les plus fortes concentrations connues sont de quelques centaines de $\mu\text{g/L}$. Mais il existe, pour des concentrations inférieures à 1 mg/L, un lien entre la géologie du milieu et la concentration en zinc. Dans les eaux souterraines des Grès et dolomies du Trias à sols riches en Zn, en Ardèche, des teneurs atteignant 300 $\mu\text{g/L}$ ont été mesurées (Barbier et Chery, 1995). A proximité de la mine de l'Argentière dans les Hautes-Alpes, une concentration de 390 $\mu\text{g/L}$ a été mesurée dans une source non polluée, dont l'origine serait la présence en profondeur de sulfures riches en zinc (SCHMITT J.M., 1996).

2.10.2 Répartition spatiale des données en Corse

La valeur seuil du fond géochimique des granodiorites (130 mg/kg) et sédiments ordoviciens-dévonien (135 mg/kg) de Corse est relativement basse comparée aux données calculées dans les divers massifs de socle français. Les laves ont une valeur seuil plus élevée (164) mais qui reste inférieure au maximum calculé pour les Pyrénées (266 mg/kg) (CARY and LEYNET, 2011).

Sur les 573 mesures de zinc dans les eaux répertoriées dans ADES, 297 (60 %) ont une valeur supérieure à la limite de détection (Tableau 4). Parmi les 198 mesures de zinc du suivi qualité de l'AERM&C des eaux de surface, 106 ont été réalisées sur les eaux et 55 ont une mesure supérieure aux limites de détection-quantification. Des mesures dans la Gravone ont dépassé la NQE et ce cas sera traité en détail dans la partie 8.

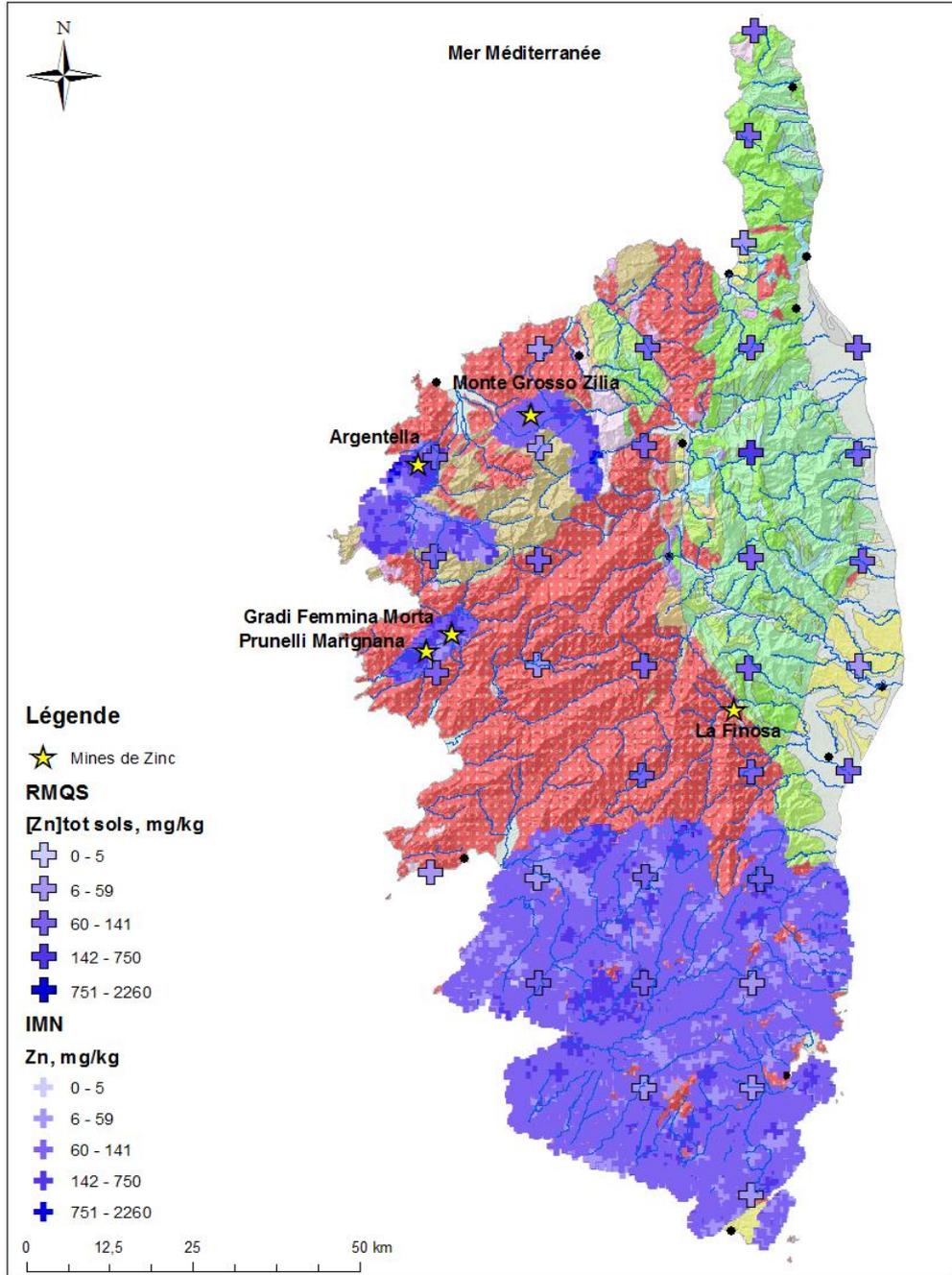


Figure 9 : Teneurs en Zn dans les sols (RMQS) et roches (IMN).

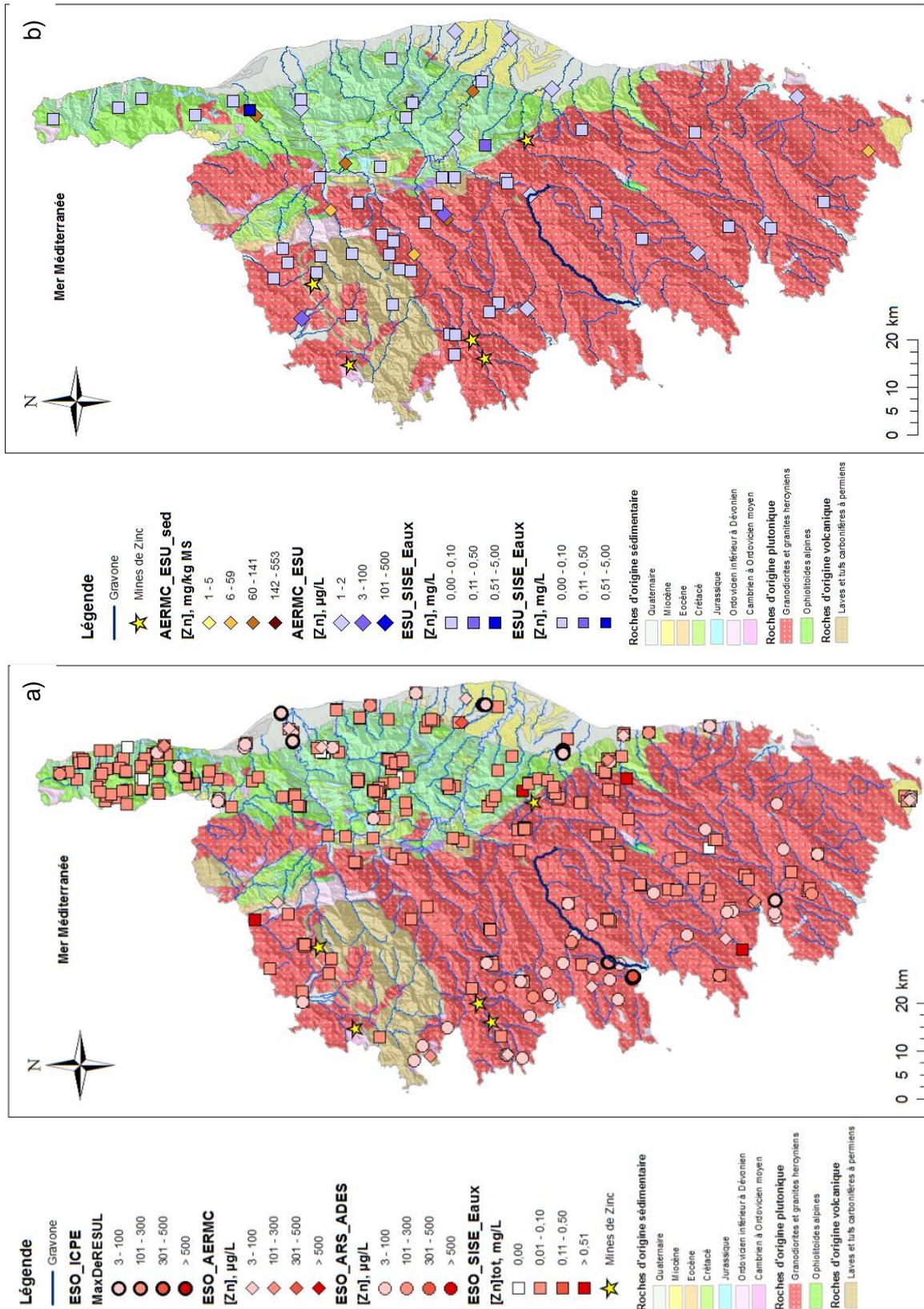


Figure 10 : a) Teneurs en zinc dissous dans les eaux souterraines et b) dans les eaux de surface (postérieures à 2010).

2.11 SYNTHÈSE

Une synthèse des zones à fond géochimique élevé et des mesures supérieures aux normes de qualité pour les eaux souterraines et de surface est représentée sous forme de carte (Figure 11 et Figure 12).

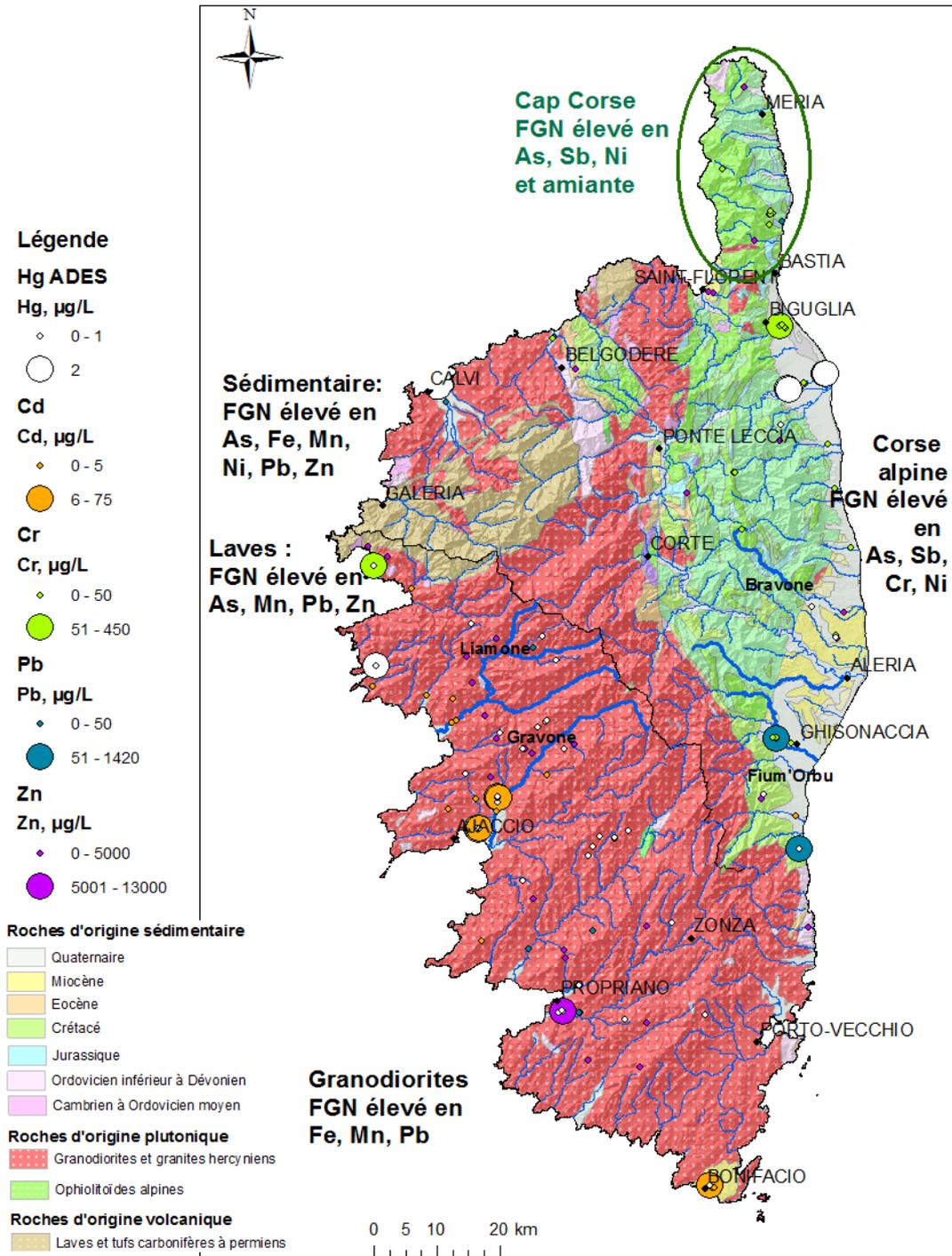


Figure 11 : Carte de synthèse des zones à fond géochimique naturel (FGN) élevé et des classes de teneurs maximales rencontrées dans les **eaux souterraines**. Les classes sont établies avec la valeur de la limite de qualité pour les eaux brutes destinées à la consommation humaine, lorsqu'elle existe. Les mines et les sites ICSP sont indiqués.

La Bravone montre un dépassement de la NQE en arsenic, cas traité en détail au chapitre 5 (Figure 12). Dans la base de données du suivi DCE de la qualité des cours d'eau de l'Agence de l'Eau RM&C, plusieurs cours d'eau présentent des dépassements des NQE pour certains métaux. Le Tagnone montre un dépassement en chrome et en zinc à la station d'Aléria, dont l'étude sera présentée au chapitre 6. Le Liamone montre un dépassement en cuivre à la station d'Arbori, traité au chapitre 7. Les teneurs en zinc dans les eaux de surface dépassent assez fréquemment la NQE. Comme on le verra dans la partie consacrée à la Gravone (Chapitre 8), les analyses du zinc peuvent fréquemment poser problème en raison des interférences analytiques qui peuvent mener jusqu'à 70 % d'erreur sur la mesure.

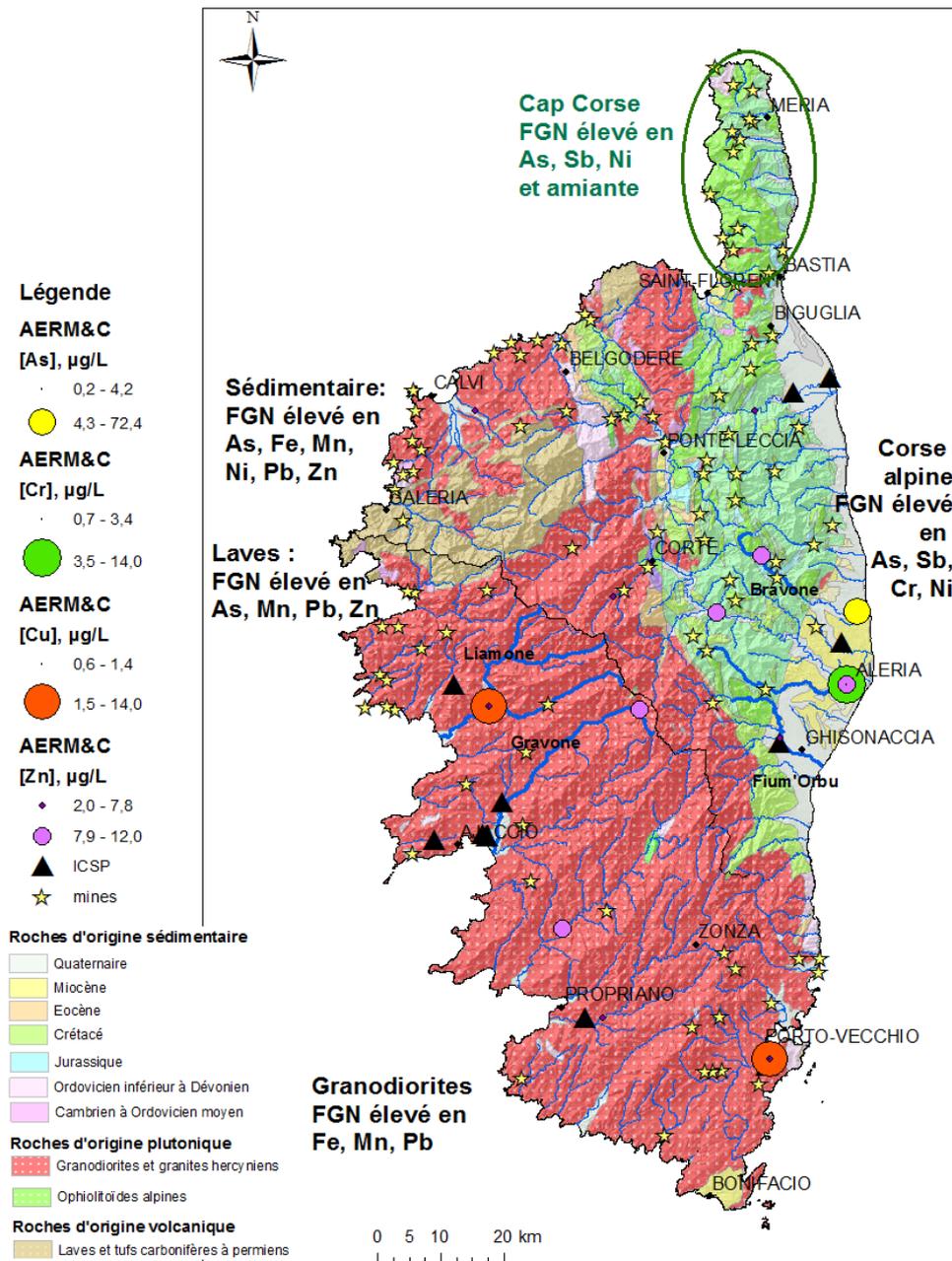


Figure 12 : Carte de synthèse des zones à fond géochimique naturel (FGN) élevé et des teneurs maximales rencontrées dans les eaux de surface et recensées dans la base de données du suivi qualité de l'AERM&C. Les classes sont établies avec la valeur NQE. Les mines et les sites ICSP sont indiqués.

3. Campagne exploratoire

Dans les cas où les données existantes n'ont pas suffi pour conclure sur l'origine des dépassements ou de fortes teneurs mesurées dans les eaux de surface, une campagne exploratoire a été menée dans les bassins versants du Tagnone, du Liamone, du Fium'Orbu et de la Gravone.

3.1 CHOIX DES POINTS DE PRELEVEMENT

Exceptée la Bravone, les quatre masses d'eau cours d'eau présentant un dépassement des NQE pour certains métaux ont fait l'objet d'une campagne exploratoire de prélèvements (Tableau 24 en Annexe 1).

Les orages qui se sont abattus sur la Corse la première semaine de septembre 2012 ont contraint le report de la campagne de prélèvements à mi-septembre. Elle a donc eu lieu du 13 au 25 septembre 2012 et trente-deux échantillons ont été prélevés. Un effort particulier de prélèvement des eaux de surface en amont et en aval des indices minéralisés et des anciennes mines a été fait (Figure 13).

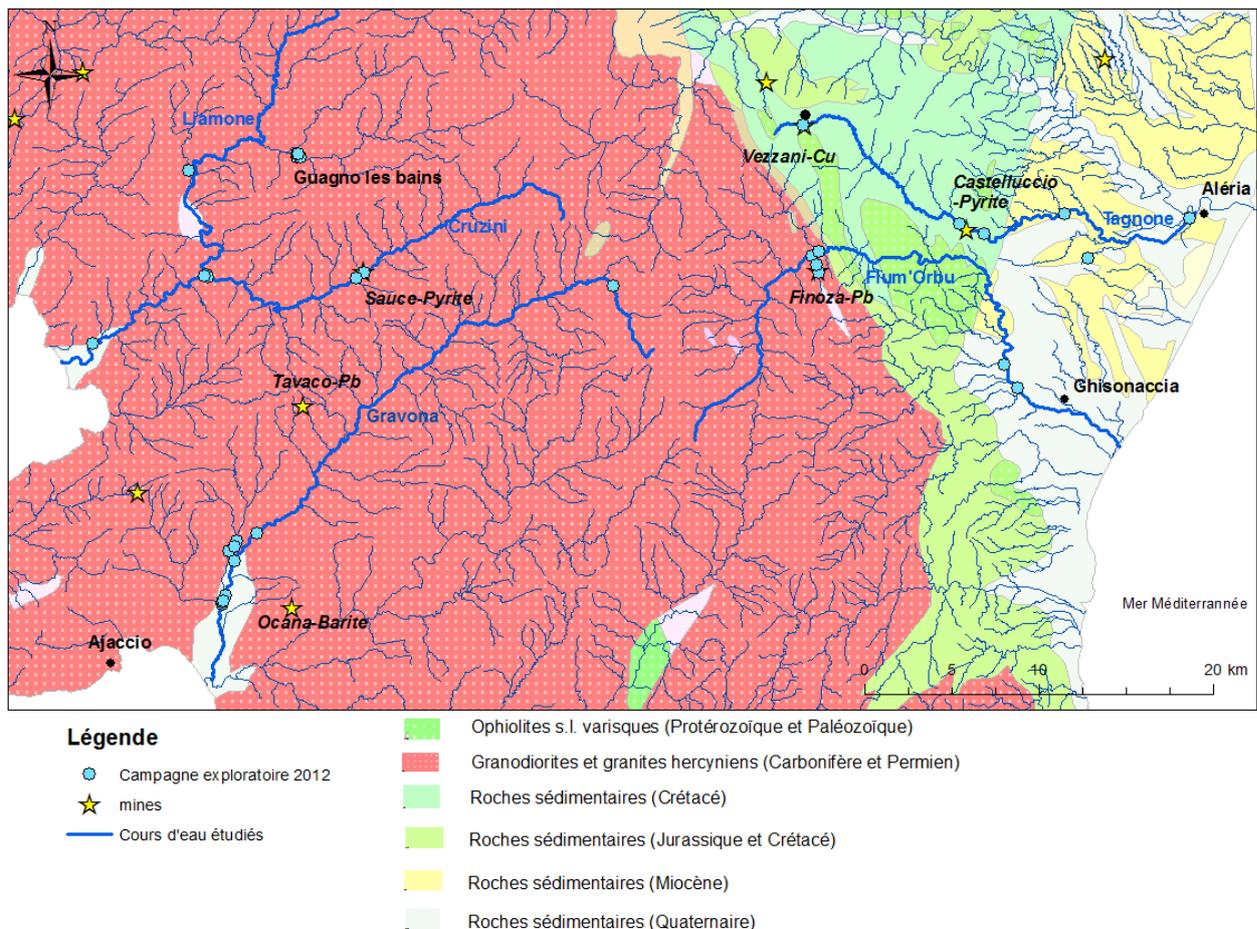


Figure 13 : Masses d'eau de surface et points de prélèvements des eaux de la campagne exploratoire de septembre 2012. La carte géologique est au 1/1 000 000.

3.2 LES ANALYSES CHIMIQUES

Les mesures réalisées *in situ* lors des prélèvements concernent les paramètres suivants :

- température ;
- pH ;
- conductivité électrique à 25°C.

Les échantillons d'eau ont été filtrés à 0,45 µm. Les échantillons destinés à l'analyse des cations et du Carbone Organique Dissous (COD) ont été acidifiés. Les paramètres analysés au laboratoire du BRGM sont :

- éléments majeurs : Ca, Na, K, Mg, Cl, SO₄, NO₃, NH₄, HCO₃, CO₃, PO₄
- éléments mineurs : Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mn, SiO₂, Ni, Pb, Sb, Sr, Zn.

Pour les prélèvements des eaux de surface, un jaugeage est associé aux prélèvements afin de quantifier les flux dans le bassin versant. La suite du rapport étudie en détail la qualité des eaux des sites déjà cités.

4. Analyse des données

Les analyses chimiques interprétées proviennent de la campagne exploratoire de septembre 2012. Les faciès hydrochimiques puis des analyses détaillées par site sont présentés pour :

- vérifier la cohérence ou non des données acquises dans le cadre du projet avec les données préexistantes ;
- étudier la part naturelle et anthropique des éléments sus-cités à chaque point d'eau, en particulier dans le cas de la présence d'anciens travaux miniers.

4.1 LES FACIES HYDROCHIMIQUES

Pour décrire la qualité des eaux souterraines, les faciès hydrochimiques usuellement présentés dans un diagramme de Piper sont établis à partir des teneurs en éléments majeurs (Figure 14). Les balances ioniques des résultats des analyses de la campagne exploratoire, calculées afin de vérifier la qualité des analyses réalisées, n'excèdent pas |3|%. Ce résultat assure que les eaux sont correctement équilibrées et que les analyses sont exploitables.

Les données corses issues de la base de données ADES et AERM&C dont la balance ionique est inférieure à |10|% y sont également représentées. En raison des vides dus à l'absence fréquente de mesure des bicarbonates, le nombre des points d'eau de la base ADES représentable est de 172. Dix-neuf autres analyses de point d'eau ont été retirées du fait d'une balance ionique trop élevée. Pour les données AERM&C, les valeurs les plus récentes du suivi des points d'eau ont été sélectionnées et 42 points à analyse chimique complète et à balance ionique correcte sont affichés dans le diagramme.

La plupart des analyses des points d'eau des bases ADES et AERM&C affichent deux types de faciès : le faciès bicarbonaté calcique et un faciès mixte sulfaté-calcique-chloruré-sodique. Les résultats de la campagne exploratoire sont cohérents par rapport aux faciès principaux des eaux souterraines et de surface de Corse. Les deux principaux faciès découlent de la nature des roches des bassins versants. Les eaux à faciès bicarbonaté calcique proviennent de la Corse alpine tandis que les eaux à faciès mixte proviennent de la Corse cristalline (comme mis en évidence dans l'étude Frissant, 2008 sur l'évaluation de la qualité des eaux souterraines de la Corse à partir des résultats d'analyses des eaux de surface à l'étiage). Les eaux du bassin versant du Liamone et de la Gravone montrent une homogénéité de faciès bicarbonaté calcique légèrement sulfaté. La source de Guagno les Bains en amont du bassin versant du Liamone se distingue nettement avec un faciès chloruré-sulfaté-sodique et une teneur en carbonates importante. Ce point sera développé en 7.2.

Dans le bassin versant du Tagnone, hormis le point d'eau souterraine Samuleto qui se distingue par un faciès sulfaté calcique, l'ensemble des points d'eau de surface du Tagnone montre un faciès bicarbonaté calcique.

Enfin, les faciès des points d'eau de surface du bassin versant du Fium'Orbu montrent une variation de qualité chimique, comprenant des eaux bicarbonatées du ruisseau de Finoza et de l'aval du Fium'Orbu dans la plaine miocène et des eaux en amont de la confluence Finoza-Fium'Orbu très peu minéralisées. Ce point sera développé en 9.3.

Des analyses plus détaillées de la qualité des eaux seront présentées dans les chapitres suivants.

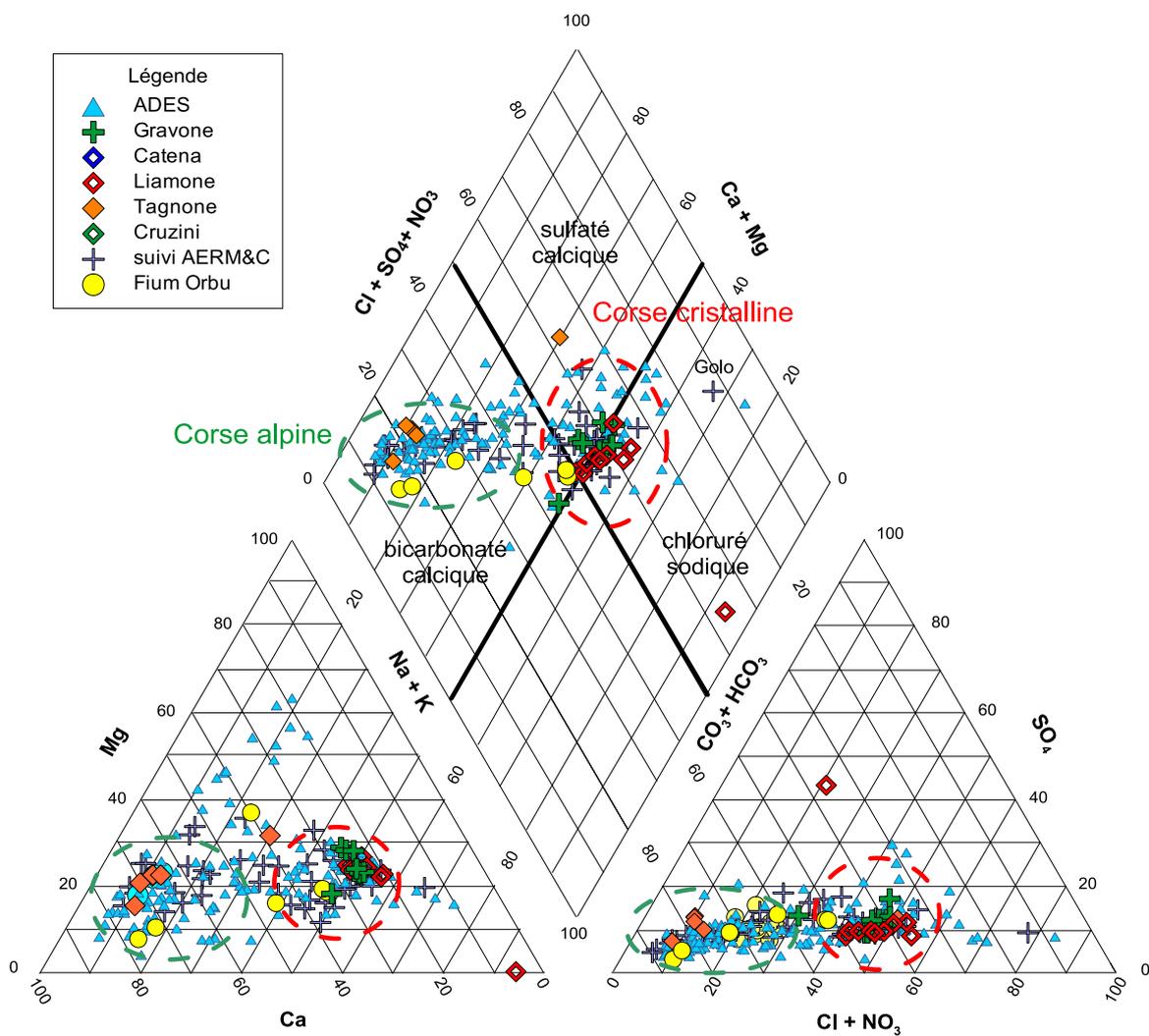


Figure 14 : Diagramme de Piper représentant les points d'eau de la campagne exploratoire de septembre 2012, les points de la base ADES et du suivi AERM&C dont les balances ioniques sont inférieures à |10|%.

5. Qualité des eaux de la Bravona (arsenic)

La Bravona à Linguizzetta est déclassée en raison de teneurs en arsenic supérieures à la limite de qualité des eaux destinées à la consommation humaine de 10 µg/L. La Norme de Qualité Environnementale – Moyenne annuelle (NQE-MA) est de 4,2 µg/L (arrêté du 25 janvier 2010).

5.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

Le contexte a été étudié dans différents travaux antérieurs. Une étude environnementale détaillée du site est en cours de réalisation par Geoderis.

En amont de Linguizzetta, la mine de Matra a été exploitée pour l'arsenic présent dans le réalgar et l'orpiment (MIGON and MORI, 1999). La mine contient également de la stibine (Sb_2S_3) (Lenck, 1970, Féraud et al., 1977 cités dans Calendini, 2000). Les dépôts de réalgar ont été découverts vers 1880. La mine a été abandonnée en 1945 après avoir produit 30 000 tonnes de minerai à 10 à 20 000 t d'As élément (MIGON and MORI, 1999). Selon Calendini (CALENDINI, 2000), il existe trois autres indices de réalgar et d'orpiment dans le secteur anciennement mentionnés (Lacroix, 1893-1896) : Stroccia (commune de Moïta), Scandolajo (commune de Tallone) et la Porta. Moïta et Tallone sont situés à proximité du site de Matra. Le filon est localisé dans des roches encaissantes de schistes lustrés accompagnés d'ophiolites abondantes. Le gisement de Matra occupe une zone de faille broyée entre schistes et serpentinites (Feraud, 1974).

5.2 ANALYSE DES DONNEES EXISTANTES

La

Figure 15 présente le cours de la Bravone et le site de Matra. Le point d'eau (forage) à l'origine du dépassement des concentrations en métaux par rapport à la NQE est entouré. Il est implanté dans la nappe alluviale de la Bravone. Les indices de réalgar et d'orpiment anciennement mentionnés (Lacroix, 1893-1896) sont positionnés à titre indicatif : Stroccia (commune de Moïta), où se situe un captage AEP du même nom et Scandolajo (commune de Tallone).

Il a été démontré que les fortes teneurs en As mesurées en aval des travaux miniers dans les eaux de surface de la Presa (affluent de la Bravone) et de la Bravone proviennent des activités minières passées et que l'arsenic s'accumule dans les sédiments et dans la chaîne trophique (CULIOLI et al., 2009; MIGON and MORI, 1999; MIGON et al., 1995; MORI et al., 1999; ORSINI et al., 1994). Dans les eaux de la Presa en amont du site minier et dans la Bravone en amont de la confluence avec la Presa, les teneurs en As sont inférieures à la limite de détection (5 µg/L, BRGM, 1995). Le bruit de fond de la pollution a été défini à partir d'une campagne de prélèvements de dix sources réparties sur le bassin versant (Matra, Moïta, Campi, Tox, deux fontaines à Tallone, Zanala, source et fontaine à Pianello) (BRGM, 1995). Les analyses ont montré l'absence d'arsenic et d'antimoine en teneurs supérieures à la limite de détection de 5 µg/L sur ces secteurs. Les fortes teneurs constatées sont dues à l'ancienne activité minière sur ce secteur.

Dans l'estuaire de la Bravone, les teneurs sont plus fortes et atteignent entre 150 et 220 µg/L d'As total et entre 120 et 200 µg/L d'As dissous. Pour l'antimoine, les teneurs en total et dissous montrent très peu de différences. En amont de la mine dans la Presa, elles sont au maximum de 6 µg/L, puis passent à 190 et 375 µg/L en aval de la mine pour atteindre 20 à

26 µg/L dans la Bravone avant l'estuaire. L'antimoine total varie entre 60 et 100 µg/L et l'antimoine dissous entre 35 et 75 µg/L dans l'estuaire. La Figure 16 montre des dépôts de résidus miniers de réalgar sur les berges de la Presa, ainsi que des morceaux de réalgar dans son lit et illustre la proximité immédiate des dépôts issus de l'exploitation minière avec les eaux de surface.

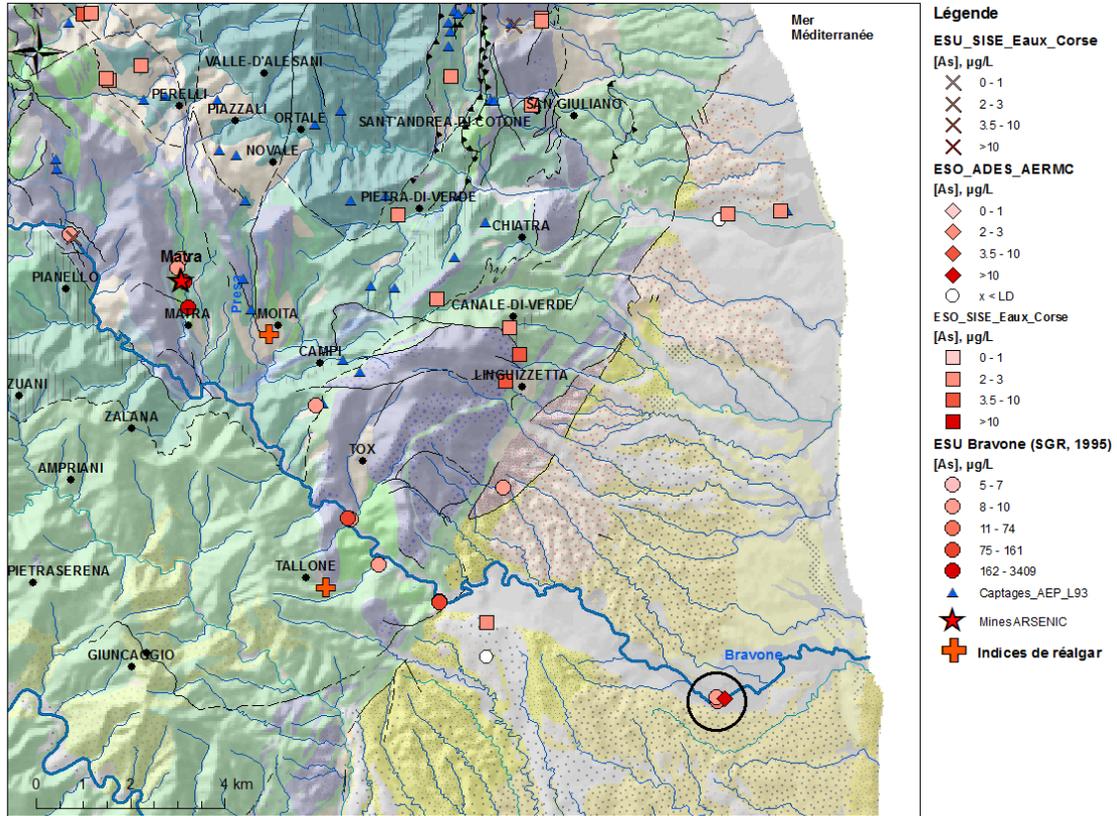


Figure 15 : Site de Matra et teneurs dans les eaux de surface (Presa, Bravona) et souterraines.

a)



b)



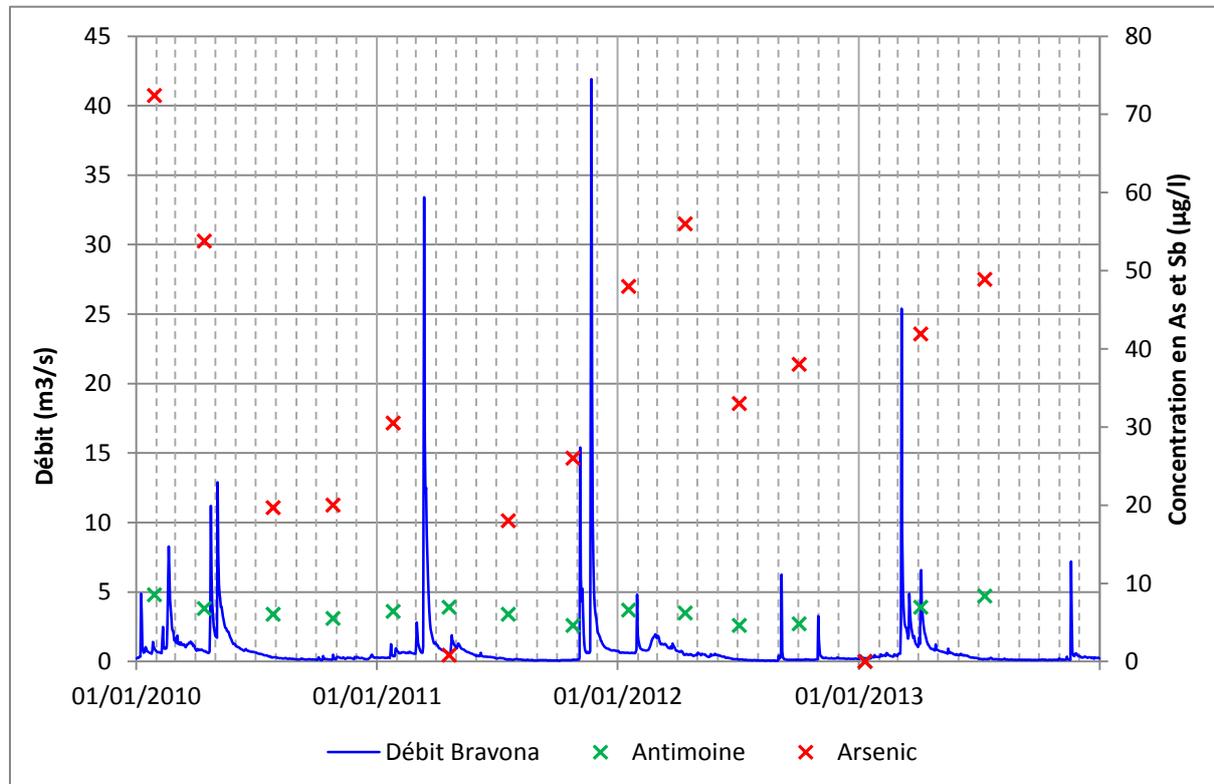
Figure 16 : a) dépôts de résidus miniers de réalgar sur les bords de la Presa, affluent de la Bravone, en amont du village de Matra et b) graviers de réalgar dans le lit de la Presa sur le site de la mine de Matra. Photos L. Cary.

D'après Culioli et al (2009), les teneurs en arsenic dans la Bravone en amont de la mine de Matra sont de $2,13 \mu\text{g/L}$, dans la gamme des teneurs des rivières non contaminées ($1-10 \mu\text{g/L}$). Les teneurs mesurées dans la Presa et dans la partie aval de la Bravone sont supérieures à la norme de $10 \mu\text{g/L}$. Dans la Presa en aval de la mine, les teneurs en As atteignent 2147 et $2330 \mu\text{g/L}$ (CULIOLI et al., 2009). Elles sont du même ordre que celles mesurées par Migon et al. (1995). En aval de la confluence avec la Bravone, les teneurs de la Bravone augmentent pour atteindre $313 \mu\text{g/L}$ puis décroissent jusqu'à l'estuaire.

La source, située dans le périmètre de l'ancienne mine de Matra et utilisée pour l'alimentation en eau potable du village présente des teneurs en As autour de 10 µg/L et les eaux souterraines des champs de captage implantés dans l'aquifère alluvial de la Bravone montrent des valeurs variant entre 10 et 140 µg/L (BRGM, 1995b).

