

Document public



Caractérisation de la pollution des eaux souterraines au mercure à Vacqueville et Veney (54) – Lorraine

1^{ère} Phase

BRGM/RP-63962-FR

Décembre 2014



Caractérisation de la pollution des eaux souterraines au mercure à Vacqueville et Veney (54) – Lorraine

1^{ère} Phase

BRGM/RP-63962-FR

Décembre 2014

Étude réalisée dans le cadre des opérations
de Service public du BRGM 2013-POL-2719

D. Nguyen-Thé, G. Demangeon, D. Midot

Avec la collaboration de

N. Devau, P. Blanc

Vérificateur :

Nom : V. Guérin

Date : 04/12/14

Signature :

Approbateur :

Nom : D. Midot

Directeur régional

Date : 19/12/14

Signature :

Le système de management de la qualité et de l'environnement
est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.



Mots-clés : mercure, eau souterraine, sol, sédiment, Vacqueville, Veney, département 54, Lorraine.

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

Nguyen-Thé D., Demangeon G., Midot D., Devau N., Blanc P. (2014) – Caractérisation de la pollution des eaux souterraines au mercure à Vacqueville et Veney (54), Lorraine, Phase 1. Rapport BRGM/RP-63962-FR, 56 p., 14 ill., 3 ann.

Synthèse

Une pollution des eaux souterraines au mercure a été mise en évidence à Vacqueville et Veney en Meurthe-et-Moselle, dans les captages d'alimentation en eau potable. La concentration y a été mesurée jusqu'à 18 µg/L.

L'Agence de l'eau Rhin-Meuse, l'Agence Régionale de Santé de Lorraine et la Direction Régionale, de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement ont sollicité le BRGM afin de rechercher l'origine de cette pollution.

Pour ce faire, un bilan complet a été effectué sur les émergences naturelles situées dans l'environnement proche et éloigné des captages pollués pour vérifier si l'anomalie en mercure ne s'étendait pas dans les eaux souterraines. Trois profils d'échantillonnages des sols recoupant la faille de Veney ont été réalisés ainsi qu'une campagne de stream sediment en aval des ruisseaux des environs, en vue de doser les teneurs en mercure.

Ces campagnes de terrain ont été denses et ont permis d'analyser 26 échantillons d'eaux souterraines, 79 échantillons de sols et 6 échantillons de sédiments. Tous les résultats ont été restitués sur des cartes afin de permettre l'examen de leur répartition.

Les différents milieux prélevés et diverses hypothèses quant à l'origine de la pollution au mercure ont été passés en revue. Les interprétations qui ont été faite à partir des mesures et analyses effectuées sur tous les échantillons d'eaux souterraines, de sols et de sédiments et des informations qui ont été collectées par ailleurs sont les suivantes :

- ✓ les résidus de munitions semblent à écarter comme origine du mercure,
- ✓ les deux décharges sauvages sont à écarter comme origine de la pollution affectant l'ensemble des 3 captages,
- ✓ du mercure n'apparaît pas dans le fond hydrochimique ni dans le fond géochimique, mais sa présence en association à d'autres métaux reconnus par ailleurs dans les formations géologiques ou les sols de la région n'est pas à exclure,
- ✓ il existe quelques indices disséminés de la présence de mercure dans les sols et les sédiments échantillonnés et analysés, qui ne constituent pas d'anomalies importantes et qui pourraient rendre compte d'une origine naturelle géologique,
- ✓ on n'observe pas de contrôle apparent de la faille sur la pollution.

Afin d'avancer davantage dans la compréhension de l'origine de la pollution, une deuxième phase d'investigations et d'analyses pourrait être entreprise.

Comme cela avait été envisagé initialement, des analyses multi-élémentaires pour déterminer les teneurs en métaux dans les sols et sédiments pourraient être faites. De telles analyses multi-élémentaires pourraient aussi être envisagées pour les eaux souterraines sur un nombre restreint d'échantillons ciblés.

Sommaire

1. Présentation de la problématique	7
1.1. SITUATION.....	7
1.2. CONTEXTES HYDROGEOLOGIQUE ET GEOLOGIQUE	8
1.3. OBJECTIFS DE LA MISSION	9
2. Investigations	11
2.1. PROGRAMME D'INVESTIGATIONS	11
2.1.1. Prélèvements et analyses des eaux souterraines	11
2.1.2. Prélèvements et analyses des sols	12
2.1.3. Prélèvements et analyses des sédiments des cours d'eau	12
2.2. RESULTATS OBTENUS.....	13
2.2.1. Résultats concernant les eaux souterraines.....	13
2.2.2. Résultats concernant les sols	15
2.2.3. Résultats concernant les sédiments des cours d'eau	18
3. Examen des résultats obtenus	19
3.1. CONSIDERATIONS PRELIMINAIRES	19
3.1.1. Etat local de la nappe des GTI.....	19
3.1.2. Connaissances du fond géochimique	20
3.2. REVUE DES RESULTATS SELON LES MILIEUX.....	21
3.2.1. Les eaux souterraines.....	21
3.2.2. Les sols	25
3.2.3. Les sédiments.....	25
3.3. BILAN DE LA CAMPAGNE	26
4. Conclusions.....	27
5. Bibliographie	29

Liste des illustrations

Illustration 1 : Localisation des captages d'AEP.....	7
Illustration 2 : Carte géologique du secteur.....	8
Illustration 3 : Localisation des sites d'échantillonnage des sédiments.....	13
Illustration 4 : Qualité des eaux souterraines.....	14
Illustration 5 : Points d'eau prélevés et mercure détecté dans les eaux souterraines.....	15
Illustration 6 : Teneurs en mercure total mesurées dans les sols à Veney.....	16
Illustration 7 : Répartition statistique des résultats analytiques concernant les sols.....	16
Illustration 8 : Profils des teneurs en mercure total dans les sols.....	17
Illustration 9 : Teneurs en mercure dans les sédiments.....	18
Illustration 10 : Carte des teneurs en mercure dans les sédiments.....	18
Illustration 11 : Esquisse piézométrique de la nappe des GTI en automne 2013.....	19
Illustration 12 : Statistiques concernant As, Pb et Zn issues de l'inventaire minier.....	21
Illustration 13 : Localisation des décharges et des captages.....	22
Illustration 14 : Diagramme pH-pe pour le mercure.....	24

Liste des annexes

Annexe 1 : Chroniques des concentrations en mercure mesurées aux captages.....	31
Annexe 2 : Coupes géologique et technique du forage (02698X0052/F1).....	35
Annexe 3 : Fiches préparatoires de la campagne de prélèvement des sédiments des cours d'eau.....	39

1. Présentation de la problématique

1.1. SITUATION

Une pollution des eaux souterraines au mercure a été mise en évidence en 2007 à Veney en Meurthe-et-Moselle, à partir du moment où cet élément a été recherché lors des contrôles sanitaires (*confer* l'annexe 1). Le mercure a d'abord été détecté dans les eaux de deux captages d'alimentation en eau potable (AEP) situés sur le ban communal et qui étaient exploités pour les communes voisines de Vacqueville et Veney. Il s'agit des sources A et B, d'indices nationaux respectifs 02698X0026/HY et 02698X0025/HY (illustration 1). Des concentrations en mercure y ont été mesurées respectivement jusqu'à 18 et 9 $\mu\text{g/L}$, sachant que la limite de qualité des eaux destinées à la consommation humaine est fixée à 1 $\mu\text{g/L}$.

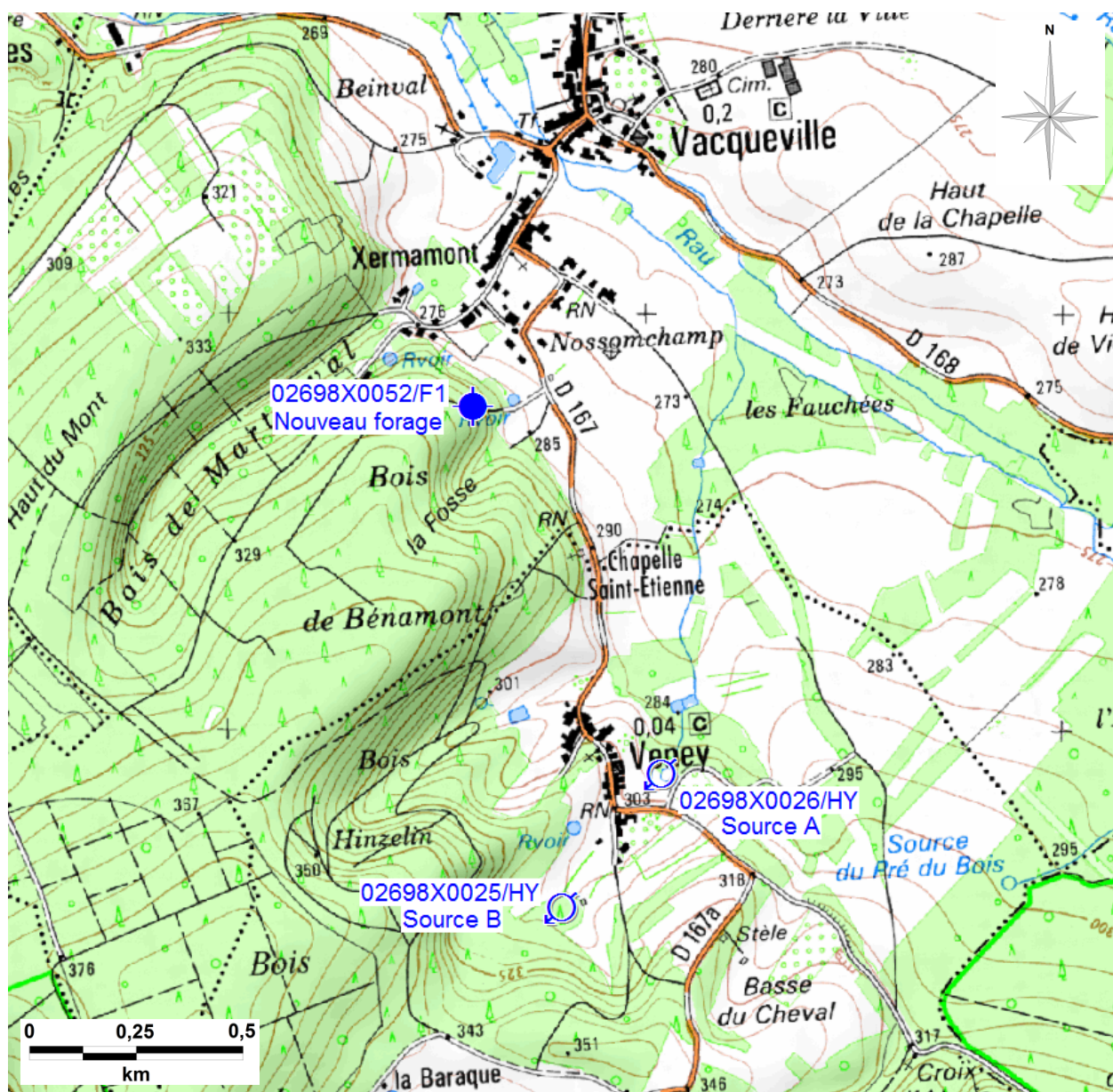


Illustration 1 : Localisation des captages d'AEP.