Des concentrations excessives de ces métaux lourds mesurées dans la nappe alluviale ont entraîné l'abandon, en 1994, du champ captant situé sur la commune de Tallone, juste en aval du débouché du cours d'eau dans la plaine. Des mesures réalisées dans le captage d'alimentation en eau potable (11156X0009/BRAGON) situé plus en aval, au lieu-dit Pianiccia, révèlent également des teneurs élevées dans ces métaux avec 15 et 21 µg/l en arsenic respectivement les 25/04/2007 et 24/04/2008 et des teneurs en antimoine inférieures à la limite de quantification (5 µg/l) ces mêmes jours. Il n'y a pas eu d'analyses plus récentes réalisées dans la nappe alluviale d'après les données disponibles sous ADES.

Les analyses des haldes de la mine de Matra montrent des fortes teneurs en CaO, MgO et en Cr. La minéralisation est essentiellement sous forme de réalgar et d'orpiment avec stibine ou substitution d'As par Sb. Elle est caractérisée par de fortes teneurs en arsenic (jusqu'à 3000 ppm) et d'antimoine (maximum de 400 ppm). Les faibles teneurs en Fe₂O₃, absence de Pb, Sn et Mo traduisent la très faible présence de minéraux sulfurés tels la pyrite ou l'arsénopyrite (BRGM, 1995b). Les exhaures des anciennes galeries montrent des teneurs en arsenic très fortes également (2080 µg/L). Les alluvions anciennes et récentes de la Bravone entre Matra et l'embouchure constituent un réservoir non négligeable d'arsenic, avec une teneur moyenne de 2500 ppm (BRGM, 1995b). Les teneurs dans ces sédiments sont insuffisantes pour expliquer à elles-seules le niveau de pollution en As et Sb dans les eaux de la Bravona et dans les eaux souterraines de l'aquifère alluvial.



Conclusions sur l'origine possible des concentrations en As

De nombreuses études ont démontré que les activités minières passées sont à l'origine des fortes teneurs en As dans les eaux de surface de la Bravone.

Les investigations actuellement menées par Geoderis visent notamment à étudier le contexte hydrogéologique local et les circulations de l'eau dans les anciennes galeries et localiser leurs exutoires, afin de mieux comprendre la dynamique de contamination de la Presa. L'impact des dépôts situés dans le lit de la Presa sur les eaux de surface reste à évaluer, notamment lors d'épisodes de crues.

Il est à noter que le fond géochimique local montre des indices importants de réalgar et d'orpiment qui n'ont pas donné lieu à exploitation, notamment à Moïta et Talonne où il n'existe pas de données sur la qualité de l'eau (Calendini, 2000).

Le site faisant l'objet d'une étude en cours par Geoderis, il n'est pas sélectionné dans le cadre de ce projet pour y effectuer davantage d'investigations.

6. Qualité des eaux du Tagnone (chrome)

Le Tagnone à Aléria (code station 6150170 et code masse d'eau FRER21) est une rivière ayant montré un dépassement de la NQE relativement au **Chrome** en 2010 et 2011, après déclaration d'un bon état en 2009 par rapport aux polluants spécifiques. La limite de qualité des eaux destinées à la consommation humaine pour le Cr est de 50 µg/L et la NQE-MA est de 3,4 µg/L (arrêté du 25 janvier 2010).

6.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

Le Tagnone traverse d'amont en aval le domaine des monzogranites à biotites où se trouvent des filons de roches acides, sur 500 m, puis des micaschistes et cornéennes, séparés par une faille, des laves massives et brèches ophiolitiques sur 1 km, le domaine des schistes lustré en alternance avec des calcaires sur 10 km avant d'arriver dans les formations quaternaires après passage de la faille de Saint-Antoine globalement orientée Nord-Est – Sud-Ouest. Des indices Pb-Zn-Cu sont signalés mais aucune présence de gisement ou de filons particulièrement riches en Cr n'apparaît dans la zone. En revanche, plusieurs mines ont été exploitées à la fin du XIX^{ème} siècle :

- dans le domaine des schistes lustrés avec présence d'une couverture sédimentaire de laves et brèches, la mine de cuivre et de pyrite arséniée à Vezzani en amont du Tagnone où ont été exploitées des lentilles stratiformes encaissées dans des spilites ;
- en aval de la mine de Vezzani, le gisement de pyrite à Castelluccio très proche du lit du Tagnone.

Le chrome et le nickel sont associés à la pyrite exploitée. La mine de cuivre de Vezzani à l'amont du Tagnone a produit 5500 t de cuivre. La minéralogie de la mine de Vezzani est détaillée par Bonnot (BONNOT, 1987). La mine a été mise en sécurité en 2009 par la DREAL (ex DRIRE). Les galeries ont été fermées et les eaux de ruissellement ont été déviées sur les déblais engendrant la formation de dépôts contenant du cuivre en aval immédiat de la mine. Le rapport BRGM (1994) note que le périmètre de Vezzani est une zone à risque de concentrations élevées relativement au cuivre en raison d'un indice minier identifié et de la mine de cuivre car il contient plusieurs sources et prises d'eau en rivières. En particulier, l'alimentation en eau de la ville de Vezzani se fait dans l'emprise des zones minéralisées Pb-Cu-Zn.

L'exploitation du gisement de Castelluccio a été très réduite. Seules 20 t de minerai ont été extraites au début des années 1900. Les travaux, très limités, ont porté sur un amas de forme lenticulaire, coïncé dans les roches vertes et sur un affleurement de roches vertes imprégnées par endroits de filonnets cuivreux. Le minerai extrait est très pauvre en cuivre et les teneurs n'excèdent pas quelques %.

Plus en aval, le Tagnone débouche dans la Plaine orientale dans les formations miocènes d'Aléria (Masse d'eau souterraine FREG214). Ces formations sont limitées à l'Ouest par la grande faille bordière de Saint-Antoine qui met en contact le Miocène avec les formations du domaine des schistes lustrés. Les sédiments qui se déposent dans le bassin durant le Miocène ont une puissance plurikilométrique. Ils traduisent une forte subsidence liée au jeu distensif de la faille de Saint Antoine. Le Miocène a un pendage général vers l'Est ; il est fortement redressé au contact de la faille. Au gré des variations eustatiques, des formations continentales et marines alternent. Les apports détritiques dominent avec des alternances de formations conglomératiques, marneuses ou sableuses. Ces formations néogènes ne recèlent pas, en général, de niveaux aquifères à faible profondeur. Ces dépôts sont en partie

sous couverture quaternaire (terrasses alluviales notamment constituées de sables et graviers). La structure en effondrement vers l'Est fait que ces niveaux aquifères se retrouvent captifs et de plus en plus profonds sous une couche relativement peu perméable en allant vers la mer. Cette masse d'eau est très peu exploitée. La masse d'eau souterraine n'est pas suivie et son état quantitatif et qualitatif n'est pas connu.

Le secteur le plus intéressant pour l'exploitation de la ressource en eau dans le bassin sédimentaire de la Plaine orientale est la zone d'affleurement des conglomérats en bordure de la faille. Vers l'Est, les formations intercalaires aquifères sont généralement en charge et donnent parfois des débits artésiens intéressants. L'épaisseur des niveaux aquifères atteint une centaine de mètres. Les débits ne sont pas très importants (5 - 20 m³/h). Dans la zone des aquifères captifs profonds, la qualité de l'eau se dégrade en allant vers l'Est. Leur condition de captivité engendre une forte minéralisation, les eaux se chargeant en Fe et en Mn.

Il n'existe pas de valeurs de fond géochimique local issues de l'Inventaire Minier National (IMN) du BRGM. En revanche, des données sur les sols sont recensées dans le Réseau de Mesure de la Qualité des Sols (RMQS) de l'INRA.

6.2 ANALYSE DES DONNEES EXISTANTES

Les teneurs en Cr total dans les eaux et les sédiments mesurées par l'AERM&C à Aléria sont présentées dans le Tableau 5 et dans la Figure 17. Pour information, l'ensemble des mesures des teneurs en éléments dissous des eaux de surface postérieures à 2010 a été fait sur fraction filtrée par l'AERM&C. Des teneurs notables en chrome ont été mesurées en 2010 et 2011 de façon épisodique. Les eaux de surface ont montré une concentration en chrome de 14 µg/L le 26/07/2010, valeur supérieure à la NQE de 3,4 µg/L. Les teneurs en chrome des eaux superficielles de la base SISE-Eaux du Tagnone à Aléria varient entre 0,7 µg/L en 2005 et 14 µg/L en 2011. Au même point, les deux teneurs mesurées en 2009 et 2010 dans les sédiments de la rivière sont de 268 et 274 mg/kg. La médiane des teneurs en chrome mesurées dans les sédiments à partir de la base européenne du FOREGS¹ est de 22 mg/kg et le percentile 90 est de 139 mg/kg. Les teneurs mesurées dans les sédiments sont plus élevées que le percentile 90 et témoignent d'une anomalie, dont l'origine peut être anthropique.

date	[Cr]	unité	support
25/01/2010	1	µg(Cr)/L	eau filtrée
14/04/2010	1	µg(Cr)/L	eau filtrée
24/06/2010	274,1	mg(Cr)/kg	sédiment
26/07/2010	14	µg(Cr)/L	eau filtrée
26/10/2010	0,52	µg(Cr)/L	eau filtrée

Tableau 5 : Ensemble des teneurs mesurées en Cr à la station d'Aléria sur le Tagnone par l'AERM&C. En rouge, la valeur dépassant la NQE.

En amont à Vezzani, un prélèvement dans le Tagnone (Serriera) montre des teneurs en Cr variant entre 5 et 12 µg/L (base SISE-Eaux). La teneur en Cr dans l'échantillon de sol analysé dans la base RMQS au Sud de Vezzani est de 92 mg/kg dans des brunisols

¹ FOREGS (Forum of the European Geological Surveys) : Atlas Géochimique Européen (http://sigminesfrance.brgm.fr/geoch_foregs.asp)

limoneux contenant des colluvions en surface, issus de l'altération de schistes lustrés, sous boisement naturel. Cette valeur témoigne d'un fond géochimique élevé en chrome.



Légende

▲ ICSP_Corse	ESO_ICPE_Cr	ESO_SISE_Eaux	RMQS
★ Mines et gîtes	[Cr], µg/L	[Cr]tot, µg/L	Cr tot, mg/kg sol
AERMC_ESU_sediments	○ 0 - 5	□ 0 - 5	+ 0 - 23
[Cr], µg/L	○ 6 - 10	□ 6 - 10	+ 24 - 43
◇ 1 - 3	○ 11 - 50	□ 11 - 50	+ 44 - 75
◇ 4 - 10	○ 51 - 175	□ 51 - 59	+ 76 - 137
◇ 11 - 22	ESO_ARS_Cr		
◇ 23 - 139	[Cr], µg/L		
◇ 140 - 688	○ 0 - 5		
ESU_SISE_Eaux	○ 6 - 10		
[Cr], µg/L	○ 11 - 50		
□ 0 - 2	○ 51 - 59		
□ 3 - 10	ESO_AERMC		
□ 11 - 50	[Cr]tot, µg/L		
ESU_AERMC	◇ 0 - 5		
[Cr]tot, µg/L	◇ 6 - 10		
○ 0 - 5	◇ 11 - 50		
○ 6 - 10	◇ 51 - 450		
○ 11 - 50			
○ 51 - 175			
Masse d'eau dépassement Cr			
— Tagnone			

Figure 17 : Teneurs en chrome dans les eaux de surface et souterraines et dans les sédiments dans la région du Tagnone.

La présence du chrome dans les eaux de surface est en général due aux rejets d'eaux usées. Elle peut aussi venir de l'épandage de lisiers ou de décharges. A l'état pur, le chrome n'est utilisé que pour la fabrication d'aciers spéciaux, et pour le traitement de surface (dépôts anticorrosion dans l'industrie automobile, et chromage). Ses sels sont utilisés comme pigments pour l'industrie textile, la céramique, la verrerie et la photographie. Les dérivés du chrome se retrouvent dans l'eau essentiellement sous forme oxydée : le chrome trivalent (Cr III) et le chrome hexavalent (Cr VI). Ces activités ne sont pas identifiées dans le secteur Aghione-Aléria.

Plusieurs captages d'eau souterraine sont suivis (base SISE-EAUX) autour du Tagnone et montrent des teneurs en Cr inférieures à 5 µg/L.

a) Conclusions sur l'origine possible des concentrations en Cr

Malgré un suivi ayant permis de mettre en évidence deux fortes teneurs isolées en chrome dans les eaux de surface à la station d'Aléria sur le Tagnone, il existe peu d'informations permettant d'en expliquer l'origine en raison de l'absence de données en amont de la station et d'une fréquence de prélèvement trop faible. Il n'est pas possible de réaliser une analyse statistique pour définir un fond géochimique naturel. Concernant la répartition spatiale des points de prélèvements, il n'existe pas de points d'eau superficielle prélevés et analysés entre la grande faille bordière et la station 6150170 d'Aléria. Des investigations supplémentaires pourraient être menées à la fois dans la partie des formations métamorphiques alpines en amont et dans la plaine miocène en aval.

La valeur ponctuelle de 14 µg/L (le 26/07/2010) dans des eaux de surface fait suite à un épisode pluvieux qui a affecté le bassin versant du Tavignano (station limnimétrique Y9102030 gérée par la DREAL Corse), dont le Tagnone est un affluent, les 23 et 24/07/2010. Ces précipitations ont engendré une crue de faible importance faisant passer le débit du Tavignano de 2,2 à 2,6 m³/s. Il est envisageable que la teneur élevée en chrome relevée le 26/07 soit issue du lessivage des terrains et soit d'origine anthropique.

6.3 ANALYSE DES RESULTATS DE LA CAMPAGNE EXPLORATOIRE

6.3.1 Sélection des échantillons

Les échantillons de la campagne exploratoire proviennent de l'amont de la mine de cuivre de Vezzani, de l'amont et de l'aval du gisement de pyrite de Castellucio, de l'amont de la plaine miocène à Aghione et de l'aval à Aléria (Figure 18 et Figure 49 en Annexe 2). Un point d'eau souterraine a été prélevé dans la cour d'une coopérative viticole (Samuleto), dans la plaine miocène. Le cours d'eau étant difficile d'accès, notamment dans le massif montagneux, il n'a pas été possible de faire davantage de prélèvement. En outre, très peu de forages sont recensés dans la plaine, sur le bassin versant du Tagnone, limitant l'échantillonnage des eaux souterraines.

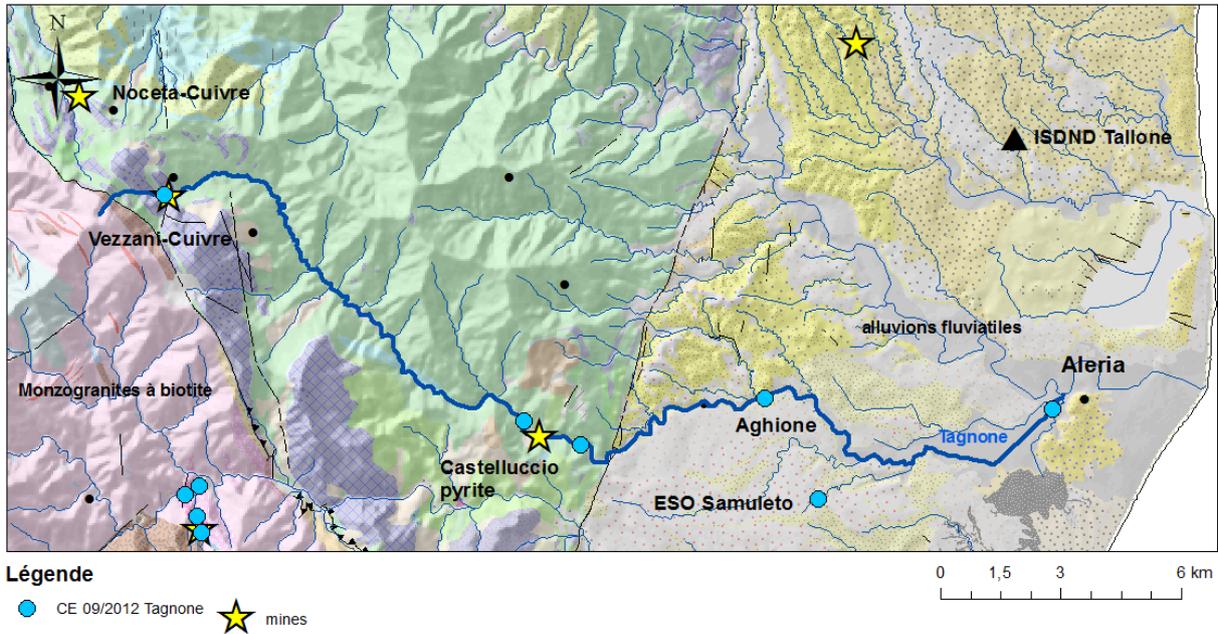


Figure 18 : Points échantillonnés lors de la campagne exploratoire (CE) de septembre 2012 dans le bassin versant du Tagnone

6.3.2 Conditions hydrologiques

Le Tagnone n'est pas équipé d'une station limnimétrique avec mesure des hauteurs d'eau en continu. Il n'est donc pas possible d'analyser directement l'évolution des débits du cours d'eau avant la période de prélèvements.

Cependant, le bassin versant du Tavignano, dont le Tagnone est un affluent, étant situé directement au nord de celui du Tagnone, une estimation de l'état du Tagnone peut être faite sur la base de l'évolution des débits du Tavignano.

Lors de la campagne de prélèvements dans le Tagnone les 18 et 19 septembre 2012, la crue qui a eu lieu sur le Tavignano début septembre suite aux importantes précipitations qui s'étaient produites sur la région était terminée (Figure 19).

Les volumes écoulés dans le fleuve lors des prélèvements étaient plus importants qu'à la fin de la période d'étiage (fin août 2012), mais les orages étant terminés, le bassin n'était plus le siège de forts ruissellements qui lessivent les terrains et qui auraient pu dégrader la qualité et la représentativité des échantillons prélevés. Il est supposé que l'état du Tagnone était globalement le même que celui du Tavignano.

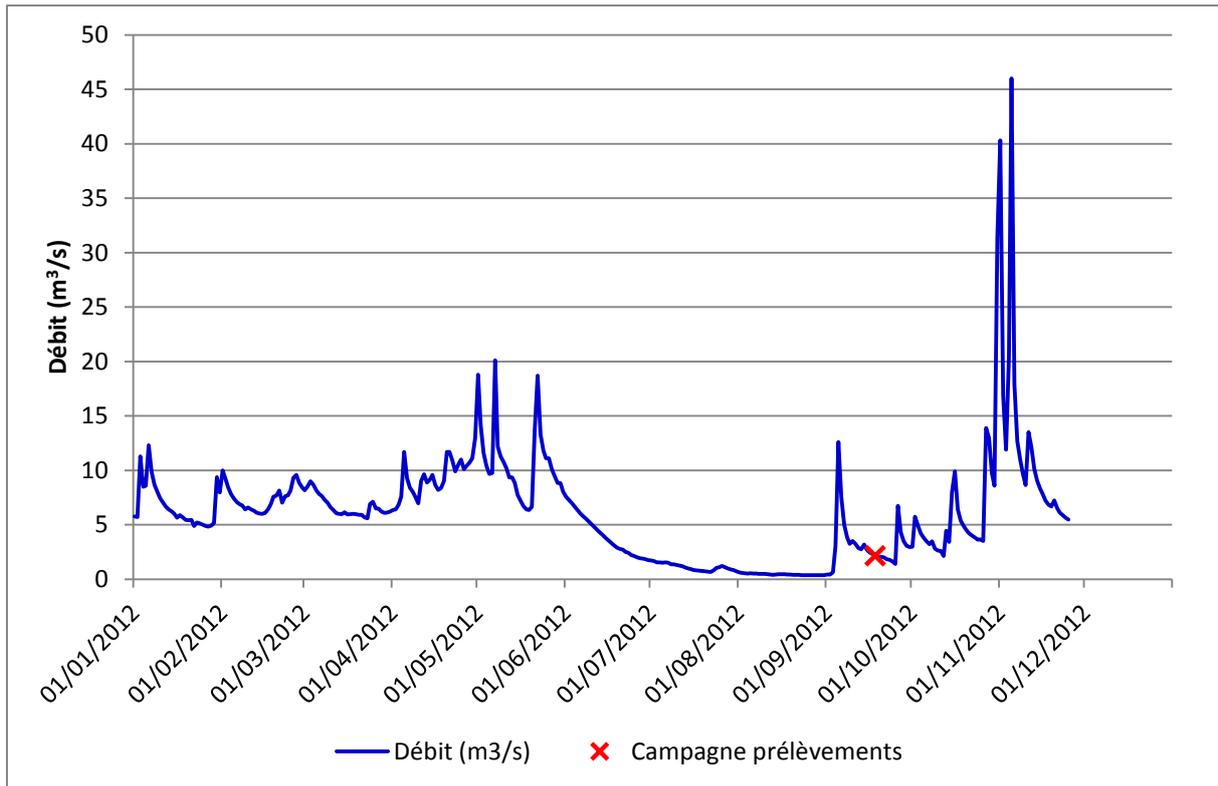


Figure 19 : Débit du Tavignano mesuré à la station limnimétrique de la DREAL Corse d'Antisanti (Y9102030) entre le 01/01/2012 et le 25/11/2012.

6.3.3 Analyse des données

L'ensemble des résultats des analyses de la campagne exploratoire est présenté dans le Tableau 25 et les données du suivi AERM&C dans le Tableau 26 de l'Annexe 2.

Peu de données du suivi AERM&C permettent de construire le diagramme de Piper en raison d'absence de certains éléments majeurs et de balances ioniques supérieures à $|10|$ % (Figure 20). Cependant, les eaux de surface du suivi et de la campagne exploratoire ont un faciès bicarbonaté calcique. Pour les eaux de surface, ces caractéristiques ne varient pas en fonction du temps ou de l'espace. Seul le point d'eau souterraine Samuleto se distingue avec un faciès sulfaté calcique. En raison d'une pompe dans le forage, cet échantillon a été prélevé au robinet d'une cuve tampon dans laquelle l'eau brute provenant du forage est stockée avant d'être envoyée dans le circuit de la cave viticole. Le volume de la cuve étant important (supérieur à 3 m^3), l'eau n'a pas été renouvelée avant prélèvement. Les analyses chimiques marquent clairement des fortes concentrations pour le sodium, bore, baryum, sulfates et chlorures mais aussi des métaux comme le lithium et le zinc, qui pourraient indiquer des phénomènes d'évaporation et de surconcentration dans la cuve mais aussi provenir de dissolution par oxydation de la pyrite de l'aquifère.

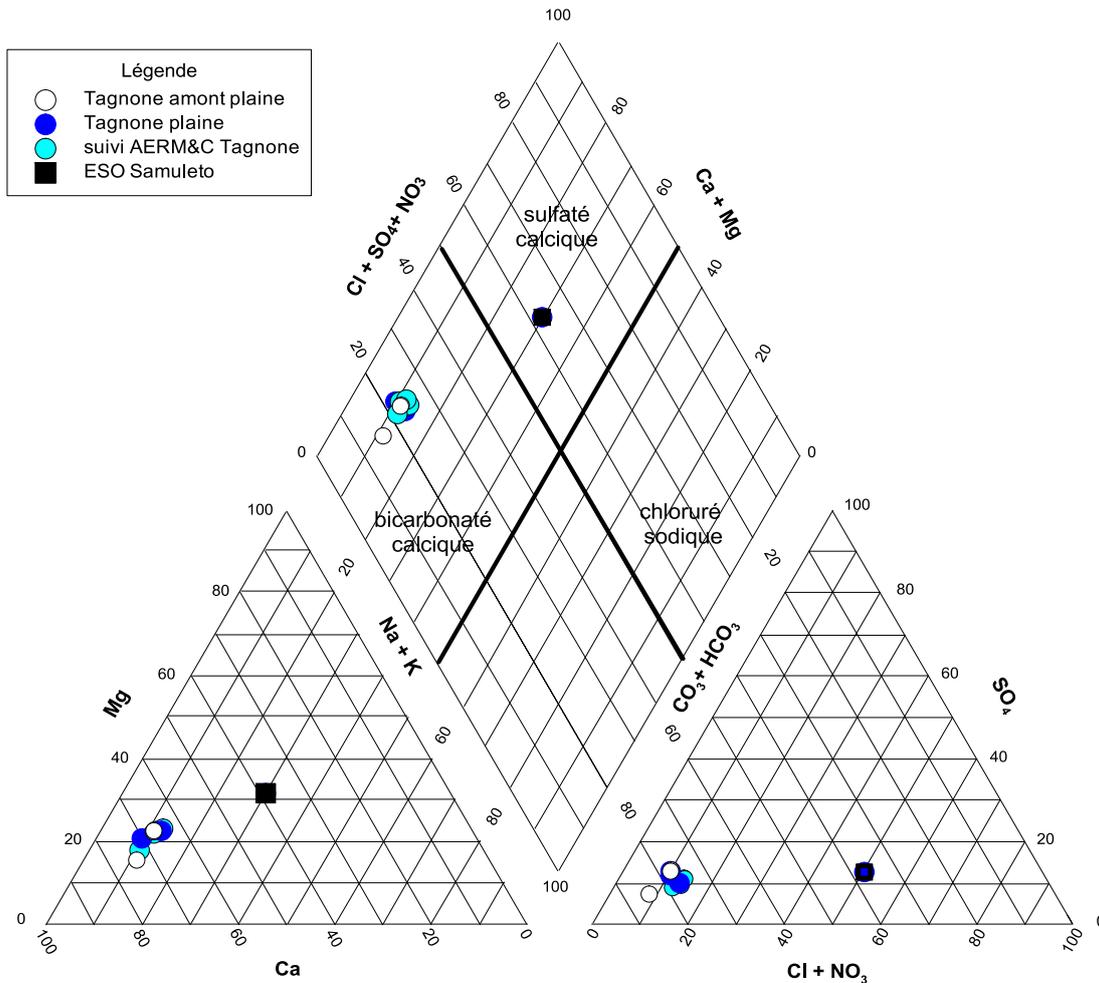


Figure 20 : Diagramme de Piper des points de la campagne exploratoire du Tagnone et du suivi AERM&C où seuls quatre prélèvements réunissent les conditions suffisantes (tous les éléments dissous majeurs mesurés et balance ionique inférieure à 10%).

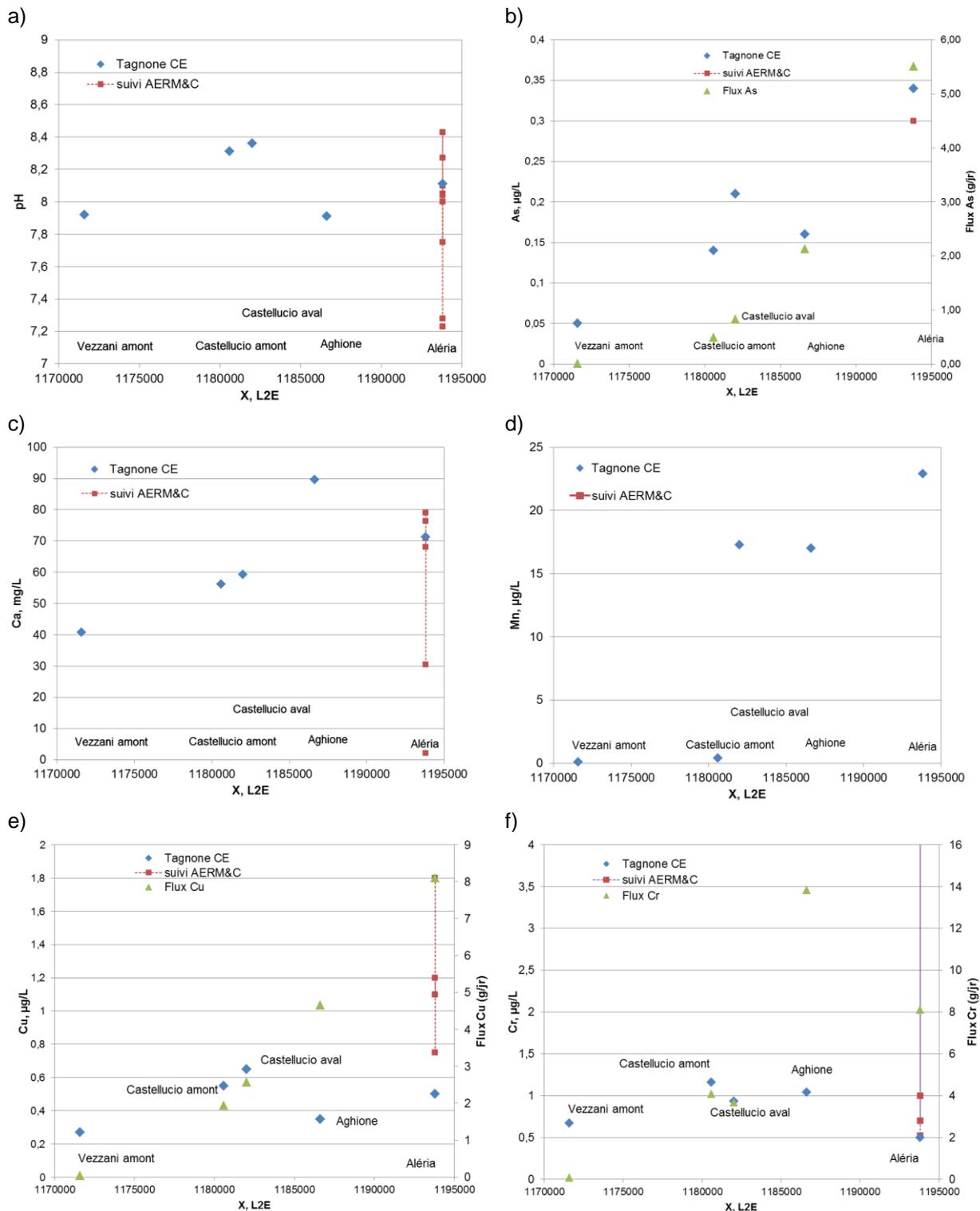
a) Paramètres physico-chimiques et éléments majeurs

L'annexe 2 reprend les résultats des principaux paramètres mesurés par l'AERM&C à la station d'Aléria ainsi que les résultats de la campagne exploratoire de 2012 sur l'ensemble du bassin versant afin de les comparer. La Figure 21 reprend les résultats de la campagne exploratoire pour certains éléments.

Le pH varie peu et reste légèrement alcalin, variant entre 7,9 et 8,4. Les eaux de surface montrent un enrichissement en calcium important de l'amont vers l'aval (deux fois plus à Aléria qu'à Vezzani), et une augmentation de la conductivité de 278 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à l'amont de Vezzani à 606 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à Aghione. Bien que la source du Tagnone soit en domaine cristallin, l'essentiel du Tagnone avant la confluence avec les eaux de la mine de Vezzani jusqu'à l'aval est en domaine carbonaté, ce qui explique l'augmentation de la minéralisation des eaux de surface vers l'aval (Figure 21a et c).

La teneur en sulfates dans les eaux du Tagnone, ainsi que le flux, augmentent d'amont en aval. En amont, la formation encaissante des schistes lustrés qui a permis l'exploitation de la pyrite dans des mines comme à Castelluccio fournit, par oxydation de la pyrite affleurante, des quantités de sulfates aux eaux de surface. Ce phénomène est amplifié dans les zones des anciennes mines dont les déblais sont riches en pyrite.

Dans la plaine en aval, la culture dominante de la vigne nécessite une importante utilisation de cuivre sous forme de sulfates de cuivre et d'arsenic, présent dans les pesticides. En conséquence, le sol et les eaux de surface sont susceptibles d'être contaminés par ces apports anthropiques en sulfates, mais aussi en Cu et As. Dans la cuve de Samuleto, la teneur en sulfates est d'ailleurs importante (41,6 mg/L).



g)

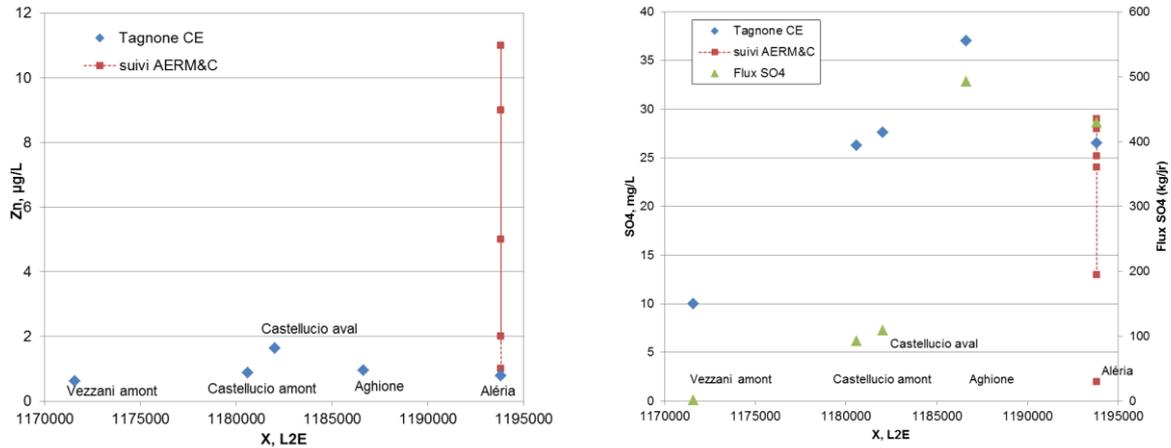


Figure 21 : Evolution amont - aval des teneurs et des flux pour quelques éléments dans les eaux de surface du Tagnone (CE signifie campagne exploratoire).

b) Eléments mineurs

L'ensemble des teneurs en chrome mesurées dans la campagne exploratoire est inférieur à 1,2 µg/L, donc en particulier à la NQE de 3,4 µg/L (Figure 21d). Une légère diminution de la teneur en chrome est mesurée entre l'amont et l'aval de la mine de pyrite de Castelluccio (respectivement 1,16 et 0,93 µg/L), conjointement avec une très légère augmentation de la teneur en cuivre (respectivement de 0,55 à 0,65 µg/L), d'aluminium (0,87 à 1,64 µg/L), d'arsenic (0,14 à 0,21 µg/L), de nickel (0,3 à 0,5 µg/L) et zinc (0,87 à 1,63 µg/L). L'oxydation de la pyrite est probablement le processus majeur fournissant des sulfates et du nickel. Quatre mesures de chrome sur cinq du suivi AERM&C montrent également des teneurs inférieures à 1 µg/L. La teneur en chrome mesurée lors de la campagne exploratoire à Aléria est inférieure à celles mesurées dans le suivi AERM&C. Ceci témoigne de limites de détections élevées supérieures à celles du laboratoire du BRGM qui est de 0,1 µg/L. La plus forte augmentation concerne le manganèse, qui passe de 0,41 µg/L en amont à 17,3 µg/L en aval de la mine de Castelluccio et qui croit encore à Aléria (23 mg/L). Ces valeurs élevées ne se retrouvent pas dans les données du suivi AERM&C. Elles restent cependant inférieures à la limite de qualité des eaux brutes (50 mg/L). Les teneurs en plomb restent inférieures à la limite de détection dans tous les échantillons.

Le débit du Tagnone a été mesuré sur chacun des sites de prélèvement. La méthode de jaugeage employée a été adaptée à la configuration de chaque site :

Site	Débit (l/s)	Méthode de mesure	Incertitudes sur la mesure
Vezzani amont	1,5	Visuelle	Moyennes
Castelluccio amont	41	Dilution du sel	Faibles
Castelluccio aval	46	Courantomètre électromagnétique	Faibles
Aghione	100	Flotteur	Fortes
Tagnone Aleria	188	Courantomètre électromagnétique	Faibles

Une augmentation des flux de cuivre et d'Arsenic est observée depuis l'amont de la mine de Vezzani jusqu'à la plaine à Aléria (Figure 21). Les flux de Chrome augmentent globalement de Vezzani jusqu'à Aghione à l'entrée de la Plaine-orientale puis diminuent au niveau d'Aléria.

Le Tagnone semble bénéficier d'apports en cuivre et arsenic tout au long du bassin versant. Le gisement de Castelluccio ne semble pas être l'élément unique expliquant ces apports. Comme vu précédemment, les apports anthropiques en Cu et As issus de l'activité viticole sont probablement à l'origine des augmentations des flux de As et Cu dans le Tagnone à partir de la Plaine orientale. L'affluent du Tagnone à l'aval d'Aghione et tout le réseau hydrographique de la plaine doivent contribuer de façon importante à ces flux de Cu et As.

6.4 CONCLUSION SUR LA QUALITE DES EAUX DU TAGNONE

Bien que la quantité de données de la campagne exploratoire et du suivi AERM&C soit insuffisante pour établir des statistiques, une première approximation du fond géochimique en chrome du Tagnone peut être faite avec une bonne confiance et montre qu'il était inférieur à 1,2 µg/L d'amont en aval en septembre 2012. L'analyse du 26/07/2010 ayant montré 14 µg/L de Cr à la station d'Aléria sur le Tagnone apparaît très exceptionnelle et pourrait être attribuable à une pollution anthropique et non au fond géochimique. L'absence de mesure des teneurs en nitrates ne permet pas de lier cette valeur à une activité agricole. Cependant, les données du RMQS de l'INRA montrent que le fond géochimique des sols de la Corse alpine présente des teneurs en chrome non négligeables (comprises entre 40 et 2900 mg/kg de sol) et nettement supérieures à celles mesurées dans la Corse cristalline, susceptibles de contribuer à la teneur mesurée dans les eaux de surface. La solubilisation du Chrome sera accentuée dans un milieu oxydant et légèrement basique. La campagne d'échantillonnage montre également une forte augmentation du flux de Chrome à l'aval d'Aghione. Il conviendrait donc de suivre l'évolution de la qualité des eaux sur le Tagnone de façon régulière, afin de mieux comprendre la dynamique du Chrome qui pourrait montrer d'importantes variations, suite à de fortes précipitations et entrées d'eaux oxydantes dans le sol.

Le drainage des travaux miniers de Vezzani et de Castelluccio est susceptible de fournir de l'arsenic, du chrome, du cuivre, du nickel et du zinc. L'oxydation de la pyrite et des sulfures métalliques est un processus majeur d'enrichissement des eaux de surface en métaux et sulfates. Le secteur de Castelluccio fournit du manganèse et est susceptible d'en fournir en quantités importantes en période de fortes précipitations. Les activités viticoles sont également des sources importantes de sulfates, cuivre et arsenic, pouvant expliquer l'augmentation des flux correspondants dans le Tagnone dans la région de Castelluccio, et en aval.

7. Qualité des eaux du Liamone (cuivre)

Le Liamone à Arbori (station 6215800) a montré un dépassement et un mauvais état en relation avec le paramètre **cuivre** en 2010. La limite de qualité du cuivre dans les eaux destinées à la consommation humaine est de 2000 µg/L et la NQE moyenne annuelle de 1,4 µg/L.

7.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

Le Liamone est constitué de deux cours d'eau principaux : le Fiume Grossu et le Cruzzini. Le Fiume grossu prend sa source au pied du col de Manganello, vers 1600 m d'altitude. Il reçoit en amont du pont de Truggia son principal affluent le Cruzzini qui prend sa source sur le flanc ouest du col d'Oreccia. Le Liamone est globalement orienté nord-est sud-ouest et rejoint la mer Méditerranée où il se jette dans le golfe de Sagone.

La plaine en aval d'Arbori est une zone humide à enjeux écologiques forts et à ripisylve classée en «espace boisé » et incluse au sein d'une zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF).

La station de mesure de la qualité des eaux de l'AE RM&C se situe en aval de la confluence entre les deux cours d'eau dont la contribution des deux bras doit être évaluée. Le long de ces cours d'eau, quelques rares habitations sont repérables, mais très peu d'activités humaines semblent avoir laissé une marque. Il n'y a pas ou peu d'agriculture hormis entre Arbori et la confluence (élevage). En aval de la confluence et de la station située à 500 m du pont de Truggia, un camping est établi.

Le massif granitique du haut Liamone (granites leucocrates ou granites permien) a un caractère alcalin très prononcé et doit faire l'objet d'une attention particulière pour les risques de teneurs élevées en fluor, ainsi qu'en chrome et nickel (BRGM, 1997). Le cuivre est retrouvé de façon fréquente dans les encaissements basiques comme les massifs gabbroïques ou les migmatites et les gneiss du secteur de Porto-Vecchio (BRGM, 1997). Il est cependant peu probable de le retrouver en teneurs significatives dans les eaux.

7.2 ANALYSE DES DONNEES EXISTANTES

En 2007, 2008 et 2009, la masse d'eau a été déclassée en raison de fortes teneurs en tributylétain (TBT). Le TBT est un agent biocide utilisé comme pesticide et présent dans les peintures antisalissure. Bien que d'usage interdit aujourd'hui, il a également été retrouvé dans les eaux du bassin Adour-Garonne en aval des stations d'épuration. Il reste extrêmement toxique enfoui dans les sédiments d'où il peut être extrait par les animaux fouisseurs, ou remis en suspension lors des crues. Sa présence n'a plus été détectée au point d'eau d'Arbori à partir de 2010. La position de la station d'épuration en aval du point d'eau ne permet pas de conclure sur l'origine du tributylétain.

A Guagno les Bains, ancienne ville thermale de la partie amont du bassin versant du Liamone, des émergences thermominérales sont captées du fait du caractère sulfuré des eaux. Ces émergences se situent à l'extrémité nord-est du massif de Punta di Sirenese. Le réservoir semble être le granite alcalin. Ces eaux émergent à travers la granodiorite altérée et de son couvert d'alluvions à 49 °C et à pH de 8,7. Leur teneur en cuivre a été mesurée à $1,6 \cdot 10^{-6}$ mmol/L soit 0,1 µg/L, ce qui est une valeur faible. Les sources proviennent de zones très profondes de la croûte terrestre et remontent à la faveur de fractures (BERTHIER et al., 1980).

Sur la rivière u Cruzini à Sauce, à proximité du village d'Azzana, des gisements syn-orogéniques à tardi-orogéniques de pyrite, en relation avec des failles contiennent les éléments Au, Zn, As, Sb, Cu, Ni, Co. Ils étaient exploités de façon artisanale.

Le point d'eau de code BSS 11136X0121/MERCOL correspondant au forage AEP « U Cattaru » du village d'Arbori situé à l'ouest d'Azzana présente une particularité. Il se signale par une teneur en As de 16 µg/L le 10/01/2007 (Figure 23), unique mesure de ce paramètre sur ce point d'eau. Le point d'eau souterraine est situé dans des monzonites à amphibole et biotite de l'unité de Salice-Letia. Quelques filons de roches acides calco-alcalines sont cartographiés à moins de 500 m du point BSS. Une faille notable passe également à moins de 500 m au sud du point. Le ruisseau d'Arbori draine le site auquel appartient le point et emprunte le trajet de la faille pour rejoindre le Liamone. Cette faille pourrait générer l'intrusion de fluides profonds. Les données acquises sur ce site ne montrent un dépassement des limites de qualité que pour le paramètre arsenic (et sur une seule mesure). En conclusion, le secteur paraît géologiquement propice à un fond géochimique élevé en As, par la présence de filons de roches acides et d'une faille importante à proximité. En aval, le cours d'eau Liamone présente, pour une des analyses, une teneur en As de 4 µg/L.