Afin de pallier à ce problème, la commune de Vacqueville a fait implanter en 2011 un forage (02698X0052/F1) à la sortie sud de son bourg, pour pourvoir à son alimentation en eau potable en remplacement de la source A. Malheureusement, du mercure a également été détecté dans les eaux du forage, même si c'est à des concentrations moindres qui à ce jour ont atteint jusqu'à 0,29 µg/L (confer la chronique des concentrations en annexe 1).

1.2. CONTEXTES HYDROGEOLOGIQUE ET GEOLOGIQUE

La ressource en eau souterraine affectée est celle de la nappe des grès du Trias inférieur (GTI). Un extrait des feuilles géologiques à 1/50 000° n° 269 de Lunéville et n° 270 de Cirey-sur-Vezouze, est reporté sur l'illustration 2. Il permet de préciser la nature des formations géologiques qui affleurent à proximité des captages.

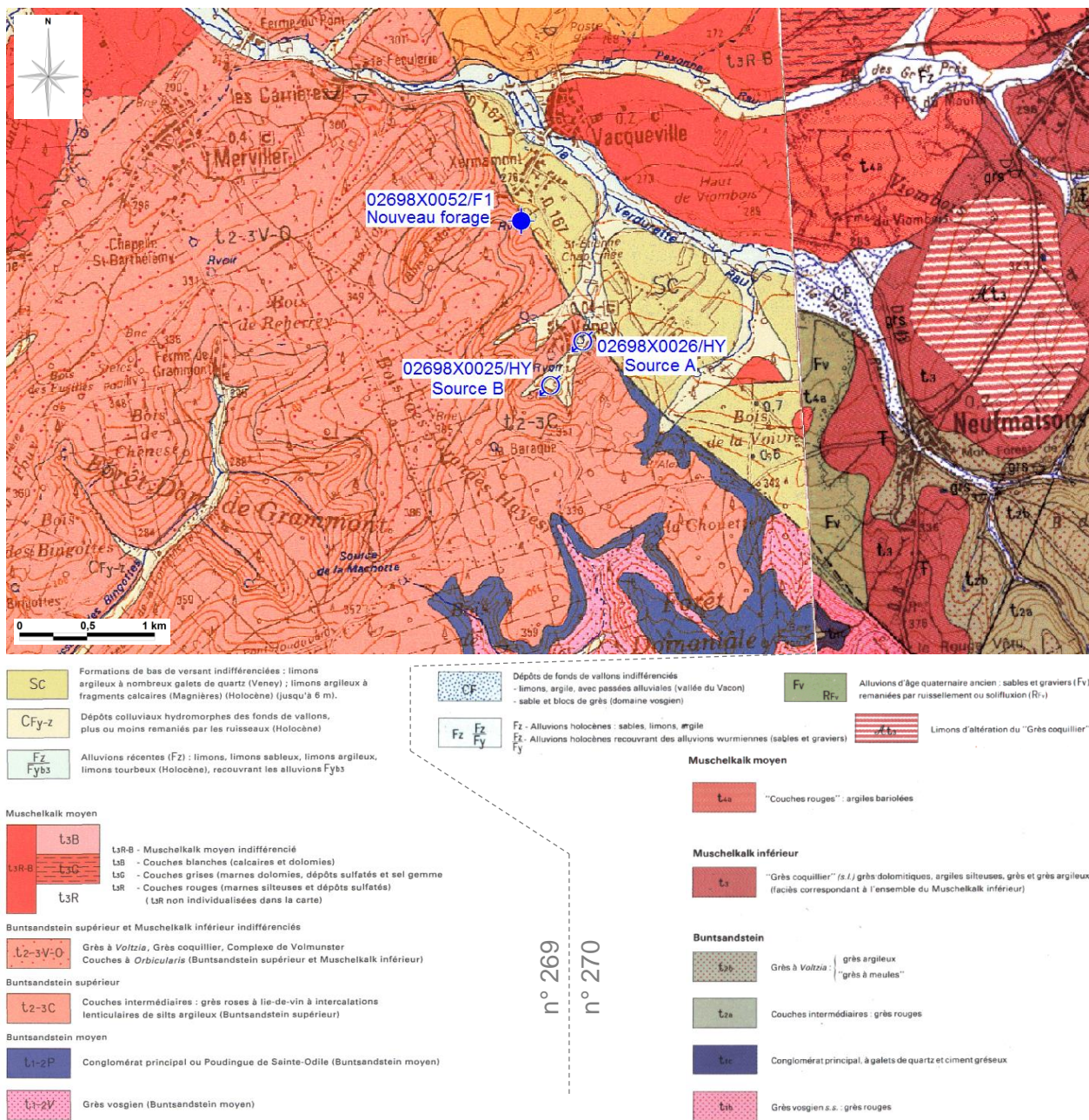


Illustration 2 : Carte géologique du secteur.

Les terrains présents sont ainsi, d'une part, des formations superficielles composées de limons et de colluvions, qui recouvrent des formations géologiques du Muschelkalk moyen indifférencié (marnes et carbonates) voire du Muschelkalk supérieur (calcaires), d'autre part, les Grès à *Voltzia* et les Couches intermédiaires du Buntsandstein supérieur, et le Conglomérat principal du Buntsandstein moyen, qui appartiennent à la série des grès du Trias inférieur. Ces derniers sont parfois aussi tapissés de colluvions dans les vallées.

Une faille masquée ou supposée a été cartographiée sur la feuille géologique pour délimiter les ensembles du Muschelkalk et du Buntsandstein. Son emplacement n'est donc pas certain, mais il a été géologiquement positionné en pied de relief.

Les formations géologiques recoupées par le forage F1 sont de haut en bas les Couches intermédiaires, le Conglomérat principal et le Grès vosgien (*confer* les coupes géologique et technique reportées en annexe 2). Le forage et la source A se trouvent à proximité de la faille et les sources A et B sont situées sur des colluvions reposant sur les Couches intermédiaires.

1.3. OBJECTIFS DE LA MISSION

Afin d'appréhender correctement toute pollution environnementale il est nécessaire en premier lieu de la caractériser et notamment de connaître son ampleur. L'Agence Régionale de Santé de Lorraine et l'Agence de l'eau Rhin-Meuse, en partenariat avec la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Lorraine, ont ainsi confié au BRGM le soin d'estimer l'extension de la pollution au mercure qui est observée dans les eaux souterraines à Vacqueville et Veney.

Pour cela, il a été décidé d'identifier quelles sont les autres sources d'eau qui sont contaminées dans le voisinage des trois captages.

En complément, une campagne de « stream sediment » a aussi été entreprise de manière à réaliser des analyses sur un support qui n'ait pas une dimension temporelle ponctuelle, mais qui intègre sur la durée, par accumulation, d'éventuels indices polluants. Les échantillons de sédiments sont par ailleurs intégrateurs des pollutions qui se trouvent dans les bassins versants situés à leur amont.

Des échantillonnages de sols et leurs analyses ont également été effectués selon des transects recoupant le tracé de la faille et longeant les emplacements de décharges sauvages de déchets dont la nature n'est pas précisément établie. Ces décharges, situées dans le voisinage des deux anciens captages, ont en effet été initialement identifiées comme pouvant être à l'origine de la pollution au mercure et il a été préconisé de les enlever (Revol, 2007 et 2008). Ce premier diagnostic a été confirmé en même temps qu'il a été recommandé de procéder à la recherche précise de l'origine de la pollution (rapport BRGM/RP-58241-FR).

Le forage F1 d'exploitation implanté en 2011 quasiment sur le tracé de la faille présentant des traces de mercure, il est aussi apparu que la faille pouvait jouer un rôle dans la propagation de la pollution, que la pollution provienne des décharges de déchets ou qu'elle soit d'origine naturelle.

2. Investigations

2.1. PROGRAMME D'INVESTIGATIONS

2.1.1. Prélèvements et analyses des eaux souterraines

Un bilan complet sur la présence ou l'absence de mercure dans les émergences naturelles a été effectué sur les sources qui sont situées en Forêt Domaniale de Grammont et en Forêt Domaniale des Reclos, notamment sur le versant sud-ouest des affleurements des grès du Trias inférieur qui fait face à la vallée de la Meurthe. Les prélèvements ont été effectués du 23/09/13 au 02/10/13 sur toutes les sources qui étaient accessibles. Lorsque les sources étaient regroupées, une seule d'entre elles a été prélevée pour éviter la redondance de l'échantillonnage.

La campagne de prélèvements a été étendue vers l'Est à Neufmaisons où des failles conjuguées de la première sont aussi répertoriées. L'objectif des investigations dans ce secteur était de vérifier si l'anomalie en mercure pourrait être associée à la présence de failles et donc vérifier l'absence ou la présence de mercure au niveau des autres failles mentionnées sur la carte géologique de Cirey-sur-Vezouze.

23 sources ont été prélevées au niveau de leurs émergences. Lors du prélèvement de chaque source, on a pu éviter le phénomène de remobilisation de particules fines. Les 3 captages d'AEP ont été échantillonnés par piquage. Ainsi, au total, 26 prélèvements d'eau souterraine ont été réalisés. Des mesures *in situ* de la température, de la conductivité électrique, du pH et du potentiel redox des eaux ont été effectuées. Les ions majeurs, le mercure dissous sur des eaux filtrées à 0,45 µm, le mercure total et les perchlorates ont été dosés dans chaque échantillon d'eau.

Les eaux prélevées pour le dosage des cations, des anions et des perchlorates ont été filtrées à 0,45 µm. Pour les cations, les eaux prélevées ont en plus été acidifiées à l'acide nitrique pour atteindre un pH inférieur à 2. Les eaux destinées au dosage du mercure total n'ont pas été filtrées tandis que celles pour le dosage du mercure dissous ont été préalablement filtrées à 0,45 µm. Le flaconnage des eaux pour le dosage du mercure a été fait à part avec l'addition d'acide chlorhydrique ultrapur. Tous les échantillons d'eau ont été transportés dans une glacière et stockés dans des réfrigérateurs avant analyse.

Les analyses des différents composés et éléments ont été réalisées à la Direction des Laboratoires du BRGM. Les analyses portant sur les perchlorates ont été faites selon une méthode interne, celles portant sur le mercure et le mercure total par spectrométrie de fluorescence atomique selon la norme NF EN 17852, celles portant sur le chlorure, les nitrates et le sulfate par chromatographie ionique selon la norme NF EN ISO 10304, celles portant sur le calcium, le magnésium, le potassium et le sodium par ICP à spectrométrie d'émission selon la norme NF EN ISO 11885, et celles portant sur les bicarbonates et les carbonates par mesure de l'alcalinité et par potentiométrie selon la norme NF EN ISO 9963-1.

2.1.2. Prélèvements et analyses des sols

Les prélèvements de sols ont été faits du 30/09/13 au 02/10/13, tous les 25 m en moyenne, selon 3 profils A, B et C, d'une longueur totale de 1850 m, et qui recoupent la faille passant à Veney et Vacqueville. Le profil A a été positionné au sud-est du territoire de Veney, à l'écart des décharges sauvages de déchets et des trois captages où du mercure a initialement été retrouvé, de manière à constituer une référence sur le fond géochimique des sols. Le profil B a contourné les deux décharges de déchets, selon les possibilités d'accès qui étaient laissées par la végétation. Le profil C est passé par le nouveau forage.

Même s'il était *a priori* envisageable de positionner les profils en fond de vallons où des remontées de nappe et un phénomène d'accumulation des particules fines pourraient avoir lieu, alors que sur les reliefs le lessivage des sols pourrait être plus prononcé, il a finalement été décidé de situer les profils sur la pente des terrains, en accord avec l'hydrogéologue agréé en matière d'hygiène publique qui suit le dossier. Cette manière d'échantillonner les sols est de plus conforme aux méthodes de prospection minière qui ont été éprouvées et qui ont montré leur efficacité.

Les échantillons de sols ont été prélevés sur 5 à 10 cm de profondeur, après avoir retiré la zone racinaire, et ils ont été placés dans des sacs en plastique alimentaire et stockés en intérieur. Les sols bruts ont ensuite été broyés et tamisés à 80 µm, puis la teneur en mercure a été mesurée par pyrolyse des échantillons sous un courant d'oxygène, amalgamation et analyse par absorption atomique. La préparation et l'analyse des échantillons ont été effectuées par la Direction des Laboratoires du BRGM.

Il était initialement prévu de n'analyser qu'un échantillon de sol sur deux sauf au voisinage de la faille et des décharges, mais compte tenu du fait que la réponse aux analyses du mercure s'est avérée négative sur le premier ensemble de prélèvement, les mesures ont été étendues à l'ensemble des prélèvements.

2.1.3. Prélèvements et analyses des sédiments des cours d'eau

Une campagne de « stream sediment » a été organisée par le BRGM lors d'une reconnaissance de terrain qui a été effectuée le 07/08/13 afin de compléter l'échantillonnage des sources. 16 sites de prélèvements de sédiments ont été identifiés et ils sont présentés sur la carte de l'illustration 3. Leur localisation a été pensée de façon à être située plutôt en aval des ruisseaux et le long de la Verdurette.

La réalisation des échantillons de sédiments et l'analyse de leurs teneurs en mercure a été confiée par l'Agence de l'eau au groupe Eurofins, de manière à ce que le protocole de prélèvement et les analyses soient cohérents avec les mesures qui alimentent le Système d'Informations sur l'Eau du bassin Rhin-Meuse (SIERM), les résultats analytiques obtenus devant y être versés.

Pour permettre à l'opérateur d'effectuer les prélèvements de sédiments aux endroits retenus, les sites ont été présentés sur des fiches préparatoires de prélèvement sur lesquelles les conditions d'accès sont précisées lorsque cela était nécessaire. Ces fiches sont reportées en annexe 3.

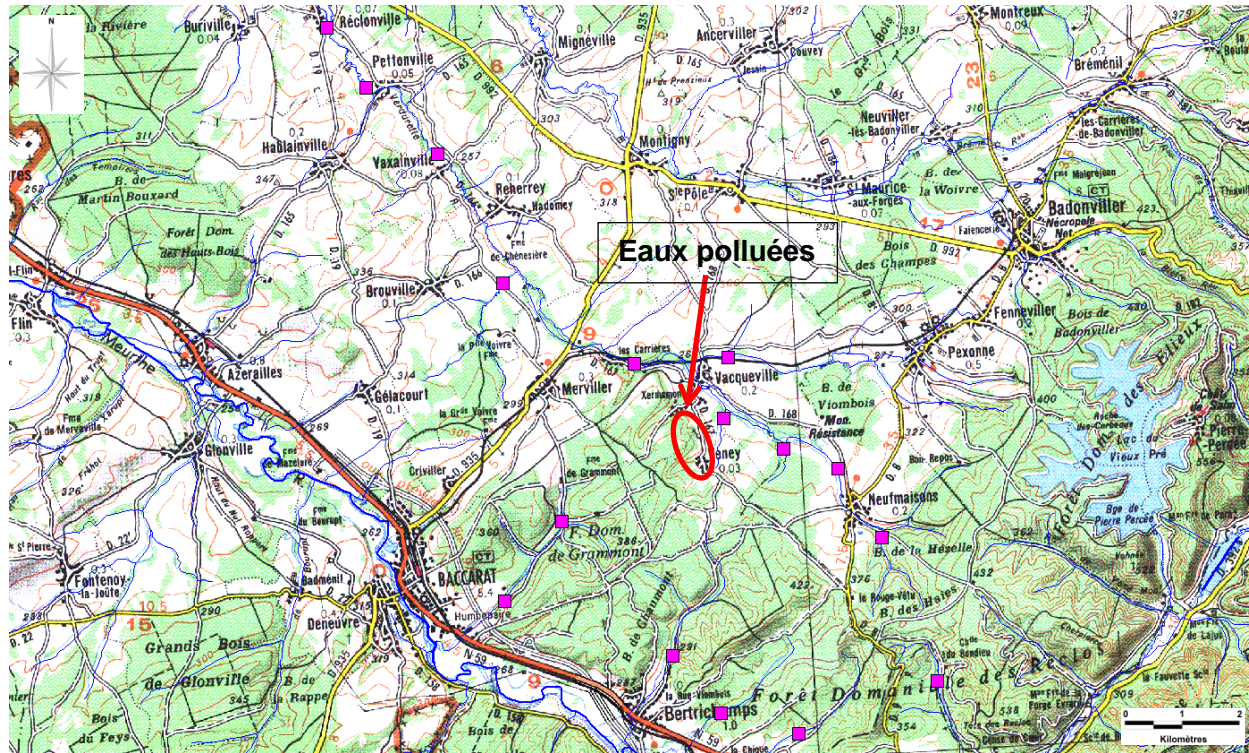


Illustration 3 : Localisation des sites d'échantillonnage des sédiments (campagne préparatoire d'août 2013).

2.2. RESULTATS OBTENUS

2.2.1. Résultats concernant les eaux souterraines

Afin de faciliter la réalisation de la campagne de terrain, les sources et les captages prélevés ont été repérés par une numérotation spécifique allant de E1 à E6, E8 à E10, E12 à E15, E17 à E22, et E24 à E27 pour les sources, et correspondant à C1 pour la source B (02698X0025/HY), C2 pour la source A (02698X0026/HY) et C3 pour le forage (02698X0052/F1). Les résultats des mesures physico-chimiques et des analyses faites sur les eaux souterraines sont présentés dans le tableau de l'illustration 4. La concentration en mercure particulaire est déduite de la différence entre la concentration en mercure total et celle en mercure dissous.

Ce sont des eaux peu minéralisées dans lesquelles du mercure a été retrouvé uniquement au niveau des trois captages d'AEP. Le potentiel redox des eaux des captages étant positif (215 à 324 mV), le mercure présent ne peut pas être sous la forme de méthylmercure.

Les valeurs de pH voisines de 5 à 6 sont normales dans un contexte géologique de grès. Celles proches de 4 pourraient correspondre à des pluies acides mais devraient alors être généralisées à toutes les mesures. Elles rendent plutôt compte d'un milieu peu tamponné dont le pH chuterait dès que de l'acide serait ajouté, comme c'est probablement le cas pour la valeur de pH de 2,2.

Paramètre	Temp.	Cond.	pH	Eh	Ca	Mg	K	Na	HCO ₃	CO ₃	Cl	NO ₃	SO ₄	Hg	Hg total	ClO ₄
Unité	°C	µS/cm	-	mV	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	ng/L	ng/L	mg/L
LQ					0,5	0,5	0,5	0,5	5	5	0,5	0,5	0,5	15	15	0,01
E1	13,9	25	6,1	70	2,2	1	0,8	1,7	12	< LQ	3,4	0,6	1,4	< LQ	< LQ	< LQ
E2	11,0	33	3,4	-194	2,7	1	2,7	1,9	10	< LQ	3,8	8,6	5,1	< LQ	< LQ	< LQ
E3	12,0	48	5,3	171	3,9	1,5	2,1	2,1	8	< LQ	2,6	8,7	10,5	< LQ	< LQ	< LQ
E4	9,7	76	6,7	176	11	3,6	2,4	1,8	38	< LQ	3,8	8,2	10,6	< LQ	< LQ	< LQ
E5	10,1	48	6,8	-90	6,4	1,8	1,7	1,7	16	< LQ	2,9	6,4	9,8	< LQ	< LQ	< LQ
E6	12,9	101	6,6	220	13,6	4	4	1,7	53	< LQ	5,6	3	7,8	< LQ	< LQ	< LQ
E8	9,9	43	5,3	123	4,2	1,4	2,2	2,3	8	< LQ	3,3	4,6	13,1	< LQ	< LQ	< LQ
E9	10,1	40	5,9	152	4,5	1,3	1,5	2	9	< LQ	2,7	7	7,1	< LQ	< LQ	< LQ
E10	9,8	40	5,2	336	3,6	1,2	2,5	2,1	< LQ	< LQ	2,5	8,2	10,6	< LQ	< LQ	< LQ
E12	11,2	36	6,3	351	2,8	1,4	2	2	< LQ	< LQ	2,7	9,3	8,8	< LQ	< LQ	< LQ
E13	9,6	27	5,7	369	1,9	0,9	1	1,7	< LQ	< LQ	2,6	3,5	8	< LQ	< LQ	< LQ
E14	12,3	31	5,5	284	1,1	1,2	0,9	2	< LQ	< LQ	3,1	2,5	7,2	< LQ	< LQ	< LQ
E15	17,0	42	5,1	211	2,8	0,9	1,8	2,4	8	< LQ	3,6	1,3	7,5	< LQ	< LQ	< LQ
E17	13,1	41	4,7	381	0,8	0,9	1,3	4,1	< LQ	< LQ	7,5	0,5	7,4	< LQ	< LQ	< LQ
E18	12,4	50	2,2	375	2	2	2,2	2,3	< LQ	< LQ	3,8	0,5	19	< LQ	< LQ	< LQ
E19	13,5	44	4,8	300	2,9	1	1,5	1,5	< LQ	< LQ	2,6	4	13,4	< LQ	< LQ	< LQ
E20	10,2	58	6,3	205	2,8	1,3	1,8	7,2	< LQ	< LQ	13,1	2,2	11,5	< LQ	< LQ	< LQ
E21	9,5	31	6,2	285	2,2	0,9	1,6	1,4	< LQ	< LQ	2,3	2,6	10,5	< LQ	< LQ	< LQ
E22	10,0	32	5,4	166	3,1	1,3	1,7	1,3	8	< LQ	2,2	3,3	5,9	< LQ	< LQ	< LQ
E24	11,0	33	5,4	297	3	1,1	1,9	1,5	6	< LQ	2,2	4,1	7,3	< LQ	< LQ	< LQ
E25	11,0	60	5,7	212	8,4	3,1	1,7	1,3	36	< LQ	2,3	3,3	4	< LQ	< LQ	< LQ
E26	9,7	72	5,8	183	10,9	4,2	1,6	1,3	47	< LQ	2,2	3,4	4,9	< LQ	< LQ	< LQ
E27	9,8	33	6,9	189	2,8	1	1,9	1,6	7	< LQ	2,3	6,3	5	< LQ	< LQ	< LQ
C1	11,8	88	5,9	215	9,3	3,7	3	2,9	12	< LQ	7,8	24,5	10,7	606	447	< LQ
C2	10,4	79	5,4	324	8,6	2	3,2	4,6	9	< LQ	12,6	18,9	6	5 267	5 786	< LQ
C3	10,1	70	8,0	226	9,7	2,1	6	2,5	21	< LQ	7,1	13,3	9,9	140	152	< LQ

Illustration 4 : Qualité des eaux souterraines.