Le Liamone à Murzo, en amont, n'a pas montré de dépassement des concentrations en métaux par rapport à la NQE.

Les teneurs en cuivre recensées dans les bases de données traitées dans différents compartiments pour les eaux de surface sont présentées dans la Figure 22. Les teneurs à la station sont présentées dans le Tableau 6. Des valeurs de 2010 ont dépassé la NQE-MA.

date	[Cu]	unité	support
20/01/2010	0,56	µg/L	Eau filtrée
12/04/2010	14	µg/L	Eau filtrée
22/06/2010	6	mg/kg	Sédiments
12/07/2010	3,3	µg/L	Eau filtrée
19/10/2010	0,57	µg/L	Eau filtrée

Tableau 6 : Ensemble des teneurs mesurées en Cu à la station d'Arbori sur le Liamone par l'AERM&C. En rouge, les valeurs supérieures à la NQE.

L'Inventaire Minier National contient des données sur le fond géochimique des sols à une dizaine de km au nord d'Arbori dans des terrains de géologie similaire et montre des teneurs relativement fortes en Cu très localisées le long de filons de roches acides indifférenciées calco-alcalines inclus dans des monzogranites à biotite des unités de Marignana et Pian (Carbonifère). Une teneur de Cu total de 4,6 mg/kg dans les alluvions de matériaux d'altération de granites a été mesurée par le RMQS entre Murzo et Guagno les Bains, avec 0,332 mg/kg de Cu extractible. Ces valeurs sont faibles.

Au Nord dans la région de Prunelli Marignana, les eaux des granites ont parfois des teneurs en fluor élevées et présentent des minéralisations riches en Cu disséminées dans l'encaissant granitique.

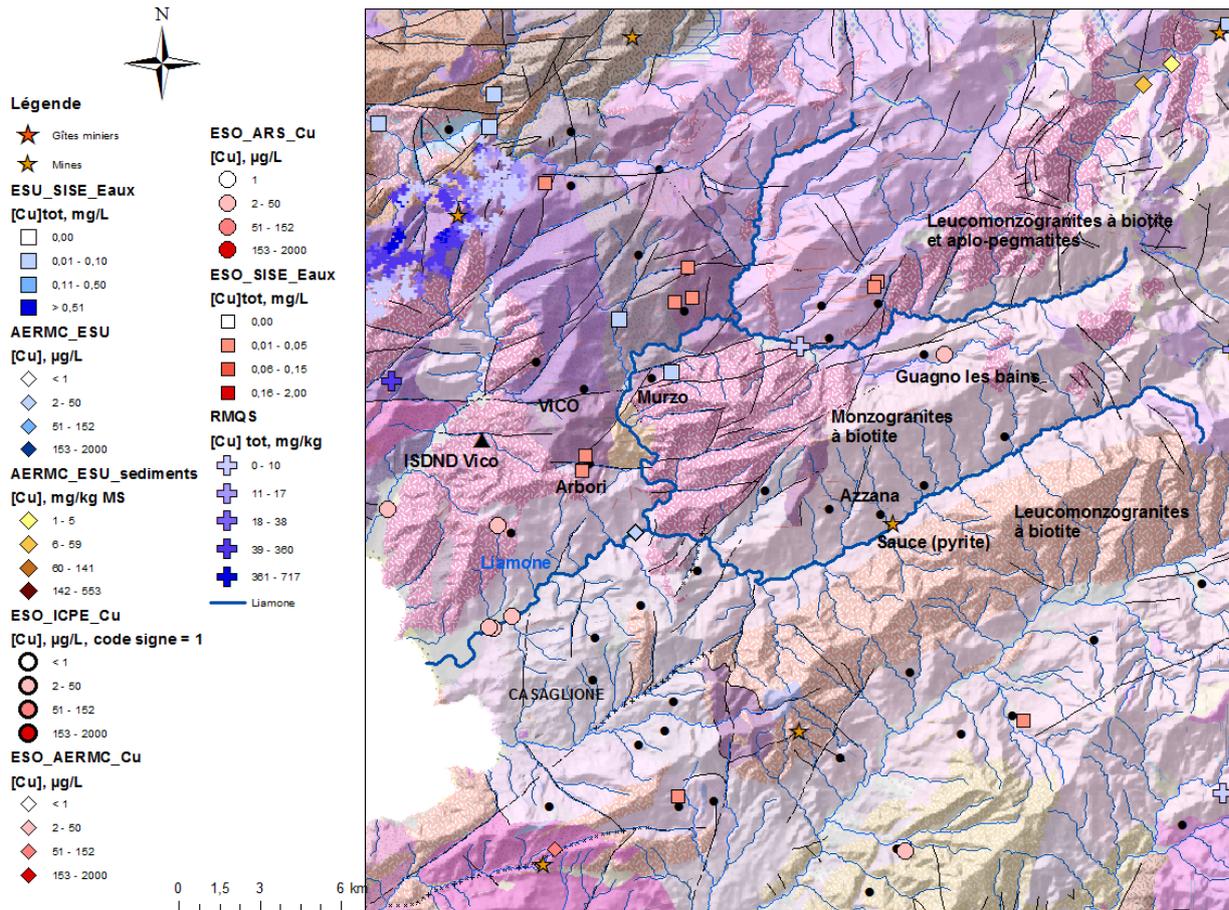


Figure 22 : Teneurs en cuivre dans les eaux de surface et souterraines et dans les sédiments dans la région du Liamone et d'Arbori.

Conclusions sur l'origine possible des concentrations en Cu

La masse d'eau superficielle du Liamone a subi un dépassement de la norme pour le paramètre cuivre à Arbori en 2010. Le dépassement, les années précédentes, en raison de fortes teneurs en tributylétain peut fournir un indice de dépassement des normes causé par les activités anthropiques. Cependant, ceci reste à vérifier pour les métaux. La richesse minéralogique des formations géologiques du bassin versant, avec la présence de filons minéralisés et d'eaux thermales, est susceptible d'expliquer des teneurs importantes en Cu mais les données issues des suivis de qualité ne permettent pas de conclure sur l'origine des trois valeurs dépassant la norme. Il n'est pas possible de réaliser une analyse statistique pour définir un fond géochimique naturel car le nombre d'échantillons analysés (4 eaux superficielles en un forage) est trop faible.

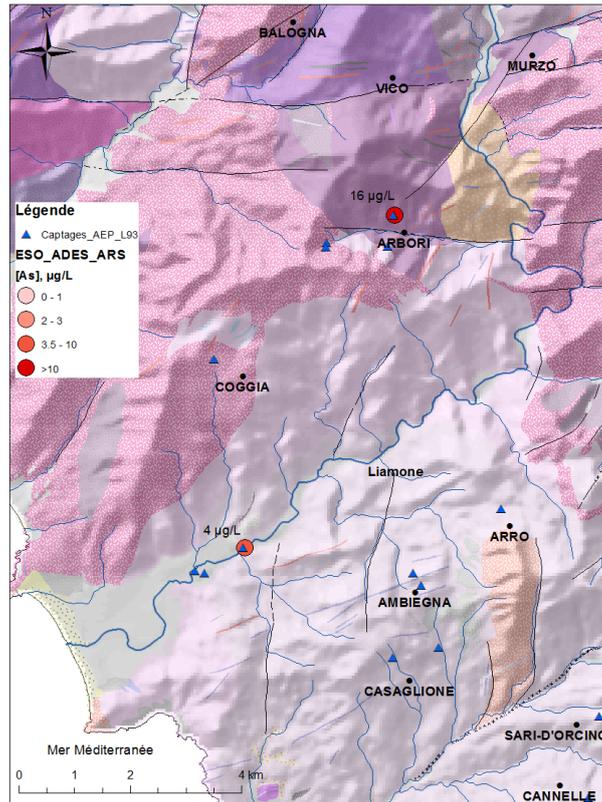


Figure 23 : Carte de la région d'Arbori. Le point 11136X0121/MERCOL correspondant au forage AEP U Cattaru est signalé par une teneur en As de 16 µg/L.

7.3 ANALYSE DES RESULTATS DE LA CAMPAGNE EXPLORATOIRE

7.3.1 Sélection des échantillons

Les caractéristiques des sites où les échantillons d'eau ont été prélevés sont présentées dans le Tableau 24 de l'Annexe 1.

Une attention particulière a été portée à la caractérisation des eaux de la source thermale de Guagno les Bains avec un prélèvement du rejet de la source thermale en contrebas du bâtiment des thermes, un prélèvement dans la rivière de Guagno, affluent du Liamone, en amont du rejet de la source thermale au niveau du barrage de la prise d'eau sur le cours d'eau et un prélèvement dans la rivière de Guagno en aval du rejet de la source thermale (en amont du pont de la route qui mène à Poggiolo et Orto).

Un échantillon a également été prélevé dans le ruisseau Catena, autre affluent du Liamone.

Sur l'affluent sud du Liamone, la rivière u Cruzini, des échantillons ont été prélevés en amont et en aval du gisement de Sauce, non repéré sur site.

A la confluence Liamone-Cruzini, un échantillon a été prélevé dans chaque bras, puis en aval de la confluence en amont du pont de Truja. Enfin, en aval, les eaux de surface ont été échantillonnées dans le Liamone, dans la plaine alluviale, au lieu-dit Tilorza.

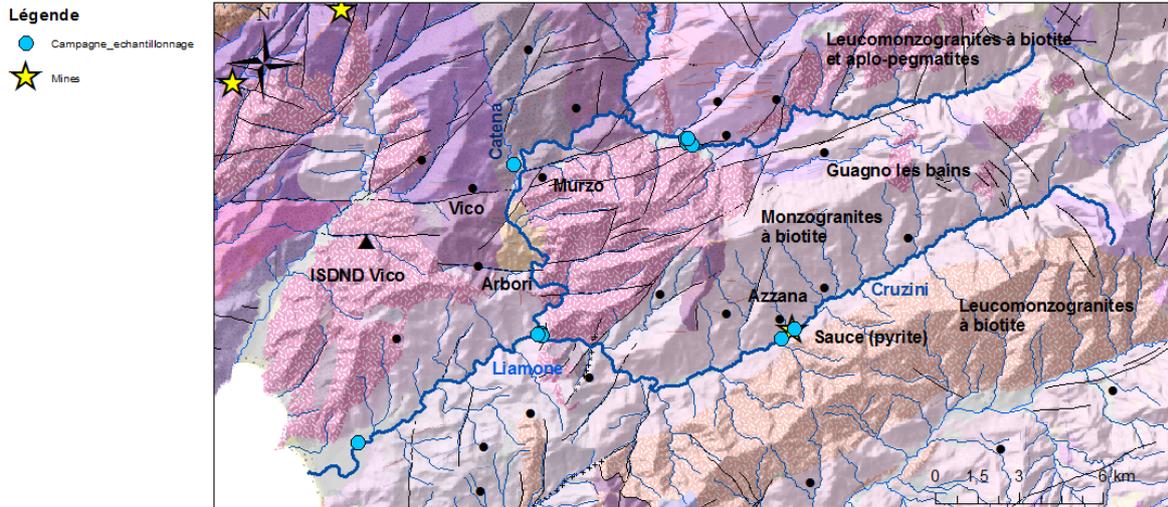


Figure 24 : Localisation des points échantillonnés dans le bassin versant du Liamone lors de la campagne exploratoire de septembre 2012.

7.3.2 Conditions hydrologiques des prélèvements

Lors des prélèvements réalisés dans le bassin versant du Liamone les 19 et 20/09/2012, le fleuve était globalement en situation d'étiage (Figure 25). Les débits du fleuve ont légèrement augmenté début septembre suite aux précipitations, mais l'impact est resté limité et la crue était terminée lors des prélèvements.

La période de basses eaux constitue des conditions idéales pour la réalisation de prélèvements pour l'étude du fond hydrogéochimique. En effet, c'est en période d'étiage que la recharge des hydrosystèmes par les précipitations qui sont des eaux pauvres en éléments traces est minimale et que l'effet des interactions eau – roche est le plus significatif.

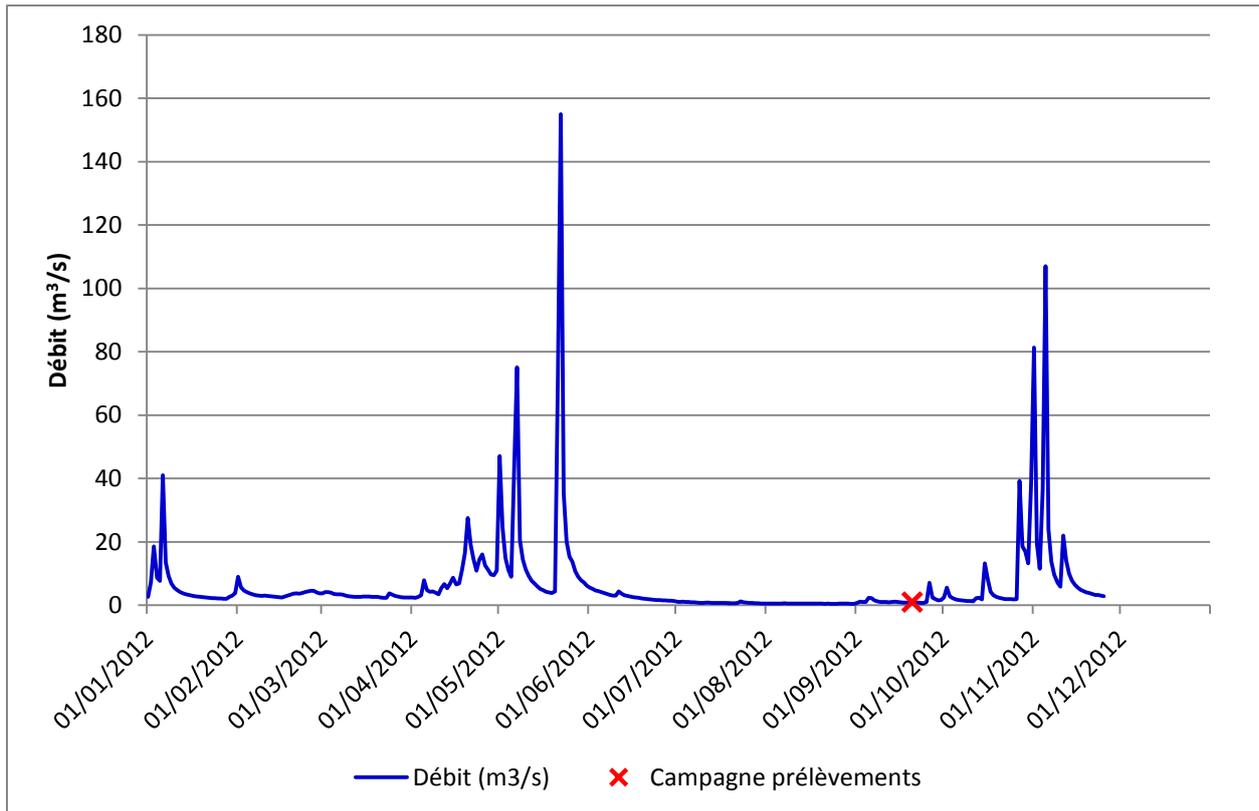


Figure 25 : Débit du Liamone à la station limnimétrique de la DREAL Corse d'Arbori (Y8124010) entre le 01/01/2012 et le 25/11/2012.

7.3.3 Analyse des données

Les balances ioniques des échantillons de la campagne de septembre 2012 sont très bonnes (inférieures à $|2,6|$ %). Seuls deux points du suivi AERM&C ont des analyses chimiques complètes pour figurer dans le diagramme de Piper et leurs balances ioniques sont également excellentes (inférieures à $|1|$ %).

Eléments majeurs

Les faciès des eaux représentés dans le diagramme de Piper sont légèrement chlorurés sodiques (Figure 26). Il n'apparaît pas d'hétérogénéité de faciès au long du cours d'eau et de ses affluents, hormis pour le point d'eau de la source thermominérale de Guagno les Bains qui possède un faciès très particulier avec des eaux riches en sodium, sulfates et chlorures.

Le faciès du Liamone montre une différence par rapport aux eaux du Fium'Orbu aval et du Tagnone qui étaient bicarbonatées calciques, traduisant une différence lithologique majeure. Le bassin versant du premier appartient à la Corse cristalline, composé de monzogranites alors que les bassins versants des seconds appartiennent à la Corse alpine constitués notamment de roches métasédimentaires (schistes et calcaires) en amont du bassin sédimentaire tertiaire de la Plaine-orientale. Sans surprise, la composition des eaux en amont du Liamone et du ruisseau de Guagno en amont des thermes, est très proche de celle du Fium'Orbu en amont de la mine de Finoza, en contexte cristallin également comme indiqué sur le diagramme de Piper (Figure 26).

Eléments mineurs

La source thermique de Guagno dont le débit était de 1,3 L/s le 19/09/2012 montre des teneurs importantes en bore, lithium et sulfates mais pas en métaux ni en arsenic. Ces eaux se diluent dans le Guagno dont le débit est nettement supérieur (180 L/s dans le Guagno).

Lors de la campagne de septembre 2012, aucune teneur n'a été mesurée au-dessus des normes dans les eaux de surface du Liamone (Tableau 7). Les teneurs en cuivre sont très basses, inférieures à 0,25 µg/L et inférieures aux mesures du suivi AERM&C du Liamone à Arbori (0,57 µg/L) en 2010. La teneur en cuivre mesurée dans la source de Guagno lors de la campagne exploratoire (0,15 µg/L) est égale à celle mesurée par Berthier (BERTHIER et al., 1980).

Les teneurs en arsenic (inférieures à 0,25 µg/L sauf pour la source de Guagno à 0,7 µg/L), chrome et cadmium (inférieures à la limite de détection) et de zinc (inférieure à 2,33 µg/L) sont faibles. Le risque relatif au fluor signalé précédemment n'est pas particulièrement validé par les données ; hormis la source thermique de Guagno qui montre une teneur en fluor de 6,8 mg/L, l'ensemble des concentrations est inférieure à 0,2 mg/L, voire à la limite de détection (0,1 mg/L).

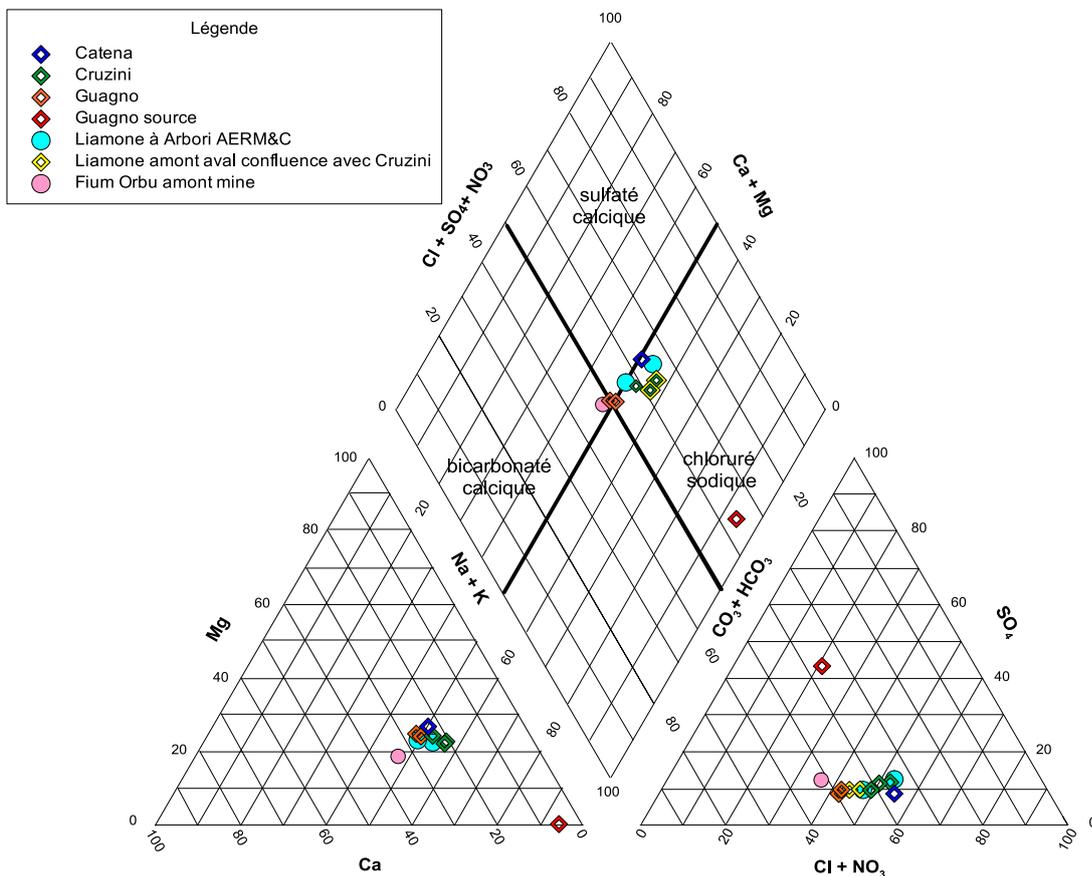


Figure 26 : Diagramme de Piper avec les points échantillonnés dans le bassin versant du Liamone lors de la campagne exploratoire de septembre 2012 et deux points du suivi AERM&C à la station d'Arbori.

Elément	Al	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	F	Li	Mn	Ni	Pb	SO4	Sb	Zn
Limite de quantification	0,5	0,05	0,5	0,01	0,05	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,05	0,5	0,05	0,5
Unité	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l
Catena	10,9	0,25	8,62	< LQ	< LQ	< LQ	0,23	0,1	0,49	3,29	< LQ	0,05	5,7	< LQ	2,33
Guagno Bains Amont	5,01	< LQ	4,28	< LQ	< LQ	< LQ	0,15	0,1	0,69	1,2	< LQ	< LQ	3,1	< LQ	0,88
Guagno Source	15,8	0,71	21,8	0,05	< LQ	< LQ	< LQ	6,8	96,6	0,22	< LQ	< LQ	69,8	< LQ	1,61
Guagno Bains Aval	5	0,05	4,42	< LQ	< LQ	< LQ	0,13	0,2	1,15	0,92	< LQ	< LQ	3,6	< LQ	0,9
Cruzini Amont	3,46	< LQ	5,16	< LQ	< LQ	< LQ	0,11	< LQ	0,64	0,55	< LQ	< LQ	4,6	< LQ	1,67
Cruzini Aval	3,46	< LQ	5,14	< LQ	< LQ	< LQ	0,15	< LQ	0,65	0,66	< LQ	< LQ	4,6	< LQ	0,92
Cruzini Amont Confluence	2,26	< LQ	7,07	< LQ	< LQ	< LQ	0,1	0,1	1,25	1,04	< LQ	< LQ	5,6	< LQ	0,79
Liamone Amont Confluence	5,15	0,25	5,75	< LQ	< LQ	< LQ	0,25	0,2	0,91	1,24	< LQ	< LQ	4,7	< LQ	0,88
Liamone Aval Confluence	4,18	0,19	6,01	< LQ	< LQ	< LQ	0,18	0,2	1	1,28	< LQ	< LQ	5,2	< LQ	0,83
Liamone plaine	3,66	0,17	7,21	< LQ	< LQ	< LQ	0,14	0,1	0,88	7,4	< LQ	< LQ	5	< LQ	0,9

Tableau 7 : Teneurs mesurées dans les eaux du bassin versant du Liamone en septembre 2012. En gras les valeurs les plus élevées

7.4 CONCLUSION SUR LA QUALITE DES EAUX DU LIAMONE

La campagne exploratoire de septembre 2012 a permis de montrer que le fond géochimique dans le bassin versant du Liamone est très faible en métaux et métalloïdes à cette époque de l'année, en particulier en cuivre. Seule la source thermique de Guagno les Bains montre des teneurs fortes en lithium et sulfates en particulier, mais une forte dilution des eaux de la source dans le Guagno préserve d'une contamination importante, comme en attestent les résultats des analyses.

En conséquence, sur la base des données de la campagne exploratoire de septembre 2012, l'origine des dépassements de cuivre observés en 2010 sur le Liamone à la station d'Arbori est très probablement anthropique ; selon les données de la campagne, le bassin versant du Liamone n'est pas une zone à risque de fond géochimique élevé en métaux et métalloïdes. Une étude plus approfondie basée sur un suivi à haute fréquence et haute résolution spatiale permettrait de valider complètement cet avis.

8. Qualité des eaux de la Gravone (zinc)

8.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

La Gravone prend sa source sur le flanc ouest du Monte Renoso (2352 m) vers 2100 m d'altitude, au lieu-dit les Tre Occhje (les trois sources). Le bassin versant de la Gravone est situé en domaine de socle avec des formations de type granitoïdes.

La partie amont du bassin versant, autour de Bocognano, est principalement occupée par des leucomonzogranites à biotite et des monzogranites à biotite. Des granodiorites à biotite-amphibole constituent la partie nord du monte Renoso, au niveau de la Punta del Oriente. Des éléments du complexe basique sont également présents sur le secteur, représenté par des grabbro-diorites. Quelques filons basiques doléritiques orientés nord-sud, principalement localisés au sud des villages de Tavera et Bocognano, ont été identifiés. Enfin, quelques témoins du socle éovarisque sont présents, correspondant à des gneiss, des migmatites et des micaschistes. Le contexte est donc riche en formations susceptibles de fournir des éléments métalliques aux eaux.

En discordance sur les granitoïdes ou le Pliocène, le Quaternaire modèle le paysage de la basse vallée. Les dépôts quaternaires de la vallée de la Gravone comprennent des alluvions, des colluvions, des dépôts torrentiels (cônes de déjection) et des « limons de vallée ». La nature du matériel reflète la géologie du bassin versant de la Gravone et est donc exclusivement de type magmatique à dominante granitique (la réaction à l'acide chlorhydrique des sédiments négative attestant de l'absence de carbonates ; la cimentation, lorsqu'elle est présente, est d'origine silicatée).

La nappe d'accompagnement de la Gravone est localisée dans les alluvions récentes : Fy3 des basses terrasses principalement et Fy2 et Fy3' dans une moindre mesure. Les dépôts de Fy3 sont composés de sables gris et de galets non altérés, la fraction argileuse/limoneuse de la matrice est sinon nulle du moins négligeable. Toutefois, des passées (lentilles, couches) tourbeuses ou limoneuses sont observées, notamment en sondage. Leur épaisseur en forage peut atteindre jusqu'à 20 m. Les dépôts Fy3' sont beaucoup plus fins, à dominante argilo-limoneuse. Ce sont des alternances de couches décimétriques de sables et d'argiles parfois plastiques. La jonction entre la Gravone et le ruisseau de Ponte Bonellu a probablement permis une accumulation d'alluvions au moins aussi importante que pour Fy3. Ces alluvions récentes (Fy3 et Fy3') ont pour point commun l'absence totale de cimentation, ce qui les distingue des autres alluvions.

L'aquifère actuellement exploité est confiné dans les 20 premiers mètres reposant sur un substratum varié, allant de Fy2 (zones où Fy3 et Fy2 sont emboîtées) au granite et à la saprolite, en passant par le Pliocène.

Le lit de la Gravone franchit des dépôts glaciaires situés à l'est de Bocognano où sont situés deux forages AEP. Les activités humaines entre la source et la station 6215900 de mesure de la qualité du cours d'eau située sur la Gravona à Bocognano, au niveau du pont de Sellola (pont de la RN 193) sont limitées, alors qu'en aval dans la basse vallée, l'activité industrielle y est importante avec notamment une activité d'extraction de granulats qui a lieu à proximité de l'actuel cours d'eau, dans les dépôts quaternaires récents qui constituent l'aquifère alluvial.

La décharge de Saint Antoine, installation classée ISDND, est située à l'Ouest d'Ajaccio. Un réseau de suivi de la qualité des eaux souterraines a été mis en place en 2009 (Arrêté préfectoral n°09-0104). Selon la fiche ICSP, au droit du site, la perméabilité des formations

est principalement liée aux éventuelles fracturations et au niveau d'altération du granite. La vulnérabilité des eaux souterraines peut donc être considérée comme étant « moyenne ». Dans les alentours, plusieurs captages d'alimentation en eau potable (AEP) à usage collectif exploitent les eaux souterraines circulant au sein du massif granitique (source : DDASS, 2008 et Agence de l'eau RMC, 2007). Le plus proche se situe à seulement 400 m au Nord-ouest des installations (hors influence). Les différentes bases de données consultées (notamment ADES) ne possèdent pas les données des paramètres physico-chimiques de ce réseau de suivi, probablement en raison de la non application de l'arrêté, selon les conclusions de la fiche ICSP mise à jour en mai 2011.

8.2 ANALYSE DES DONNEES EXISTANTES

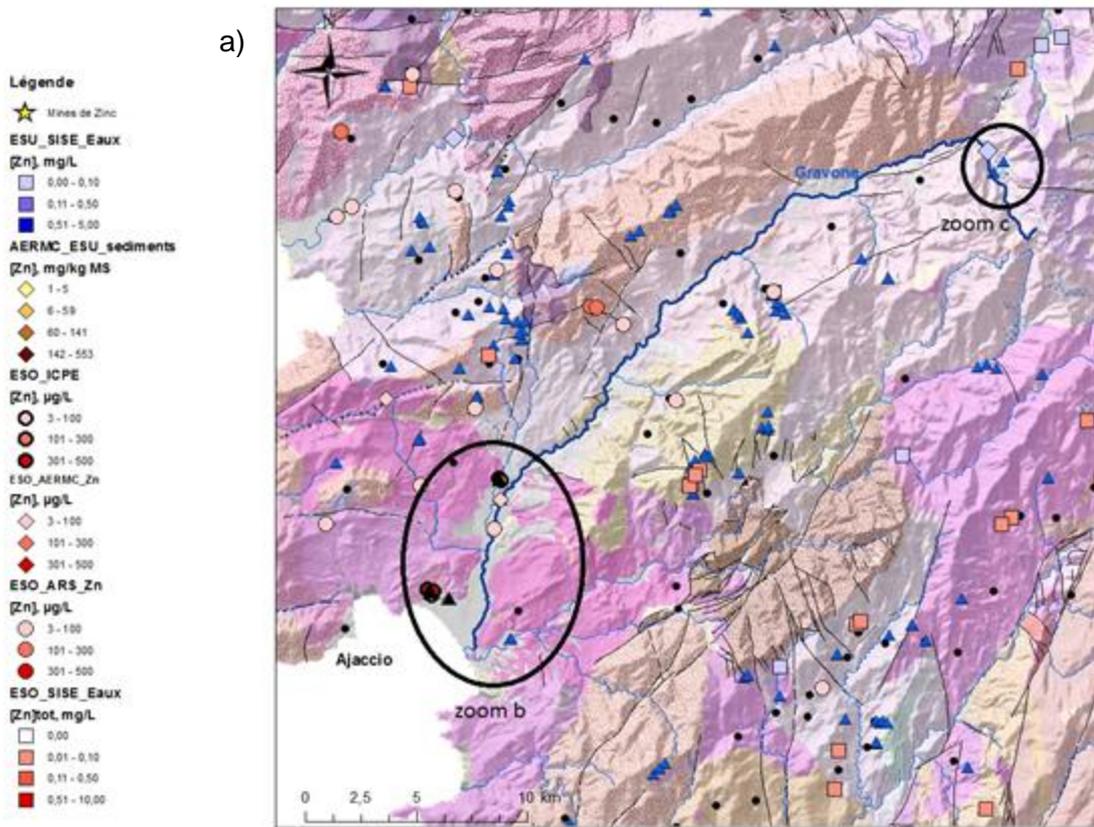
En 2010, la Gravone à Bocagnano, station 6215900, a subi un dépassement des normes du paramètre Zn. Durant les années précédentes de suivi (2007, 2008 et 2009), l'état des eaux avait été jugé bon. Pour cet élément, la NQE-MA est de 3,1 µg/L pour les eaux non carbonatées (dureté de l'eau < 24 mg CaCO₃ /L) et 7,8 µg/L pour les eaux carbonatées (>24 mg CaCO₃ /L, arrêté du 25 janvier 2010). La limite de qualité des eaux brutes de toute origine utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine est fixée à 5 mg/L pour le Zn (Arrêté du 11/01/07).

Le zinc figure parmi les éléments traces qui peuvent potentiellement se trouver sous forme minéralisée dans les granites *s.l.* bien que cet élément se trouve peu fréquemment en concentrations significatives dans les eaux de surface et souterraines (BRENOT et al., 2006). Les teneurs en zinc dans l'aquifère alluvial varient entre 72 et 93 µg/L au niveau de la station de pompage de Piatanicce (11177X0109/GRAVO) ; les teneurs en plomb étaient comprises entre 4 et 5,6 µg/L en 2003 à ce même point. Ce point est situé en aval du dépôt de ferrailles de Ponte Bonellu classé ICPE dont le suivi des eaux souterraines montre des teneurs en Zn très importantes (jusqu'à 459 µg/L au point 11177X0203/ENVP1), avec des teneurs en plomb atteignant 321 µg/L le 10/1/ 2006.

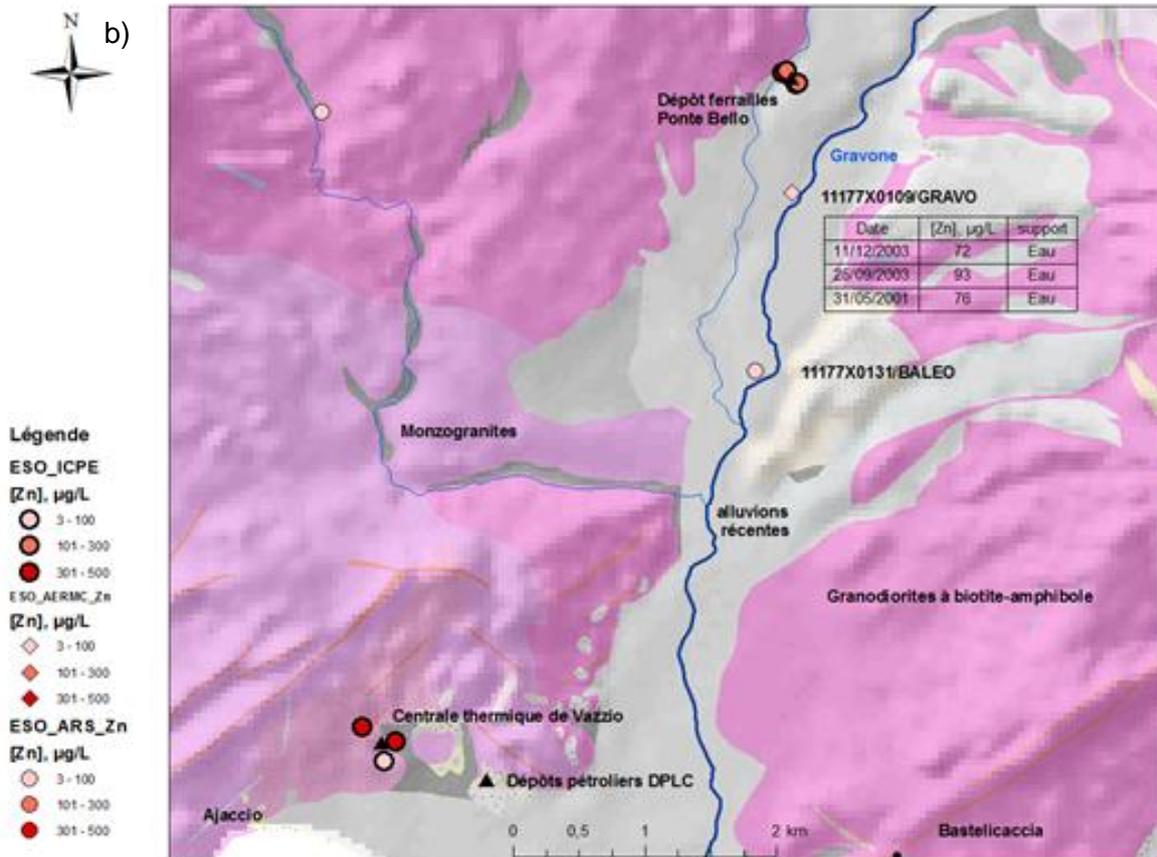
Encore plus en aval à Ajaccio, à 4 km du lit de la Gravone, se situent deux ICPE notables : les dépôts pétroliers DPLC et la centrale thermique de Vazzino, à la limite entre des monzogranodiorites et les alluvions récentes.

Des teneurs en Pb (31 µg/L en juillet 2008) ont été mesurées dans les eaux souterraines. Ces fortes teneurs semblent être causées par les activités anthropiques.

a)



b)



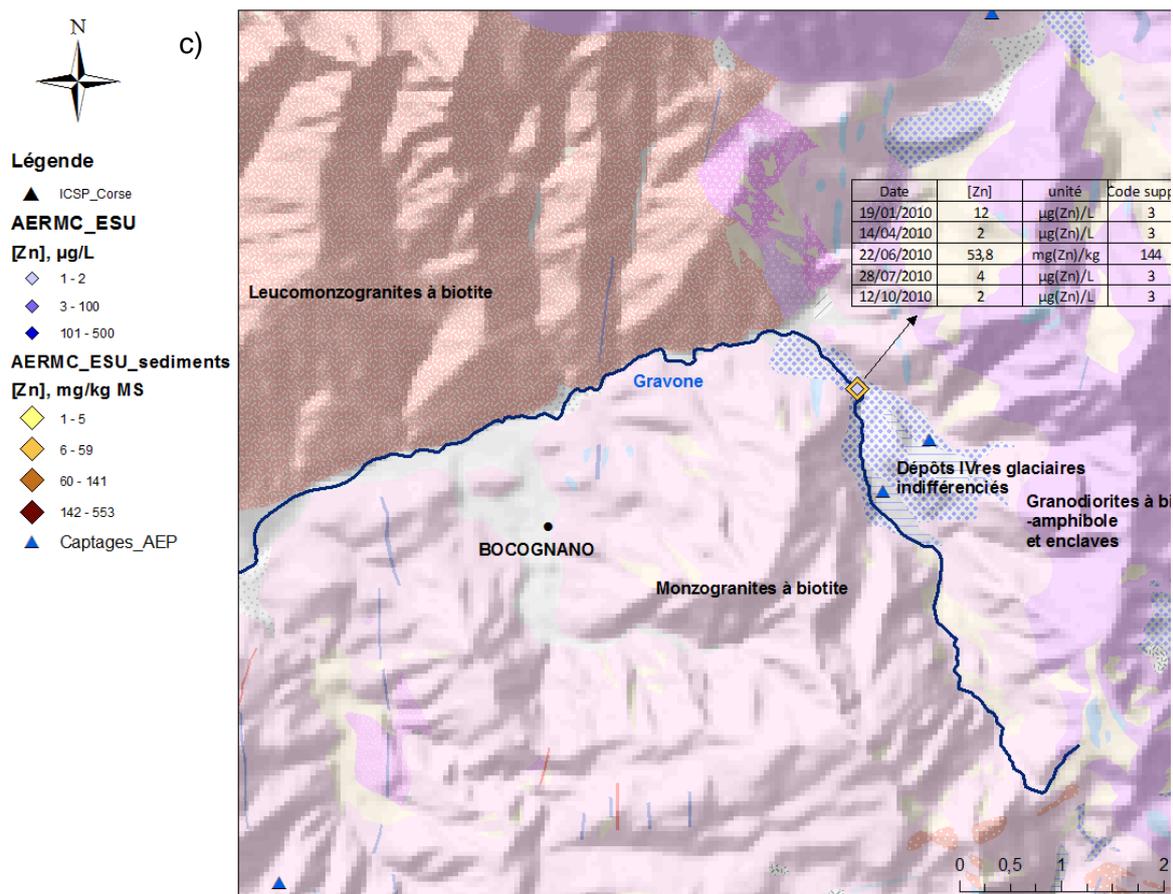


Figure 27 : a) Teneurs en Zn dans les eaux de surface et souterraines dans le bassin versant de la Gravone ; b) zoom sur les installations classées et le suivi ICPE et c) zoom sur la région amont de Bocognano, à la station 6215900 BOCOGNANO.

La Gravone à Bocognano a montré une teneur exceptionnelle en zinc de 12 µg/L (19/01/2010) (Figure 27). Le suivi durant l'année a montré des teneurs mesurées faibles (2 µg/L) avec une valeur de 4 µg/L supérieure à la NQE des eaux non carbonatées. Ce point se situe sur le pont de la RN193, en amont de la microcentrale de Sellola.

date	[Zn]	unité	support
19/01/2010	12	µg/L	Eau filtrée
14/04/2010	2	µg/L	Eau filtrée
22/06/2010	53,8	mg/kg	Sédiments
28/07/2010	4	µg/L	Eau filtrée
12/10/2010	2	µg/L	Eau filtrée

Tableau 8 : Ensemble des teneurs mesurées en Zn à Bocognano par l'AERM&C. En rouge, les valeurs supérieures à la NQE.

Il est à noter qu'une valeur isolée et élevée en zinc peut être la conséquence de problèmes analytiques. Le zinc est un des éléments les plus difficiles à analyser en raison des

nombreuses interférences qui ont lieu lors de l'analyse par ICP-MS et peuvent induire jusqu'à 70 % d'erreur sur le résultat. En conséquence, il est vraisemblable que la valeur de 12 µg/L soit due à un problème analytique.

Conclusions sur l'origine possible des concentrations en Zn

L'origine de la teneur importante en Zn à l'amont de la Gravone à Bocognano n'est pas clairement connue. Il n'est pas possible de réaliser une analyse statistique pour définir un fond géochimique naturel car le nombre d'échantillons analysés (4 eaux superficielles en un point d'eau) est trop faible.

L'origine anthropique du zinc est peu probable car il n'existe pas ou très peu d'activités humaines en amont de la station. Les analyses des forages AEP, source CAPIAGHIA (11182X0002/CAPIAJ) et source CASTAGNU (11182X0001/CASTA) ne sont pas disponibles dans les bases de données SISE-Eaux et ADES (code masse d'eau EG608) ne permettant pas de savoir si le fond géochimique est un contributeur. Les chroniques de données ne permettent pas de savoir si les teneurs de 12 µg/L et de 4 µg/L, mesurées chacune une fois, sont susceptibles de se reproduire dans le temps. Ces teneurs pourraient, de plus, être essentiellement dues à des problèmes analytiques fréquemment rencontrés dans l'analyse du Zn.

En aval à Ajaccio, il semble que les activités humaines soient à l'origine de teneurs élevées en métaux, le Zn étant en particulier associé au plomb dans les eaux souterraines.