Pour la source A, la concentration en mercure particulaire est de $0,52 \mu\text{g/L}$ contre $5,3 \mu\text{g/L}$ de mercure dissous, le mercure est donc présent majoritairement sous la forme de mercure dissous (91 %). Pour le forage, la concentration en mercure particulaire est de 12 ng/L contre 140 ng/L de mercure dissous, soit là-encore du mercure présent majoritairement sous la forme de mercure dissous (92 %).

Par contre pour la source B, les résultats concernant le mercure sont aberrants. Cela ne provient pas de la précision des mesures et ne semble pas non plus provenir d'une erreur d'analyse puisque les mesures de contrôle effectuées ont abouti à des résultats similaires. Il doit donc s'agir d'une erreur d'échantillonnage et/ou d'une inversion de l'étiquetage effectué sur le terrain.

La localisation des points d'eau échantillonnés ainsi que les résultats concernant le mercure qui ont été supérieurs à la limite de quantification analytique sont reportés sur l'illustration 5.

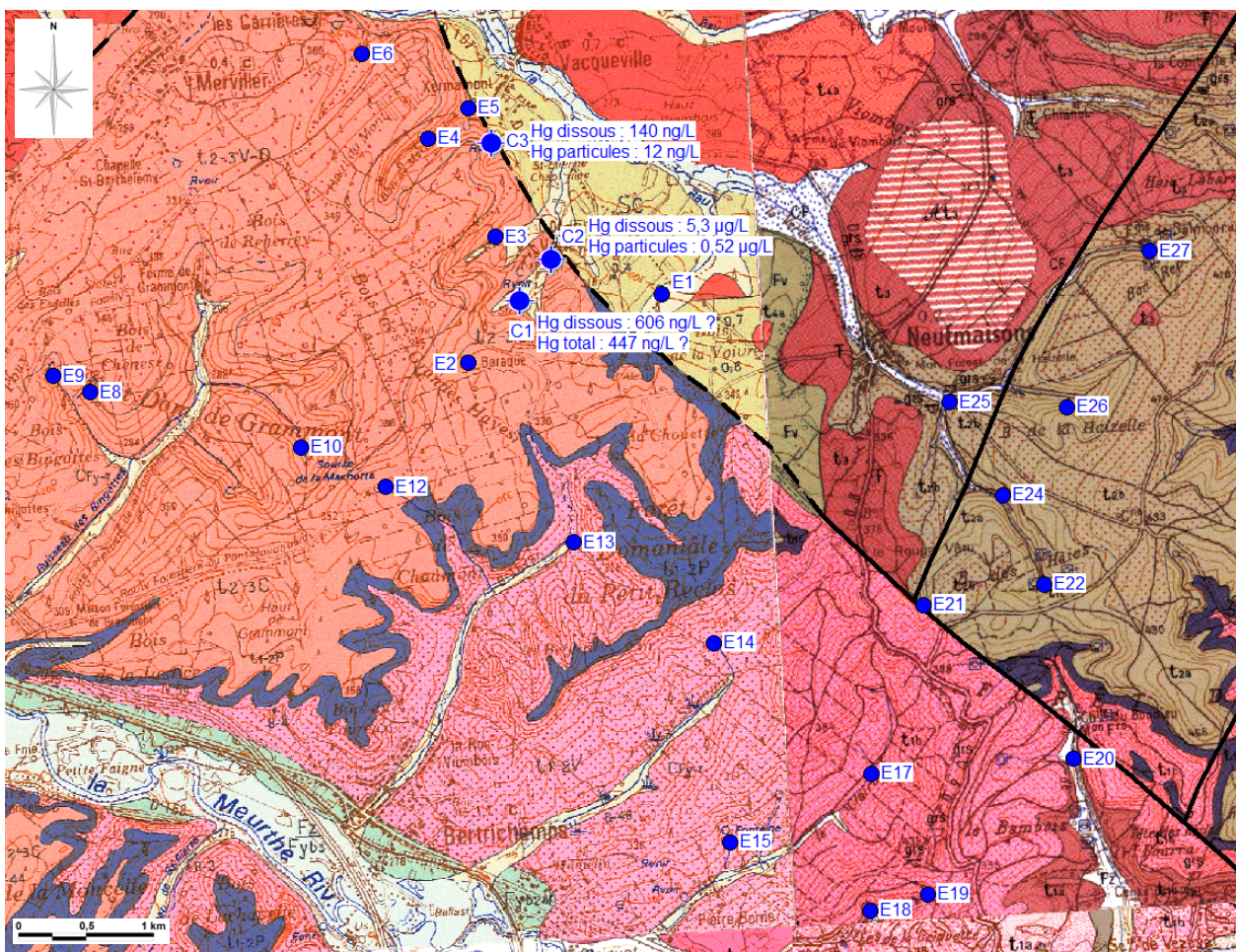


Illustration 5 : Points d'eau prélevés et mercure détecté dans les eaux souterraines.

2.2.2. Résultats concernant les sols

Les résultats d'analyses du mercure total des 3 profils d'échantillons de sols sont présentés dans les tableaux de l'illustration 6. Les teneurs sont exprimées sur produit séché à 40°C et la limite de quantification est de $0,025 \text{ mg/kg MS}$. La teneur moyenne de mercure total des 79 échantillons de sols est de $0,14 \text{ mg/kg MS}$, avec un écart-type de $0,12 \text{ mg/kg MS}$. La teneur minimale qui a été mesurée est de $0,04 \text{ mg/kg MS}$ et celle maximale de $1,02 \text{ mg/kg MS}$.

L'histogramme du logarithme népérien des teneurs en mercure total dans les sols permet d'examiner la répartition statistique des résultats d'analyses (illustration 7). On constate que celle-ci se rapproche d'une répartition log-normale et que seule une valeur semble anormale, à savoir la teneur maximale qui a été mesurée.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	
Hg (mg/kg MS)	0,06	0,07	0,08	0,08	0,14	0,1	0,07	0,09	0,12	0,1	0,35	0,22	0,3	0,31	0,23	0,12	
	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27						
Hg (mg/kg MS)	0,17	0,27	0,14	0,12	0,15	1,02	0,1	0,12	0,09	0,11	0,1						
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	
Hg (mg/kg MS)	0,13	0,12	0,21	0,18	0,16	0,16	0,09	0,2	0,09	0,1	0,09	0,08	0,09	0,1	0,12	0,11	
	B17	B18	B19	B20	B21	B22	B23	B24	B25	B26	B27	B28	B29	B30	B31		
Hg (mg/kg MS)	0,09	0,08	0,08	0,07	0,08	0,07	0,11	0,15	0,21	0,12	0,14	0,25	0,12	0,34	0,32		
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	
Hg (mg/kg MS)	0,06	0,09	0,07	0,18	0,07	0,08	0,11	0,14	0,08	0,04	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,09	
	C17	C18	C19	C20	C21												
Hg (mg/kg MS)	0,1	0,12	0,12	0,08	0,08												

Illustration 6 : Teneurs en mercure total mesurées dans les sols à Veney.

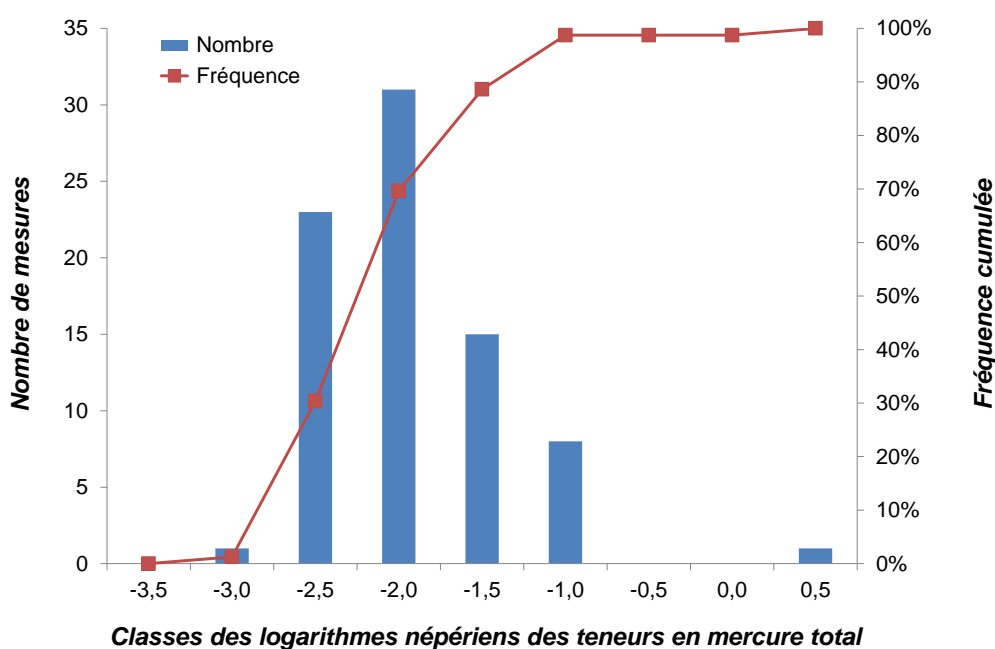


Illustration 7 : Répartition statistique des résultats analytiques concernant les sols.

Les résultats sont reportés sur les trois cartes du haut de l'illustration 8. Les positions des profils A, B et C, ainsi que la localisation des deux décharges sauvages de déchets, sont précisées sur les deux cartes du bas de l'illustration 8.