8.3 ANALYSE DES RESULTATS DE LA CAMPAGNE EXPLORATOIRE

8.3.1 Sélection des échantillons

Les sites où des échantillons ont été prélevés sont décrits dans le Tableau 24 de l'Annexe 1 et dans la Figure 51 de l'annexe 4.

Neuf échantillons ont été prélevés. En amont, un échantillon provient de Bocognano, en amont direct du pont de Sellola. La rivière Bonellu, affluent en rive droite de la Gravone, a été prélevée en amont et en aval du dépôt de ferrailles. Un des piézomètres du suivi de la qualité des eaux souterraines au droit du dépôt a également été prélevé. Un prélèvement d'eau de surface dans la Gravone en contrebas de la station de pompage de Piatanicce a été associé à celui d'eau souterraine de la station. La Gravone a été échantillonnée en aval des gravières, en amont des bains de Caldaniccia, puis à 100 m en amont du pont de Cuttoli, en amont de la plaine alluviale et en aval de la confluence du ruisseau de Cavallu qui passe aux abords des bains de Caldaniccia. Malgré plusieurs tentatives, il n'a pas été possible d'échantillonner les eaux souterraines à Bocognano.

8.3.2 Conditions hydrologiques

Lors des prélèvements réalisés dans le bassin versant de la Gravona les 24 et 25/09/2012, le fleuve était en situation d'étiage, conditions idéales pour la réalisation de prélèvements pour l'étude du fond hydrogéochimique. En effet, c'est en période d'étiage que la recharge des hydrosystèmes par les précipitations qui sont des eaux pauvres en éléments traces est minimale et que l'effet des interactions eau – roche est le plus significatif.

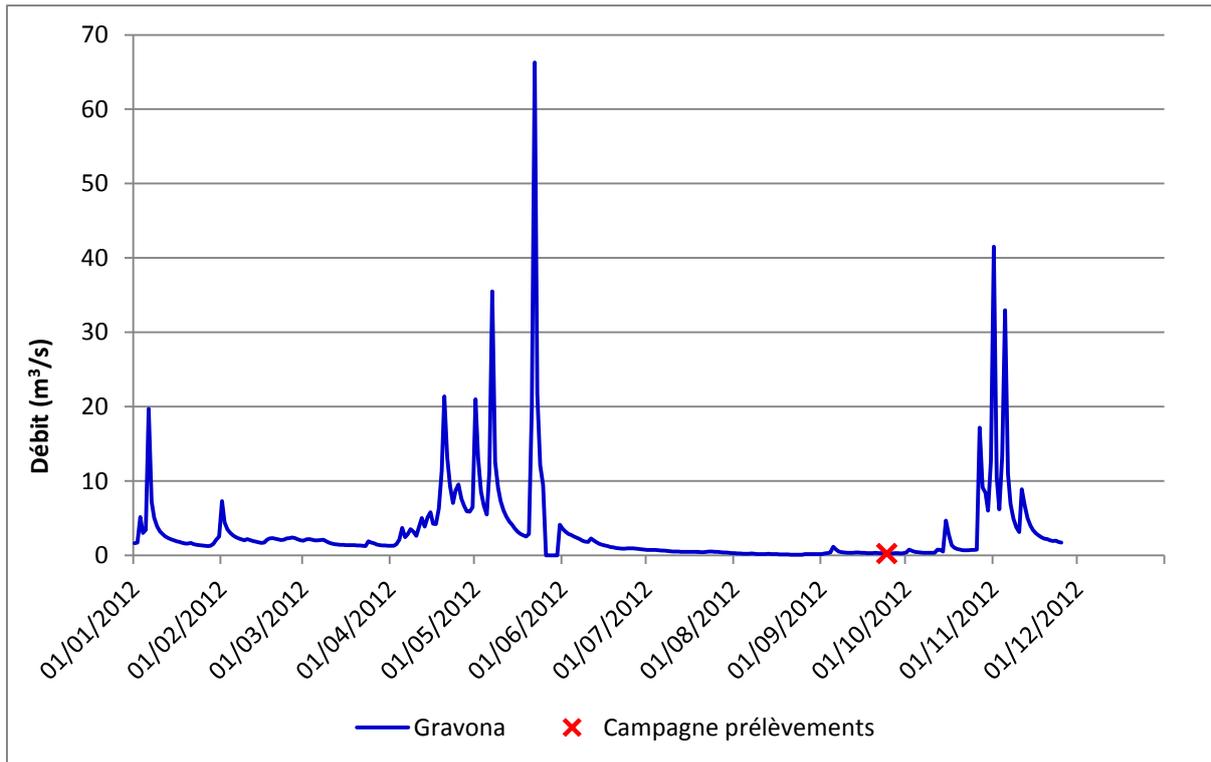


Figure 28 : Débits de la Gravona à la station limnimétrique de la DREAL Corse de Péri (Y8324020) entre le 01/01/2012 et le 25/11/2012.

8.3.3 Analyse des données

L'ensemble des résultats des analyses de la campagne exploratoire est présenté dans les Tableau 25, Tableau 28 et Tableau 26 de l'Annexe 4.

a) Paramètres physico-chimiques et éléments majeurs

Le diagramme de Piper (Figure 29) présente les paramètres majeurs mesurés lors de la campagne exploratoire ainsi que quatre échantillons du suivi de l'AERM&C provenant des deux stations Bocognano et Ajaccio 1. Les eaux ont un caractère sulfaté calcique-sodique comparable à celui des eaux du Liamone (cf paragraphe 7.3.3), ce qui témoigne de la nature similaire des roches des deux bassins versants. Les eaux sont cependant plus riches en calcium que les eaux du Liamone. Le pH varie peu et reste légèrement alcalin, variant entre 7,1 et 7,6 dans les eaux de surface et 6,2 et 6,4 dans les deux échantillons d'eaux souterraines. La conductivité augmente d'amont en aval de la Gravone, avec 45 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à Bocognano et 242 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en aval du ruisseau de Cavallu. La conductivité est plus importante dans la rivière Bonellu, en amont et aval du dépôt de ferrailles (380 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et les eaux de surface montrent un enrichissement en calcium important de l'amont vers l'avant (Figure 30).

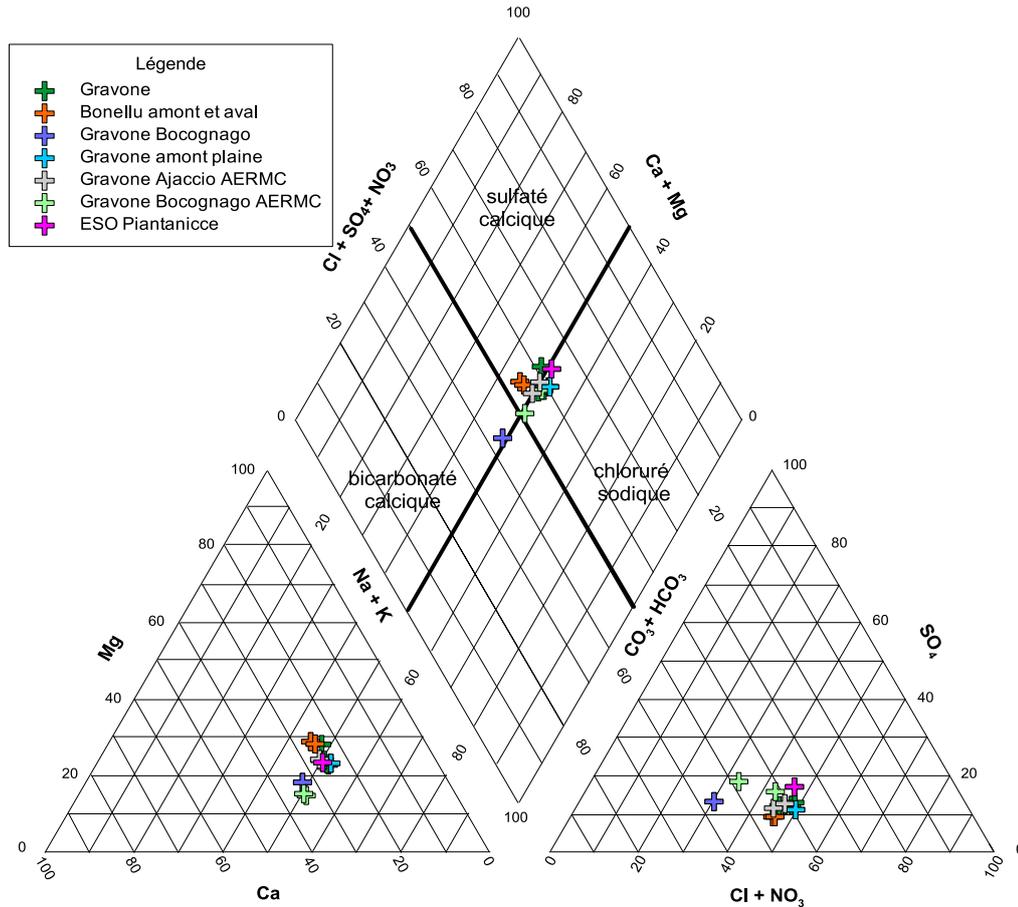


Figure 29 : Diagramme de Piper des points de la campagne exploratoire de la Gravone et du suivi AERMC où seuls quatre prélèvements (deux à Bocognano et deux à Ajaccio) réunissent les conditions suffisantes (données des éléments majeurs dissous disponibles et balance ionique inférieure à 10%).

b) Eléments mineurs

Les teneurs en zinc mesurées dans tous les échantillons d'eau de surface prélevés lors de la campagne exploratoire en septembre 2012 dans le bassin versant de la Gravone ont une moyenne de 1,17 µg/L, avec le maximum mesuré à Bocognano (1,37 µg/L) (Tableau 9). Cette teneur est très inférieure aux teneurs exceptionnelles mesurées en janvier et juillet 2010. Les teneurs en cadmium, cobalt, chrome, plomb et nickel sont inférieures ou égales à la limite de détection. Les teneurs en arsenic varient entre 0,06 µg/L à Bocognano et 0,37 µg/L dans la Gravone en aval des gravières. La qualité des eaux de surface relativement aux polluants arsenic, cadmium, cobalt, chrome, plomb, nickel et zinc est donc très bonne.

Pour les eaux souterraines, le point d'eau prélevé dans le forage AEP F1 de Piantanicce situé à l'aval de l'ICSP Ponte Bonellu montre des teneurs faibles des paramètres suivis, hormis 6,44 µg/L de zinc et 1,79 µg/L de cuivre (Tableau 9). Ces valeurs restent très en deçà de la limite de qualité des eaux brutes utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine (5 mg/L pour le zinc) et pour la consommation humaine (1 mg/L pour le cuivre).

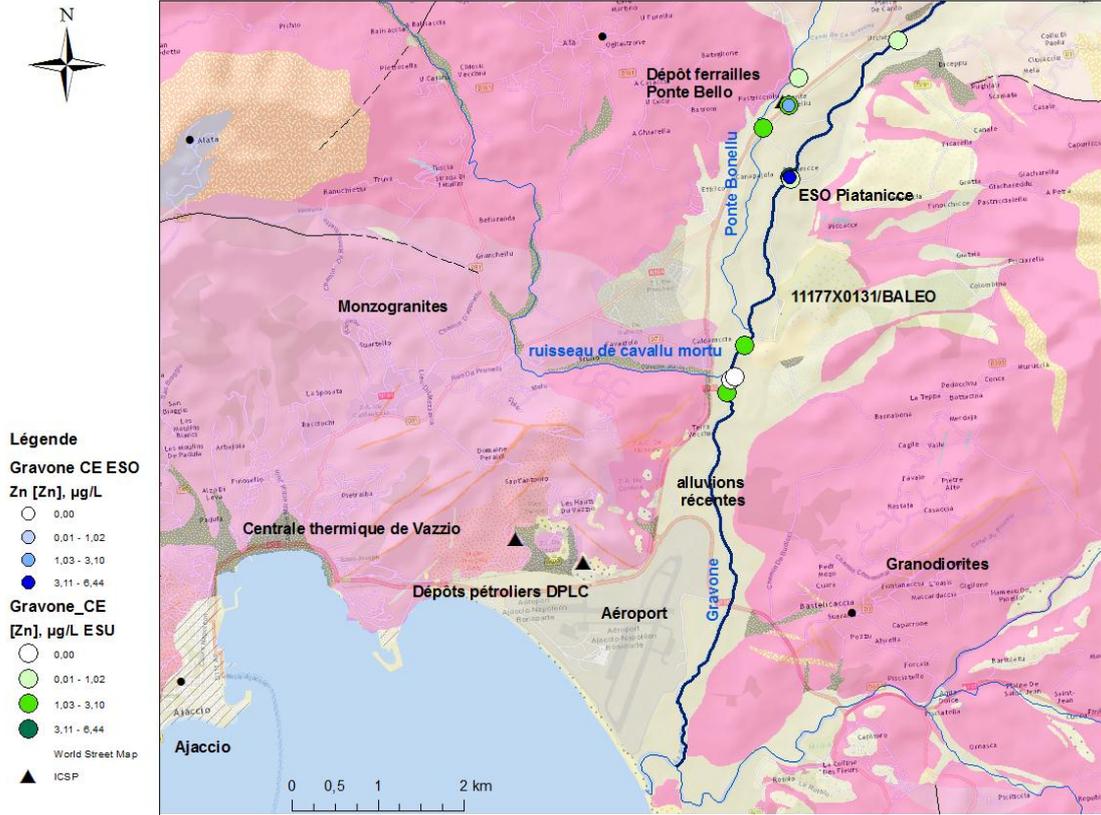


Figure 30 : Localisation des points de prélèvements et représentation des teneurs en zinc mesurées lors de la campagne exploratoire (CE) de septembre 2012.

Elément		Al	As	B	Cd	Cl	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Limite quantification		0,5	0,05	0,5	0,01	0,5	0,05	0,1	0,1	0,02	0,1	0,1	0,05	0,5
Unité		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Gravone Bocognano	24/09/2012	7,62	0,06	2,22	0,01	4,5	< LQ	< LQ	0,14	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	1,37
Gravone Cuttoli	25/09/2012	2,07	0,17	7,56	< LQ	22,7	< LQ	< LQ	0,23	0,029	3,27	< LQ	< LQ	1,02
Bonellu Amont	24/09/2012	3,92	0,12	14,4	< LQ	54,2	< LQ	< LQ	0,35	0,025	5,25	< LQ	< LQ	0,98
Piezo ICPE	25/09/2012	0,76	< LQ	16,5	0,01	41,9	< LQ	< LQ	0,15	< LQ	0,2	< LQ	< LQ	1,7
Bonellu Aval	24/09/2012	3,68	0,16	15,9	< LQ	54,7	< LQ	< LQ	0,84	0,068	8,37	< LQ	< LQ	1,27
ESO aval Piatanicce	24/09/2012	1,47	0,12	8,83	0,01	24,2	< LQ	< LQ	1,79	< LQ	1,08	0,27	0,08	6,44
ESU Piatanicce	24/09/2012	5,2	0,2	8,18	< LQ	23,3	< LQ	< LQ	0,31	0,088	12,2	< LQ	< LQ	0,96
Gravone Aval Gravières	24/09/2012	5,93	0,37	10,4	< LQ	27	< LQ	< LQ	0,33	0,286	50,8	< LQ	0,05	1,34
Gravone Aval Cavallu	25/09/2012	5,13	0,31	14,8	< LQ	33,3	0,05	< LQ	0,4	0,219	56,5	0,1	0,05	1,26
	13/04/2010	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	20	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
	08/07/2010	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	24,1	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Gravone à Bocognano 1	19/01/2010	< LQ	< LQ	< LQ	1	0,81	12							
	16/02/2010	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ							
	30/03/2010	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	3,8	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0,85	< LQ	< LQ
	14/04/2010	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	2							
	22/06/2010	< LQ	5,4	< LQ	0,4	< LQ	< LQ	5,1	9	¹⁶¹¹ ₈	340,5	3,2	30,7	53,8
	28/07/2010	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	4							
	15/09/2010	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	3,8	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
	12/10/2010	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	2							

Tableau 9 : Teneurs en éléments dissous (fraction filtrée) issues de la campagne exploratoire de septembre 2012 (cases jaunes) et du suivi AERM&C (cases bleues).

8.4 CONCLUSIONS SUR LA QUALITE DES EAUX DE LA GRAVONE

Sur la base des données de la campagne exploratoire de septembre 2012, la qualité des eaux de surface de la Gravone et de ses affluents Bonellu et Cavallu est bonne avec des valeurs inférieures aux NQE jusqu'à l'aval de la confluence avec le Cavallu. Bien que des prélèvements dans les sources de Bocognano n'ont pas pu être réalisés, les deux fortes teneurs en zinc mesurées à la station de Bocognano en 2010 semblent liées à une action anthropique ou à une erreur de mesure due aux interférences. Les teneurs élevées mesurées en plomb notamment dans des ouvrages de la plaine sont à rapprocher des activités anthropiques.

Le point d'eau souterraine en aval de Piatanicce montre des teneurs en cuivre et zinc (respectivement 1,8 et 6,4 µg/L) supérieures à celles des eaux de surface mais restant inférieures aux limites de qualité pour l'eau potable. Le point d'eau souterraine de suivi en amont de l'ICPE ne montre pas de teneurs importantes en métaux.

9. Qualité des eaux du Fium'Orbu

Le Fium'Orbu appartient à la liste des masses d'eau pour lesquelles le SDAGE (Cf. rapport "Programme de mesures" 2010-2015 du SDAGE) prévoit d'améliorer la connaissance sur la présence d'un certain nombre d'éléments. Cette mesure avait été prise suite à la forte présomption d'une pollution métallique (Pb, Ni) qui serait due à la présence d'anciennes mines, avec accumulation de Pb et Ni dans les sédiments de la retenue du barrage de Sampolo. La limite de qualité pour le Cr des eaux destinées à la consommation humaine est de 50 µg/L et la NQE-MA est de 3,4 µg/L (arrêté du 25 janvier 2010). La NQU-MA est de 7,2 µg/L pour le plomb.

9.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

Le Fium'Orbu prend sa source dans le massif du Renoso sur le plateau des Pozzi à 1800 m d'altitude.

Le Fium'Orbu, s'écoule dans un premier temps sur les granodiorites et les monzogranites de l'association calco-alcaline intrusive U2A. Ensuite, il traverse les brèches ophiolitiques, les laves massives et les péridotites serpentinisées de l'unité supérieure du domaine des schistes lustrés. Enfin, le cours d'eau rejoint la Plaine Orientale où les alluvions fluviales du Quaternaire reposent sur les formations sédimentaires miocènes.

Les dépôts alluvionnaires quaternaires d'origine fluviale récents à subactuels de la plaine (Fy-z et Fz) constituent un aquifère alluvial. Les alluvions sont hétérogènes, avec des éléments rocheux peu ou pas altérés dans une matrice sableuse à sablo-argileuse. La nappe libre qui s'écoule dans ces alluvions est principalement alimentée par le Fium'Orbu dont une partie des eaux s'infiltrer au contact des alluvions perméables, par les précipitations s'infiltrant directement et les apports latéraux.

La piézométrie de la nappe, comme celle de l'ensemble des nappes alluviales côtières de Corse, se caractérise par un cycle annuel. Les fluctuations annuelles peuvent être relativement importantes et atteindre 5 m certaines années. Au cours d'une année hydrologique se succèdent une période de recharge très rapide se produisant généralement entre octobre et janvier, suivie d'une période de vidange plus lente jusqu'en juillet et enfin une période d'étiage de quelques mois.

A Ghisoni se trouvent d'anciennes mines de La Finosa, exploitées pour le plomb argentifère (galène, cérusite), le zinc (blende) et le cuivre (bornite) ainsi qu'une ancienne usine de préparation de produit minéral (1910-1957). Ceci traduit un fond géochimique très riche en plomb. L'usine de traitement était installée sur le bord du Fium'Orbu. Le contexte est favorable, en période de crue, par phénomène de chasse des galeries et par érosion des anciens dépôts, à une augmentation des teneurs en métaux dans les eaux de surface.

9.2 ANALYSE DES DONNEES EXISTANTES

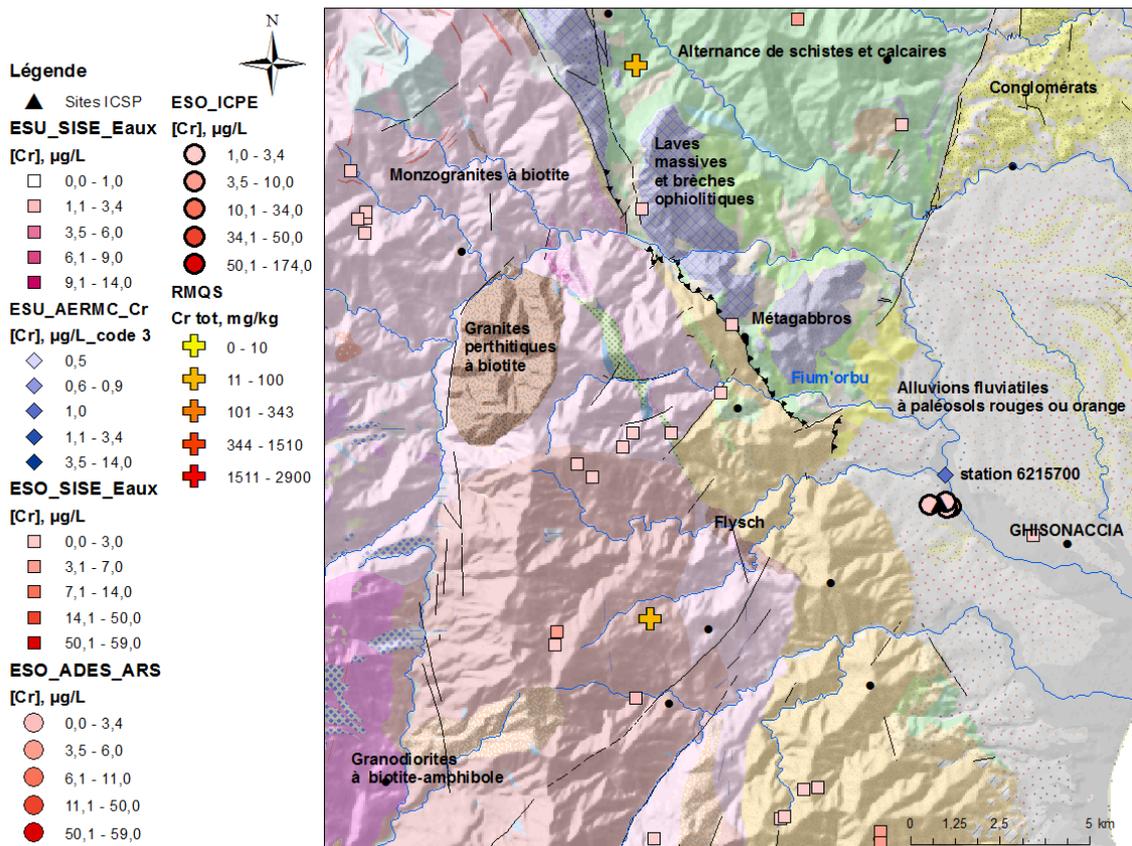
La teneur en Cr des sédiments du Fium'Orbu à Ghisonaccia (station 6215700) atteignait 590 mg/kg en juin 2010. Au même point, la teneur en chrome était de 1 µg/L et la teneur en plomb de 0,21 µg/L dans les eaux de surface le 20/04/2010 (suivi AERM&C), valeurs très inférieures aux NQE (Figure 31).

Les points d'eau souterraine analysés à proximité du Fium'Orbu après sa confluence avec le Poggio sont des points de suivi d'une ICPE (suivi de l'installation de stockage de déchet non

dangereux, ISDND Prunelli-di-Fiumorbu). En aval près de l'embouchure, un fluvisol brunifié limoneux rédoxique sous prairie naturelle présente une teneur de 224 mg/kg en Cr total (base RMQS).

En aval, autour de l'ISDND de Prunelli-di-Fiumorbu situé au lieu-dit Vanga del Forno, la qualité des eaux d'un ensemble de quatre piézomètres implantés à proximité du Fium'Orbu est suivie (codes BSS 11195X0151/STOC, 11195X0154/PZ4, 11195X0153/PZ3, 11195X0152/PZ1) (Tableau 10). Trop peu d'échantillons ont été analysés pour permettre une caractérisation précise des flux du CET vers la nappe (Tableau 11). Les chroniques sont pauvres en nombre d'éléments analysés (absence d'analyse de sulfates et bore, une seule analyse d'ammonium par exemple) avec également le problème d'une limite de détection trop élevée. Cependant, on note des teneurs importantes en aluminium, carbone organique, fer, manganèse et nitrates. Des teneurs en Pb de 12 µg/L le 27/2/2008 et de 70 µg/L le 18/12/2007 ont été mesurées au point d'eau souterraine 11195X0151/STOC situé en position aval du site de l'installation classée. Ces valeurs sont supérieures à la NQE-MA de 7,2 µg/L pour le Pb. Les teneurs en chrome mesurées dans les eaux souterraines au point STOC sont 5 et 7 µg/L en 2008 et 2007, valeurs inférieures à la limite de qualité de 50 µg/L. Les teneurs en arsenic analysées sont inférieures à la limite de détection.

a)



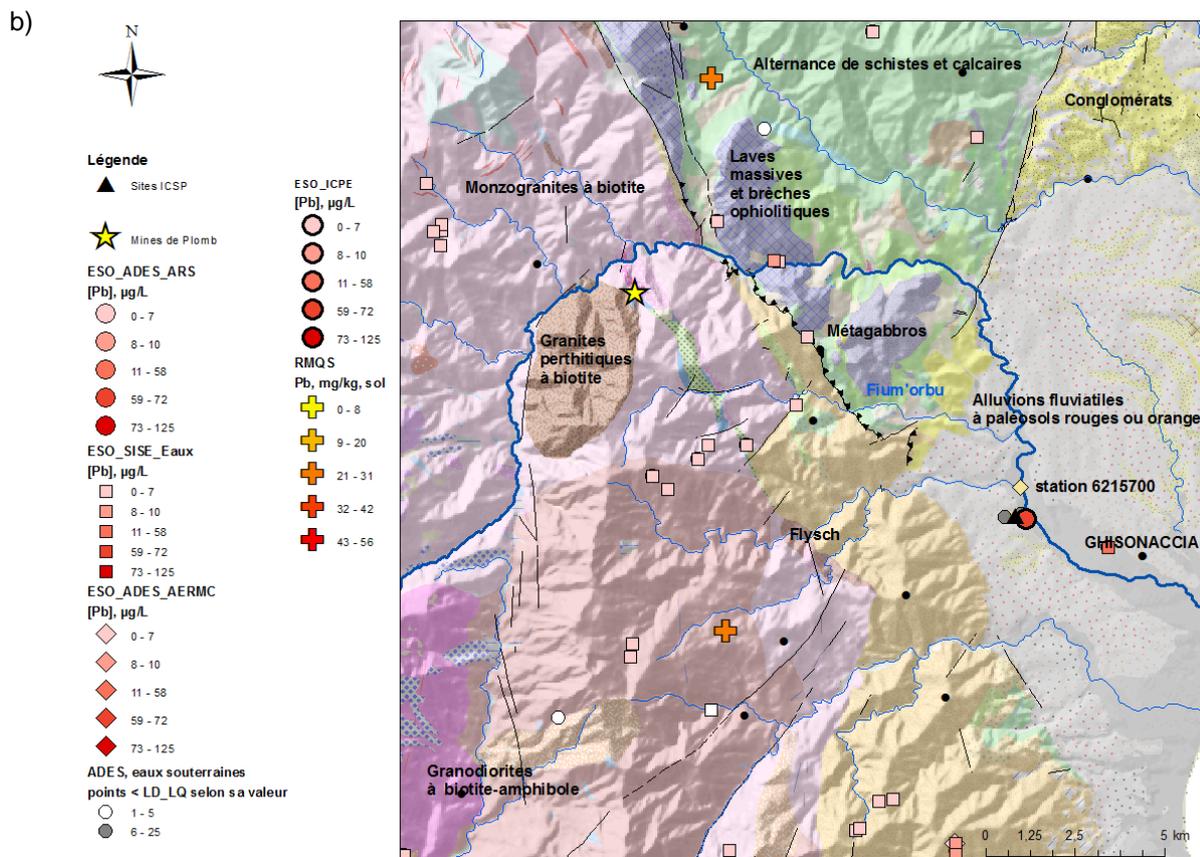


Figure 31 : a) Teneurs en chrome dans les eaux de surface du Fium'Orbu et souterraines à Ghisonaccia et b) teneurs en Pb dans le même site.

Piézomètres suivi ICPE	Al µg/L	NH4 mg/L	C Org mg/L	Cr µg/L	N tot mg/L	Fe µg/L	Mn µg/L	Ni µg/L	NO3 mg/L	Pb µg/L	Zn µg/L
11195X0151/STOC											
28/11/2007	< LQ	< LQ	2,92	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
18/12/2007	171	< LQ	3	7	< LQ	7669	2823	12	< LQ	70	< LQ
27/02/2008	668	< LQ	3	5	< LQ	3252	2753	7	< LQ	12	7
01/07/2008	< LQ	< LQ	2,5	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
18/12/2008	< LQ	< LQ	1	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
11195X0152/PZ1											
01/07/2006	1700	< LQ	0,8	1	8,3	660	46	7	< LQ	< LQ	7
28/11/2007	< LQ	< LQ	1,47	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	57,6	< LQ	< LQ
18/12/2007	< LQ	< LQ	1,71	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
01/07/2008	< LQ	< LQ	1,5	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
18/12/2008	< LQ	< LQ	2	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
11195X0153/PZ3											
01/07/2006	3300	< LQ	5	3	7,9	1300	20	5	< LQ	< LQ	10
28/11/2007	< LQ	0,14	1,5	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	56,9	< LQ	< LQ
18/12/2007	< LQ	< LQ	2,68	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
01/07/2008	< LQ	< LQ	1,2	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
18/12/2008	< LQ	< LQ	4,8	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ

11195X0154/PZ4														
01/07/2006	1200	< LQ	< LQ	2	2,8	600	100	3	< LQ	< LQ	10			
28/11/2007	< LQ	< LQ	0,53	< LQ	14	< LQ								
18/12/2007	< LQ	< LQ	1,09	< LQ										
01/07/2008	< LQ	< LQ	0,6	< LQ										
18/12/2008	< LQ	< LQ	3	< LQ										

Tableau 10 : Suivi qualité dans les piézomètres de contrôle de l'ICSP ISDND Prunelli di Fiumorbo (base ADES, valeurs supérieures à la limite de quantification).

Piézomètres de suivi	NH4	AOX	As	Cd	C org	Cr VI	Cu	CN libre	Sn	F	Hg	NO3	PO4	Pb	Zn
11195X0151/STOC	1		1	2			2	2	2	2	2	1	1		1
11195X0152/PZ1	1	1	1	1		1	1	1	1		1			1	
11195X0153/PZ3			1	1		1		1	1		1			1	
11195X0154/PZ4	1		1	1	1	1		1	1		1			1	

Tableau 11 : nombre d'analyses dont la mesure est inférieure à la limite de détection (base ADES).

Conclusions sur l'origine possible des concentrations en Cr

Les teneurs en chrome, aluminium, fer, manganèse, nickel, nitrates et plomb dans les eaux souterraines semblent liées à la présence du centre d'enfouissement ISDND Prunelli di Fium'Orbu. Il n'existe pas assez d'informations pour conclure avec précision sur la raison du dépassement de la norme du paramètre chrome et sur le fond géochimique naturel des eaux de surface en raison de l'absence de données en amont de la station de l'AE RM&C qui est située en amont de l'installation classée et de fréquence de prélèvement trop faible.

9.3 ANALYSE DES RESULTATS DE LA CAMPAGNE EXPLORATOIRE

9.3.1 Sélection des échantillons

Les échantillons ont été prélevés dans le Fium'Orbu, en amont et aval de la confluence avec le Finosa, qui a également fait l'objet de prélèvement en amont et en aval de la mine (Tableau 24 en Annexe). Dans la plaine, les eaux du ruisseau de Varagno ont été prélevées en amont de l'ISDND ainsi que les eaux du Fium'Orbu en aval de l'ISDND.

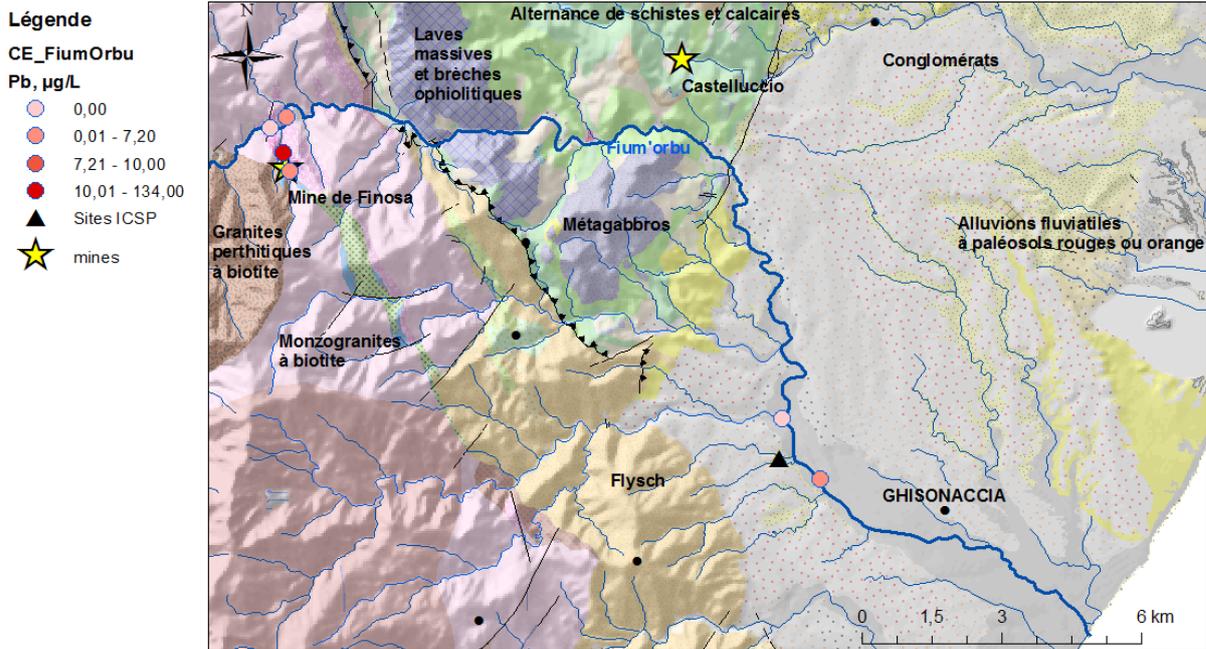


Figure 32 : Localisation des points de prélèvements de la campagne exploratoire de septembre 2012 et indication des teneurs en plomb mesurées.

9.3.2 Conditions hydrologiques

Lors de la campagne de prélèvements dans le bassin versant du Fium'Orbu les 13 et 14 septembre 2012, la crue qui a eu lieu sur le cours d'eau début septembre suite aux importantes précipitations qui s'étaient produites sur la région était terminée (Figure 33).

Les volumes écoulés dans le fleuve lors des prélèvements étaient plus importants qu'à la fin de la période d'étiage (fin août 2012), mais les orages étant terminés, le bassin n'était plus le siège de forts ruissellements qui lessivent les terrains et qui auraient dégradé la représentativité des échantillons prélevés.

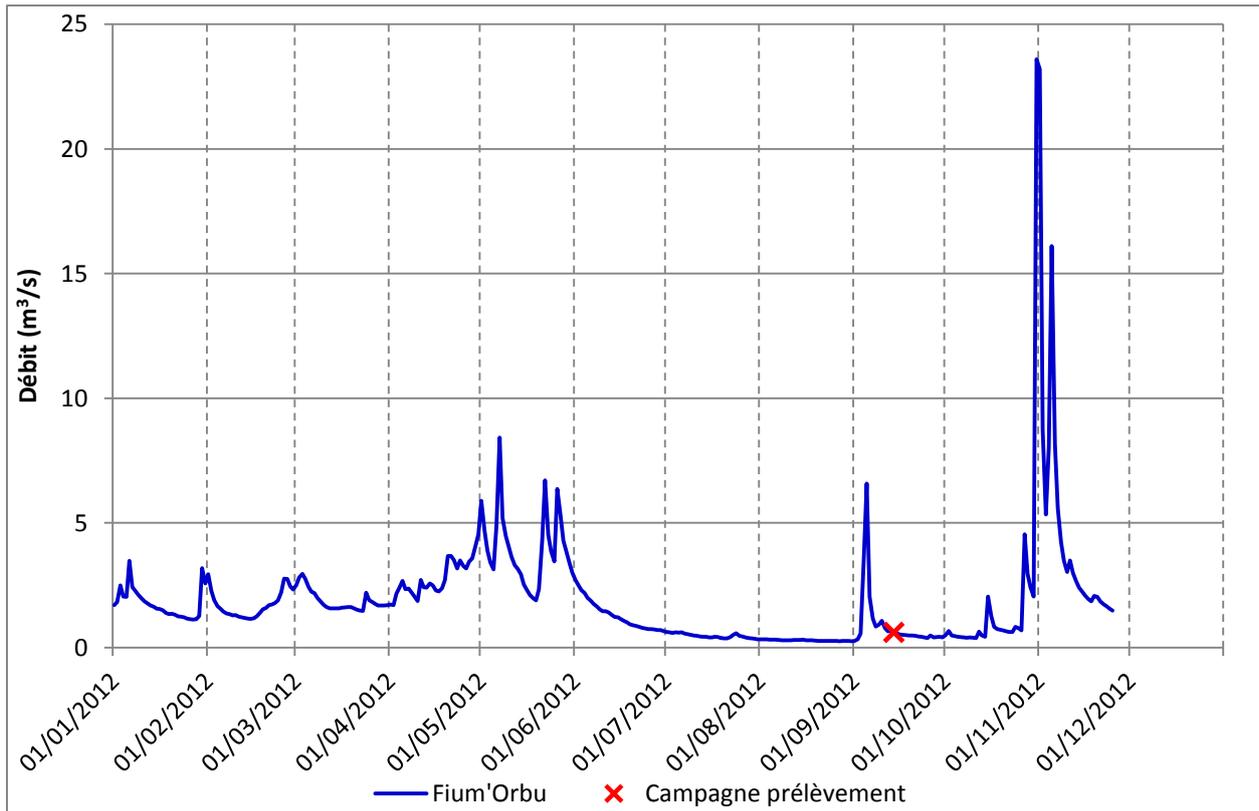


Figure 33 : Débit du Fium'Orbu mesuré à la station limnimétrique de la DREAL Corse de Sampolo (Y9414020) entre le 01/01/2012 et le 25/11/2012.

9.3.3 Analyse des données

Les données sont présentées dans le Tableau 29 en Annexe 5. Les échantillons prélevés dans le Fium'Orbu lors de la campagne exploratoire en amont et en aval de la confluence avec le Finosa et en amont de l'ISDND ont une balance ionique médiocre (6 à 10 %). La balance ionique des autres prélèvements en aval est correcte (inférieure à 3 %). Cette mauvaise balance ionique est probablement due au fait que la minéralisation est très faible avec une conductivité de 65 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et des teneurs en calcium (~ 4 mg/L) et bicarbonates (~ 15 mg/L) très faibles à l'amont et que d'autres éléments (notamment organiques) contribuent à l'équilibre des charges de la solution. Nous prendrons donc en compte ces points.

Seuls deux prélèvements du suivi AERM&C à Ghisonaccia (20/04/2010 et 25/10/2010) sont suffisamment complets pour permettre de construire le diagramme de Piper mais un seul est affiché car le second montre une balance ionique mauvaise (17 %). Il existe dix-sept prélèvements au puits de Ghisonaccia du suivi ARS réunissant toutes les analyses avec une bonne balance ionique (inférieure à 3 %).

a) Eléments majeurs

Le diagramme de Piper (Figure 34) montre que les faciès évoluent tout au long du cours du Fium'Orbu. Les eaux du petit ruisseau de Finosa, affluent du Fium'Orbu, sont plus minéralisées que celles de l'amont du Fium'Orbu. La source du Fium'Orbu et la partie de la masse d'eau en aval de la confluence avec la Finosa sont situées en domaine cristallin où la solubilisation des phases minérales est plus difficile et lente qu'en domaine carbonaté, ce qui explique la très faible minéralisation des eaux. La présence de calcaires et le drainage des stériles à proximité du Finosa favorisent probablement la minéralisation des eaux drainantes Figure 36. Les teneurs en calcium dans le Finosa sont de 25 et 28 mg/L avec une

conductivité supérieure à 180 $\mu\text{S}/\text{cm}$ tandis que la teneur en Ca dans le Fium'Orbu en amont et aval de la confluence avec le Finosa est de 4 mg/L avec une conductivité de 65 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Tableau 29). Le débit du Finosa (1 à 2 L/s le jour du prélèvement) n'est pas suffisant pour influencer sur la qualité des eaux du Fium'Orbu, dont le débit à la confluence est de 750 L/s. Le Fium'Orbu franchit le grand chevauchement de la Corse alpine sur la Corse hercynienne orienté Nord-Ouest-Sud-Est pour rejoindre le domaine de la Corse alpine, entraînant une augmentation de la minéralisation vers l'aval.

En aval de l'ISDND, dans la Plaine-Orientale, la teneur en Ca est de 12 mg/L ; les eaux du Fium'Orbu montrent une augmentation progressive de leur minéralisation en lien avec le processus d'altération et d'érosion du bassin versant. Les eaux souterraines au puits de Ghisonaccia (11195X0147/FITTEL, suivi ARS) ont un faciès bicarbonaté calcique enrichi en magnésium, en lien avec la géologie de la Plaine-Orientale. Celle-ci est occupée, entre le Fium'Orbu et le Tagnone, par le glacis de Ghisonaccia, triangle recouvert d'alluvions provenant notamment de l'érosion du substratum néogène. Cependant, les teneurs en magnésium d'environ une vingtaine de mg/L restent faibles comparées à ce qui peut généralement être mesuré dans les roches sédimentaires.

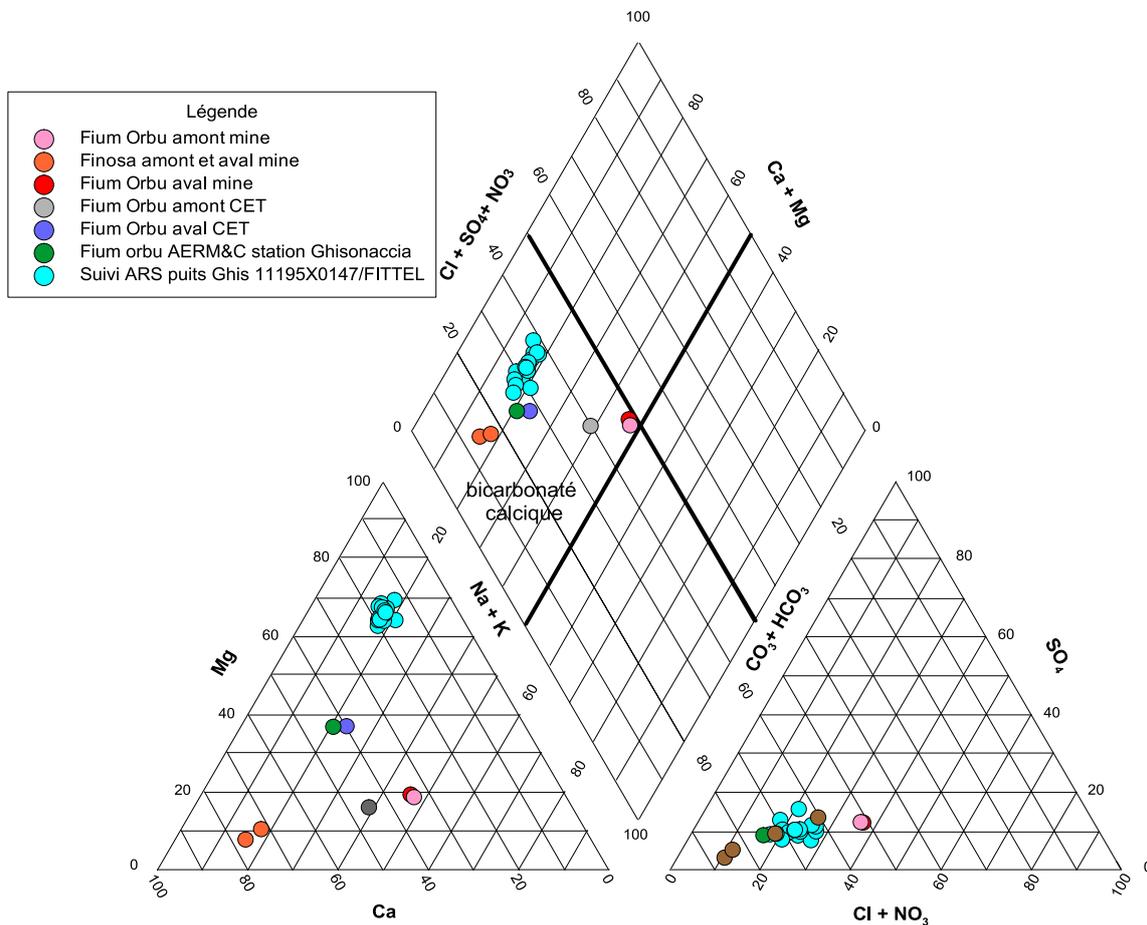


Figure 34 : Diagramme de Piper des points de la campagne exploratoire, du suivi ARS au point BSS 11195X0147/FITTEL (puits de Ghisonaccia) et du suivi AERM&C du Fium'Orbu à la station de Ghisonaccia.

b) Eléments mineurs

Le Tableau 12 montre l'évolution des teneurs en métaux et métalloïdes d'amont en aval sur le cours du Fium'Orbu. Le drainage des travaux miniers de la mine de Finosa entraîne une augmentation notable des teneurs en arsenic, cadmium, cobalt, cuivre et surtout plomb et

zinc dans les eaux de surface ; la Figure 35 illustre la répartition des teneurs en plomb. Les teneurs en cadmium (5,16 µg/L), en plomb (134 µg/L) et en zinc (432 µg/L) dépassent les NQE-MA qui sont respectivement de 0,25 µg/L pour le cadmium pour une eau très dure, de 7,2 µg/L pour le plomb et de 7,8 µg/L pour le zinc. Le faible débit du Finosa (2 l/s) permet cependant une dilution élevée des éléments dans le Fium'Orbu.

c) Impact de l'ISDND

Les teneurs en chrome sont inférieures à la limite de détection en amont de l'ISDND et dans le Varagno, affluent du Fium'Orbu, et passent à 0,57 µg/L en aval de l'installation de stockage de déchets non dangereux. Cette valeur reste inférieure à la NQE-MA de 3,4 µg/L. Dans un milieu de plaine alluvionnaire où la nappe est vulnérable, une pollution en chrome des eaux de surface et souterraines par le site de stockage est plausible. Les eaux de surface du Fium'Orbu présentent également une augmentation en sulfates, bore, chlorures, fer, nitrates, nickel (Tableau 13) à l'aval de l'ISDND. Des analyses de tritium dans des échantillons d'eau de surface prélevés en aval du site de stockage de déchets ont montré moins de 10 unités, ce qui montre que les eaux de l'ISDND ne contribuent pas significativement au moment du prélèvement aux eaux de surface du Fium'Orbu.

Site	date	Débit L/s	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Sb	Zn
			0,05 µg/l	0,01 µg/l	0,05 µg/l	0,1 µg/l	0,1 µg/l	0,1 µg/l	0,05 µg/l	0,05 µg/l	0,5 µg/l
Fium'Orbu amont mine	14/09/2012	750	0,08	< LQ	< LQ	< LQ	0,33	< LQ	0,01	< LQ	0,63
Finosa amont	13/09/2012	2	0,12	0,01	< LQ	< LQ	0,37	0,13	0,13	< LQ	1,94
Finosa aval	13/09/2012	1	0,14	5,16	0,29	< LQ	1,4	0,13	134	0,26	432
Fium'Orbu aval mine	13/09/2012	960	0,09	0,03	< LQ	< LQ	0,33	< LQ	1,17	< LQ	2,56
Varagno amont CET	14/09/2012	202	0,32	< LQ	< LQ	< LQ	0,14	0,31	0,01	< LQ	< LQ
Fium'Orbu aval CET	14/09/2012	750	0,19	< LQ	< LQ	0,57	0,33	4,12	0,07	< LQ	< LQ
AERM&C station Ghisonaccia	24/02/2010		< LQ	0,03	< LQ : 0,05	< LQ : 0,5	< LQ : 0,5	0,5	0,05	< LQ : 0,5	2
	20/04/2010		< LQ	0,03	< LQ : 0,05	1	< LQ : 0,5	1	0,21	< LQ : 0,5	4
	31/08/2010		< LQ	0,03	< LQ : 0,05	< LQ : 0,5	< LQ : 0,5	1	0,05	< LQ : 0,5	1
	21/12/2010		< LQ	0,03	< LQ : 0,05	< LQ : 0,5	< LQ : 0,5	2,5	0,17	< LQ : 0,5	2

Tableau 12 : Teneurs en métaux dans les eaux du bassin versant du Fium'Orbu lors de la campagne de septembre 2012 et du suivi AERM&C (en bleu).

Sites	B µg/L	Cl mg/L	Cr µg/L	Fe mg/L	Mg mg/L	NO3 mg/L	Ni µg/L	Pb µg/L	SO4 mg/L
Fium'Orbu aval mine	5,13	5,7	< LQ	< LQ	1,4	1	< LQ	1,17	2,8
Varagno amont CET	7,85	6,7	< LQ	< LQ	1,7	0,6	0,31	< LQ	4,9
Fium'Orbu aval CET	15,1	8,3	0,57	0,021	6,7	1,6	4,12	0,07	6,2

Tableau 13 : Teneurs en éléments en amont et en aval de l'ISDND lors de la campagne de septembre 2012.

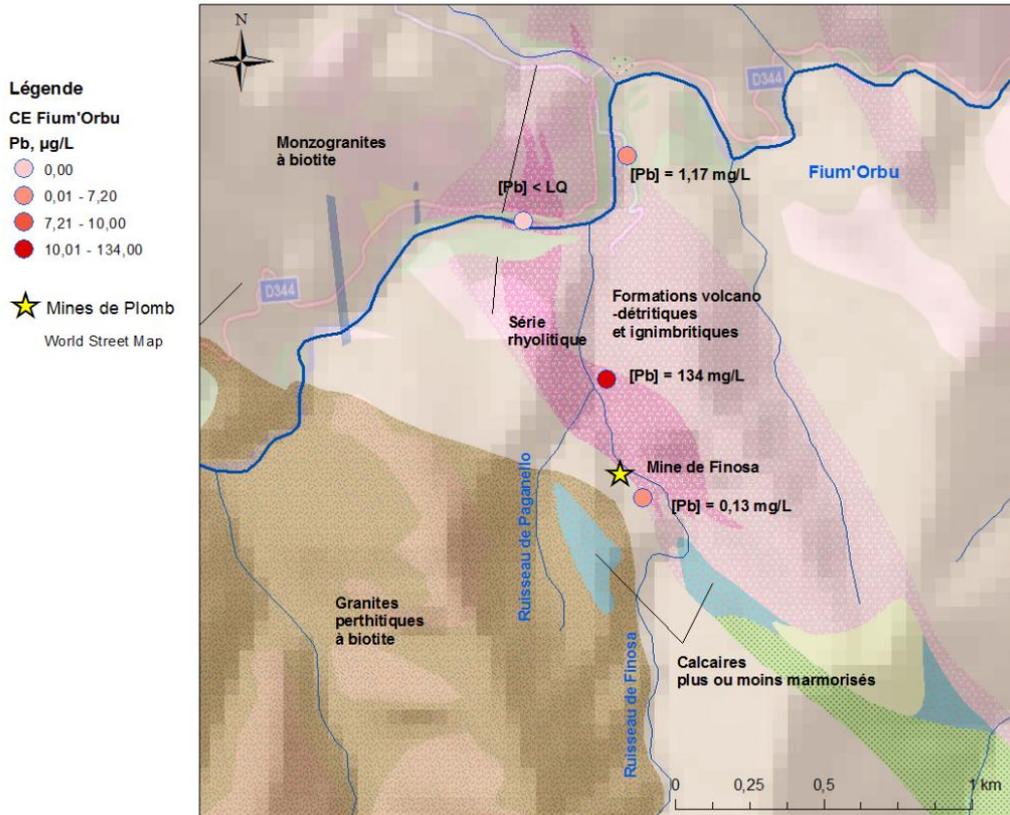


Figure 35 : détail des teneurs en plomb en amont du Fium'Orbu, au niveau de la mine de Finosa

9.4 CONCLUSION SUR LA QUALITE DES EAUX DU FIUM'ORBUI

Les informations fournies par la campagne exploratoire sont très importantes à deux niveaux : elles fournissent des données amont originales et pallient ponctuellement les résultats peu exploitables du suivi AERM&C et ICSP en terme de fréquence de prélèvement, de paramètres suivis et de limites de détection trop élevées.

Le drainage des travaux miniers de Finosa entraîne une augmentation notable des teneurs en arsenic, cadmium, cobalt, cuivre et surtout plomb et zinc dans les eaux de surface du Finosa. Cependant, les débits du Finosa sont très faibles et une dilution importante a lieu dans les eaux du Fium'Orbu. En période de crue localisée, le drainage minier pourrait entraîner des augmentations de teneurs notables à l'aval.

Les données de la campagne exploratoire ont permis de montrer que le fond géochimique est très faible en chrome dans l'ensemble du bassin versant en amont de la Plaine-Orientale. L'absence de tritium dans les eaux de surface en aval de l'ISDND indique que le jour du prélèvement, les eaux issues de ce centre de stockage de déchets ne se mélangent pas de manière significative aux eaux de surface du Fium'Orbu.

10. Qualité des eaux du bassin versant du Rizzanese (plomb et mercure)

La NQE-MA pour le plomb est de 7,2 µg/L. La limite de qualité des eaux destinées à la consommation humaine est de 10 µg/L. Pour le mercure, la NQE-MA est de 0,05 µg/L et la limite de qualité des eaux destinées à la consommation humaine est de 1 µg/L.

10.1 CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

Le bassin versant du Rizzanese est situé en domaine de socle, correspondant à des formations de type granitoïdes. Le bassin est principalement constitué de granodiorites et de monzogranites traversés par des filons de diorite orientés Nord-Ouest – Sud-Est. Plusieurs failles majeures sont recensées. Les aquifères qui se développent dans ces formations sont de type fissuré.

Des dépôts alluvionnaires occupent la basse vallée du Rizzanese et renferment un aquifère alluvial. L'analyse de la piézométrie de la nappe alluviale et des débits du Rizzanese met en évidence la forte interconnexion entre les eaux de surface et les eaux souterraines.

Les caractéristiques des aquifères du bassin versant traduisent une certaine vulnérabilité, ils sont donc susceptibles d'être impactés par des pollutions en provenance des activités de surface, relativement nombreuses : présence de gravières (sauvages ou réglementaires), stations d'épuration (rejets dans le Rizzanese), de la zone industrielle de Sartène, de la zone industrielle de Propriano près de l'aéroport et de l'aéroport de Propriano lui-même, ainsi que d'autres activités ponctuelles (laveries, fabrique d'agglomérés, entreprise de peintures de bateaux). Une exploitation de pierre de taille est installée au pont d'Arena Bianca à la sortie de Propriano, en amont des champs captant.

Il n'existe pas d'indice minier notable dans le bassin versant du Rizzanese (BRGM, 1997).

10.2 DONNEES EXISTANTES

Le fond géochimique des sols et roches, bien renseigné dans le bassin versant du Rizzanese, est relativement faible en plomb, avec des teneurs inférieures à 50 mg/kg. Ces valeurs sont couramment observées dans les sols français du programme RMQS.

10.2.1 Station de pompage « Rizzanese à Sartène »

Les données du suivi qualité de la station de pompage de Zoza (Rizzanese à Sartène, code station 6218000, masse d'eau FRER31c), pour les supports bryophytes et sédiments sont présentées pour les paramètres mercure, arsenic et plomb (Tableau 14). Deux teneurs en plomb dans les sédiments ont été mesurées le 21/12/1988 (12 mg/kg) et le 24/06/2010 (15,1 mg/kg). Ces valeurs sont inférieures au seuil percentile 90 du FOREGS (39 mg/kg). Une teneur en mercure de 0,26 mg/kg a été mesurée le 22/06/1992, valeur également supérieure au seuil percentile 90 du FOREGS (0,125 mg/kg). Une telle valeur n'a jamais été mesurée depuis dans les sédiments.

Date	Support	Paramètre	Résultat	Code remarque	Unité de mesure
23/06/1988	bryophytes	Mercure	0,06	1	mg/(kg MS)
21/12/1988	bryophytes	Arsenic	1,8	1	mg/(kg MS)
22/06/1992	bryophytes	Arsenic	1	1	mg/(kg MS)
22/06/1992	bryophytes	Mercure	0,26	1	mg/(kg MS)
21/12/1988	bryophytes	Plomb	12	1	mg/(kg MS)
24/06/2010	Sédiment	Arsenic	0,9	1	mg(As)/kg
24/06/2010	sédiment	Plomb	15,1	1	mg(Pb)/kg

Tableau 14 : Teneurs en mercure, arsenic et plomb dans le support bryophytes et sédiment (teneurs supérieures à la limite de détection) mesurées à la station de Sartène du Rizzanese (base de données AERM&C)

Dans le Rizzanese à Sartène, les données pour le support eau mettent en évidence que toutes les mesures du suivi commencé en 2010 des paramètres mercure et plomb sont inférieures à la limite de détection (Tableau 15). Le 16/11/2010, la turbidité et les matières en suspension atteignent des valeurs élevées, respectivement 11 NTU et 13 mg/L et traduisent probablement un cours d'eau en crue, ce qui n'a aucune conséquence sur les teneurs en plomb et mercure.

Date	Parametre	Résultat	Unité
19/01/2010	Turbidité	1,6	NTU
19/01/2010	MeS	2	mg/L
19/01/2010	Plomb	< LQ	µg(Pb)/L
19/01/2010	Mercure	< LQ	µg(Hg)/L
17/02/2010	Plomb	< LQ	µg(Pb)/L
17/02/2010	Mercure	< LQ	µg(Hg)/L
16/03/2010	Turbidité	1,4	NTU
16/03/2010	MeS	2	mg/L
16/03/2010	Plomb	< LQ	µg(Pb)/L
13/04/2010	Plomb	< LQ	µg(Pb)/L
19/05/2010	Turbidité	2,6	NTU
19/05/2010	MeS	3,8	mg/L
19/05/2010	Plomb	< LQ	µg(Pb)/L
19/05/2010	Mercure	< LQ	µg(Hg)/L
02/07/2010	Plomb	< LQ	µg(Pb)/L
02/07/2010	Mercure	< LQ	µg(Hg)/L
19/07/2010	Turbidité	1,3	NTU
19/07/2010	MeS	2	mg/L
19/07/2010	Plomb	< LQ	µg(Pb)/L
19/07/2010	Mercure	< LQ	µg(Hg)/L
31/08/2010	Plomb	< LQ	µg(Pb)/L
31/08/2010	Mercure	< LQ	µg(Hg)/L
22/09/2010	Turbidité	0,95	NTU
22/09/2010	MeS	4,4	mg/L

22/09/2010	Plomb	< LQ	µg(Pb)/L
22/09/2010	Mercure	< LQ	µg(Hg)/L
25/10/2010	Plomb	< LQ	µg(Pb)/L
25/10/2010	Mercure	< LQ	µg(Hg)/L
16/11/2010	Turbidité	11	NTU
16/11/2010	MeS	13	mg/L
16/11/2010	Plomb	< LQ	µg(Pb)/L
16/11/2010	Mercure	< LQ	µg(Hg)/L
08/12/2010	Plomb	< LQ	µg(Pb)/L
08/12/2010	Mercure	< LQ	µg(Hg)/L

Tableau 15 : Teneurs en mercure et plomb dans le support eau (teneurs supérieures à la limite de détection pour code signe = 1) à la station de Sartène du Rizzanese (base de données AERM&C)

Au nord du bassin versant du Rizzanese, dans celui du Taravo (a, Figure 36), situé dans des monzogranites à distance des filons de dolérites encaissés, la source Codu da Prugno 11208X0037/CODU qui a fait l'objet d'un suivi ARS montre une teneur en Pb de 10 µg/L le 14/03/2006, seule date de suivi recensée. A la même date, les deux sources à proximité 11208X0022/PETRE (source Alta Neddu, suivi de 2000 à 2010) et 11208X0017/VARAN (source Varangoni, suivi de 2003 à 2010) ne présentent pas de plomb (limite de quantification inférieure à 8 µg/l).

Etant donné que ces points semblent être localisés dans un environnement peu ou pas urbanisé sans ICPE ni ancienne mine ou indice minier à proximité, le plomb dans ces points d'eau souterraine semble être d'origine naturelle. Le contexte géologique de monzogranites est légèrement différent de celui du bassin versant du Rizzanese constitué essentiellement de Granodiorites porphyroïdes.

10.2.2 ICPE

Sur le bassin versant du Rizzanese, à Viggianello, se trouve un centre d'enfouissement de déchets. Il s'agit d'une installation classée. L'ancien site de stockage a été réhabilité en 2010 pour devenir un centre de stockage défini comme non polluant avec la mise en place de réseaux de drainage et de bassins de rétention des lixiviats qui doivent être réinjectés dans les casiers de stockage des déchets.

L'ancienne installation classée ISDND de Viggianello (centre de stockage de déchets non dangereux, Figure 36b) a fait l'objet d'un suivi dont les analyses de 2007 et 2008 ont été bancarisées dans ADES. Ces prélèvements ont mis en évidence des anomalies de teneurs pour les éléments aluminium, fer, manganèse, azote, hydrocarbures et entérocoques. Certaines des conductivités électriques mesurées sont élevées et peuvent atteindre plus de 5000 µS/cm en aval hydraulique du site. Cependant, le réseau de surveillance du site ne permet pas d'étudier l'évolution de la qualité des eaux souterraines dans le temps (Fiche ICSP numéro ADES CSC2A_00007_DRIRECSC). Cette fiche ne fait pas mention de teneurs anormales en plomb. Les écoulements souterrains se font, en lien avec la topographie, vers le Sud-ouest, en direction du ruisseau. Des failles/fractures peuvent jouer le rôle d'axes de drainage préférentiels.

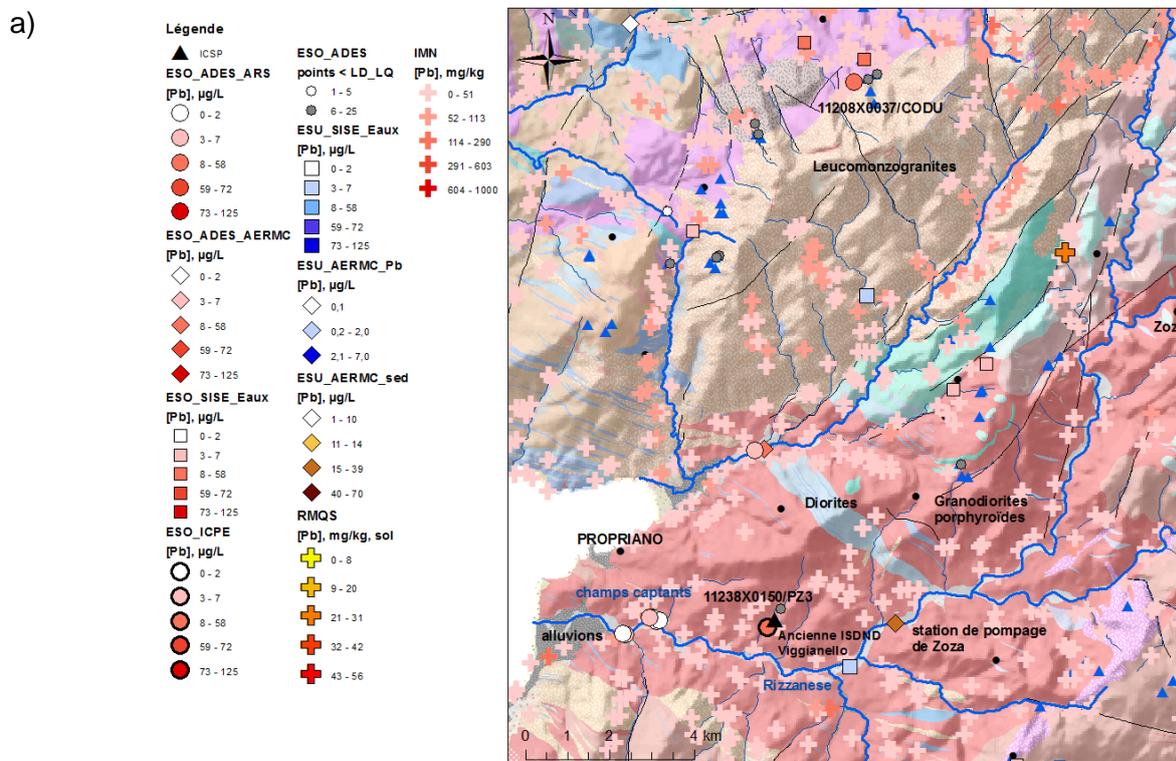
Une teneur en Pb de 36 µg/L a été mesurée au piézomètre 11238X0150/PZ3 le 01/10/2008 (Figure 36a). Ce point, situé en aval hydraulique de l'ICPE, fait partie du suivi de l'installation. Cette teneur élevée en plomb semble liée à l'activité humaine et non à un fond géochimique naturel.

10.2.3 Les champs captant de la nappe du Rizzanese

Les champs captant sont localisés sur la Figure 36b. Il n'existe pas d'analyses postérieures à 2005 (Tableau 16).

Dans le champ captant amont de la nappe alluviale du Rizzanese (nommé « puits Rizzanese ») (Figure 36b), le point d'eau 11238X0138/BIANCA suivi par l'ARS est le seul à avoir montré un seul dépassement de la NQE et de la limite de qualité pour l'eau potable pour le paramètre plomb le 05/11/2002 (14 µg/L) et une valeur très proche de la NQE le 14/03/2000 (7 µg/L, Tableau 16). Aucune valeur significativement élevée en plomb n'a été mesurée dans les autres points d'eau souterraine proches (points 11238X0107/RIZZA, 11238X0136/BIANCA, 11238X0108/RIZZA), ni plus en aval (points 11237X0107/RIZZA et 11237X0104/RIZZA). Aucune analyse ultérieure à mars 2010 n'a non plus montré de forte teneur.

Il n'existe aucune teneur en mercure supérieure à la limite de qualité de 1 µg/L pour les eaux brutes destinées à la consommation humaine. En revanche, quelques valeurs sont supérieures à la NQE de 0,05 µg/L valable pour les eaux de surface dans les champs captant : au forage 11238X0107/RIZZA (0,18 µg/L le 02/03/1999) au forage 11238X0108/RIZZA à plusieurs reprises (0,12 µg/l le 12/05/1998, 0,09 µg/l le 21/11/2000, 0,29 µg/l le 06/03/2001), au forage 11238X0106/BIANCA (0,2 µg/l le 14/06/2000) et au forage 11238X0138/BIANCA (0,06 µg/L le 14/03/2000) (Figure 37 et Tableau 16). Des mesures ultérieures en 2002, 2003 et 2005 ont montré des teneurs inférieures à la limite de détection.



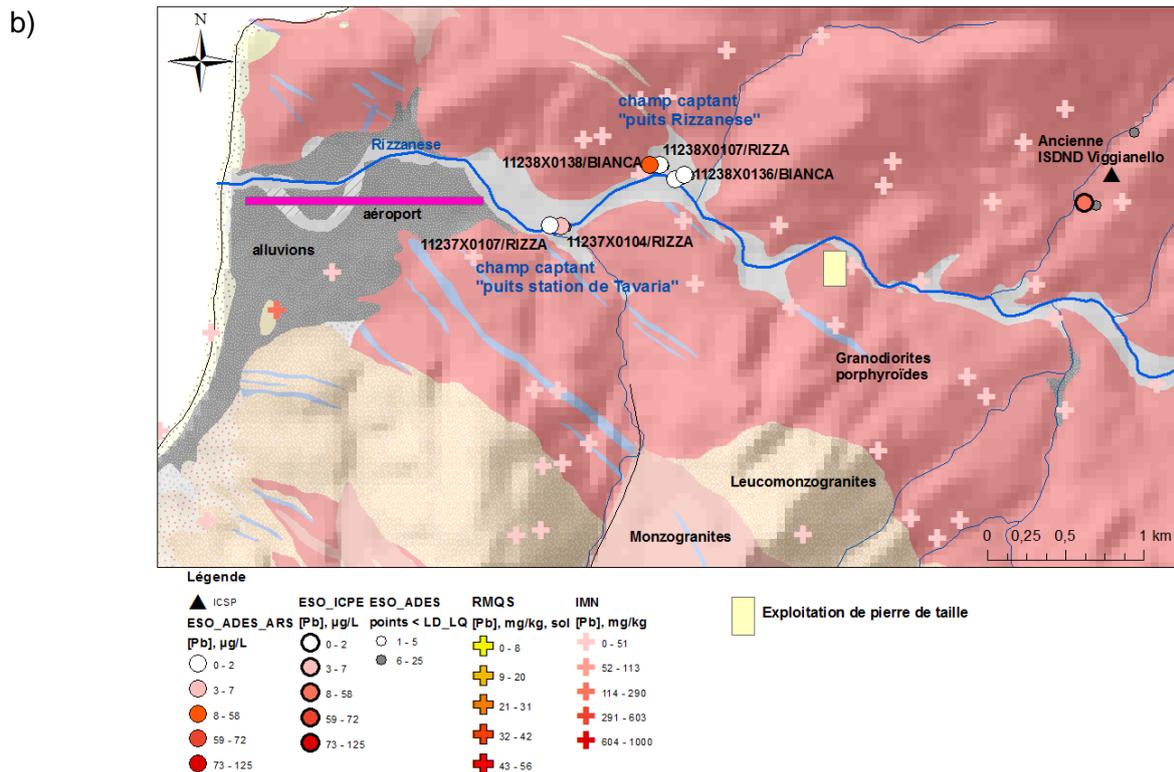


Figure 36 : a) Teneurs en plomb dans les eaux de surface et souterraines de la région de Propriano et b) zoom sur le Rizzanese montrant les champs captant pour l'alimentation en eau potable. Données issues du suivi de l'AERM&C.

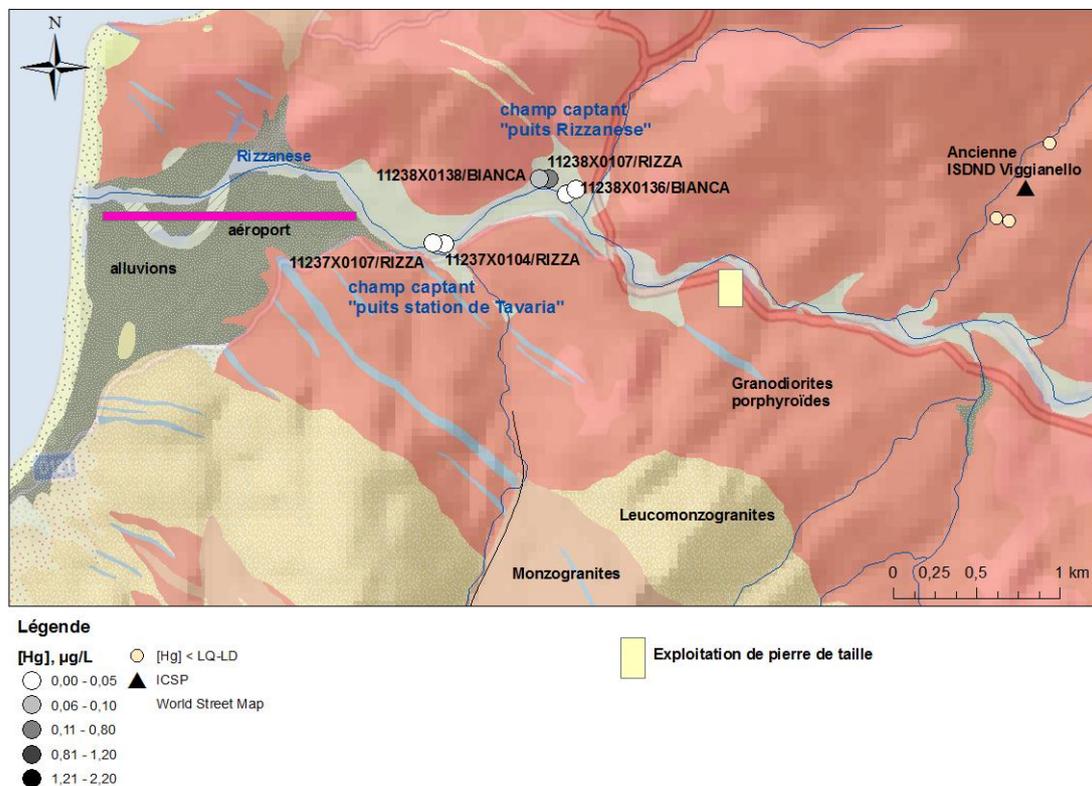


Figure 37 : Teneurs en mercure dans les eaux souterraines des champs captants à proximité du Rizzanese. Données issues du suivi de l'AERM&C.

CODE BSS	DATE	[Pb], µg/L	[Hg], µg/L
11237X0104/RIZZA	02/07/1997	0	0,1
11237X0104/RIZZA	28/03/2000	5	0
11237X0104/RIZZA	17/10/2000	0	0
11237X0104/RIZZA	27/03/2001	< LQ	0,01
11237X0104/RIZZA	02/10/2002	< LQ	< LQ
11237X0104/RIZZA	24/11/2003	< LQ	< LQ
11237X0104/RIZZA	09/02/2005	< LQ	< LQ
11237X0107/RIZZA	18/02/1997	0	0
11237X0107/RIZZA	30/05/2005	< LQ	< LQ
11238X0107/RIZZA	03/05/1995	0,5	
11238X0107/RIZZA	02/03/1999	0	0,18
11238X0107/RIZZA	11/02/2003	< LQ	< LQ
11238X0107/RIZZA	12/01/2005	< LQ	< LQ
11238X0108/RIZZA	03/05/1995	0,6	
11238X0108/RIZZA	04/11/1997	0	0
11238X0108/RIZZA	12/05/1998	0	0,12
11238X0108/RIZZA	27/10/1998	0	0,05
11238X0108/RIZZA	16/11/1999	0	0
11238X0108/RIZZA	21/11/2000	0	0,09
11238X0108/RIZZA	06/03/2001	1	0,29
11238X0108/RIZZA	11/06/2002	< LQ	< LQ
11238X0108/RIZZA	12/01/2005	< LQ	< LQ
11238X0136/BIANCA	19/08/1997	1	0
11238X0136/BIANCA	17/08/1998	0	0
11238X0136/BIANCA	01/06/1999	0	0
11238X0136/BIANCA	14/06/2000	1	0,2
11238X0136/BIANCA	12/06/2001	0	0,01
11238X0136/BIANCA	12/02/2002	< LQ	< LQ
11238X0136/BIANCA	04/06/2003	< LQ	< LQ
11238X0136/BIANCA	12/01/2005	< LQ	< LQ
11238X0138/BIANCA	14/03/2000	7	0,06
11238X0138/BIANCA	04/12/2001	2	0
11238X0138/BIANCA	05/11/2002	14	< LQ
11238X0138/BIANCA	04/11/2003	< LQ	< LQ

Tableau 16 : Teneurs en plomb et mercure dans les eaux souterraines (données issues du suivi de l'AERM&C, base ADES) En rouge les données mentionnées dans le paragraphe descriptif.

10.3 CONCLUSIONS SUR L'ORIGINE POSSIBLE DES CONCENTRATIONS EN PB ET MERCURE

Les teneurs en plomb et mercure mesurées dans le Rizzanese à Sartène montrent que la qualité de l'eau du fleuve y est bonne et que le fond géochimique naturel de la rivière est très faible en plomb et mercure. Plus en aval, la présence de l'ancienne installation classée ISDND de Viggianello pourrait être à l'origine des teneurs en plomb dans les piézomètres de suivi installés à proximité, mais ceci doit être vérifié.

Au niveau des champs captant, les teneurs en plomb dans les eaux souterraines sont inférieures à la limite de détection depuis 2003. Seul un point d'eau souterraine (11238X0138/BIANCA) a montré des teneurs en plomb relativement importantes en 2000 et 2002. De telles teneurs n'ont pas été mesurées depuis. Bien que la fréquence des prélèvements ne permette pas de conclure avec certitude, il semble très probable que la source de plomb ait été ponctuelle et anthropique. Si de telles valeurs apparaissaient de nouveau dans le cadre du suivi, alors une campagne exploratoire serait nécessaire et l'outil le plus adapté pour déterminer l'origine du plomb dans les eaux souterraines serait l'outil isotopique.

Des teneurs en mercure non négligeables mais en deçà de la limite de qualité ont été mesurées dans quatre piézomètres de la plaine alluviale du Rizzanese, au niveau des deux champs captant. En raison d'un manque de données de qualité des eaux, il n'est pas possible d'estimer un fond géochimique naturel en mercure dans les champs captant. Cependant, le contexte est favorable à une pollution d'origine anthropique ; les fortes interactions entre les eaux de surface et les eaux souterraines et la recharge naturelle sont à prendre en compte pour évaluer le risque de pollution d'origine anthropique déjà jugé non négligeable en 1987 en raison d'un grand nombre de forages de reconnaissance mal rebouchés (DOMINICI, 1987).

En conclusion, bien qu'il n'existe que peu de données permettant de trancher sur l'origine du plomb et du mercure dans les eaux souterraines, le contexte anthropisé de la vallée du Rizzanese, en lien avec une vulnérabilité importante de la nappe, est favorable à l'hypothèse d'une origine anthropique des deux éléments dans les eaux souterraines de la nappe alluviale.

11. Région de la Balagne

Dans la région de Balagne-Filosorma, des indices minéralisés ont donné lieu à trois exploitations minières à la fin du XIX^{ème} siècle. Les deux plus importantes exploitations furent le complexe minier de l'Argentella-Vallecalle exploité pour le plomb et le cuivre et la mine de Lozari-Belgodère exploitée pour l'arsenic. Un troisième site, Monticello-l'île Rousse, n'a pas été exploité mais a fait l'objet de recherches pour le plomb et le fluor.

La NQE-MA pour le plomb est de 7,2 µg/L. La limite de qualité des eaux destinées à la consommation humaine est de 10 µg/L. Pour le zinc, la NQE-MA est de 3,1 µg/L pour les eaux non carbonatées. La limite de qualité des eaux brutes de toute origine utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine est fixée à 5 mg/L.

11.1 ANALYSE DU CONTEXTE LOCAL

La région de la Balagne est constituée de formations granitiques à l'ouest et de formations métamorphiques alpines à l'est avec la nappe de Balagne.

Les formations de socle sont principalement représentées par les granitoïdes issus du premier stade de magmatisme lié à l'extension post-orogénique de la période hercynienne. Il s'agit de granitoïdes magnésio-potassique. Dans ce secteur, les granites sont le siège d'une altération développée qui donne lieu à de véritables profils d'altération caractérisés par la présence d'altérites.

Les aquifères se développant au sein des formations de socle sont cloisonnés et généralement de faible extension.

La nappe ophiolitique de Balagne est constituée d'un substratum ophiolitique principalement composé de basaltes et surmonté par une couverture sédimentaire d'âge Jurassique moyen à Eocène supérieur. Les premières formations sédimentaires qui surmontent les ophiolites sont des radiolarites typiques des grands fonds marins associées à un ensemble de roches carbonatées d'âge Jurassique-Crétacé. Viennent ensuite des formations de type flysch à dominante silico-clastique d'âge Eocène. Au nord-ouest de la nappe ophiolitique de Balagne se trouve la nappe du Bas-Ostriconi. Elle est essentiellement constituée par des flyschs calcaires d'âge Crétacé supérieur.

Les formations de type intensément plissées sont généralement caractérisées par une structure complexe marquée par une organisation en un ensemble de nappes de charriage, impliquant l'existence de nombreuses discontinuités. Ainsi, la structure et la nature des formations métamorphiques ne favorisent pas le développement d'aquifères généralisés. Les circulations d'eau souterraine se font principalement par l'intermédiaire de fissures souvent reliées à des accidents géologiques.

La Balagne est une zone connue pour ne posséder que de faibles ressources en eau souterraine. Dans le cadre de programmes départementaux de recherche d'eau, des implantations de forages pour l'alimentation en eau potable ont été tentées sur la commune de Novella dans les formations sédimentaires du Crétacé et de l'Eocène, dans les années 80. Ces tentatives ont presque toutes été infructueuses, les débits obtenus étant infimes.

Dans ces formations, les eaux sont bicarbonatées calciques avec des concentrations importantes en fer et en manganèse. La présence d'indices miniers de cuivre est signalée dans les ophiolites. Les roches métamorphiques présentent des teneurs notables en fer et manganèse.

Dans la région de Balagne, trois anomalies en arsenic ont été individualisées : l'une à proximité de l'île Rousse-Lozari, deux au sud de Calvi, toutes trois étant intragranitiques et liées au cuivre et plomb (arsénopyrite) et limitées à la côte (BRGM, 1994). Les contaminations possibles sont de faible étendue, sauf à proximité de Lozari. Deux champs captant avaient été signalés être dans la zone d'influence possible de la mine (BRGM, 1994).

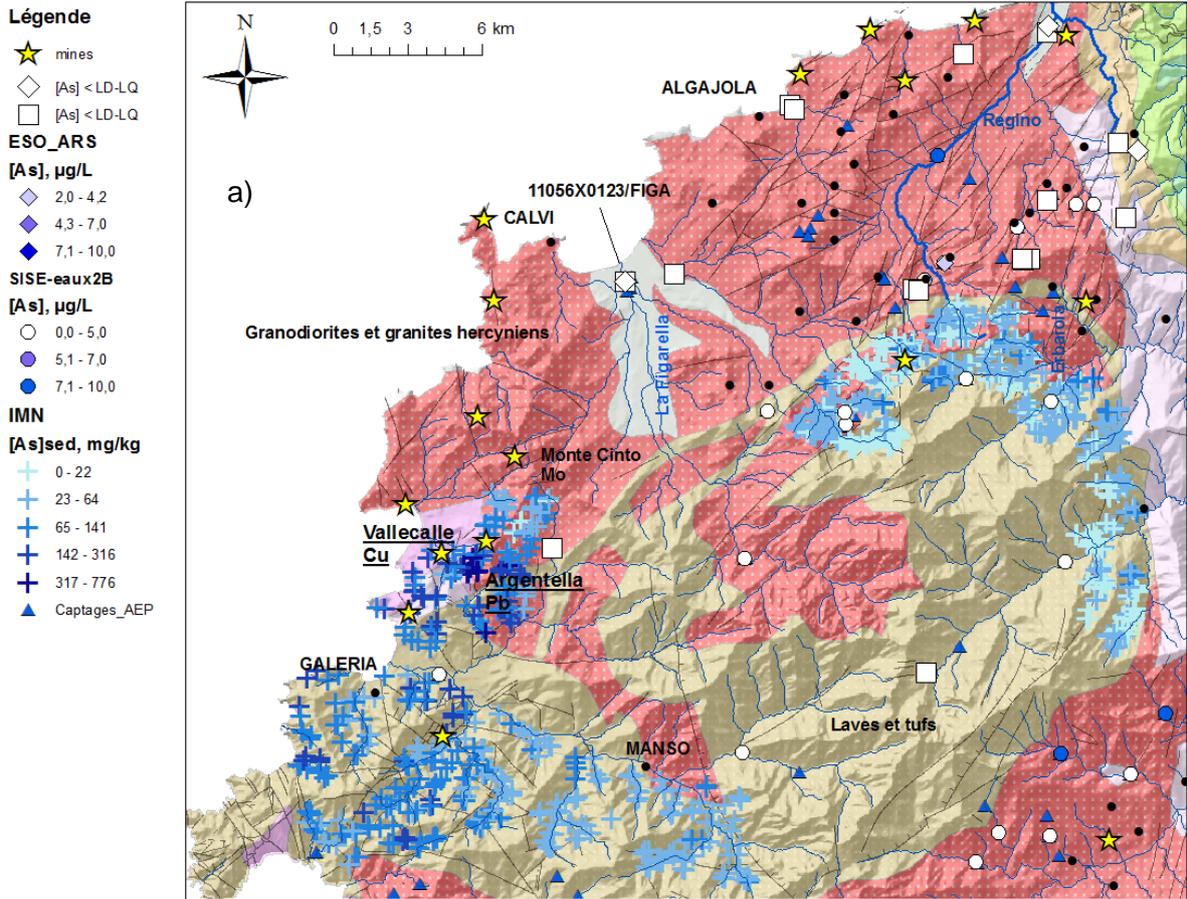
Le BRGM a réalisé en 1997 une étude sur la zone à risque potentiel de la région de Balagne-Filosorma (HERVE et al., 1997b). La principale conclusion stipule que les eaux utilisées pour la consommation humaine ne semblent pas directement influencées par un contexte géochimique local, ou des indices minéralisés particulier, ou l'existence de concentrations métalliques naturelles importantes pouvant avoir fait l'objet d'exploitations minières, et ce, contrairement à ce qui a été observé dans le bassin de la Bravone et dans le Cap-Corse. Sur l'ensemble des points d'eau prélevés et analysés, seul un échantillon était non conforme aux normes de potabilité en raison d'une teneur en manganèse de 414 µg/L. Il s'agissait du prélèvement situé dans le bassin versant de l'Argentella à l'aval immédiat de l'ancienne mine de Vallecalle.