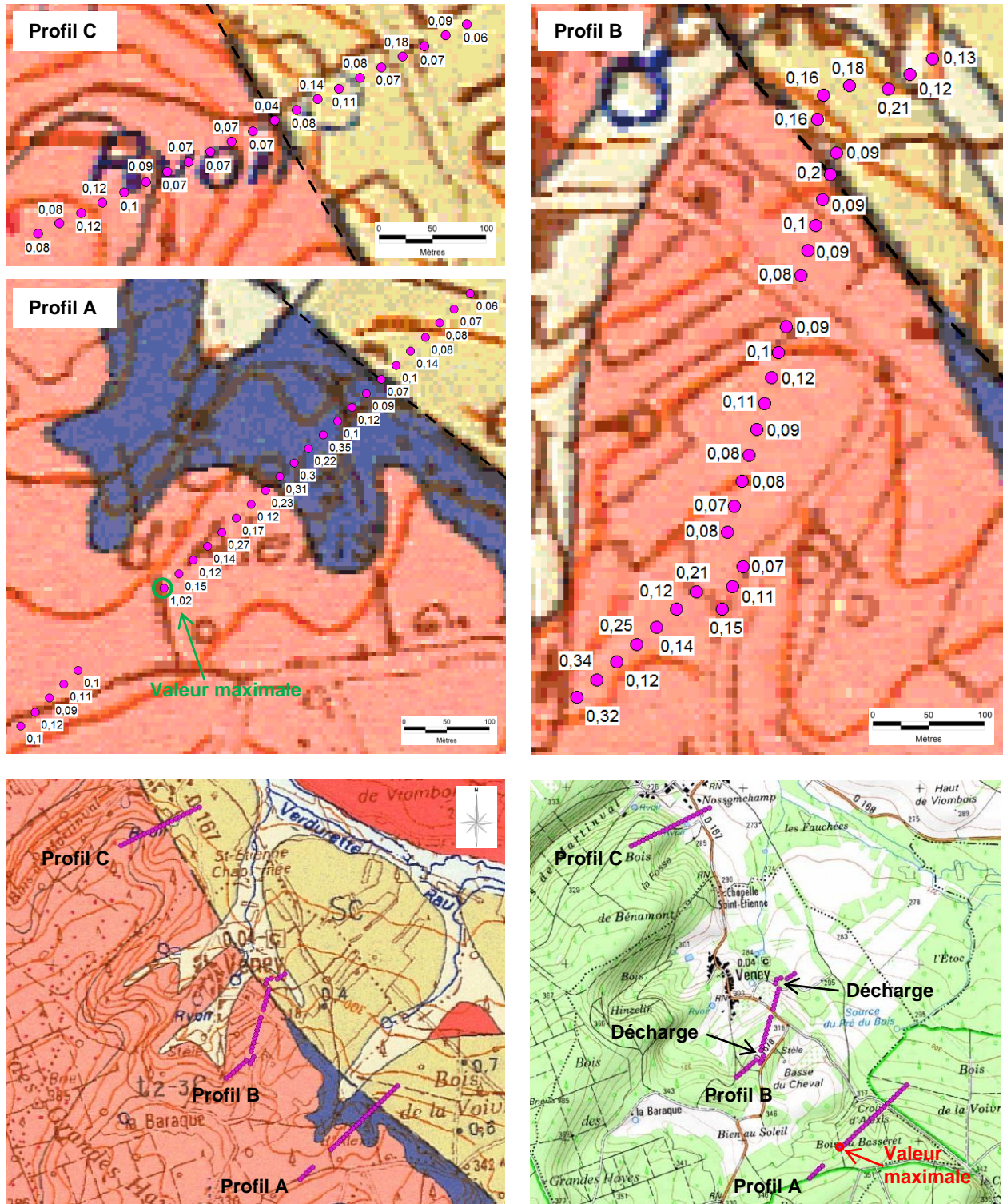


Illustration 8 : Profils des teneurs en mercure total dans les sols (en mg/kg MS).

2.2.3. Résultats concernant les sédiments des cours d'eau

Des prélèvements et analyses de sédiments ont été effectués par le groupe Eurofins sur 6 sites d'échantillonnages parmi les sites qui ont été reconnus préalablement pour organiser la campagne de terrain. Les résultats analytiques sont présentés dans le tableau de l'illustration 9 et ils sont situés sur la carte de l'illustration 10. Les teneurs en mercure ont des valeurs peu dispersées et vont de 0,11 à 0,35 mg/kg MS.

N° national	Cours d'eau	Hg (mg/kg MS)
02067600	La Verdurette à Réclonville	0,170
02065800	Ruisseau de Clairupt à Bertrichamps	0,177
02066550	Ruisseau de Viombois à Bertrichamps	0,351
02066730	Ruisseau des Bingottes à Merviller	0,110
02067593	Ruisseau des Ames à Brouville	0,121
02067595	La Verdurette à Vaxainville	0,152

Illustration 9 : Teneurs en mercure dans les sédiments.



Illustration 10 : Carte des teneurs en mercure dans les sédiments (en mg/kg MS).

3. Examen des résultats obtenus

3.1. CONSIDERATIONS PRELIMINAIRES

3.1.1. Etat local de la nappe des GTI

Les sources reconnues lors de la campagne de prélèvements des eaux souterraines sont l'expression de l'affleurement de la nappe phréatique. En ce sens leurs côtes altimétriques correspondent à des niveaux piézométriques qui peuvent être exploités pour déterminer l'état piézométrique des eaux souterraines.

La série des grès du Trias inférieur n'est pas uniforme et comporte de nombreux bancs argileux peu épais. Il est souvent mentionné dans la littérature que l'apparition de sources sur les reliefs gréseux se fait à la faveur de l'existence de ces bancs. Il s'agirait alors de sources de déversement. Cependant, il n'est pas certain que les niveaux argileux constituent des écrans imperméables continus qui puissent éviter les transferts de pressions de part et d'autres des bancs d'argile dans les grès. Il n'est donc pas absurde de chercher à interpoler les cotes des sources de manière à établir une esquisse piézométrique de la nappe des GTI.

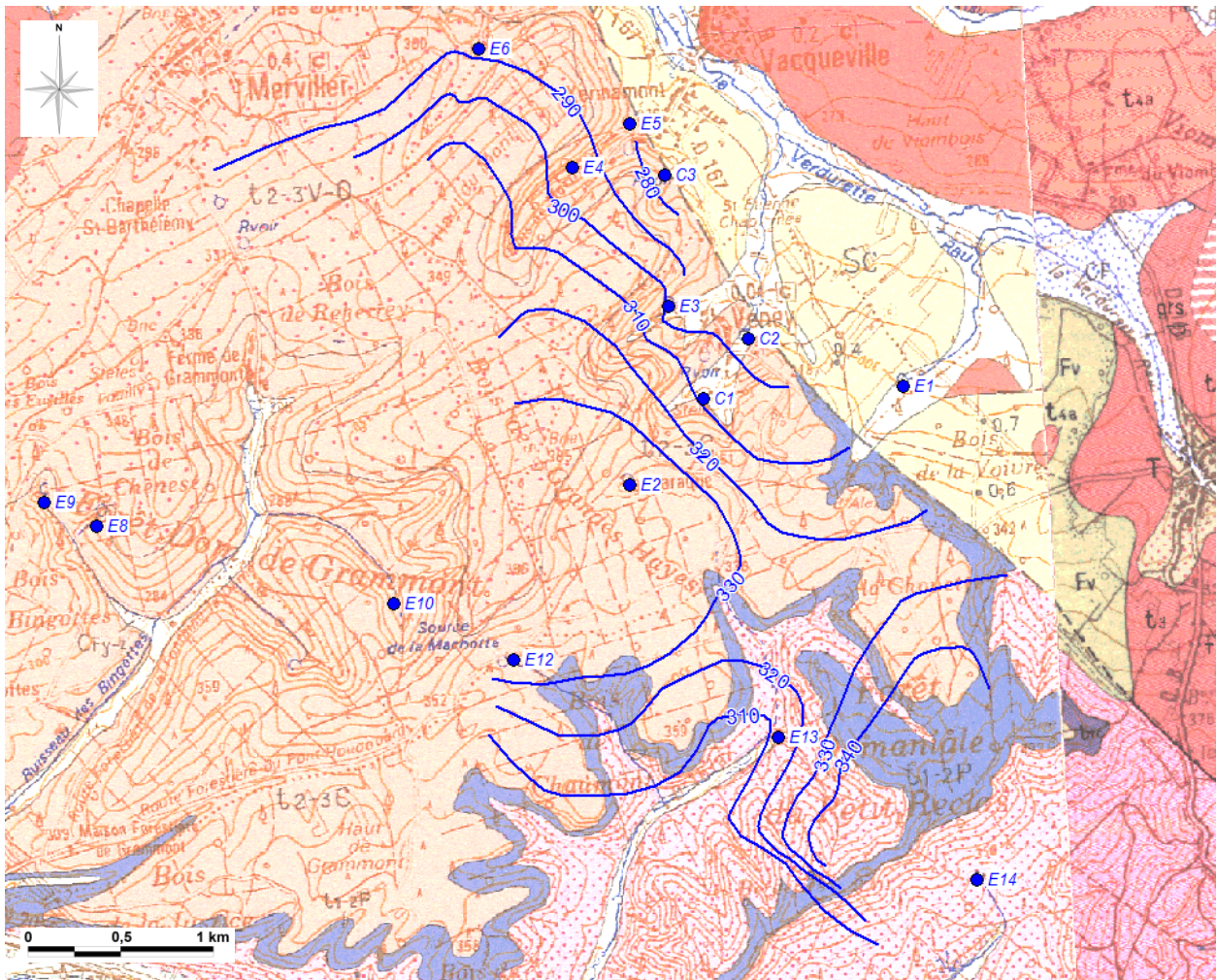


Illustration 11 : Esquisse piézométrique de la nappe des GTI en automne 2013.

Une telle interpolation a été entreprise, dans un premier temps par krigeage de manière à adopter une approche systématique, objective et rigoureuse. Un modèle gaussien de 1000 m de portée et de 600 de palier a été ajusté au variogramme expérimental et a été utilisé pour interpoler les données piézométriques. La faille de Veney et l'étendue des grès ont été considérées pour limiter l'interpolation. Les cours d'eau ont aussi été pris en compte comme limites à charges imposées dans l'interpolation.

Dans un deuxième temps, l'interpolation a été reprise manuellement de façon à tenir compte des conditions hydrogéologiques locales avec plus de discernement qu'avec une seule approche automatique. L'esquisse piézométrique qui a finalement été obtenue pour les mois de septembre et octobre 2013 est reportée sur l'illustration 11 précédente.

3.1.2. Connaissances du fond géochimique

a) Rappel

Un premier inventaire des connaissances concernant le fond géochimique du mercure a été fait dans le rapport BRGM/RP-58241-FR. Ces informations sont reprises pour mémoire ci-dessous :

- ✓ L'Inventaire Lorraine 2003 (AERM, 2006) a permis de réaliser une photographie détaillée de la qualité des eaux souterraines pour un grand nombre de paramètres, d'éléments et de composés. 153 dosages du mercure ont été effectués dans les nappes lorraines, parmi lesquels seuls deux mesures ont été supérieures aux limites de quantification (avec des concentrations de 0,2 et 0,3 $\mu\text{g.L}^{-1}$) dans des sites très éloignés de Veney. Cela ne représente qu'une fréquence de détection de 1,3 %.
- ✓ L'étude des zones à risque de fond géochimique élevé en éléments traces dans les eaux souterraines (Brenot *et al.*, 2007) n'a pas permis non plus d'identifier pour les grès du Trias inférieur de risque vis-à-vis du mercure.
- ✓ Concernant les minéralisations naturelles des roches, Meloux (1983) a mentionné, au plus près de Veney, un indice ténu de mercure (présence de cinabre) dans la haute vallée de la Bruche en Alsace, à presque 30 km linéaire de la commune, c'est-à-dire totalement en dehors des aires d'alimentation des deux sources A et B.
- ✓ Du mercure pourrait aussi être théoriquement associé à des minéralisations de plomb, mais cela ne semble jamais avoir été constaté en Lorraine. Un indice métallifère a été recensé aux alentours de Vacqueville par Braconnier en 1883 (cité par Ménillet *et al.*, 2005). Il s'agit d'une imprégnation de carbonate de cuivre dans les grès du Trias inférieur. Sachant que du plomb peut accompagner les minéralisations de cuivre, la probabilité pour que du mercure naturel soit présent dans les grès ne peut être totalement écartée.
- ✓ Enfin, la base de données ANADEME de l'état des sols français en zones rurales constituée dans les années 1990 permet d'identifier des valeurs élevées en mercure dans les sols en Lorraine et en Alsace dans des communes très éloignées de celle de Veney. Ces teneurs correspondraient très probablement à des contaminations industrielles (Clozel-Leloup, 2009).

b) Informations complémentaires

Il existe une base de données régionale des teneurs en métaux dans les sols et les sédiments en tête de ruisseau, qui recouvre approximativement le massif des Vosges et qui est issue de l'inventaire géochimique du territoire français.

Nous avons sélectionné dans cette base les résultats qui ont été acquis sur un substratum constitué par les grès du Trias inférieur, au plus près de la zone d'étude, afin d'être dans un contexte géologique similaire à Veney. Cela correspond à 77 points qui ont été échantillonnés sur l'emprise de la feuille géologique à 1/50 000^e n° 306 de Saint-Dié, c'est-à-dire à une distance allant de 6 à 14 km par rapport au site.

L'étude de plus de 1400 résultats disponibles pour ces points, pour 19 éléments métalliques, fait ressortir que seuls l'arsenic, le plomb et le zinc sont parfois présents à des teneurs qui dénotent par rapports aux autres résultats (voir ci-dessous le tableau présentant les statistiques des teneurs mesurées pour ces 3 éléments).

	As (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Nombre de valeurs	77	77	77
Moyenne	26,31	51,01	39,09
Ecart-type	44	22	19
Minimum	20	21	10
Maximum	396	128	103
Lieux des maximums	Raon-l'Etape	Senones, puis Raon-l'Etape	Raon-l'Etape, puis Senones

Illustration 12 : Statistiques concernant As, Pb et Zn issues de l'inventaire minier.

L'écart-type des teneurs d'arsenic est important, comparativement à la moyenne des 77 valeurs, à cause de la teneur maximale de 396 mg/kg qui a été mesurée à Raon-l'Etape. Précisons que dans l'inventaire géochimique le mercure n'a pas été dosé ce qui ne permet pas de disposer d'un référentiel local pour ce métal. Mais ces résultats confirment tout de même que des minéralisations en métaux sont possibles dans le contexte géologique de Vacqueville et Veney.

3.2. REVUE DES RESULTATS SELON LES MILIEUX

3.2.1. Les eaux souterraines

a) Hypothèse portant sur des explosifs

Des analyses des perchlorates dans les eaux souterraines prélevées ont été réalisées mais aucune n'a permis d'en détecter. Même si les modalités du transport en milieu souterrain des perchlorates et du mercure sont différentes, l'absence de perchlorates semble écarter les résidus de munition comme origine de la pollution au mercure.

b) Hypothèse portant sur les décharges

L'esquisse piézométrique fournit des indications sur l'orientation possible des écoulements souterrains, ce qui facilite la compréhension du régime de la nappe (illustration 13). La décharge sauvage identifiée à l'est du village de Veney se trouve à l'aval des captages puisqu'elle se situe en dehors de la formation des grès du Trias inférieur. La décharge identifiée au sud-est du village se trouve à l'amont du captage C2 (source A) qui est le plus contaminé. En revanche, la décharge est située trop à l'écart des captages C1 (source B) et C3 (forage) pour être à l'origine de la contamination au mercure de ces deux captages.

Même avec une dispersivité transversale très importante, un polluant issu de la décharge du sud-est ne pourrait pas atteindre dans la nappe le captage C1, puisque la décharge et le captage sont situés à peu près sur la même équipotentielle. De plus, même si topographiquement le captage se trouve en contrebas de la décharge, il semble difficile à un polluant issu de la décharge de pouvoir ruisseler pendant 300 m sans s'infiltrer dans l'aquifère des grès, et d'atteindre ainsi par ruissellement le captage.

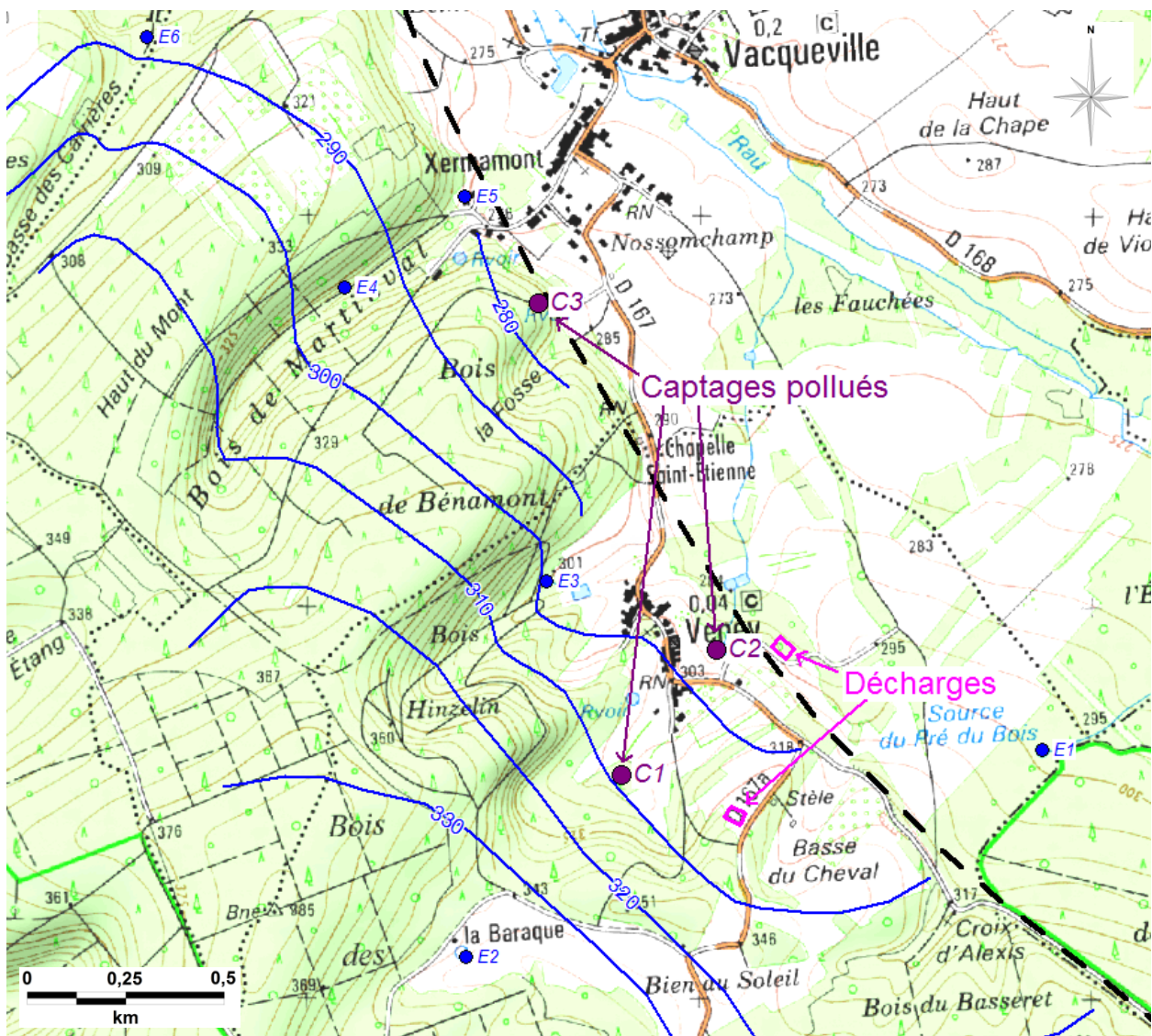


Illustration 13 : Localisation des décharges et des captages.

Si l'on détaille également davantage la situation concernant le forage C3, il paraît logique qu'il puisse se trouver en dehors de l'influence des décharges compte tenu de la présence au sud-est de celui-ci de sources. Les sources sont en effet des points de convergence des écoulements souterrains impliquant l'existence d'une ligne de partage des eaux entre le captage et les sources. Il est d'ailleurs mentionné que les débits des sources A et B n'ont pas diminué lors d'un essai par pompage de 72 heures qui a été effectué au niveau du forage (*confer* le rapport de demande d'exploitation du forage ; Antea, 2012). Du mercure a d'ailleurs été détecté au forage dès sa mise en place avant-même qu'il n'ait été mis en production. La pollution n'a donc pas pu y être attirée initialement par la réalisation d'un pompage.

Le front d'emprunt associé au forage en activité, c'est-à-dire l'étendue sur laquelle les eaux souterraines convergent vers le forage, peut être estimé à partir de la formule de Grubb à une quarantaine de mètres, selon l'expression et les valeurs des paramètres suivants :

$$L = \frac{Q}{T i} \quad \text{avec :}$$

L, la largeur du front d'emprunt (m)
 Q, le débit de pompage (4,2 m³/h)
 T, la transmissivité de la nappe (5,6.10⁻⁴ m²/s)
 i, le gradient hydraulique de la nappe (5 %)

Même en considérant un gradient hydraulique au voisinage du forage deux fois plus petit que celui déduit de l'esquisse piézométrique (2,5 % par exemple), le front d'emprunt conserve une taille modeste inférieure à 100 m. Ce résultat aurait déjà pu être pressenti dans la mesure où le débit d'exploitation du forage n'est que de quelques m³/h. Toutefois, il permet de confirmer quantitativement que le nouveau forage ne peut être à l'origine d'un déplacement de la pollution au mercure jusqu'à lui.

Il reste à discuter de la possibilité pour que la faille puisse constituer une zone de forte perméabilité qui draine les eaux souterraines du Sud-Est vers le Nord-Ouest. Mais l'esquisse piézométrique ne permet pas de le penser puisque les équipotentielles sont subparallèles à la faille. Leur orientation est dictée par la répartition des niveaux piézométriques associés aux sources de déversement. Elle indique des écoulements souterrains qui sont dirigés vers la faille et non qui longent la faille. Et c'est bien pour cela que les sources de déversements existent à Veney et Vacqueville.

Le fait que la faille ne constitue pas un drain conduisant les eaux souterraines du Sud-Est vers le Nord-Ouest ne retire en rien le fait qu'elle ne puisse pas constituer une zone de plus forte perméabilité. Alors pour qu'elle soit un drain effectif, il faudrait que le gradient hydraulique le long de celle-ci soit important, ce qui n'est pas le cas. Nous avons vu précédemment, en particulier, que le forage n'était pas de nature à induire un transfert de la pollution de Veney à Vacqueville compte tenu de sa faible incidence hydrodynamique sur la nappe des GTI.

Enfin du point de vue qualitatif, on ne retrouve pas dans les eaux des 3 captages contaminés par du mercure des traceurs caractéristiques des décharges : les concentrations en chlorure et sulfate ne dépassent pas respectivement 13 et 11 mg/L ; la conductivité électrique des eaux est également très basse et inférieure à 90 µS/cm.

Il ressort de tous ces points que les décharges sauvages ne peuvent pas être à l'origine de la pollution au mercure qui affecte l'ensemble des 3 captages.

c) Calculs de spéciation

Une approche théorique a été menée pour tenter d'apporter des éléments de compréhension sur l'origine de la pollution au mercure. A partir de la base de données Thermoddem, développée au sein du BRGM, un diagramme de pe/pH a été établi pour le mercure en utilisant le code de calcul géochimique PHREEQC développé par l'USGS (illustration 14).

L'intensité d'oxydoréduction (pe) des eaux des 3 captages a été calculée à l'aide de la formule de Nernst et a été reportée sur le diagramme. Les conditions physico-chimiques des eaux des captages indiquent ainsi sous quelle forme principale le mercure peut être rencontré.

Pour la source A, qui est le captage le plus contaminé, le mercure est possiblement sous la forme de chlorure de mercure (II), HgCl_2 . Il s'agit d'une forme très mobile du mercure qui est peut être le résultat de la réaction entre du chlore et du calomel (Hg_2Cl_2). Ce dernier est trouvé en association au cinabre (HgS), minéral qui a déjà été reconnu en Alsace (*confer* la partie 3.1.2.a précédente), qui est très stable et qui ne libère pas de mercure.