11.2 DONNEES DISPONIBLES ET CONCENTRATIONS OBSERVEES

11.2.1 Secteur de Calvi-Galéria

Les cartes de la Figure 38 montrent que les sols et roches de la région de Balagne-Filosorma, de l'île Rousse à Galéria, possèdent un fond géochimique localement riche en As et Pb, en particulier aux alentours de la mine de plomb d'Argentella. Les teneurs en Pb et As mesurées dans les eaux de surface et souterraines ne montrent pas de valeurs exceptionnelles.

Le point d'eau souterraine en aval de la Figarella dans la nappe alluviale (point 11056X0123/FIGA ou puits de Calvi) présente des teneurs en As inférieures à la limite de détection. Une teneur de 50 µg/L de manganèse a également été mesurée en ce point le 01/12/2004. La chronique issue du suivi de la qualité des eaux du forage (Tableau 17) indique que la majorité des concentrations en plomb est inférieure ou égale à la limite de détection. Le fond géochimique naturel reste très pauvre en plomb au droit de ce point ; une seule teneur de 13 µg/L de plomb mesurée le 09/10/2003, supérieure à la limite de qualité de 10 µg/L, a été mesurée et semble témoigner d'un événement particulier mais inconnu (pollution de l'échantillon par exemple).



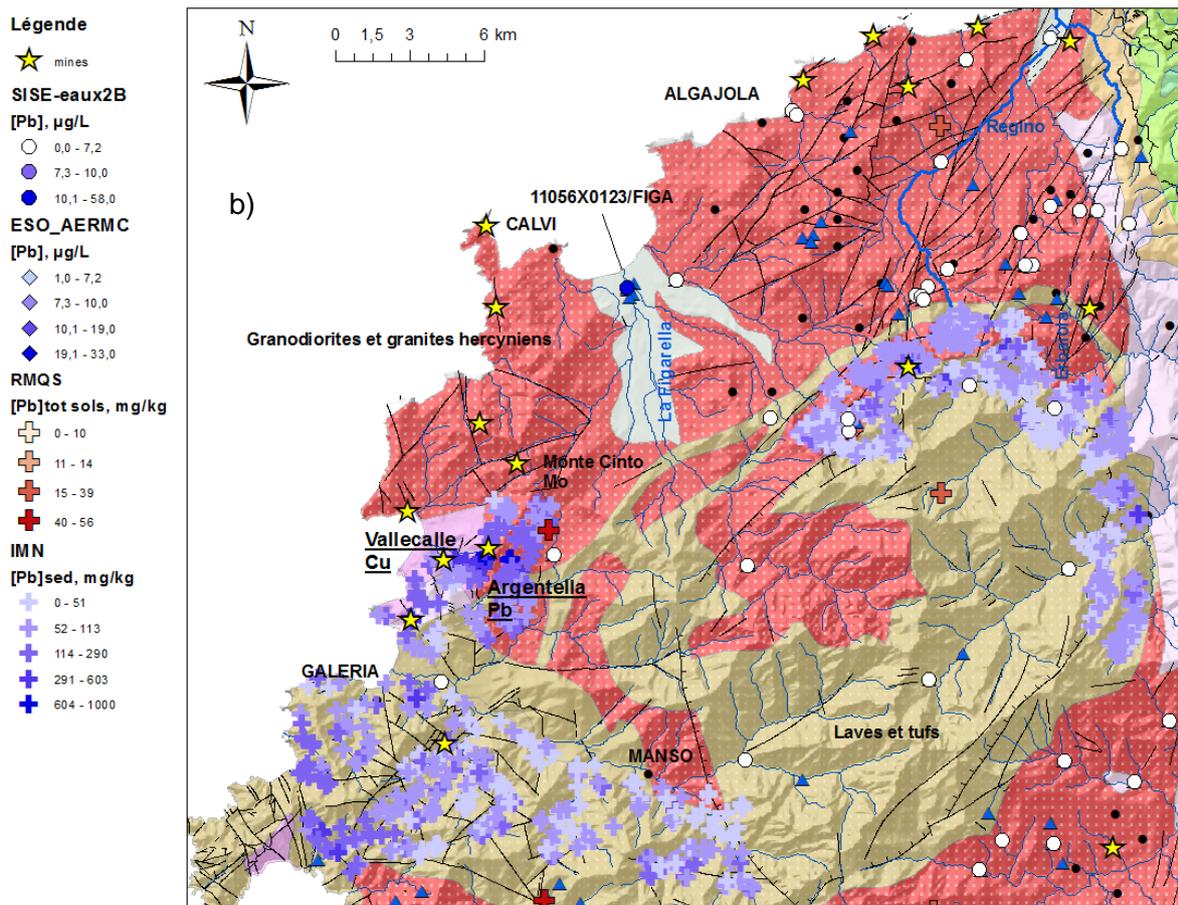


Figure 38 : Carte présentant les zones à teneurs en a) As et b) Pb dans les eaux de surface et souterraines dans la région Balagne-Filisorma de l'Ouest de la Corse. Il n'existe pas de point de suivi de l'AERMC dans ce secteur.

Date	[Pb], µg/L	producteur
21/06/1995	< LQ	
19/09/1996	< LQ	
04/10/2000	< LQ	ARS
21/11/2000	< LQ	ARS
28/05/2001	1	AERM&C
03/10/2001	< LQ	ARS
30/05/2002	< LQ	ARS
09/10/2003	13	ARS
26/04/2007	< LQ	AERM&C
23/04/2008	< LQ	AERM&C

Tableau 17 : Teneurs en plomb mesurées au forage 11056X0123/FIGA (base ADES). En rouge dépassement de la limite de qualité AEP.

11.2.2 Secteur de l'île Rouse (As-Pb-Zn)

La géologie est dominée par des granodiorites et granites hercyniens (Carbonifère et Permien).

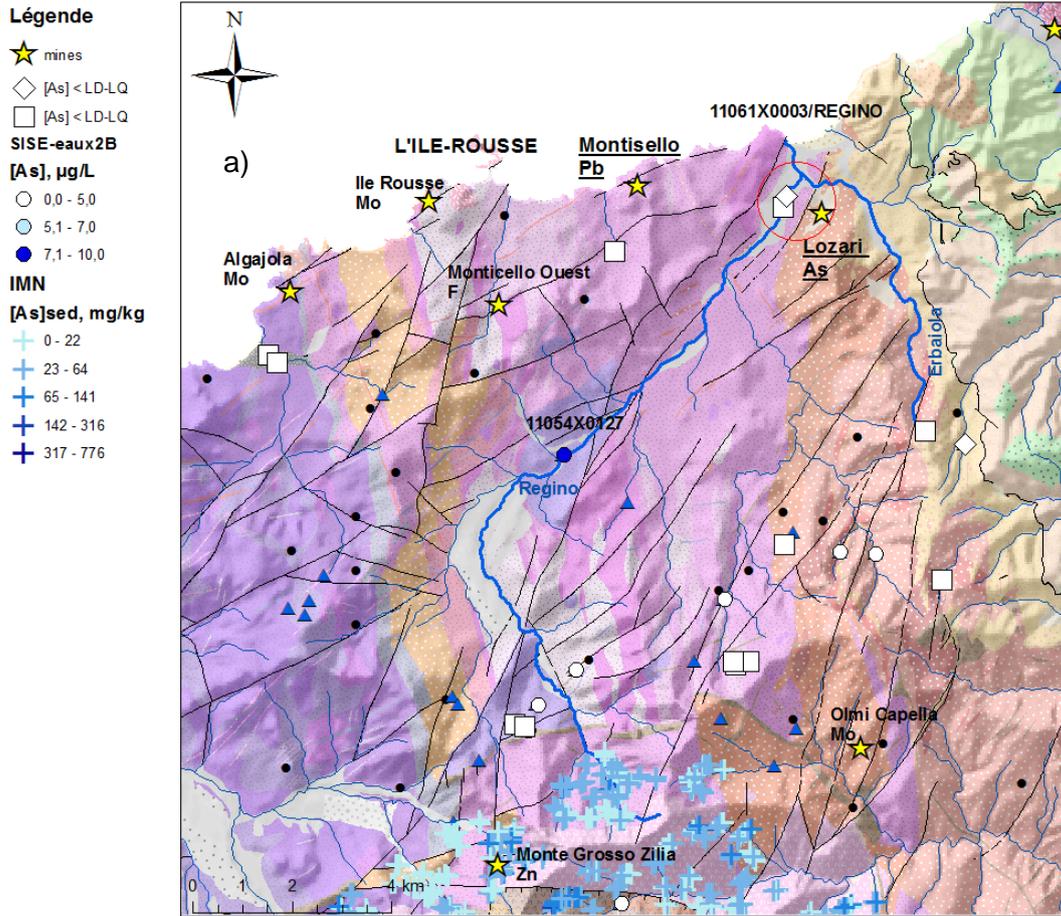
En amont du Régino, la petite mine de Monte Grosso Zilia et les valeurs de l'IMN en Zn au Sud de la carte (Figure 39 a) témoignent d'un fond géochimique légèrement élevé en Zn avec des teneurs supérieures à 90 mg/kg dans les roches, avec des passages à 190 mg/kg. D'après les travaux de l'INRA (RMQS) ou du BRGM sur la définition d'un fond géochimique, la gamme de valeurs entre 100 et 250 mg/kg témoigne d'anomalies naturelles modérées.

Le forage de Feliceto (11058X0133/FELICE), foré dans le granite hololeucocrate et situé à environ 2 km au Nord de la mine de zinc de Monte Grosso Zilia, présente une teneur en zinc de 0,16 mg/L le 20/06/2007. Ces points sont situés à proximité d'une faille dans des granites à proximité de filons rhyolitiques et microgranites alcalins.

Le suivi de 2001 à 2008 du puits du Régino (11061X0003/REGINO) situé dans la nappe alluviale, très proche de Lozari (cerclé en rouge sur la Figure 39b), est basé sur 6 mesures, ce qui est insuffisant pour une analyse statistique visant à définir un fond géochimique naturel. Il n'a montré qu'une teneur de 4 µg/L de plomb le 28/05/2001, supérieure à la limite de détection (producteur ARS) et une teneur exceptionnelle en zinc de 3,5 mg/L le 09/10/2003. Deux origines à ces teneurs sont envisageables :

- le lessivage des travaux miniers de Lozari ;
- ou une pollution ponctuelle en provenance de l'ancienne décharge située au sud du lieu-dit Tesa, soit environ 3 km au sud sud-ouest du champ captant de la nappe alluviale.

Les teneurs en Pb dans les eaux de surface et souterraines de ce secteur sont toutes inférieures au seuil de détection ou très proches (Figure 39). Toutes les teneurs en arsenic sont inférieures à la limite de détection.



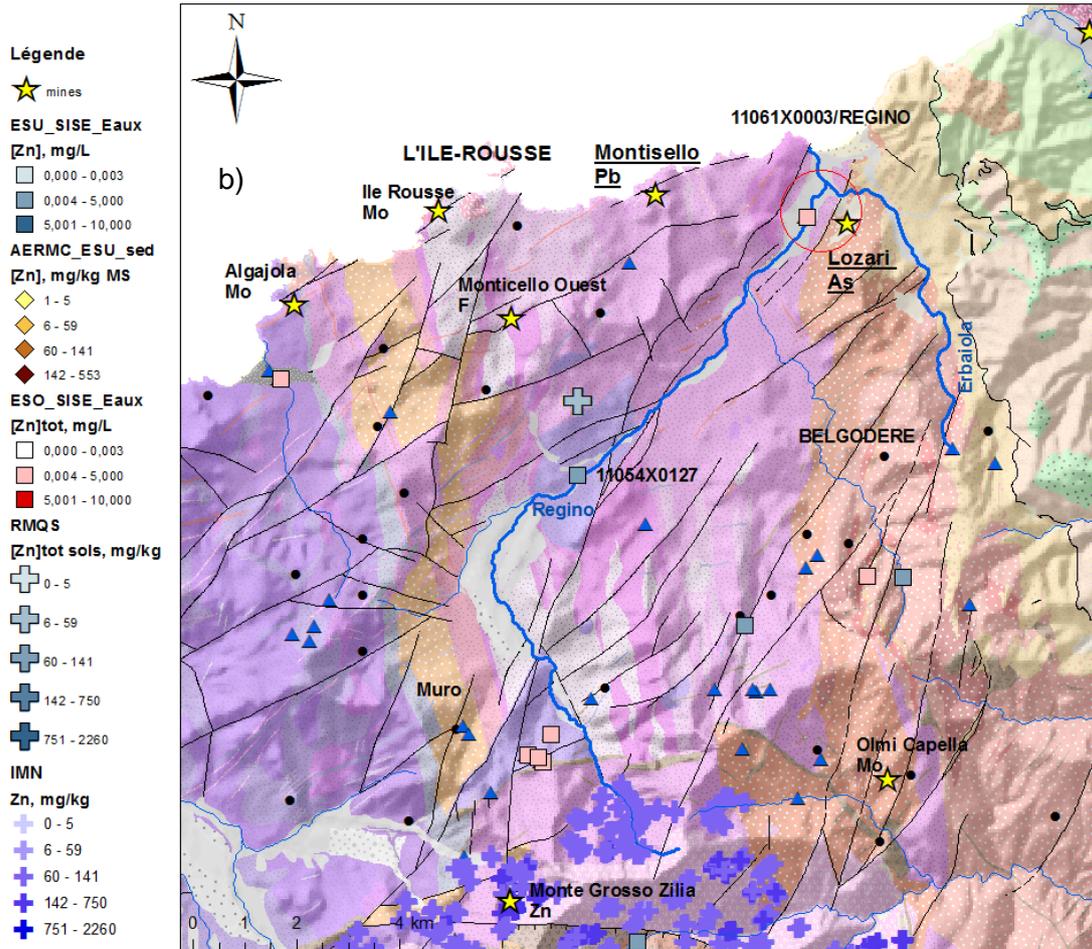


Figure 39 : a) Teneurs en As et b) teneurs en Zn dans les eaux de surface et souterraines dans le bassin versant du Regino. Les noms des mines soulignés indiquent une exploitation minière. Les données SISE-Eaux n'ayant pas de code signe, il n'est pas certain que le résultat soit au-dessus de la limite de détection.

11.3 CONCLUSIONS SUR L'ORIGINE POSSIBLE DES CONCENTRATIONS

Les chroniques de suivi contiennent peu de points de mesure et une fréquence peu élevée.

Les teneurs en arsenic, plomb et zinc sont très faibles dans les eaux hormis quelques valeurs ponctuellement plus élevées. Le fond géochimique naturel des roches en plomb, les indices minéralisés particuliers, ou l'existence de concentrations métalliques naturelles importantes n'influencent pas la qualité des eaux de surface ou souterraines en raison de sa faible solubilité comme le concluaient déjà HERVE et al. (1997b). Pour le zinc, le fond géochimique des eaux souterraines et de surface reste toujours inférieur à la limite de qualité AEP de 5 mg/L.

Cette zone ne paraît pas nécessiter d'étude particulière supplémentaire par rapport à ce qui a déjà été réalisé.

12. Site d'Osani (arsenic et plomb)

La limite de qualité pour les eaux destinées à la consommation humaine est de 10 µg/L pour l'arsenic. Pour le plomb, elle est fixée à 10 µg/L, avec cependant une valeur supérieure de 25 µg/L acceptable jusqu'au 25 décembre 2013 (Arrêté du 11/01/07). La région d'Osani est le prolongement ouest de la masse d'eau FREG608 incluant la région de Balagne.

12.1 ANALYSE DU CONTEXTE LOCAL

Le terrain houiller d'Osani qui fut exploré puis exploité par des mines à ciel ouvert et en galeries de charbon (anthracite) dans les années 1880-1920 occupe la base de la presqu'île du même nom, principalement au Sud, dans un espace triangulaire compris entre Bocca Croce au Nord, le golfe de Lignaggia au Sud-Ouest et la baie de Gradella au Sud-Est (FABRE and VAYSSE, 1952). Le contexte riche a fait l'objet de recherches minières comme en 1887 à Cardella, à une centaine de mètres au Sud du village d'Osani, sous la forme de puits et de galeries. A proximité, les travaux de Murato et à Sperone, constitués d'une galerie et d'un puits ont commencé en 1887. Ce site conserve encore les traces de l'exploitation minière et notamment des galeries éboulées ou noyées (JUNCY and GAUTHIER, 1993).

Le bassin houiller d'Osani est constitué de dépôts continentaux schisteux permien, qui se prolongent dans le massif de l'Esterel dans le département du Var.

La vulnérabilité des eaux souterraines dans le secteur d'Osani était jugée maximale en 1999 (ROUZEAU et al., 1999) dans un secteur où l'exploitation de la mine a amené en surface charbon et poussières susceptibles d'être lessivés et de relarguer les éléments Cd, Mo, As, Pb, Sb et Zn.

Le forage 11088X0024/VIGNOL (Figure 41) est situé dans la série andésitique de type Osani composée de coulées, tufs et cinérites à plantes du Complexe du Monte Cinto. Trois forages AEP sont situés à très proche distance du point. Deux filons basiques doléritiques sont cartographiés à une centaine de mètre du forage ainsi qu'une enclave à rhyolites, granophyres, microgranites granophyriques et pyromérides du même complexe du Monte Cinto. Une faille passe au droit du point et une importante faille normale se situe à 500 m à l'ouest du point. Ce contexte faillé pourrait permettre l'intrusion d'eaux profondes minéralisées et la présence des filons et des enclaves pourrait aussi générer un fond géochimique naturel localement élevé.

12.2 DONNEES DISPONIBLES ET CONCENTRATIONS OBSERVEES

D'après les données IMN, la région de Galéria montre un fond géochimique élevé en As. Pour ce qui concerne les eaux souterraines, il n'existe généralement pas de teneurs en As importantes, une majorité de points de suivi ayant des teneurs inférieures à la limite de détection (Figure 40).

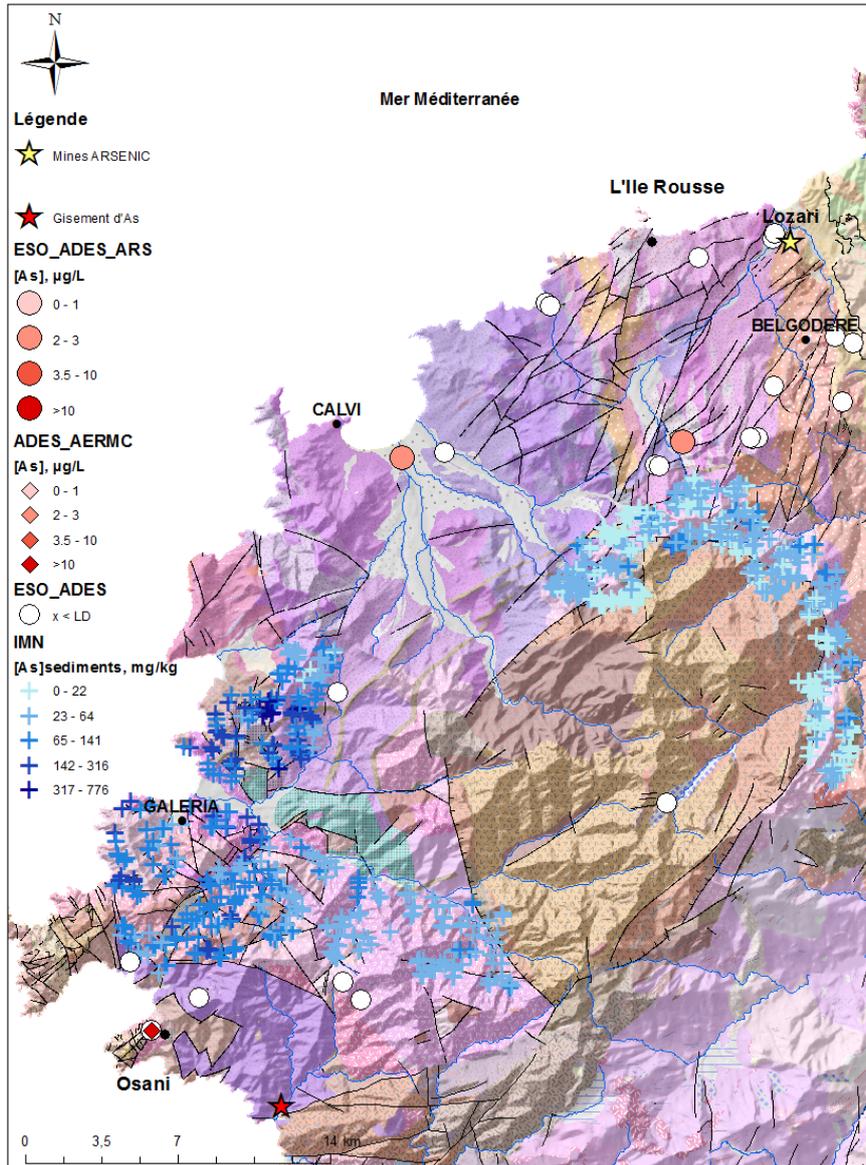


Figure 40 : Fond géochimique et teneurs en As dans les eaux souterraines de la région Lozari-Osani.

Sur la commune d'Osani, (Figure 40a et b), le point 11088X0024/VIGNOL, forage du col de Vignola à 220 m d'altitude, présente des teneurs en arsenic variant entre des valeurs inférieures à la limite de détection et 17 µg/L, valeur supérieure à la limite de qualité AEP. Le forage est suivi depuis 2001 par l'AERM&C et l'ARS, période à laquelle les teneurs en arsenic, fer, manganèse et aluminium étaient également importantes. Le suivi de ce point par l'AERM&C montre que les teneurs en plomb varient entre 7 et 15 µg/L, valeurs parfois supérieures à la NQE (7,2 µg/L) voire à la limite de qualité pour l'eau potable (10 µg/L).

Les chroniques des paramètres physico-chimiques et des concentrations des dix dernières années de ce point sont présentées dans le Tableau 18. Cette forte valeur de 17 µg/L en arsenic est bien corrélée avec une forte teneur en fer et en manganèse dissous, respectivement de 6200 et 300 µg/L, et un potentiel redox faible (2,7 mV, Tableau 18). Ces conditions faiblement réductrices indiquent que l'arsenic est présent sous la forme trivalente AsIII, plus toxique que la forme AsV. Les faibles teneurs mesurées ou inférieures à la limite de détection correspondent, elles, à des périodes de potentiel d'oxydo-réduction élevé, avec de faibles teneurs en matières organiques. Le processus ayant conduit à cette forte

occurrence d'arsenic semble provenir d'une perturbation très ponctuelle de l'état d'équilibre oxydo-réducteur des eaux souterraines à cet endroit.

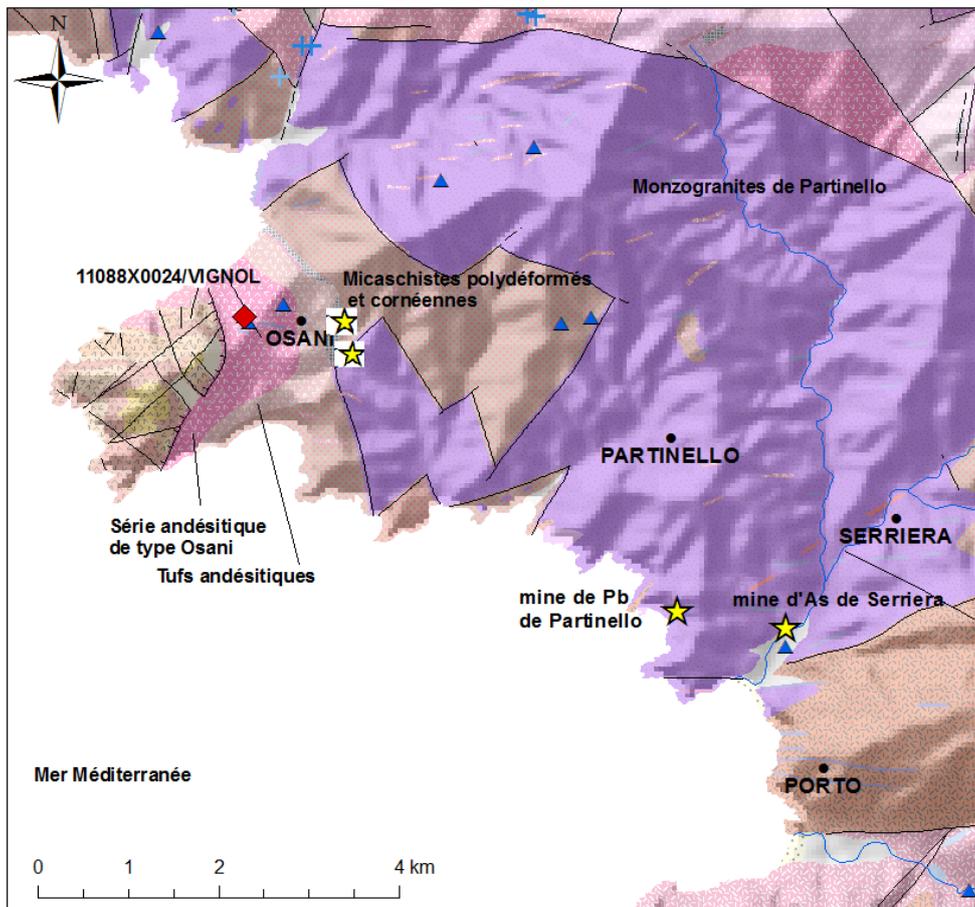
VIGNOL	Eh mV	Corg	O2d	pH	As µg/L	Fe µg/L	Al µg/L	Mn µg/L	Ni, µg/L	F mg/L	Pb µg/L
31/05/2001	288		5,3	7,4	< LD	1370	970	98		0,1	9,0
09/08/2001	265		5,4	7,7	< LD		< LD	54		0,25	< LD
11/10/2001	355		3	7,7	< LD	194	187			0,13	11,0
13/12/2001	2,7		2,7	7,5	17	6200	4300	300	230	0,1	< LD
27/06/2002	196	0,9	5,2	7,5	< LD	106	50			0,2	< LD
03/10/2002	213	2,9	5,7	7,7	5,4	66	151	77		0,3	15,0
19/12/2002	151	4,2	11,8	7,5	< LD	1290	320		94	0,6	7,0
19/06/2003	137	0,7			< LD	430	190	340		0,28	< LD
21/09/2004	130	0,8		7,31	< LD		< LD	30		0,2	< LD
07/03/2005	251	0,3	5,3	7,6	< LD		< LQ			0,21	< LD
29/09/2005	233	0,6	7,2	7,4	5		< LQ			0,23	< LD
24/04/2006	168	0,8	8,3	7	< LD		< LQ			0,2	< LD
27/09/2006	-164	0,2	6,6	7,7	< LD		< LQ			0,18	< LD
15/11/2006	187		7,2	6,9							
23/04/2007	82	1		7,3	< LD	70	15			0,47	< LD
21/06/2007	261		1,5	7,4							
17/10/2007	75	0,6	8,8	7,7		554		238		0,28	
21/10/2008	75	0,9	8,5			42		12		0,34	
08/04/2009	-42	0,8	7,7	7,56		100		15		0,289	
21/10/2009	123	0,9	7,7	7,3		15				0,258	
15/04/2010	198	0,9	6,8	7,78		7				0,38	
28/10/2010	33	2	6,9	7,4		47		12		0,358	
28/10/2010											
12/04/2011	257	1,1	1,7	7,35		11				0,21	
06/10/2011	196	1	6,6	7,36		43		33		0,23	

Tableau 18 : Paramètres physico-chimiques et concentrations en arsenic, fer, manganèse, nickel et fluor dans les eaux souterraines pour le point 11088X0024/VIGNOL situé à proximité d'Osani. En rouge, point remarquable.

Le fluor a pu atteindre des teneurs importantes dans le passé mais les chroniques de ces dix dernières années (Tableau 18) ne montrent aucune teneur supérieure à la norme de potabilité (1,5 mg/L).

Plus au Sud, il n'existe pas de données sur les eaux souterraines à proximité des indices d'arsenic de Serriera et de plomb de Partinello (Figure 41 a).

a)



Légende

- ◆ gisementscorse IMN
- ★ mines
- ADES_AERMS
- [As], µg/L
- ◇ 0 - 1
- ◇ 2 - 3
- ◇ 3.5 - 10
- ◇ >10
- + 0 - 22
- + 23 - 64
- + 65 - 141
- + 142 - 316
- + 317 - 776
- ▲ Captages_AEP

b)

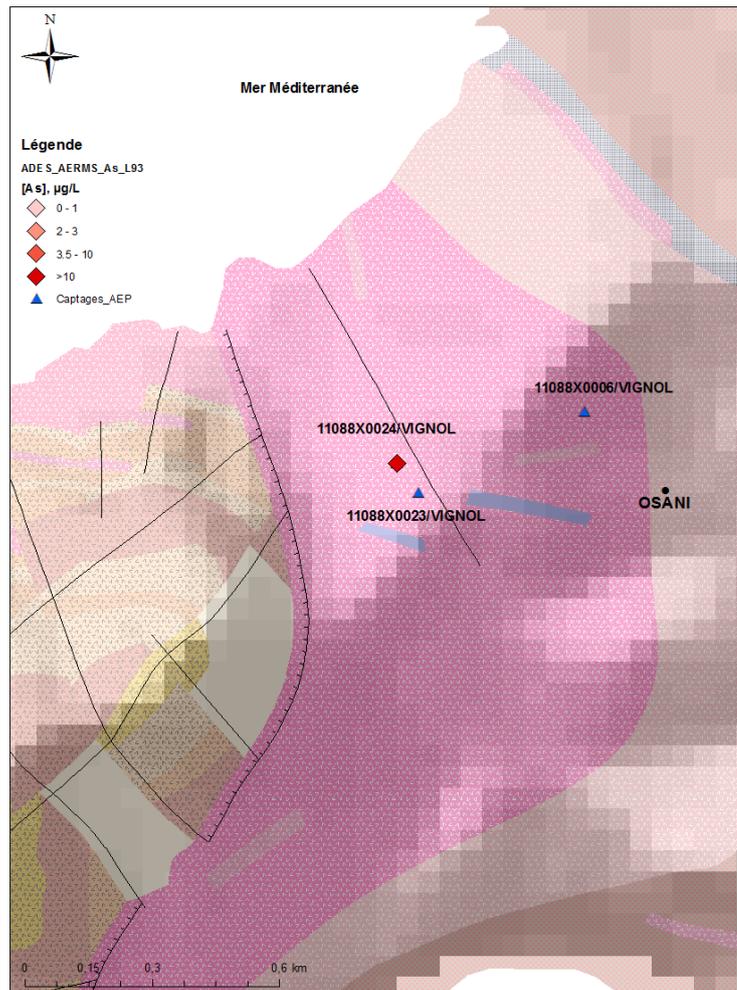


Figure 41 : a) Teneurs en As dans région de Osani-Serriera et b) zoom sur la région d'Osani sur la carte géologique harmonisée au 1/50 000. Seul le point 11088X0024/VIGNOL AEP fait l'objet d'un suivi.

12.3 CONCLUSIONS SUR L'ORIGINE POSSIBLE DES CONCENTRATIONS EN ARSENIC ET PLOMB

Dans un contexte riche en charbon, la présence de plomb et d'arsenic, souvent associé à la pyrite, est fréquente. A Osani, le fond géochimique naturel des roches amplifié par l'activité minière ayant laissé terrils et galeries dont certaines sont noyées peut induire la présence d'arsenic et de plomb dans les eaux souterraines.

D'après la chronique relativement détaillée au point 11088X0024/VIGNOL et en l'état actuel des connaissances, les teneurs en arsenic et plomb observées pourraient provenir du fond géochimique naturel des eaux souterraines. La teneur de 17 µg/L d'arsenic mesurée dans les eaux de surface, ainsi que la teneur en plomb, semblent résulter d'une perturbation locale et éphémère des conditions d'équilibre de la nappe. Etant donné la localisation du forage en contrebas d'une crête non urbanisée, il semble peu probable que ces teneurs en métaux lourds soient issues d'une pollution d'origine anthropique. Bien que ce ne soit pas le cas pour le forage de Vignola qui est situé en dehors de l'emprise des travaux miniers, les perturbations chimiques de l'état d'équilibre de la nappe, jugée très vulnérable, peuvent être amplifiées par le lessivage et l'altération des résidus miniers ou par des phénomènes de chasse de l'eau des galeries minières et des puits en période de fortes précipitations. Etant

donné le contexte, il ne semble pas nécessaire de proposer une étude approfondie sur les origines de l'arsenic et du plomb dans les eaux.

13. Site de Bonifacio (Cd, Sb, Ni, Pb, Zn)

13.1 ANALYSE DU CONTEXTE LOCAL

Le bassin de Bonifacio est un bassin sédimentaire miocène. Les dépôts de la série miocène du bassin fossilisent une paléosurface irrégulière des granites du batholite hercynien acquise avant la transgression du Miocène inférieur. La sédimentation marine du bassin est contrôlée par l'eustatisme et la tectonique. A terre, leur puissance évolue en fonction de la paléomorphologie du substratum de quelques mètres à 250 m environ, pour atteindre une forte épaisseur en mer, à l'Ouest des Bouches de Bonifacio.

Deux aquifères sont distingués dans le bassin de Bonifacio.

L'aquifère inférieur correspond à la formation de Balistra, dont l'épaisseur peut atteindre une centaine de mètres et la formation de Cala-di-Labra sus-jacente. La nappe est rendue captive par la présence, au toit de cette unité aquifère, d'un horizon argileux de 5 à 6 m d'épaisseur. Cet horizon sépare l'unité aquifère inférieure de l'unité supérieure.

L'aquifère supérieur correspond au sommet de la formation de Cala-di-Labra et à la formation de Bonifacio, principalement constituée de calcarénites blanches. L'eau est présente au sein de ces formations sous forme de lentilles localisées. Les propriétés hydrodynamiques de cet aquifère, estimées par géophysique, sont : une teneur en eau pouvant aller jusqu'à 8 % et une perméabilité entre 1.10^{-7} et 3.10^{-5} m/s.

Le causse est caractérisé par la présence d'un modelé karstique, bien que peu développé du fait de la nature grésocalcaire des dépôts.

Les forages AEP situés dans le centre-ville de Bonifacio atteignent l'aquifère supérieur du bassin.

La vulnérabilité de la nappe est jugée relativement faible, en raison de pressions anthropiques limitées et de formations semi-perméables dans l'aquifère supérieur du bassin de Bonifacio.

13.2 DONNEES DISPONIBLES ET CONCENTRATIONS OBSERVEES

Le rapport de RIOU et al. de 2009 mentionne 3 puits exploités : le puits d'Orenaggio, les 2 puits jumeaux de la gendarmerie et le puits d'Araguina. La qualité des eaux des puits évaluée lors de l'étude en 2009 est bonne. Il existe un puits non exploité non recensé dans la base ADES, le puits de Longone.

Il existe 4 puits recensés dans la base ADES sur la commune de Bonifacio et un forage atteignant l'aquifère inférieur du bassin plus au Nord (Tableau 19 et Figure 42).

Code BSS	Nom
11282X0002/ARENAG	Puits Arenaggio R6 (Orenaggio)
11282X0003/ARENAG	Puits Araguina R8
11282X0006/PUITS	Puits Gendarmerie
11282X0005/ARAGUI	Puits Araguina
11277X0057/14Q	Forage de l'aquifère inférieur, Campagro Paduretta

Tableau 19 : Points d'eau recensés dans la base ADES.

13.2.1 Cas de l'antimoine

Une seule teneur en antimoine supérieure à la limite de qualité AEP (5 µg/L) a été mesurée dans le puits d'Arenaggio (11282X0002/ARENAG) le 24/06/2009 avec 6 µg/L (suivi ARS).

13.2.2 Cas du cadmium

Deux valeurs en cadmium supérieure ou égale à la limite de qualité AEP (5 µg/L) ont été mesurées dans le puits Araguina (11282X0005/ARAGUI) le 01/10/2002 (8,1 µg/L) et le 17/12/2002 (5 µg/L). Ces valeurs n'ont plus été atteintes ultérieurement.

13.2.3 Cas du nickel

Une seule teneur en nickel a été mesurée dans le puits Araguina : 93 µg/L le 17/12/2002. Les mesures ultérieures sont inférieures à la limite de détection et de quantification. Cette mesure correspond au même échantillon où a été mesurée la teneur de 5 µg/L de cadmium.

13.2.4 Cas du plomb

La Figure 42 présente la localisation des puits et la Figure 43 l'évolution des teneurs en plomb mesurées dans les points d'eau issus de la base ADES.

Au contact Miocène-leucomonzogranite au Nord-Ouest de la carte, les données de l'IMN mettent en évidence une anomalie très ponctuelle en plomb à teneurs supérieures à 200 mg/kg, avec un peu de cuivre et de zinc. Il semble que la zone concernée soit un ancien champ de tir de l'armée (BRGM, 1997). Ce même rapport conseillait de réaliser des études complémentaires pour s'assurer de l'origine exacte du plomb.

Seul le forage d'Araguina (11282X0005/ARAGUI) a montré des valeurs en plomb supérieures aux normes jusqu'à juin 2003. Les teneurs mesurées postérieurement sont inférieures à la limite de détection ou de quantification (dernière analyse en 2008). Il existe six mesures des teneurs en plomb antérieures à 2004 et celles-ci varient entre la limite de détection et 25 µg/L. Ceci est insuffisant pour décrire correctement l'hydrosystème. Cependant, la nappe captée par le puits de faible profondeur (16 m) est susceptible d'être affectée par des pollutions de surface d'origines diverses. La station-service à proximité du point d'eau pourrait être à l'origine des teneurs en plomb observées avant 2003 ; cependant, aucun polluant organique (hydrocarbures) n'a montré de concentration supérieure à la limite de détection entre 2001 et 2012. Les hydrocarbures sont des composés peu solubles et qui, exceptés pour les hydrocarbures lourds, se présentent souvent sous forme de nappes flottant à la surface de l'eau, y compris dans les aquifères. Il peut ainsi être difficile de les identifier dans une nappe d'eau souterraine lors d'un prélèvement. D'après les informations disponibles, aucun élément ne permet pas d'envisager avec certitude une fuite des cuves de la station. Le camping à côté duquel se situe le point d'eau pourrait également représenter une source de pollution de surface, mais ceci reste à vérifier.

Il est très difficile d'établir une relation entre le fond géochimique et des teneurs anormales en plomb car seule l'étude isotopique permettrait de distinguer une origine naturelle et anthropique pour cet élément. Des concentrations en plomb d'origine naturelle supérieures au seuil analytique dans l'eau sont généralement rares même si le contexte géologique est favorable. La présence de plomb dans les eaux souterraines avant 2004 et sa disparition depuis 2004 semble indiquer que le plomb est d'origine anthropique.

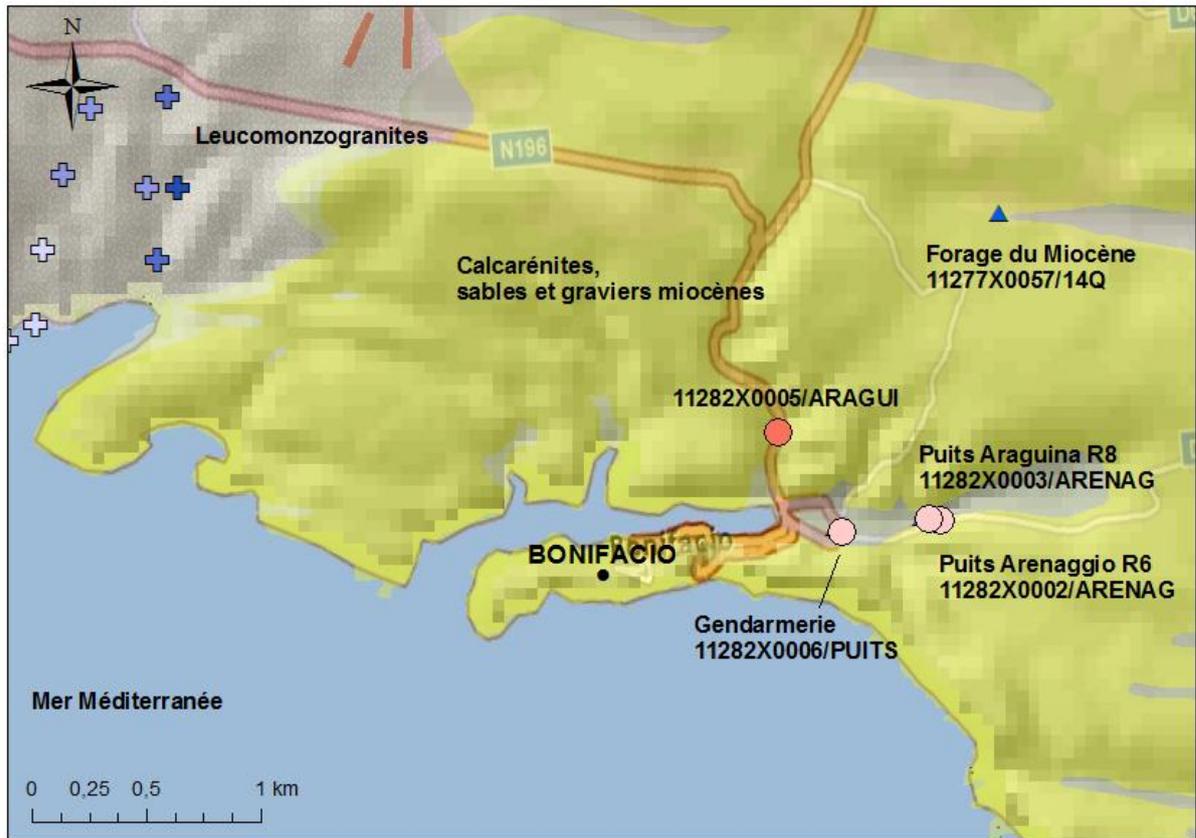
Afin de mieux comprendre les processus affectant la mobilité du plomb et du nickel dans les eaux souterraines, une analyse plus précise des conditions d'équilibre des eaux a été menée

en première approche avec les données issues de la base ADES. Le plomb d'origine naturelle est associé aux oxydes de fer et de manganèse, aux carbonates (cérosite PbCO_3), aux phosphates, aux sulfures (galène PbS) et sulfates (PbSO_4). Le plomb est peu mobile en raison de la faible solubilité des complexes carbonatés et phosphatés auxquels il est associé. En outre, il est extrêmement sensible aux conditions de pH et de potentiel d'oxydo-réduction. Dans les cas où le plomb est associé aux oxydes de fer, un potentiel redox fort implique des teneurs en fer et en plomb dissous faibles. A l'inverse, un potentiel redox bas témoigne de conditions réductrices où les oxydes de fer se dissolvent, menant à une augmentation des teneurs en fer, en nickel et en plomb dissous dans les eaux.

Les données du Tableau 20 ne montrent pas de perturbation particulière du potentiel redox ni du pH (non indiqué). Les conditions d'oxydo-réduction sont généralement très oxydantes (supérieures à 200 mV) avec des teneurs en fer relativement élevées variant entre 81 et 380 $\mu\text{g/L}$ (Tableau 20) et les teneurs en manganèse sont inférieures à la limite de détection.

Le 17/12/2002, le potentiel redox mesuré était de 11 mV avec un pH de 7, indiquant des conditions légèrement réductrices, avec une teneur en fer de 120 $\mu\text{g/L}$, une très faible teneur en sulfates (2 mg/L) et une teneur stable en nitrates (14 mg/L) par rapport aux données précédentes. Le potentiel d'oxydo-réduction étant un paramètre non conservatif, cette mesure peut être considérée comme fiable si l'électrode a été calibrée correctement. Or, il n'apparaît pas de corrélation entre les teneurs en plomb, nickel et les teneurs en fer.

Parmi les hypothèses expliquant une brève augmentation des teneurs en plomb voire du nickel lié à une baisse du potentiel redox dans les eaux du point d'eau, un lessivage important et une recharge rapide générant une pollution du puits par infiltration ont pu avoir lieu suite aux épisodes pluvieux qui se sont produits du 3 au 12 décembre et relevés à la station météorologique de Porto-Vecchio. Une pollution de l'échantillon au moment du prélèvement peut aussi s'être produite.



Légende

ADES		IMN	+ ICSP_Corse World Street Map
[Pb]max, µg/L		Pb, mg/kg	
○ 0 - 10		+ 0 - 51	
○ 11 - 20		+ 52 - 113	
○ 21 - 30		+ 114 - 290	
○ 31 - 40		+ 291 - 603	
● 41 - 50		+ 604 - 1000	

Figure 42 : Teneurs maximales en plomb mesurées dans les eaux souterraines à Bonifacio (base ADES) et dans les sols (données IMN).

Date	Eh	[Pb], µg/L	[Fe], µg/L
29/05/2001	304	11	210
07/08/2001	317		81
09/10/2001	308		290
11/12/2001	311		30
09/04/2002	249		129
25/06/2002	235		< LQ
01/10/2002	203	25	< LQ
17/12/2002	11	14	120
25/03/2003	200	< LQ	190
17/06/2003	223		380
23/09/2003	218	6,5	< LQ
09/12/2003	211	18	170
28/09/2004	188	< LQ	< LQ
15/03/2005	184	< LQ	< LQ
13/09/2005	197	< LQ	< LQ
18/04/2006	386	< LQ	< LQ
24/04/2007	147	< LQ	< LQ
17/10/2007	173		< LQ
22/04/2008	164	< LQ	< LQ
28/10/2008	304,5		< LQ
08/04/2009	147		< LQ
07/10/2009	132		< LQ
13/04/2010	223		< LQ
27/10/2010	182		< LQ
13/04/2011	178		< LQ
04/10/2011	142		< LQ
24/04/2012	256		< LQ

Tableau 20 : Potentiel d'oxydo-réduction et teneurs en fer et plomb mesurés au puits Araguina (11282X0005/ARAGUI). En rouge les valeurs dépassant les normes AEP

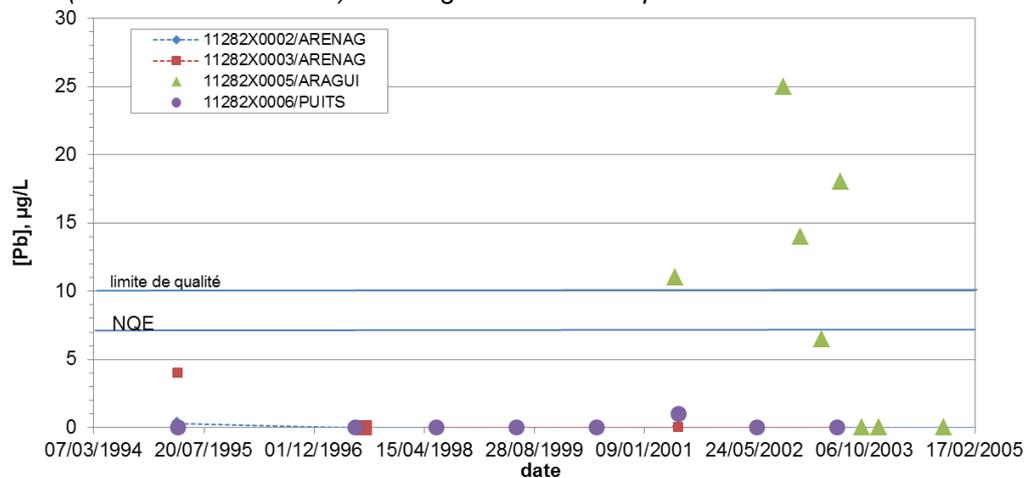


Figure 43 : Teneurs en plomb mesurées dans les différents points d'eau souterraine à Bonifacio. Les mesures inférieures à la limite de détection ou de quantification ont été signalées par 0 afin d'indiquer la présence d'un suivi.

13.2.5 Cas du zinc

La Figure 44 présente les teneurs en zinc (en $\mu\text{g/l}$) mesurées dans les quatre forages en fonction du temps. Ces valeurs sont fréquemment supérieures à la NQE, qui est applicable aux eaux de surface, mais inférieures à la limite de qualité des eaux brutes destinées à la consommation humaine qui est à 5 mg/L pour le Zn (arrêté du 11/01/07). La qualité des eaux des forages concernant le zinc est donc satisfaisante. Il est à noter que les incertitudes sur la mesure de la teneur en zinc sont importantes et qu'elles peuvent causer des erreurs importantes (problèmes analytiques récurrents).

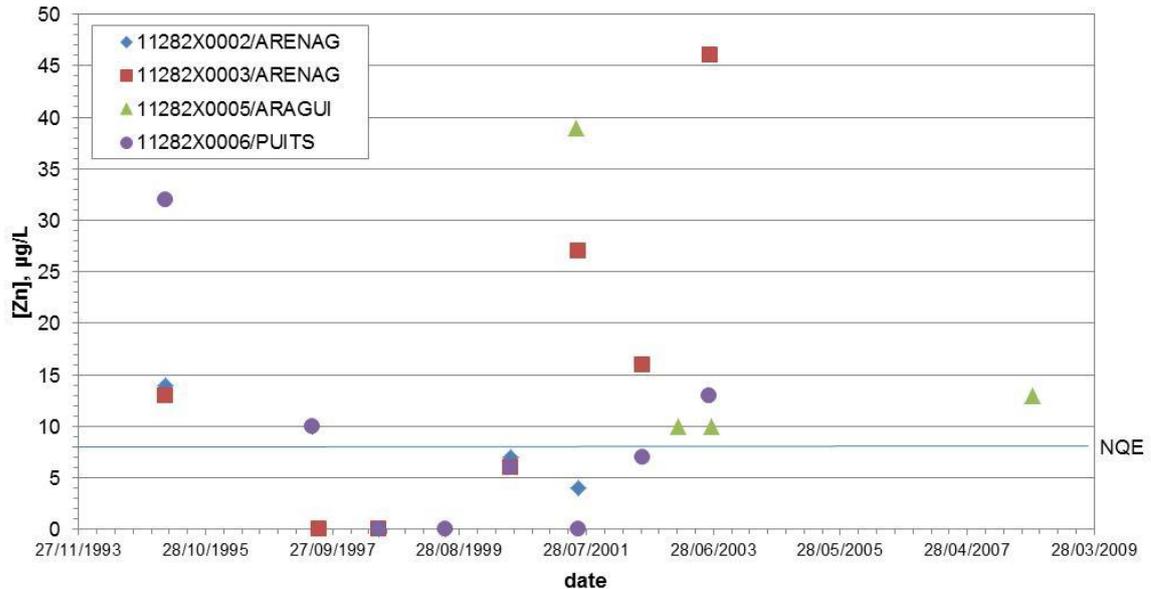


Figure 44 : Teneurs en zinc mesurées dans les différents points d'eau souterraine à Bonifacio.

13.3 CONCLUSIONS SUR L'ORIGINE POSSIBLE DES CONCENTRATIONS

L'origine des teneurs en plomb rencontrées dans le point d'eau 11282X0005/ARAGUI jusqu'en juin 2003 est vraisemblablement anthropique mais cela reste à confirmer car la chronique qualité est insuffisante pour conclure. L'origine des teneurs en zinc dans ce même puits, outre les problèmes analytiques pouvant fausser la mesure, est inconnue. La présence de la station-service et d'un camping à proximité du point d'eau est susceptible de représenter un risque.

Les mesures réalisées sur le prélèvement d'eau du 17/12/2002 au forage d'Araguina (11282X0005/ARAGUI) montrent, pour Cd, Ni, Pb et Zn de fortes valeurs très anormales qui ne sont probablement pas d'origine naturelle. L'origine de la seule teneur en antimoine (6 $\mu\text{g/L}$, suivi ARS) mesurée le 24/06/2009 dans le puits d'Arenaggio (11282X0002/ARENAG) et supérieure à la limite de qualité (5 $\mu\text{g/L}$) est impossible à donner car il n'existe pas de suivi sur l'ouvrage, ni d'autres mesures d'antimoine réalisées dans les autres forages de Bonifacio.

14. Région du Cap Corse

La limite de qualité des eaux destinées à la consommation humaine pour l'antimoine est de 5 µg/L. Il n'existe pas de NQE pour ce paramètre. La limite de qualité AEP pour le nickel est de 20 µg/L. La NQE-MA est de 20 µg/L également.

Les sources d'antimoine stable sont liées aux activités minières et industrielles et au trafic automobile. Sa redistribution dans la biosphère est gouvernée par l'érosion éolienne, les éruptions volcaniques, les embruns, les feux de forêt... impliquant des voies de transfert atmosphérique. Sous l'influence de rejets, le bruit de fond géochimique peut être accru de plus de deux ordres de grandeur. Les concentrations typiques des aérosols des zones non influencées par des rejets d'origine anthropique sont inférieures à 0,1 ng.m⁻³ et peuvent atteindre plusieurs ng.m⁻³ sous l'influence de rejets, dans des zones industrialisées (FILELLA et al., 2002). Dans les eaux, l'antimoine est presque exclusivement présent dans la phase dissoute inférieure à 0,45 µm.

14.1 ANALYSE DU CONTEXTE LOCAL

Le Cap-Corse fait partie de la Corse alpine et est constitué de plusieurs unités litho-tectoniques appartenant au domaine des Schistes Lustrés. Ces unités sont principalement constituées d'un complexe ophiolitique (métabasaltes, métagabbros), d'un ensemble ultramafique de serpentinites et de métasédiments (calcaire et schistes). L'extrême nord du Cap-Corse est occupé par l'écaille de socle continental de Centuri-Ersa d'âge paléozoïque anté-dévonien constituée d'une semelle de gneiss à phengite (gneiss de Centuri), surmontée par une série kinzigitique (gneiss d'Ersa).

Les formations géologiques intensément plissées sont caractérisées par une structure complexe marquée par une organisation en un ensemble de nappes de charriage, impliquant l'existence de nombreuses discontinuités. Ainsi, la structure des formations métamorphiques ne favorisent pas le développement d'aquifères généralisés. Les circulations d'eau souterraine s'effectuent principalement par les réseaux de fissures souvent reliées à des accidents géologiques. Ces aquifères sont donc généralement cloisonnés et de faible extension.

L'expérience montre que certaines formations, comme les métabasaltes, les calcschistes et les cipolins, sont plus favorables à l'exploitation que les massifs de serpentinites. Les barres de cipolin présentent un rôle hydrogéologique important en favorisant le drainage des eaux souterraines.

Le Cap Corse recèle de nombreux filons de stibine (Sb₂S₃) encaissés dans des schistes lustrés qui ont été exploités. Ces schistes lustrés sont susceptibles de contenir du fer, du manganèse, du plomb, de l'antimoine et du zinc, conduisant à des teneurs significatives en Fe, Mn et Sb dans les eaux de surface et souterraines. Les serpentinites du Cap-Corse peuvent générer des teneurs significatives en Fe et Ni (BLUM et al., 2006).

Les mines sont situées à Meria dont Vallone (4700 t de Sb) et San Martino, Luri (filon Castello, 3000 t de Sb), et Ersa (filon de Castagnone principalement, au total 4000 t de Sb) (Figure 45). La région se caractérise par une faible pression anthropique : population limitée, activité industrielle réduite et agriculture et élevages extensifs. Un des principaux problèmes de qualité chimique de l'eau distribuée concerne la présence de métaux, susceptibles de contaminer les ressources en eau utilisées par les collectivités et en particulier l'antimoine (nord-est du Cap-Corse) et le nickel.

Le rapport du BRGM (1995a) montre que trois bassins sont particulièrement touchés par la présence d'antimoine (avec données antérieures à 1996) :

- Ersà avec des teneurs dépassant 500 µg/L avec pollution ponctuelle par fer et manganèse ;
- Meria avec des teneurs atteignant 139 µg/L ;
- Luri avec des teneurs atteignant 100 µg/L ;
- le bassin de Rogliano présente une pollution par l'antimoine diffuse et de faible niveau (12 µg/L données 1995) due à un fond géochimique localement élevé.

Les auteurs du rapport ont également mis en évidence deux types de pollutions par les métaux (BRGM, 1995a) :

- une pollution directement liée aux anciens travaux miniers pour l'antimoine dans les anciens sites de travaux miniers, les bassins hydrographiques à l'aval de ces sites et les nappes alluviales de ces bassins si elles existent ;
- une pollution liée au contexte géochimique local par l'antimoine, le manganèse et le fer, affectant potentiellement toute la région, avec un risque plus important à proximité des indices miniers.

Le fond géochimique est localement fort en amiante et nickel. Pour information, la mine de Canari, située sur la côte ouest en surplomb de la mer, a produit 25 000 t d'amiante. Les déblais de la mine ont été déversés directement en mer en contrebas de l'usine. Un million de tonnes de déblais a alimenté des plages artificielles autour (Nonza par exemple) en 35 années d'exploitation du site (BOULMIER et al., 1999; HERVE et al., 1997a). Les pentes abruptes et la faible couverture végétale accélèrent les processus d'érosion. Les travaux réalisés par l'IFREMER (campagnes COCON 1999 et RINBIO 2000) ont mis en évidence une forte contamination par le nickel, le chrome, le cobalt et le manganèse des sédiments marins dans la zone adjacente (15 km de côte) à l'usine abandonnée d'extraction d'amiante de Canari (Nord-Ouest de la Corse) et une accumulation de ces métaux dans les moules implantées sur plusieurs stations dans cette zone (BOUCHOUCHA and ANDRAL, 2010). Les petites mines de nickel de Zalana et Rutali Novo Piano ont produit respectivement 200 et 30 t. D'autres indices de nickel sont situés à Barrettali et Ersà.

En complément, il existe un risque important lié aux sulfures dans la zone de Luri et un risque lié au mercure mentionnés dans le rapport BRGM (1994).

Il n'existe pas de données dans l'Inventaire IMN sur le fond géochimique en nickel dans le Cap-Corse. Seuls deux échantillons de sols, l'un au Nord et l'autre au Sud-Ouest du Cap-Corse, figurent dans la base de données RMQS. Les teneurs en nickel sont de 123 mg/kg dans les alluvions (fluvisol humique profond) au Nord du Cap et de 1020-1130 mg/kg dans des limons sableux (brunisol) à proximité de Barrettali. Ces valeurs sont fortes, elles sont en particulier supérieures au percentile 90 calculé à partir des données du FOREGS (47 mg/kg). Malgré le peu de points, il semble possible d'identifier un fond géochimique élevé en nickel. Il n'existe pas de teneurs mesurées dans les sols formés à partir des serpentinites du Cap, lithologie favorable à la présence de nickel.

L'introduction de nickel d'origine anthropique vers l'atmosphère provient principalement de l'utilisation des combustibles fossiles et de la production de métaux non ferreux. L'activité volcanique et l'érosion éolienne constituent également des flux naturels vers l'atmosphère.

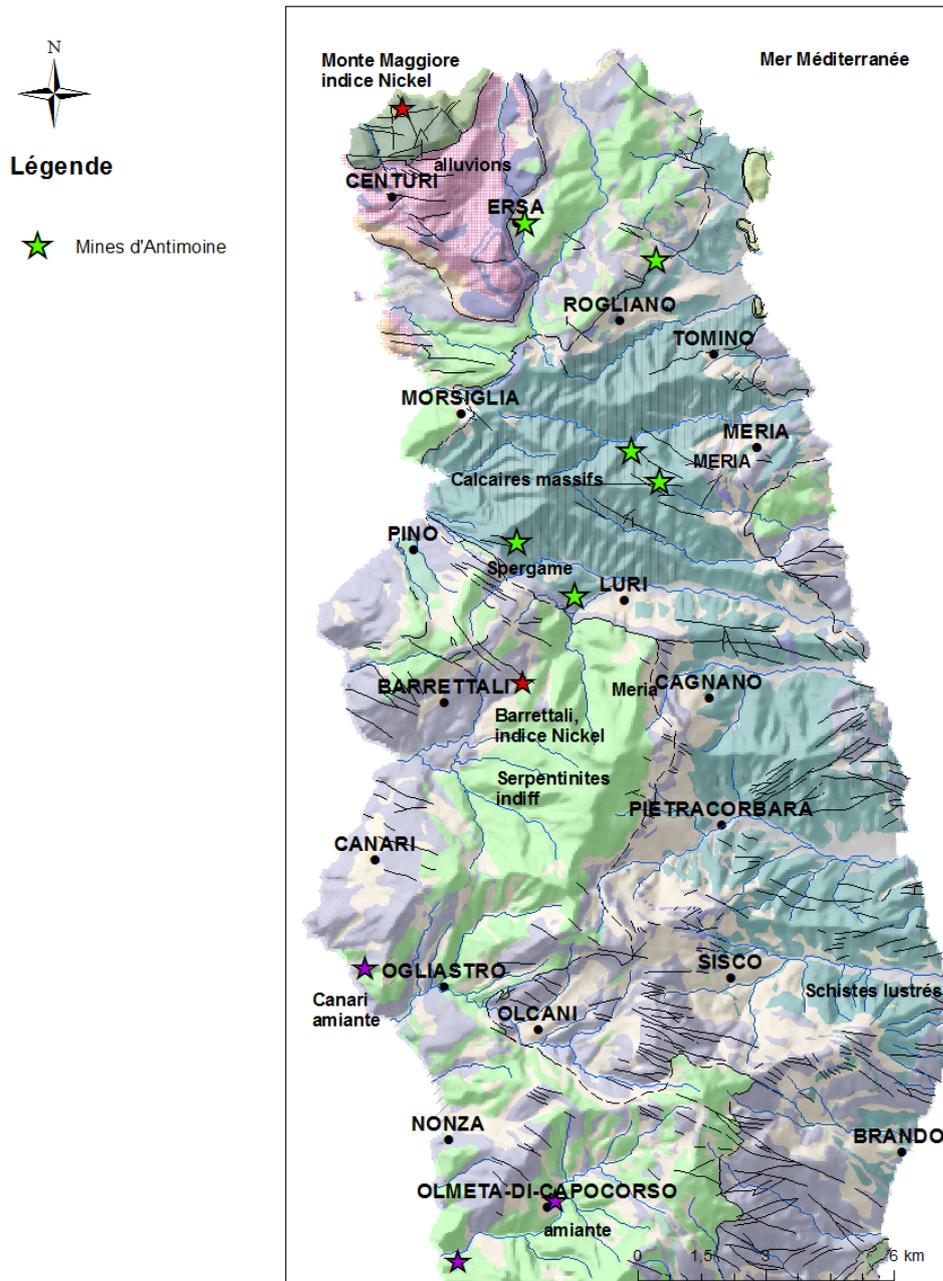


Figure 45 : Mines et indices du Cap Corse.

14.2 DONNEES DISPONIBLES ET CONCENTRATIONS OBSERVEES EN ANTIMOINE

Au cours de l'étude du BRGM de 1995 (rapport BRGM/RP-38649-FR), de fortes concentrations en antimoine et arsenic ont été mesurées dans les eaux d'une ancienne galerie de la mine d'Ersa (point 11023X0117/GRANA, teneur de 518 µg/L d'antimoine) dont les eaux d'exhaure étaient utilisées pour l'alimentation en eau potable par la commune (BRGM, 1995a). Dans la région de Luri, les teneurs en antimoine décroissent depuis l'amont au niveau des mines où le ruisseau le Fundali a montré une teneur de 100 µg/L vers l'aval (teneurs de 30 µg/L dans le Luri après la confluence et de 15 µg/L en aval (BRGM, 1995a)). Ces fortes valeurs sont interprétées comme étant dues aux activités minières passées. Il est possible que de fortes précipitations puisse entraîner un lessivage accru des terrils et des

phénomènes de chasse dans les anciennes galeries et engendrer des augmentations fortes et épisodiques des teneurs en antimoine dans les eaux de surface, voire, selon le contexte, dans les eaux souterraines (nappe alluviale).

En raison de limites de détection (LD) et de quantification (LQ) élevées, il existe très peu de teneurs en antimoine directement exploitables dans la base ADES ou la base SISE-EAUX :

- il n'existe aucune valeur d'antimoine supérieure à la LQ (code signe = 1) dans le réseau de suivi AERM&C et ICPE pour les eaux souterraines ;
- seul le forage 11023X0114/BETTO (commune de Rogliano) du suivi ARS montre une teneur en Sb supérieure à la LQ de 5 µg/L, valeur égale à la limite de qualité, le 16/06/2008.

La base de données SISE-EAUX de l'ARS ne présente pas de code signe permettant de distinguer les valeurs correspondant aux limites de détection et les réelles teneurs. Ceci rend donc difficile d'interpréter les résultats équivalents à 1 et 5 µg/l car ce sont des limites de détection couramment utilisées. Il est donc considéré que les résultats supérieurs à 6 µg/L sont des mesures supérieures à la limite de détection.

Dans la base de données ARS il n'y a qu'un point eau de surface sur le secteur, la prise d'eau Pancucellu nouveau (11041X0124/PANCU2) de la commune de Sisco au Sud du Cap-Corse, avec une teneur de 5 µg/L d'antimoine mesurée le 19/09/2005 (Figure 46). Cette valeur est considérée comme étant la limite de détection et donc non prise en compte.

Deux stations de l'Agence de l'Eau suivent la qualité des cours d'eau :

- la station 6300200 du réseau de contrôle opérationnel installée sur le Pietracorbara à Pietracorbara mais les métaux lourds n'y sont pas analysés ;
- la station 6250250 installée sur le Luri à Luri qui fait partie du réseau de contrôle de surveillance et du réseau de contrôle opérationnel. Les métaux lourds y ont été analysés en 2011.

Les analyses réalisées sur le Luri en 2011 révèlent des teneurs élevées en antimoine, très supérieures à la norme de potabilité de 5 µg/l, tout au long de l'année 2011. La teneur la plus élevée a été enregistrée pendant l'étiage lorsqu'il n'y a plus de précipitations pour alimenter l'hydrosystème et que l'eau du cours d'eau provient de la vidange des aquifères. L'antimoine est également associé à des teneurs élevées en nickel ainsi qu'en arsenic, baryum et chrome.

Date prélèvement	Teneur en Sb (µg/l)	Teneur en Ni (µg/l)	Teneur en As (µg/l)	Teneur en Ba (µg/l)	Teneur en Cr (µg/l)
11/01/2011	38	8.8	5.4	2.6	3.9
14/04/2011	31	14	2.7	3.7	2.6
21/07/2011	80.3	16	6.6	3.5	3
19/10/2011	28.2	12.8	2	5.3	1.3

Tableau 21 : Teneurs en quelques métaux lourds mesurées à la station 6300200 du Luri en 2011

Pour les eaux souterraines :

- dans la base SISE-EAUX, seul le point d'eau souterraine 11023X0102/MACI, forage Saint Pancras de la commune de Tomino au Nord-Est de la carte, montre une teneur en antimoine de 13 µg/L mesurée le 14/06/2010 (Figure 46) ;

Les chroniques de précipitations du Cap-Corse montrent de petits événements pluvieux la veille de la mesure le 13/06/2010 (4,8 mm) et le 14/06/2010 (6,8 mm) qui sont susceptibles d'avoir engendré du ruissellement sur les terrils et un effet de chasse dans l'aquifère pouvant expliquer la teneur élevée en antimoine.

- au sud de Luri, le 13/05/2008 la source 11027X0143/CANALI a présenté une teneur en antimoine de 65 µg/L ainsi que 30 µg/l de nickel et 9 µg/l d'arsenic. Ces prélèvements ont été réalisés après ou pendant des périodes de pluie : le 12/05/2008, il a plu 11 mm.

Les points d'eau souterraine ont été prélevés en période pluvieuse. Bien qu'il soit difficile de lier ces événements climatiques et la teneur ponctuellement importante en antimoine dans les eaux souterraines, l'origine des teneurs en antimoine peut être attribuée avec confiance à la géologie ou à l'érosion des anciens dépôts miniers. En effet, ces événements pluvieux sont susceptibles d'avoir engendré des effets de chasse dans les aquifères pouvant expliquer des teneurs élevées en antimoine.

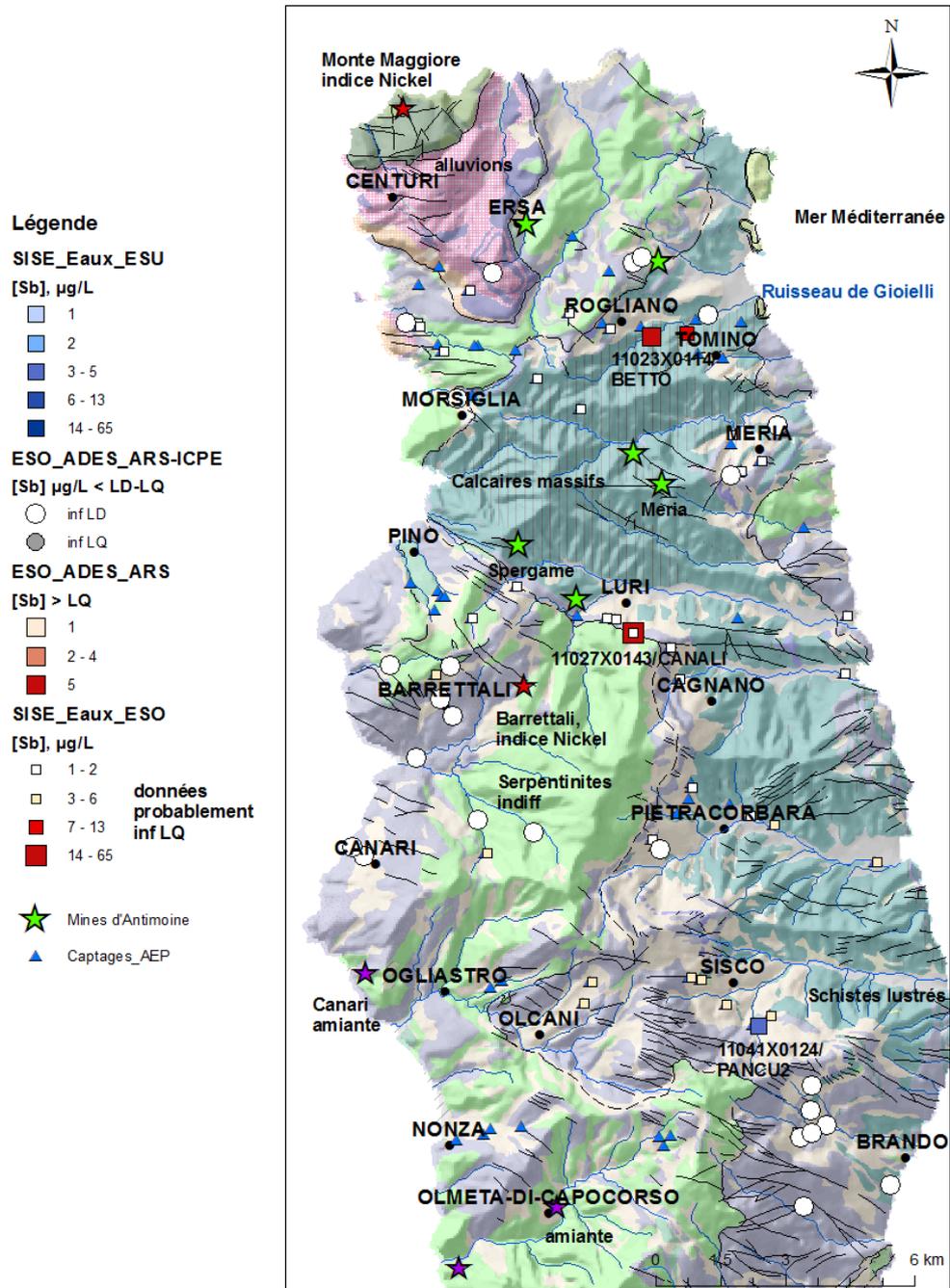


Figure 46 : Points et teneurs en antimoine issues de la base ADES et Sise-eaux. Il n'existe aucune valeur supérieure à la LQ (code signe = 1) dans le réseau de suivi AERM&C et ICPE pour les eaux souterraines.

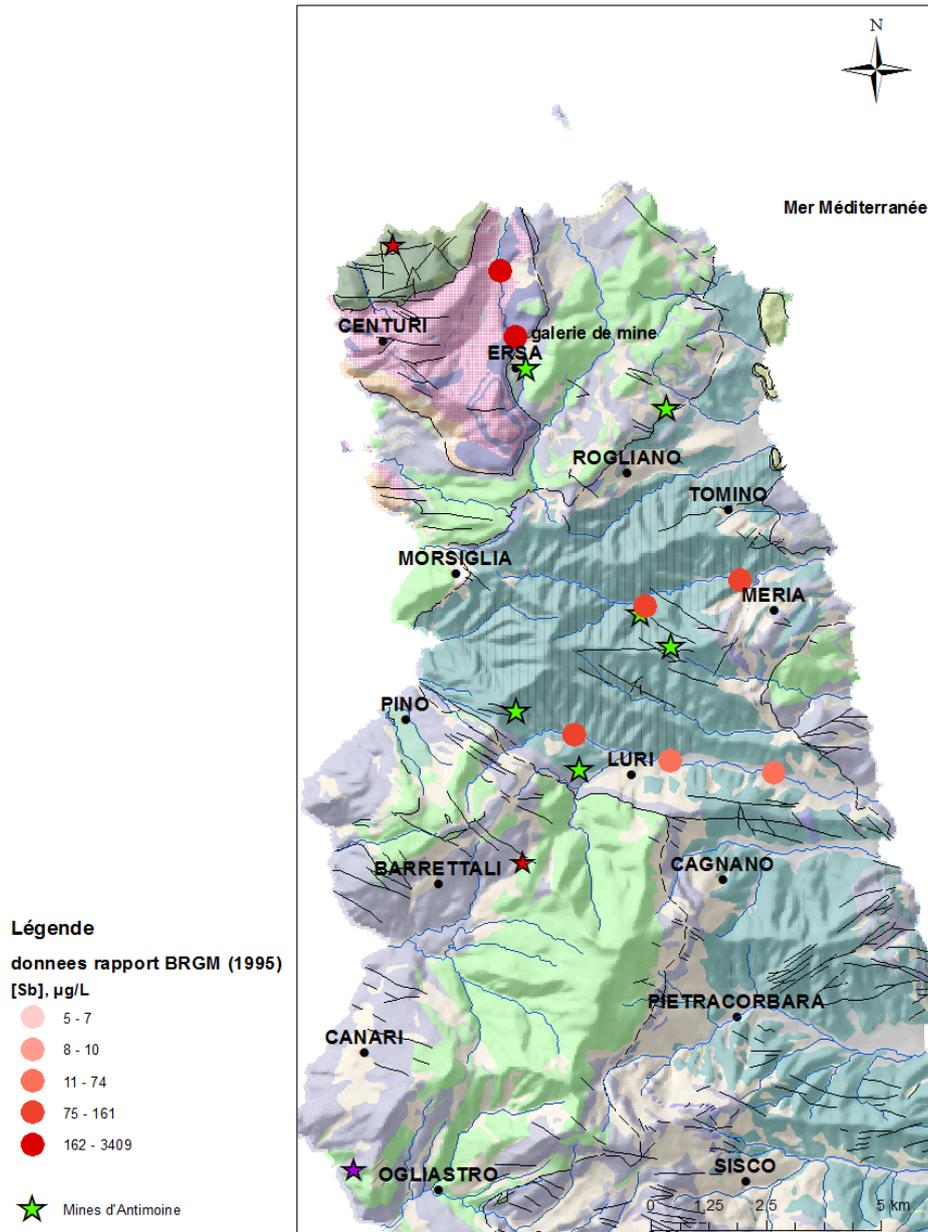


Figure 47 : Teneurs en antimoine mesurées dans les eaux de surface acquises par le BRGM Corse (rapport RR-38649-FR, 1996).

14.3 DONNEES DISPONIBLES ET CONCENTRATIONS OBSERVEES EN NICKEL

La Figure 48 montre les teneurs en nickel mesurées dans les points d'eau du Cap Corse. Le tableau suivant (Tableau 22) met en lien les points à teneurs en Ni supérieures à 20 µg/L et la géologie et montrent que quelques points sont directement dans les serpentinites et d'autres dans des alluvions ou des éboulis (a priori notamment constitués de serpentinites).

La plus forte teneur en nickel dans le Cap-Corse a été mesurée à la prise d'eau de l'Acqua tignese située tout au nord du Cap (11023X0140/ACQUA) avec 50 µg/L le 30/09/2008 (base SISE-EAUX). Les autres teneurs en nickel mesurées à ce point étaient de 7 µg/L le 12/06/2006 et 10 µg/L le 10/08/2010.

Une analyse des précipitations de septembre 2008 montre un mois sec (9 mm au total) où le plus important épisode a été 4 mm le 26 septembre. Ceci ne permet pas de conclure sur un lien avec un phénomène de recharge naturelle ou de lessivage (pas de site minier dans le bassin versant). En revanche, la période d'étiage, avec des niveaux piézométriques bas et des modifications de l'état d'équilibre de la nappe par oxydation, peut favoriser la mise en solution d'éléments métalliques.

La station de mesure de la qualité des eaux du Luri (6300200) a révélé des teneurs élevées en nickel ainsi que d'autres métaux lourds en 2011 (Tableau 21).

Les chroniques de données disponibles sont irrégulières et ne permettent pas d'évaluer le bruit de fond géochimique en nickel dans les eaux souterraines. Il est cependant intéressant de constater que des teneurs erratiques et fortes en nickel ont aussi été mesurées dans les organismes marins, en particulier au large de Canari, où il a été montré que l'accumulation en nickel est variable dans le temps et peu homogène à l'échelle de la façade maritime. Andral et Tomasino proposent comme explication à ce phénomène l'absence de conditions climatiques extrêmes durant la période de stabulation des moules pour les années concernées (ANDRAL and TOMASINO, 2007).

Commune	NUMERO_BSS	nature	Date	[Ni], µg/L	Description géologique
La Porta	11104X0021/BARCA	source	02/07/2008	26	Formations superficielles
San Lorenzo	11108X0024/FURCAL	source	27/07/2009	26	Formations superficielles
Rogliano	11023X0146/TUGNO	source	30/05/2011	21	Eboulis indifférenciés
Luri	11027X0143/CANALI	source	13/05/2008	30	Métabasaltes et métagabbros indiff.
Canari	11027X0156/AREGNO	source	24/10/2006	107	Eboulis indifférenciés
Nonza	11041X0118/LUCO	source	30/09/2004	37	Eboulis indifférenciés
Luri	11028X0107/PIETRA	puits	16/11/2010	28	Alluvions fluviales
Barrettali	11026X0110/ARNETO	source	02/05/2007	23	Ensemble ultramafique : Serpentinites
Luri	11027X0142/BOLLAR	source	16/11/2010	95	Eboulis indifférenciés
Canari	11027X0130/MORTE	source	23/09/2004	37	Ensemble ultramafique : Serpentinites
Canari	11027X0130/MORTE	source	24/10/2006	37	Ensemble ultramafique : Serpentinites
Canari	11027X0130/MORTE	source	02/07/2008	24	Ensemble ultramafique : Serpentinites

Tableau 22 : Teneurs en nickel dans les eaux et description des formations géologiques concernées

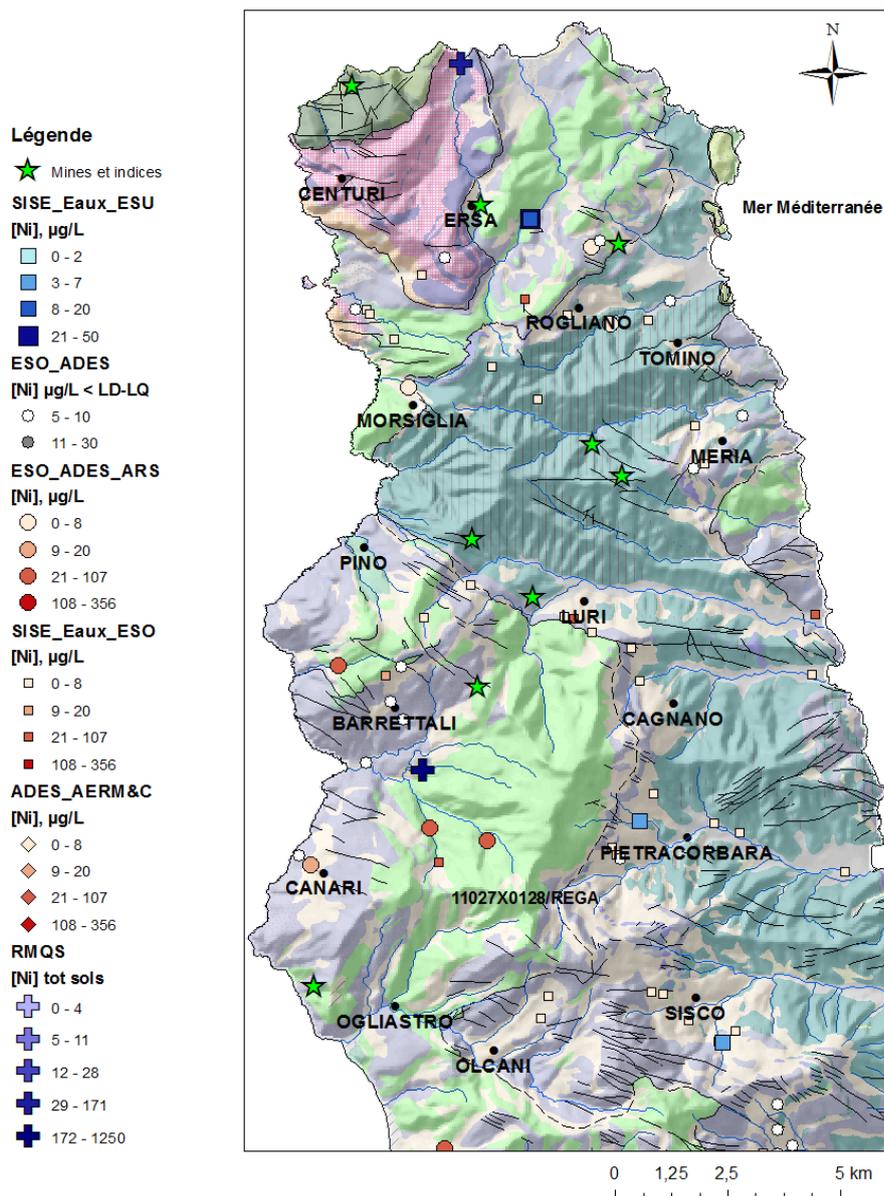


Figure 48 : Teneurs en Ni dans les eaux de surface et souterraines du Cap Corse, ainsi que dans les sols (données RMQS).

14.4 CONCLUSIONS SUR L'ORIGINE POSSIBLE DES CONCENTRATIONS EN ANTIMOINE ET NICKEL

L'antimoine présent dans les eaux de surface et souterraines est très probablement issu du contexte géochimique naturel. L'origine des teneurs en nickel semble être également liée à un fond géochimique naturel élevé. L'amplification de ce fond géochimique naturel par les anciennes activités minières n'est pas avérée mais fortement soupçonnée. Certains épiphénomènes à fortes teneurs en antimoine ou en nickel restent inexplicables car les chroniques de suivi fournissent une information partielle.

15. Conclusions

A partir de la synthèse bibliographique réalisée et de la base de données constituée, une analyse du contexte géologique et anthropique a été menée sur les secteurs où des teneurs en métaux lourds supérieures aux Normes de qualité environnementale (NQE) ou supérieures aux normes de qualité des eaux de distribution pour l'eau de consommation humaine ont été relevées. Les conclusions sont synthétisées dans le Tableau 23 ci-après.

Dans l'ensemble, les chroniques de suivi de la qualité de l'eau ne permettent pas d'établir avec certitude le fond géochimique naturel des cours d'eau ou des eaux souterraines. Elles ne permettent pas plus d'identifier l'origine ponctuelle de fortes teneurs en métaux qu'elles enregistrent et les phénomènes qui y ont conduit, en raison de données trop peu homogènes dans l'espace et trop peu fréquentes dans le temps. Les chroniques sont donc, en termes temporels ou de représentativité spatiale et de qualité (LQ par exemple), fréquemment inadaptées pour évaluer l'impact d'activités minières passées ou activités actuelles. La campagne exploratoire menée en septembre 2012 sur quatre bassins versant a permis d'acquérir des données originales et nouvelles permettant de mieux contraindre le problème de la répartition spatiale des points d'analyse. Ces données mettent en évidence les points suivants.

L'étude des données existantes a permis de conclure avec confiance sur l'origine de l'arsenic dans les eaux de surface de la Bravone, de l'antimoine et du nickel dans la région du Cap Corse, de l'arsenic, plomb et zinc dans la région de Balagne et de l'arsenic et du plomb dans la région d'Osani. Dans ces cas, les anciennes activités minières développées dans des sites à fond géochimique élevé en éléments métalliques et métalloïdes peuvent être à l'origine de teneurs ponctuelles élevées dans les eaux de surface, suite notamment à de fortes précipitations engendrant un drainage des terrils et l'arrivée d'eaux d'exhaure après remplissage des anciennes galeries minières.