Pour la source B et le forage, le mercure est à l'état natif (Hg^0 dissous).

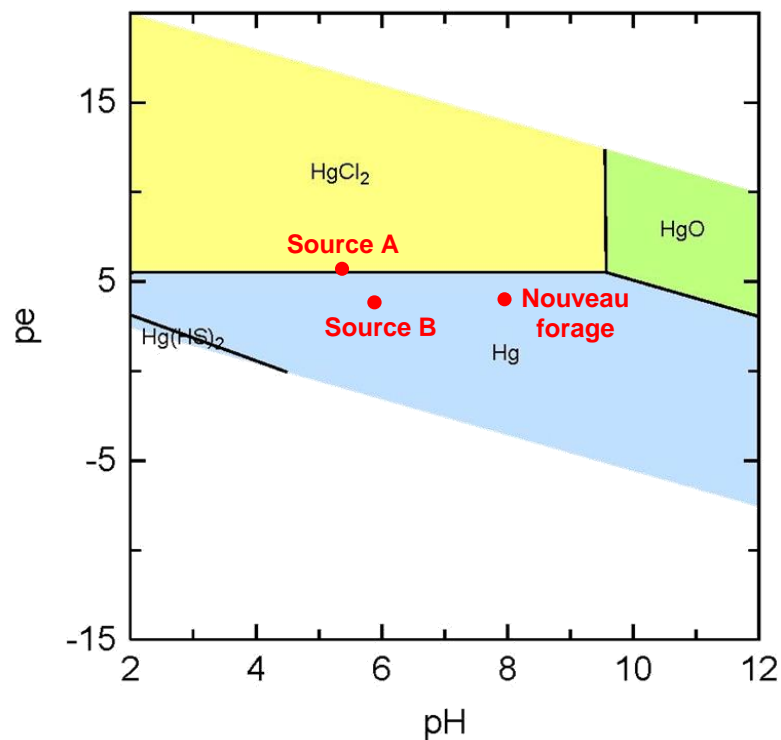


Illustration 14 : Diagramme pH-pe pour le mercure.

d) Données complémentaires

De manière à maîtriser le budget de l'étude, les analyses ont porté sur un nombre restreint de paramètres, tant pour les eaux souterraines que pour les phases solides. Pour compléter l'interprétation portant sur les eaux souterraines, l'ARS a mis à disposition des résultats analytiques issus des contrôles sanitaires sur davantage de paramètres.

Ceux-ci concernent les AEP de Gélacourt, Merviller, Vacqueville et Veney. Ils ne font pas ressortir de valeurs remarquables ou importantes de concentrations en métaux qui pourraient refléter la présence de minéralisations naturelles particulières dans le secteur d'étude.

Parmi tous ces résultats, un seul correspond à une analyse de la concentration en lithium qui a été effectuée au niveau du réservoir de Vacqueville le 06/02/02. Il ne s'agit certes pas d'une mesure faite sur des eaux brutes, mais en 2002 l'AEP communale n'était pourvue que par la source A. Cette analyse n'a pas permis de détecter de lithium, sachant que cet élément est un marqueur du thermalisme.

3.2.2. Les sols

Tous les échantillons de sols présentent des traces de mercure. Une seule teneur de 1,02 mg Hg/kg MS se détache de l'ensemble des 79 mesures qui ont été faites sur les sols échantillonnés selon les 3 transects à Vacqueville et Veney. Elle correspond à un prélèvement fait sur le profil A du sud-est, qui a été positionné à l'écart des décharges et des captages de façon à fournir des mesures pouvant constituer une référence sur le fond géochimique des sols en mercure. Inversement, les analyses des sols prélevés à proximité des décharges ne font pas ressortir d'anomalie en mercure.

Ces résultats vont dans le sens de la conclusion qui a été tirée des résultats analytiques acquis sur les eaux souterraines, à savoir que les décharges ne sont pas à l'origine de la pollution au mercure.

Il semble aussi que du mercure puisse être rencontré sporadiquement dans les sols environnants de la zone d'étude. Au vu de l'existence potentielle dans les sols de minéralisations en arsenic, plomb et zinc dans le contexte géologique de Vacqueville et Veney, l'origine de ce mercure semble pouvoir être naturelle.

Les profils d'échantillonnages des sols qui recoupent la faille de Veney ne la font pas ressortir vis-à-vis des résultats. La faille n'apparaît pas, de nouveau, jouer un rôle dans la contamination.

Mais il faut tout de même envisager l'hypothèse selon laquelle l'échantillonnage des sols ne serait pas représentatif du milieu prélevé, en particulier si le mercure apparaît sous forme de particules d'une granulométrie grossière. Dans ce cas, la diminution de l'erreur fondamentale d'échantillonnage aurait nécessité de prélever une quantité importante de matériaux, ce qui n'est pas toujours facilement applicable dans la pratique. Du mercure présent dans l'environnement de Vacqueville et Veney aurait pu ainsi échapper aux investigations faites au niveau des sols.

3.2.3. Les sédiments

La campagne d'échantillonnage et d'analyse des sédiments des cours d'eau a porté sur 6 sites parmi les 16 sites qui ont été initialement identifiés, et l'échantillonnage de Réclonville par le groupe Eurofins a été anticipé de deux mois et demi par rapport aux autres prélèvements.

Pour tous les sites prélevés des traces de mercure ont aussi été retrouvées. La teneur maximale de 0,35 mg Hg/kg MS a été mesurée pour des sédiments provenant du ruisseau qui va à Bertrichamps (station d'échantillonnage de numéro national 02066550), de l'autre côté du relief par rapport aux sources contaminées.

Là-encore, l'emplacement du site de prélèvement correspondant à la teneur la plus élevée n'est pas compatible avec une contribution des décharges sauvages à la présence de mercure dans le ruisseau allant à Bertrichamps (*confer* les illustrations 10 et 11). Les décharges ne sont pas situées dans le bassin versant de ce ruisseau. De plus, si le mercure dans les sédiments du ruisseau provenait de la nappe des GTI, cela nécessiterait que la source de la pollution soit suffisamment étendue pour qu'elle transfère à la fois du mercure en direction du Nord vers les captages, et en direction du sud vers le ruisseau. L'esquisse piézométrique met en effet en évidence une limite à flux nul entre les captages et la station d'échantillonnage de sédiments n° 02066550.

3.3. BILAN DE LA CAMPAGNE

Les nouveaux éléments apparus sur l'extension de la pollution (présence de mercure au forage et dans les sédiments à Réclonville) ont conduit à chercher à intensifier les investigations pour rechercher l'origine de la pollution. En parallèle, ils ont orienté la réflexion vers l'hypothèse d'une contamination naturelle au mercure.

Les enseignements que l'on peut tirer des mesures et analyses qui ont été effectuées sur tous les échantillons d'eaux souterraines, de sols et de sédiments et des informations qui ont été collectées par ailleurs sont les suivants :

- ✓ les résidus de munitions semblent à écarter comme origine du mercure,
- ✓ les deux décharges sauvages sont à écarter comme origine de la pollution affectant l'ensemble des 3 captages,
- ✓ du mercure n'apparaît pas dans le fond hydrochimique ni dans celui géochimique, mais sa présence en association à d'autres métaux reconnus par ailleurs dans les formations géologiques ou les sols de la région n'est pas à exclure,
- ✓ il existe quelques indices disséminés de la présence de mercure dans les sols et les sédiments échantillonnés et analysés, qui ne constituent pas d'anomalies importantes et qui pourraient rendre compte d'une origine naturelle géologique,
- ✓ et on n'observe pas de contrôle apparent de la faille sur la pollution.

4. Conclusions

Un bilan complet a été effectué sur les émergences naturelles situées dans l'environnement proche et éloigné des captages pollués pour vérifier si l'anomalie en mercure ne s'étendait pas dans les eaux souterraines.

Trois profils d'échantillonnages des sols recoupant la faille de Veney ont réalisés ainsi qu'une campagne de stream sediment en aval des ruisseaux des environs.

Ces campagnes de terrain ont été denses et ont permis d'analyser 26 échantillons d'eaux souterraines, 79 échantillons de sols et 6 échantillons de sédiments. Tous les résultats ont été restitués sur des cartes afin de permettre l'examen de leur répartition.

Les différents milieux prélevés et diverses hypothèses quant à l'origine de la pollution au mercure ont été passés en revue. Les interprétations présentées permettent d'ores et déjà d'écarter les décharges sauvages comme origine de la pollution et aussi probablement les résidus de munition. Du mercure pourrait théoriquement être associé à d'autres métaux déjà présents dans les formations géologiques et les sols de la région. Les faibles teneurs en mercures mesurées dans les sols et les sédiments échantillonnés pourraient rendre compte de cette possibilité. En revanche, la faille de Veney n'apparaît pas contrôler la pollution au mercure.

Afin d'avancer un peu plus dans la compréhension de l'origine de la pollution, une deuxième phase d'investigations et d'analyses pourra être entreprise.

Comme cela avait été envisagé initialement, des analyses multi-élémentaires pour déterminer les teneurs en métaux dans les sols et sédiments pourront être faites. De telles analyses multi-élémentaires pourront aussi être envisagées pour les eaux souterraines sur un nombre restreint d'échantillons ciblés.

5. Bibliographie

AERM (2006) – Inventaire Lorraine 2003 de la qualité des eaux souterraines. Document Agence de l'eau Rhin-Meuse et Conseil Régional Lorraine, 242 p., 3 pl.

Brenot A., Gourcy L., Allier D., Mascre C., Pons A., Chery L., Blum A. (2007) – Identification des zones à risque de fond géochimique élevé en éléments traces dans les cours d'eau et les eaux souterraines. Rapport BRGM RP-55346-FR, volume 2, 155 p., 46 ill., 7 ann.

Clozel-Leloup B., Fourniguet G., Camizuli E., Ponchant P., Crouzet C., Baubron J-C. (2009) – Présence naturelle en arsenic dans les sols lorrains : cartographie en vue de la détermination des zones d'exposition de la population. Rapport BRGM/RP-54635-FR, 167 p., 59 ill., 1 ann.

Meloux J. (1984) – Ressources minières française, Tome 13, Les indices de mercure (situation en 1983). Rapport BRGM/84-SGN-403-GMX, 51 p., 5 fig., 4 tabl., 1 ann.

Ménillet F., Durand M., Le Roux J., Cordier S., Hanot F., Charnet F. (2005) – Feuille géologique n° 269 à 1/50 000^e de Lunéville, 2^e éd.

Ménillet F., Durand M., Maïaux C., Lougnon J. (1978) – Feuille géologique n° 270 à 1/50 000^e de Cirey-sur-Vezouze.

Nguyen-Thé D. (2010) – Pollution des eaux souterraines par du mercure à Veney (54), Lorraine. Rapport BRGM/RP-58241-FR, 23 p., 5 ill., 4 ann.