L'apparition ponctuelle de fortes concentrations en éléments associées ou non à d'autres éléments, ou bien la disparition, dans le suivi, de fortes teneurs passées ne se reproduisant pas depuis plusieurs années, dans les eaux de surface et souterraine, est très probablement liée aux activités anthropiques qui semblent avoir été interrompues dans le cas de Bonifacio. Pour le Rizzanese à Propriano, l'analyse du contexte et les données traitées ne permettent pas de conclure avec certitude sur l'origine des teneurs mesurées en Pb, Hg ou Zn mais l'hypothèse d'une origine anthropique est favorisée. Une campagne exploratoire pourrait y être réalisée et nécessiterait, si les teneurs en plomb sont suffisantes et les fortes valeurs confirmées, d'en analyser les isotopes pour déterminer l'origine de cet élément dans les eaux.

Les activités anthropiques semblent également être à l'origine du chrome dans le Tagnone à la station d'Aléria, du cuivre dans le Liamone à la station d'Arbori, du zinc dans la Gravone à la station de Bocognano et du plomb dans les forages à Bonifacio (le forage d'Araguina).

Pour le Fium'Orbu, les résultats de la campagne exploratoire, en particulier les analyses de tritium, ne mettent pas en évidence un enrichissement des eaux de surface par les eaux de nappe ayant reçu des lixiviats de l'installation de stockage des déchets. En outre, Le drainage des anciens travaux miniers de la mine de Finosa est susceptible d'influer sur la qualité des eaux de surface, notamment pour le ruisseau de Finosa, affluent du Fium'Orbu.

	Qualité des chroniques de suivi de qualité	Aléa				Enjeu	Campagne exploratoire	Origine des dépassements ou des fortes teneurs	Indice de confiance
		Lithologie	Activité minière passée	Activité anthropique actuelle	Vulnérabilité nappe				
Bravona As	bonne	fort	fort	faible	forte	AEP	Études existantes et en cours	naturelle renforcée par activités anthropiques passées	élevé
Tagnone Cr	faible	fort	fort	fort (agriculture)	forte		Septembre 2012	Cr à Aléria : anthropique ou naturel possible. Le drainage des travaux miniers de Vezzani et de Castelluccio peut fournir As, Cr, Cu, Ni et Zn en quantités importantes en cas de crue localisée ainsi que l'activité agricole de la Plaine-orientale	élevé
Liamone Cu	faible	fort	fort	faible	forte		Septembre 2012	Cu : anthropique	élevé
Gravone Zn	faible	possible	non	fort (2 ICSP)	forte	AEP	Septembre 2012	Zn : anthropique ou analytique	moyen
Fium'Orbu Cr	faible	possible	fort	moyen (ICSP)	forte	AEP	Septembre 2012	CET : peu probable Finoza : drainage minier, concentrations de Pb, Zn, As, Cd, Co et Cu pouvant avoir un impact dans le Fium'Orbu en cas de précipitations localisées	moyen
Propriano-Rizzanese Pb, Hg	bonne	faible	non	fort	forte	AEP	Envisageable	Hypothèse : Pb et Hg anthropique	moyen, à valider
Bonifacio Cd, Sb, Ni, Pb, Zn	moyenne	faible	non	fort (station service, camping)	forte	AEP	Oui, si des teneurs en plomb > à la norme se reproduisaient	Hypothèse : Pb anthropique	moyen, à valider
Cap Corse Sb, Ni	moyenne	fort	fort	faible	forte	AEP	non	naturelle renforcée par activités anthropiques passées	fort
Balagne As, Pb, Zn	moyenne	fort	fort	faible	forte	n.a.	non	naturelle renforcée par activités anthropiques passées	fort
Osani As, Pb	bonne	fort	fort	faible	forte	AEP	non	Pb, As : naturelle renforcée par activités anthropiques passées	fort

Tableau 23 : Synthèse des observations pour comprendre l'origine des teneurs en métaux dépassant les normes dans des masses d'eaux corses.

16. Bibliographie

- Andral, B. and Tomasino, C., 2007. Réseau Intégrateurs Biologiques. Rinbio 2006. Evaluation de la qualité des eaux basée sur l'utilisation de stations artificielles de moules en Méditerranée : résultats de la campagne 2006. Rapport IFREMER RST.DOP/LER-PAC/07-24. 96p + Ann.
- Barbier, J. and Chery, L., 1997. Relation entre fond géochimique naturel et teneurs élevées en métaux lourds dans les eaux (antimoine, arsenic, baryum, chrome, nickel, plomb, zinc). Application (Auvergne et Limousin) et validation. BRGM-R39544.
- Berthier, F., Demange, J., and Desplan, A., 1980. Etude préliminaire des ressources géothermiques de la Corse. BRGM 80 SGN 784 GTH.
- Blum, A., Brenot, A., Chery, L., and Sonney, R., 2006. Identification des zones à risque de fond géochimique élevé en éléments traces dans les cours d'eau et les eaux souterraines du bassin Rhône-Céditerranée-Corse. Rapport de phase 2. Caractérisation des secteurs à risque. BRGM/RP54530.
- Bouchoucha, M. and Andral, B., 2010. Analyse statistique des données du réseau RINBIO : détermination d'une réponse universelle de capteur. *Convention AERM&C / Ifremer n° 2009-097*, 95.
- Bonnot, M., 1987. Mines de Vezzani, Haute-Corse. Monde et Minéraux: 4-6.
- Boulmier, J. L., Darmendrail, D., Marroncle, J. L., and Messin, M., 1999. Evaluation des coûts de réhabilitation de l'ancienne exploitation d'amiante de Canari en Haute-Corse. BRGM/RR-39159-FR.
- Brenot, A., Blum, A., and Chery, L., 2006. Identification des zones à risque de fond géochimique élevé en éléments traces dans les cours d'eau et les eaux souterraines du bassin Rhône-Méditerranée-Corse. Rapport de phase 3. Définition d'un programme d'acquisition de données. BRGM/RP54663.
- BRGM, 1994. Risque de pollution par métaux lourds, arsenic, des eaux destinées à la consommation humaine. Indetification des zones susceptibles d'être contaminées en liaison avec les indices et travaux miniers en Haute-Corse. R 38190, SGR Corse.
- BRGM, 1995a. Pollution par métaux lourds des eaux destinées à la consommation humaine. Etude de la zone à risque potentiel du Cap Corse (phase 1). R 38649.
- BRGM, 1995b. Pollution par métaux lourds et arsenic des eaux destinées à la consommation humaine: étude méthodologique du bassin versant de la Bravone. R 38545, SGR Corse.
- BRGM, 1997. Métaux lourds en Corse du Sud. R 39840, SGR Corse.
- Calendini, S., 2000. Impact d'une ancienne mine d'arsenic sur les composantes hydrochimiques et hydrobiologiques d'un reseau hydrographique de Corse Université de Corse.
- Cary, L. and Leynet, A., 2011. Estimation du fond géochimique naturel à partir de la base de données de l'Inventaire Minier national. BRGM/RP-59869-FR, 111 p.

- Chery, L., coord., 2006. BRGM, Guide technique : qualité naturelle des eaux souterraines « méthodes de caractérisation des états de référence des aquifères français. *Annales de la Société Géologique du Nord – Mars 1998*.
- Culioli, J.-L., Calendini, S., Mori, C., and Orsini, A., 2009. Arsenic accumulation in a freshwater fish living in a contaminated river of Corsica, France. *Ecotoxicology and Environmental Safety* **72**, 1440-1445.
- Culioli, J.-L., Fouquoire, A., Calendini, S., Mori, C., and Orsini, A., 2009. Trophic transfer of arsenic and antimony in a freshwater ecosystem: A field study. *Aquatic Toxicology* **94**, 286-293.
- Denis, M., Bernard, D., Vallée, K., and Maillot, H., 2000. Le nickel d'origine géologique dans les eaux alimentaires belges et françaises. *TSM Techniques Sciences Méthodes, génie urbain génie rural* **6**, 122-135.
- Dominici, R., 1987. Vulnérabilité des captages destinés à l'alimentation en eau potable. Département de la Corse du Sud. Rapport de synthèse.
- Fabre, J. and Vaysse, A., 1952. Rapport préliminaire sur le bassin houiller d'Osani (Corse). ISBN/ISRN/Code BRGM/BRGG-A0349
- Feraud, J., 1974. Les gisements de sulfures d'arsenic du Sud-EZst de la France. Minéralisations liées aux strates et gites filoniens. Thèse d'Etat.
- Filella, M., Belzile, N., and Chen, Y., 2002. Antimony in the environment: a review focused on natural waters. I. Occurrence. *Earth Science Reviews* **57**, 125-176.
- Frissant, N., 2008. Evaluation de la qualité des eaux souterraines de la Corse à partir des résultats d'analyses des eaux de surface à l'étiage. Rapport BRGM/RP-56222-FR. 49 p., 16 ill., 2 ann.
- Genevier, M., Mardhel, V., Frissant, N., and Bodéré, G., 2011. Actualisation de la synthèse hydrogéologique de la région Corse. Rapport final BRGM/RP-59924-FR. 109 pages, 18 ill, 6 annexes. Planches. 600AE - Formations sédimentaires miocènes et pliocènes de Corse.
- Hervé, J. P., Le Bars, P., Juncy, G., Lamy, N., and Cosqueric, M., 1997a. Mine de Canari (Haute-Corse). Rejet des stériles en mer et évolution du trait de côte. BRGM/RR-39277-FR.
- Hervé, J. Y., Le Bars, P., Juncy, G., and Cosquéric, M., 1997b. Les métaux lourds dans les eaux destinées à la consommation humaine - Etude de la zone à risques potentiels de la région Balagne-Filosorma. BRGM R 39511.
- Hesske, S., Parriaux, A., and Bensimo, N. M., 1997. Geochemistry of springwaters in Molasse aquifers : typical mineral trace elements, . *Eclogae Geologicae Helvetiae* **90**, 151-171.
- Juncy, G. and Gauthier, A., 1993. Anciens travaux miniers de Corse. Compte-rendu de visite et proposition de mise en sécurité. BRGM/RR-37890.
- Meybeck, M., 1986. Composition chimique des ruisseaux non pollués de France. *Sci. Géol. Bull.* **39**, 3-77.

- Migon, C. and Mori, C., 1999. Arsenic and antimony release from sediments in a Mediterranean estuary. *Hydrobiologia* **392**, 81-88.
- Mori, C., Orsini, A., and Migon, C., 1999. Impact of arsenic and antimony contamination on benthic invertebrates in a minor Corsican river. *Hydrobiologia* **392**, 73-80.
- Migon, C., Mori, C., Orsini, A., and Tian, R.-C., 1995. Arsenic and antimony contamination in a riverine environment affected by an abandoned realgar mine. *Toxicological and Environmental Chemistry* **52**, 221-230.
- Orsini, A., Migon, C., Gibert, B., and Mori, C., 1994. Impact d'un enrichissement en arsenic et en antimoine sur les invertébrés benthiques d'un cours d'eau de Corse Hydroécologie appliquée, Spec. issue, 4ème Conférence Internationale des Limnologues d'Expression Française, 25-28 April 1994, Marrakech, Morocco, pp.100-135.
- Riou, V., Ferrandini, J., and Ferrandini, M., 2009. Procédure d'autorisation et de protection des captages de la ville. Dossier préalable à la consultation de l'hydrogéologue agréé., 44.
- Rouzeau, O., denis, L., Maurizot, P., and Hervé, J. Y., 1999. Atlas thématique de la Corse. Galeria-Osani. Données multicritères appliquées à l'environnement. BRGM R 39582.
- Schmitt J.M., C. P., 1996. Impact hydrogéologique et hydrochimique de l'abandon d'une mine métallique. Cas de Largentière (Ardèche, France). *Les Techniques, Numéro spécial "Mines et Carrières "* **96**, 38-47.
- Stéphane, A., 2012. Etude environnementale détaillée sur le site minier d'arsenic de Matra (Haute-Corse). Réunion d'initialisation du projet, 25 mai 2012. Geoderis.
- Vallée, K., Bernard, D., Boullenger, C., Briand, G., Cacheux, P., Conte, B., and Maillot, H., 1999. Le nickel dans les aquifères alimentant le bassin Artois-Picardie : cas du champ captant des Ansereuilles. *TSM génie urbain génie rural*, **11**, 75-85.

17. Annexe 1 Description des sites de la campagne exploratoire

Tableau 24 : Points d'eau et dates d'échantillonnage du projet.

Date prélèvement	Nom échantillon	Support	X L2E (m)	Y L2E (m)	Secteur
Bassin versant du Fium'Orbu					
13/09/2012	Finosa Amont	ESU	1172529,06	1701462,467	Dans la partie amont du BV du Fium'Orbu, sur l'exhaure d'une source dont l'eau rejoint le ruisseau de Finosa. Source non visitée car inaccessible (maquis). Echantillon correspondant a priori au fond géochimique.
13/09/2012	Finosa aval	ESU	1172405,68	1701864,85	Prélèvement dans le ruisseau de Finosa en aval des travaux miniers, en amont direct de la confluence avec le ruisseau de Paganello.
13/09/2012	Fium'Orbu aval mine	ESU	1172475,15	1702626,006	Prélèvement dans le Fium'Orbu, en aval de sa confluence avec le ruisseau de Finosa.
14/09/2012	Fium'Orbu amont mine	ESU	1172124,33	1702405,572	Prélèvement dans le Fium'Orbu, en amont de sa confluence avec le ruisseau de Finosa.
14/09/2012	Fium'Orbu amont CET	ESU	1183115	1696079,587	Prélèvement dans le Ruisseau de Varagno. Site dans la plaine, en amont du centre d'enfouissement d'ordures mais pas sur le Fium'Orbu.
14/09/2012	Fium'Orbu aval CET	ESU	1183925,09	1694772,375	Prélèvement dans le Fium'Orbu dans la plaine en aval du CET (ICSP), odeur d'ordures dans l'air.
Bassin versant du Tagnone					
17/09/2012	Vezzani amont	ESU	1171590,5	1709964,503	Prélèvements dans le Tagnone, en position latérale à la mine et en amont immédiat du pont.
17/09/2012	Castelluccio amont	ESU	1180591,2	1704253,587	Prélèvements dans le Tagnone, en amont de Castelluccio.

18/09/2012	Castelluccio aval	ESU	1182011,35	1703665,946	Prélèvements dans le Tagnone, en aval de Castelluccio.
18/09/2012	Aghione	ESU	1186630,82	1704842,853	Prélèvements dans le Tagnone, dans la partie amont de la plaine.
18/09/2012	ESO Samuleto	ESO	1187948,91	1702295,537	Prélèvements d'eau issue d'un forage situé dans la cour d'une coopérative viticole.
18/09/2012	Tagnone Aleria	ESU	1193813,16	1704550,708	Prélèvements dans le Tagnone, en amont de sa confluence avec le Tavignano, en amont du pont.
Bassin versant du Liamone					
19/09/2012	Catena	ESU	1136385,05	1707342,063	Prélèvements dans le ruisseau de Catena, affluent du Liamone, en amont du pont.
19/09/2012	Guagno source	ESO	1142573,33	1708126,46	Prélèvements au niveau du rejet de la source thermale en contrebas du bâtiment des thermes.
19/09/2012	Guagno bains amont	ESU	1142783,18	1708075,677	Prélèvements dans la rivière de Guagno, affluent du Liamone, en amont du rejet de la source thermale et au niveau du barrage de la prise d'eau sur le cours d'eau.
19/09/2012	Guagno bains aval	ESU	1142613,21	1708285,076	Prélèvements dans la rivière de Guagno, affluent du Liamone, en amont du pont et en aval du rejet de la source thermale.
20/09/2012	Cruzini amont	ESU	1146438,65	1701446,803	Prélèvements dans la rivière u Crizini en amont d'un indice minier ou d'un site minier supposé. En amont du pont.
20/09/2012	Cruzini aval	ESU	1145979,48	1701103,82	Prélèvements dans la rivière u Crizini en aval d'un indice minier ou d'un site minier supposé. En aval du ruisseau d'Azzana qui arrive en rive droite et en amont du ruisseau de Capannella qui arrive en rive gauche.
20/09/2012	Liamone amont confluence	ESU	1137354,77	1701285,661	Dans le secteur du pont de Truja, prélèvements dans le Liamone en amont de sa

					confluence avec la rivière u Cruzini.
20/09/2012	Cruzini amont confluence	ESU	1137420,6	1701188,618	Dans le secteur du pont de Truja, prélèvements dans la rivière u Cruzini en amont de sa confluence avec le Liamone.
20/09/2012	Liamone aval confluence	ESU	1137270,05	1701247,6	Dans le secteur du pont de Truja, prélèvements dans le Liamone en aval de la confluence du Liamone avec la rivière u Cruzini mais bien en amont du pont de Truja.
21/09/2012	Liamone plaine	ESU	1130843,41	1697328,349	Prélèvements dans le Liamone, dans la plaine, au lieu-dit Tilorza.
Bassin versant de la Gravone					
24/09/2012	Gravone Bocognano	ESU	1160726,26	1700650,899	Prélèvements dans la Gravone à Bocognano, en amont direct du pont de Sellola.
24/09/2012	ESO Piatanicce	ESO	1138984,94	1684766,46	Prélèvements dans le forage AEP F1 de Piatanicce situé en position avale à l'ICSP Ponte Bonellu
24/09/2012	Bonellu amont	ESU	1139081,57	1685923,752	Prélèvements dans la rivière Bonellu en amont du dépôt de ferrailles, en contrebas de la maison de repos.
24/09/2012	Bonellu aval	ESU	1138673,23	1685340,178	Prélèvements dans la rivière Bonellu en aval du dépôt de ferrailles, en amont direct du pont de la N193
24/09/2012	ESU Piatanicce	ESU	1138994,14	1684739,265	Prélèvements dans la Gravone en contrebas de la station de pompage de Piatanicce où ont été prélevées ESO Piatanicce. En amont ancien passage à gué.
24/09/2012	Gravone aval gravières	ESU	1138458,14	1682809,463	Prélèvements dans la Gravone en aval des gravières, en amont des bains de Caldaniccia. En amont du pont de la piste
25/09/2012	Gravone Cuttoli	ESU	1140246,35	1686355,722	Prélèvements dans la Gravone, 100 m en amont du pont de Cuttoli, en amont de la plaine alluviale

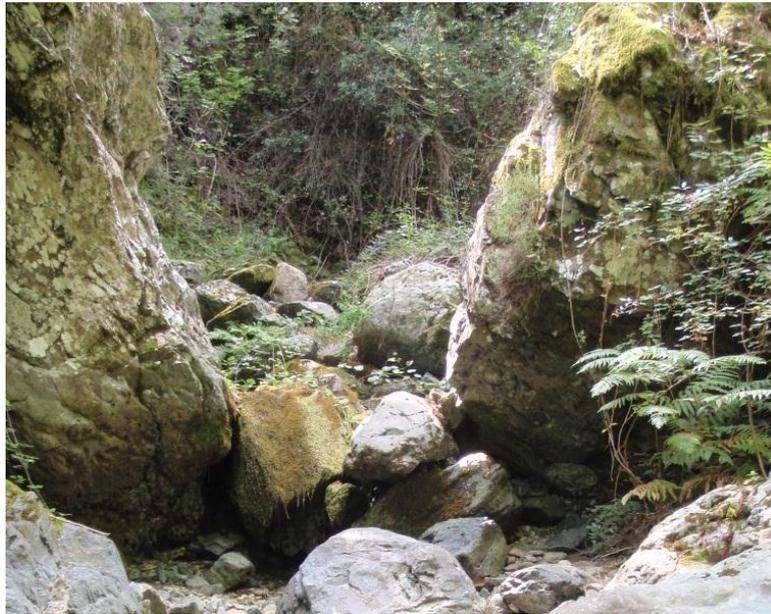
25/09/2012	Gravone aval Cavallu	ESU	1138248,12	1682264,05	Prélèvements dans la Gravone, en aval de la confluence du ruisseau de Cavallu qui passe aux abords des bains de Caldaniccia.
25/09/2012	<i>Pas de prélèvement</i>	ESU	1138298,84	1682408,021	Mesures dans le ruisseau de Cavallu Mortu qui passe à côté des bains de Caldaniccia, en amont de sa confluence avec la Gravone.
25/09/2012	<i>Pas de prélèvement</i>	ESU	1138346,96	1682443,058	Mesures dans la Gravone en amont de la confluence de la Gravone avec le ruisseau de Cavallu Mortu qui passe à côté des bains de Caldaniccia.
25/09/2012	Piezo ICPE	ESO	1138978,18	1685604,578	Prélèvement dans un piézomètre situé dans l'enceinte du dépôt de ferrailles de Ponte Bonellu, piézo situé à gauche en rentrant sur le site, derrière le portail.

18. Annexe 2

Résultats de la campagne exploratoire dans le Tagnone

La planche suivante présente les caractéristiques principales des sites échantillonnés.

Amont de la mine de Vezzani, à sec



Source du ruisseau à l'amont de la mine de Vezzani



Amont mine
Castelluccio



Aval de la mine
de Castelluccio



Cuve et forage de la coopérative agricole



Tagnone dans la plaine d'Aléria



Figure 49 : Planche photographique des sites échantillonnés dans le Tagnone en septembre 2012.

Tableau 25 : Mesures de la campagne exploratoire de septembre 2012 dans le Tagnone.

	unité	Vezzani Amont	Castelluccio Amont	Castelluccio Aval	Aghione	ESO Samuleto	Tagnone Aleria
date		17/09/2012	17/09/2012	18/09/2012	18/09/2012	18/09/2012	18/09/2012
Secteur		Tagnone, latérale à la mine et en amont du pont	Tagnone, en amont de Castelluccio	Tagnone, en aval de Castelluccio	Tagnone, dans la partie amont de la plaine	forage situé dans la cour d'une coopérative viticole	Tagnone en amont de confl. Tavignano amont du pont
Support		ESU	ESU	ESU	ESU	ESO	ESU
Conductivité	µS/ cm	278	407	434	606	724	527
pH		7,92	8,31	8,36	7,91	6,87	8,11
T	°C	12,0	20,1	20,0	18,4	18,0	18,5
Débit	L/s	1,5	40,7	45,8	154	-	187,6
Méthode débit		visuel	sel	couranto électromag	flotteur	-	couranto électromag
Incertitude débit		forte	faible	faible	forte	-	faible
élément	LQ						
Ag	0,01	µg/l	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Al	0,5	µg/l	0,98	0,87	1,64	1,09	2,78
As	0,05	µg/l	0,05	0,14	0,21	0,16	0,32
B	0,5	µg/l	8,12	21,9	23,5	25	22,4
Ba	0,05	µg/l	16	7,18	4,47	15,4	37,3
Be	0,01	µg/l	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0,05
COD	0,5	mg/l	0,6	1,1	1	1	0,6
Ca	0,5	mg/l	40,8	56,2	59,3	89,7	51,6
Cd	0,01	µg/l	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0,02
Cl	0,5	mg/l	8,2	14,8	15,9	20,9	123,2
Co	0,05	µg/l	< LQ	< LQ	0,06	0,05	0,14
Cr	0,1	µg/l	0,67	1,16	0,93	1,04	< LQ
Cu	0,1	µg/l	0,27	0,55	0,65	0,35	0,94
F	0,1	mg/l	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0,1
Fe	0,02	mg/l	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0,082
K	0,5	mg/l	0,6	0,8	0,8	0,7	1,2
Li	0,1	µg/l	0,43	1,92	2,12	3,41	15,6
Mg	0,5	mg/l	5,2	11,4	12,2	16,1	25,6
Mn	0,1	µg/l	0,11	0,41	17,3	17	65,4
NH4	0,05	mg/l	< LQ	< LQ	0,08	< LQ	< LQ
NO2	0,01	mg/l	< LQ	< LQ	< LQ	0,01	0,08
NO3	0,5	mg/l	0,5	< LQ	< LQ	6	< LQ
Na	0,5	mg/l	6,7	10,3	10,9	13,6	45
Ni	0,1	µg/l	0,14	0,3	0,51	0,93	7,22
PO4	0,1	mg/l	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Pb	0,05	µg/l	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0,18
SO4	0,5	mg/l	10	26,3	27,6	37	41,6
Sb	0,05	µg/l	< LQ	< LQ	< LQ	0,05	< LQ

Se	0,1	µg/l	0,11	< LQ				
SiO2	0,5	mg/l	11,1	10,3	10,6	17,6	34,8	15,2
Sr	0,1	µg/l	161	267	273	391	237	301
Zn	0,5	µg/l	0,62	0,87	1,63	0,95	8,78	0,79
CO3	5	mg/l	< LQ					
HCO3	5	mg/l	148	197	212	310	156	261

Tableau 26 : Données du suivi AERM&C à la station d'Aléria.

		Aléria						
date		19/05/08	23/09/08	20/10/09	25/01/10	14/04/10	26/07/10	26/10/10
Support		ESU						
Cond	µS/cm	440	618		438	467	523	533
pH		8,05	8,1		8,04	8,43	8,27	7,28
Al	µg/l							
As	µg/l			0,3				
B	µg/l			27	14	13	15	17
Ba	µg/l			20	11,7	12	18,4	17,5
Ca	mg/l	70,8	30,4			68	79	
Cd	µg/l							0,05
Cl	mg/l	17	27			19,6	22	
Co	µg/l							
Cr	µg/l			0,7	1	1	14	0,52
Cu	µg/l			1,8	1,1		1,2	0,75
K	mg/l	1,26	4,08			0,9	1	
Li	µg/l							
Mg	mg/l	10,7	6,9			14	15,7	
Na	mg/l							
Ni	µg/l			0,9	1	1	0,6	
PO4	mg/l							
Pb	µg/l			1,5				
SO4	mg/l	24	13			28	25,2	
SiO2	mg/l				15,494	16,51	18,034	17,907
Sr	µg/l							
Zn	µg/l			9	5	2	11	1
HCO3	mg/l							

19. Annexe 3

Résultats de la campagne exploratoire dans le Liamone

La planche suivante présente les caractéristiques principales des sites échantillonnés.

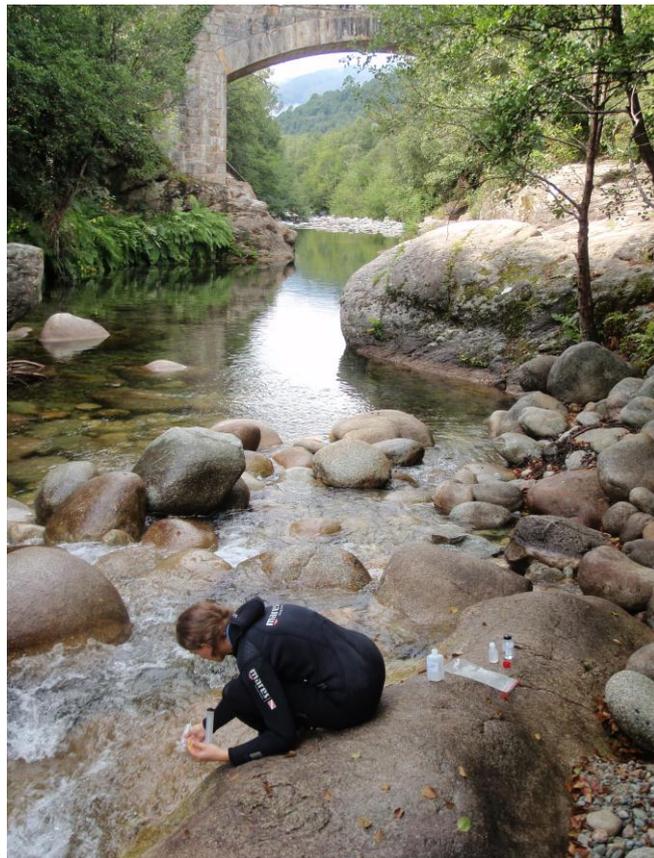
Prélèvement
à la source
thermale du
village de
Guagno les
Bains



Rejet source
thermale
dans rivière



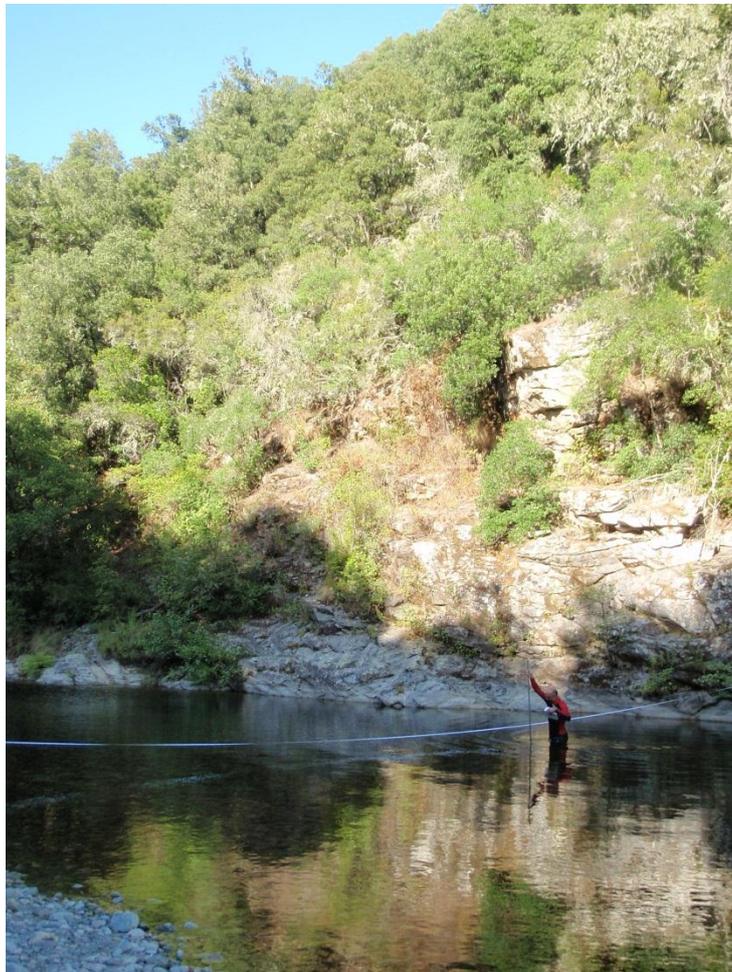
Rivière de
Guagno,
aval source
thermale



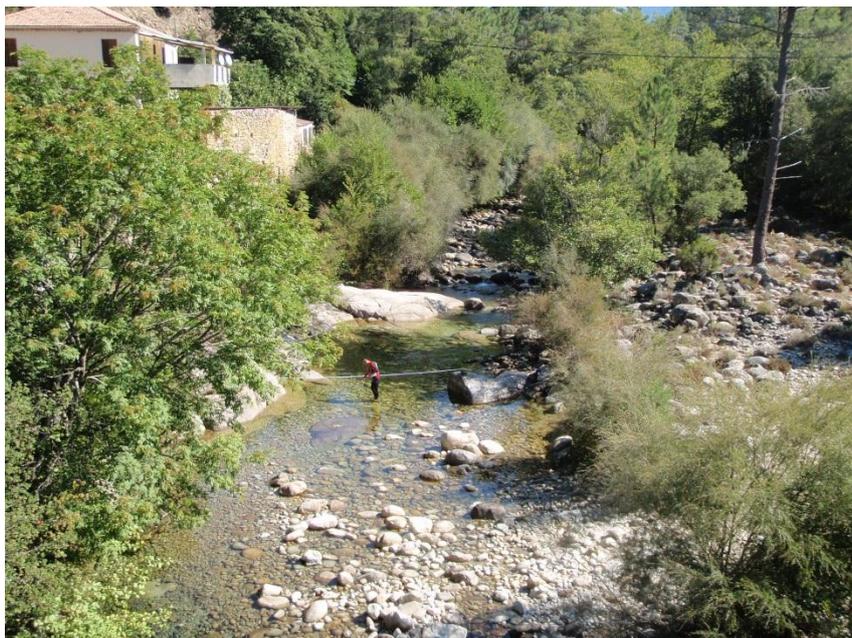
Mesure de débit dans le ruisseau Catena



Liamone, secteur du pont de Truja en amont de la confluence avec la rivière u Cruzini



Ruisseau
Cruzini en
amont de
l'indice
minier



Forage
d'Arbori



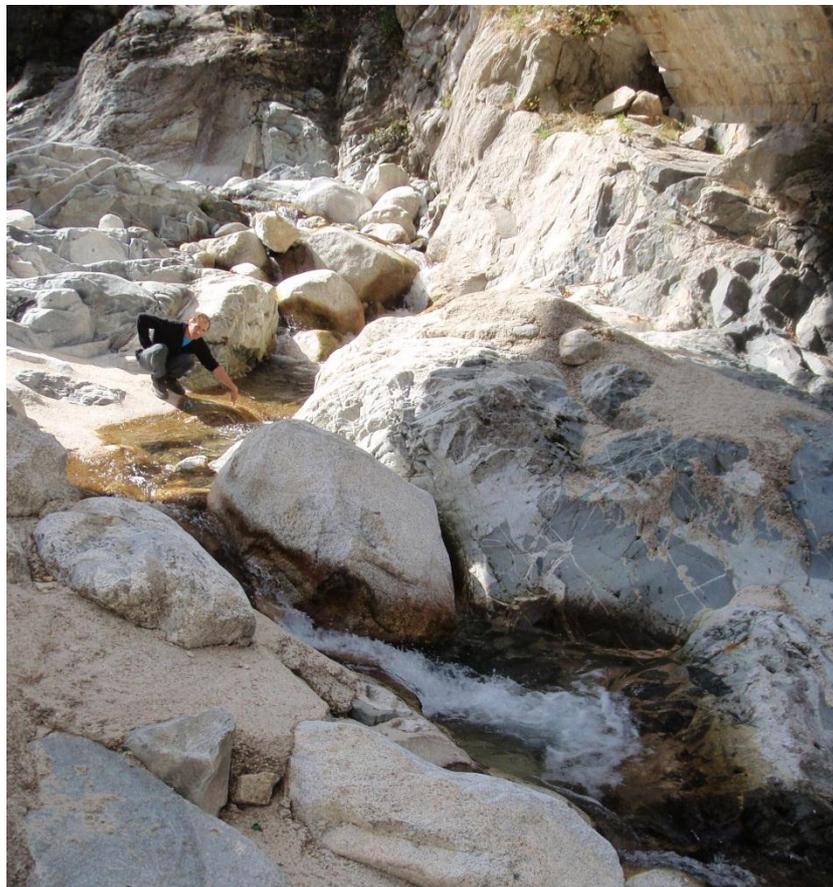
Cr	0,1	µg/l	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Cu	0,1	µg/l	0,23	< LQ	0,15	0,13	0,11	0,15	0,25	0,1	0,18	0,14
F	0,1	mg/l	0,1	6,8	0,1	0,2	< LQ	< LQ	0,2	0,1	0,2	0,1
Fe	0,02	mg/l	0,073	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0,045
K	0,5	mg/l	0,8	2,7	< LQ	< LQ	0,5	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8
Li	0,1	µg/l	0,49	96,6	0,69	1,15	0,64	0,65	0,91	1,25	1	0,88
Mg	0,5	mg/l	4,4	< LQ	2,2	2,2	2,2	2,2	2,8	3,7	3,1	3,3
Mn	0,1	µg/l	3,29	0,22	1,2	0,92	0,55	0,66	1,24	1,04	1,28	7,4
NH4	0,05	mg/l	< LQ	< LQ	0,05	0,07	< LQ	< LQ	< LQ	0,12	0,07	0,06
NO2	0,01	mg/l	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
NO3	0,5	mg/l	2,5	< LQ	1,6	1,6	0,7	0,6	1,5	< LQ	1,1	0,6
Na	0,5	mg/l	15,2	74,5	8,1	8,6	10,1	10,3	10,7	14,8	12	13,2
Ni	0,1	µg/l	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
PO4	0,1	mg/l	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Pb	0,05	µg/l	0,05	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
SO4	0,5	mg/l	5,7	69,8	3,1	3,6	4,6	4,6	4,7	5,6	5,2	5
Sb	0,05	µg/l	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Se	0,1	µg/l	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
SiO2	0,5	mg/l	14,4	104,8	9,5	10,1	11,2	11,2	8,8	13,2	10,3	8,9
Sr	0,1	µg/l	50,2	61,9	18,3	19,2	18	18,1	27,3	29,8	28,1	29,7
Zn	0,5	µg/l	2,33	1,61	0,88	0,9	1,67	0,92	0,88	0,79	0,83	0,9
CO3	5	mg/l	< LQ	22	< LQ							
HCO3	5	mg/l	31	29	23	23	18	20	29	31	30	30

20. Annexe 4

Résultats de la campagne exploratoire dans la Gravone

La planche suivante présente les caractéristiques principales des sites échantillonnés.

Gravone à
Bocognano



Forage AEP de
Piatanicce



Gravone en aval
du pont Cuttoli



Prélèvement dans
le piézomètre du
dépôt de ferraille



Gravone à l'aval
des gravières



	5										
Cr	0,1	µg/l	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Cu	0,1	µg/l	0,14	1,79	0,31	0,35	0,84	0,33	0,23	0,15	0,4
F	0,1	mg/l	< LQ	0,1	0,1	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,3
Fe	0,0 2	mg/l	< LQ	< LQ	0,088	0,025	0,068	0,286	0,029	< LQ	0,219
K	0,5	mg/l	< LQ	0,9	0,8	1,3	1,4	1,1	0,8	1,2	1,3
Li	0,1	µg/l	< LQ	0,62	0,83	1,71	1,75	1,32	0,65	2,04	2,61
Mg	0,5	mg/l	0,8	4,1	3,8	12	11,6	4,5	3,6	8,8	6,2
Mn	0,1	µg/l	< LQ	1,08	12,2	5,25	8,37	50,8	3,27	0,2	56,5
NH4	0,0 5	mg/l	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0,07	< LQ	< LQ	0,06
NO2	0,0 1	mg/l	< LQ	< LQ	< LQ	0,02	0,03	0,01	0,01	< LQ	0,04
NO3	0,5	mg/l	2	1,9	1,6	7,9	6	1,7	1,7	6,7	4,1
Na	0,5	mg/l	4	16,3	16,1	34,9	35,4	18,5	15	27,8	24,1
Ni	0,1	µg/l	< LQ	0,27	< LQ	< LQ	0,1				
PO4	0,1	mg/l	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Pb	0,0 5	µg/l	< LQ	0,08	< LQ	< LQ	< LQ	0,05	< LQ	< LQ	0,05
SO4	0,5	mg/l	3,3	12,5	8,3	16	15,7	9,9	7,1	16,4	12,8
Sb	0,0 5	µg/l	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Se	0,1	µg/l	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0,11	< LQ
SiO2	0,5	mg/l	6,8	11,2	10,9	25,3	24,5	11	10,9	22,5	14,6
Sr	0,1	µg/l	9,8	41,5	36,3	82,3	81,3	44,7	32,2	70,1	51,8
Zn	0,5	µg/l	1,37	6,44	0,96	0,98	1,27	1,34	1,02	1,7	1,26
CO3	5	mg/l	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
HCO3	5	mg/l	18	34	34	100	97	42	32	62	57

21. Annexe 5

Résultats de la campagne exploratoire dans le Fium'Orbu

La planche suivante présente les caractéristiques principales des sites échantillonnés.

Source en
amont de la
mine de
Finoza



Travaux
miniers de la
mine de
Finoza



Travaux
miniers de la
mine de
Finoza



Fium'Orbu en
amont de la
mine de
Finoza



Fium'Orbu en
amont du
CET



Figure 52 : Planche photographique des sites échantillonnés dans le bassin versant du Fium'Orbu.

Site	Unité	Finosa amont	Finosa aval	Fium'Orbu amont mine	Fium'Orbu aval mine	Fium'Orbu aval CET	Varagno amont CET
date		13/09/2012	13/09/2012	14/09/2012	13/09/2012	14/09/2012	14/09/2012
support		ESU	ESU	ESU	ESU	ESU	ESU
Conduc élec	µS/cm	186,9	182,8	65,5	66,5	157,5	96,6
pH		7,99	7,24	7,6	7,77	7,56	7,31
T	°C	14	17	14,2	15,9	19,8	18,6
Débit	l/s	2	1	500	640	750	202
Méthode débit		Visuelle	Visuelle	flotteur	flotteur	Couranto	Couranto
Incertitude débit		forte	forte	forte	forte	moyenne	moyenne
élément	LQ						
Ag	0,01	µg/l	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Al	0,5	µg/l	4,59	2,6	10,4	11,3	3,41
As	0,05	µg/l	0,12	0,14	0,08	0,09	0,19
B	0,5	µg/l	6,07	6,88	4,75	5,13	15,1
Ba	0,05	µg/l	21,4	69,2	20,7	21,1	22,4
Be	0,01	µg/l	0,03	0,01	0,01	0,01	< LQ
COD	0,5	mg/l	0,9	0,9	1,3	1,5	1,8
Ca	0,5	mg/l	27,7	25	3,9	4,1	11,9
Cd	0,01	µg/l	0,01	5,16	< LQ	0,03	< LQ
Cl	0,5	mg/l	6,3	6,5	5,6	5,7	8,3
Co	0,05	µg/l	< LQ	0,29	< LQ	< LQ	< LQ
Cr	0,1	µg/l	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0,57
Cu	0,1	µg/l	0,37	1,4	0,33	0,33	0,33
F	0,1	mg/l	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Fe	0,02	mg/l	< LQ	< LQ	0,021	< LQ	0,021
K	0,5	mg/l	0,8	0,8	0,6	0,6	0,9
Li	0,1	µg/l	0,39	0,64	0,92	0,88	1,55
Mg	0,5	mg/l	1,7	2,2	1,3	1,4	6,7
Mn	0,1	µg/l	0,35	< LQ	0,58	0,59	2,33
NH4	0,05	mg/l	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
NO2	0,01	mg/l	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
NO3	0,5	mg/l	< LQ	< LQ	0,9	1	1,6
Na	0,5	mg/l	6	6,6	5,9	6	7,5
Ni	0,1	µg/l	0,13	0,13	< LQ	< LQ	4,12
PO4	0,1	mg/l	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Pb	0,05	µg/l	0,13	134	0,01	1,17	0,07
SO4	0,5	mg/l	2,5	4	2,8	2,8	6,2
Sb	0,05	µg/l	< LQ	0,26	< LQ	< LQ	< LQ
Se	0,1	µg/l	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
SiO2	0,5	mg/l	10,6	11,2	10,6	10,6	13,1
Sr	0,1	µg/l	33,7	45,6	16,8	16,6	48,4
Zn	0,5	µg/l	1,94	432	0,63	2,56	< LQ
CO3	5	mg/l	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
HCO3	5	mg/l	89	83	15	15	61

Tableau 29 : Mesures de la campagne exploratoire de septembre 2012 dans le Fium'Orbu



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 36009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34 - www.brgm.fr

Direction Régionale Corse
Immeuble Agostini
ZI de Furiani
20600 Bastia – France
Tél. : 04 95 58 04 33