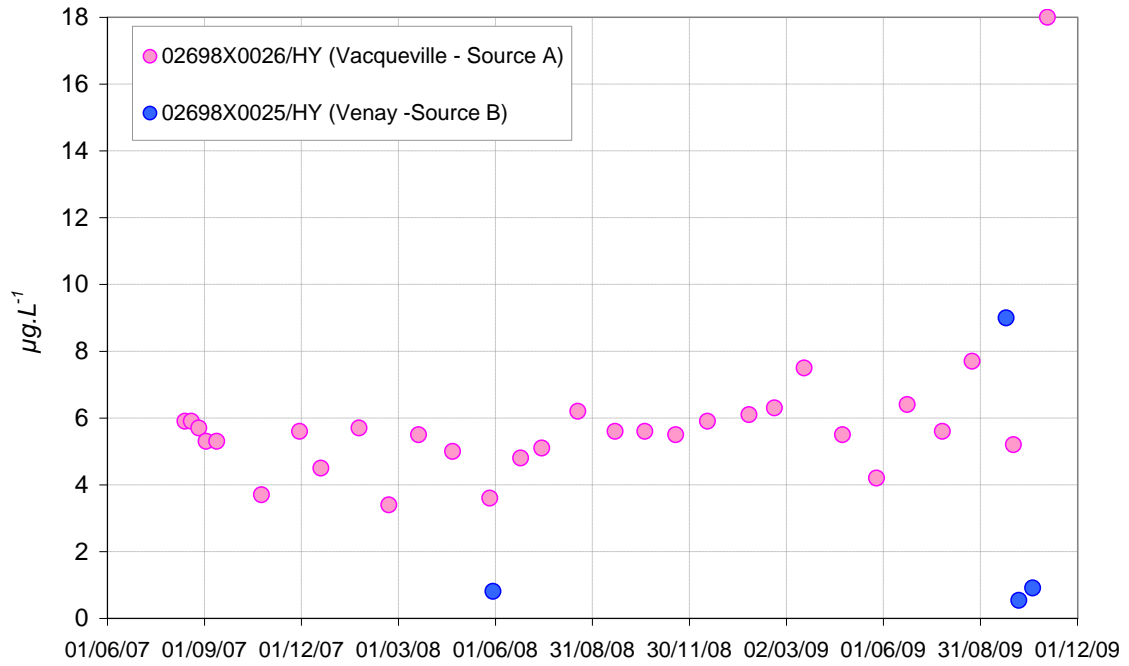
Revol P. (2007) – Captage communal sur la commune de Veney 02698X0026/HY, Rapport d'hydrogéologue agréé, Pollution en mercure. Commune de Vacqueville, 20 p., 6 fig., 15 ph.

Revol P. (2008) – Captage communal sur la commune de Veney 02698X0026/HY, Rapport d'hydrogéologue agréé, Pollution en mercure, Mesures des teneurs en mercure. Commune de Vacqueville, 26 p., 9 fig., 1 tabl., 1 ann.

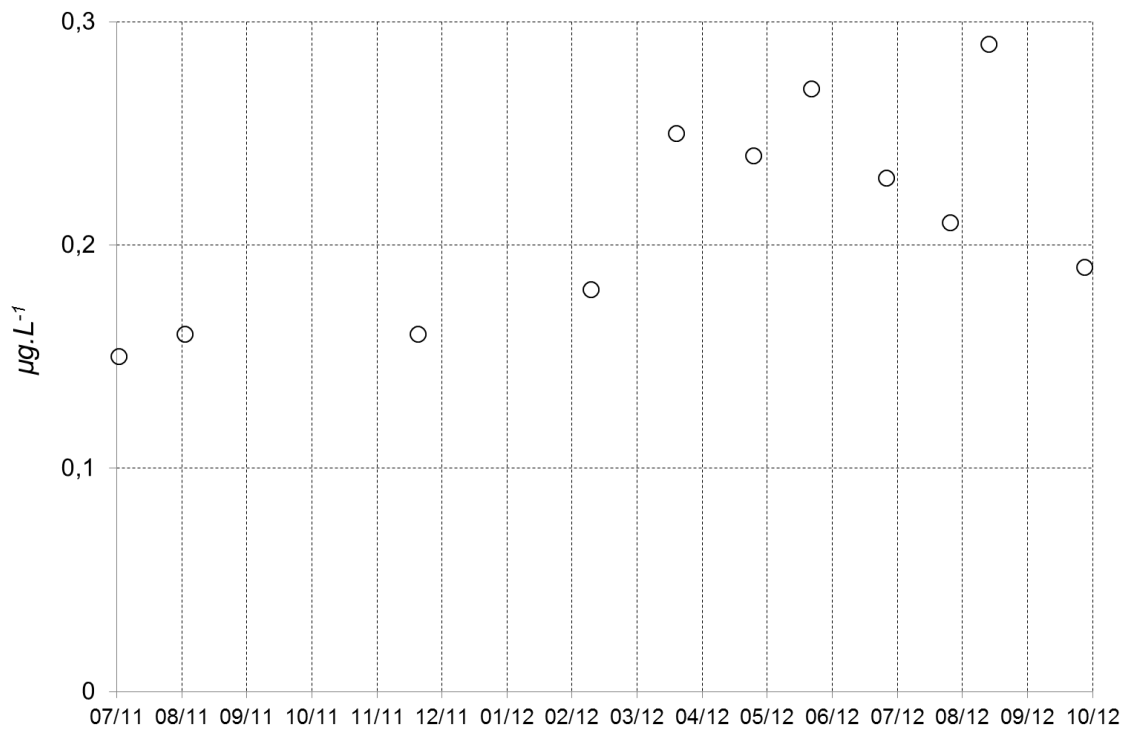
Von Eller J.P., Ménillet F., Hollinger J., Guillaume Ch., Billoret R., Fluck P., Maïaux C. (1975) – Feuille géologique n°306 à 1/50 000^e de Saint-Dié.

Annexe 1

Chroniques des concentrations en mercure mesurées aux captages



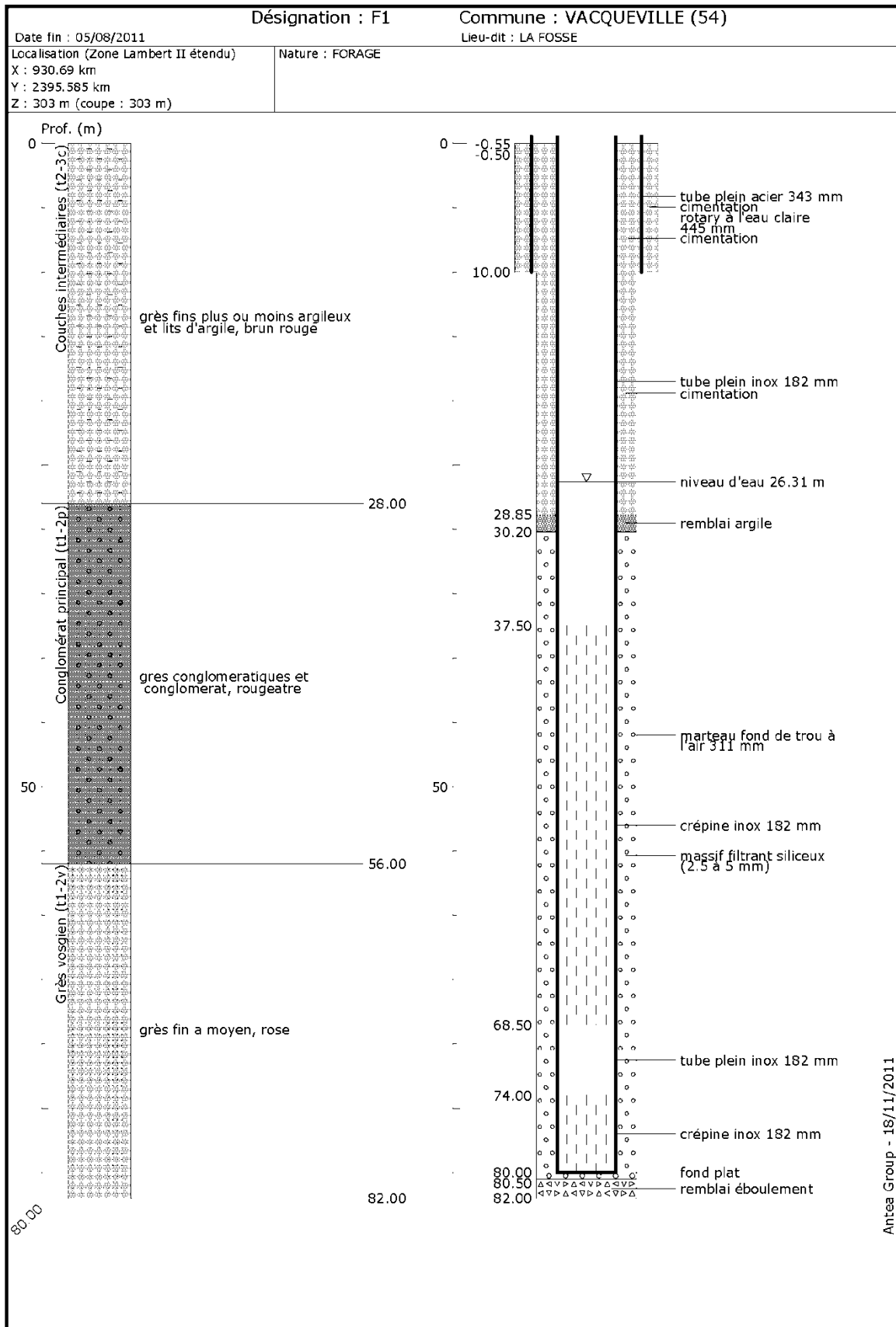
Concentration en mercure aux sources A et B.



Concentration en mercure au forage, du 04/07/11 au 28/09/12.

Annexe 2

Coupes géologique et technique du forage (02698X0052/F1)



Annexe 3

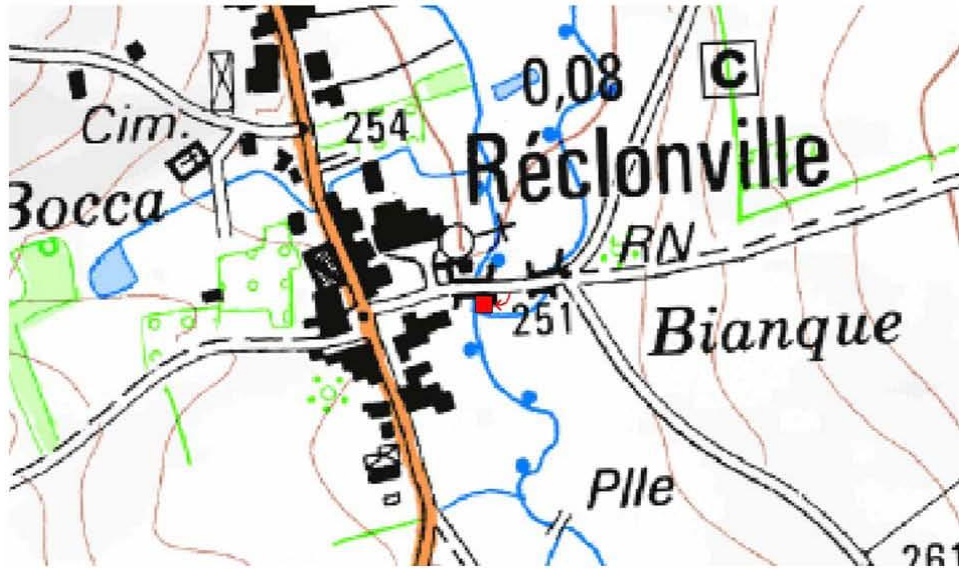
Fiches préparatoires de la campagne de prélèvement des sédiments des cours d'eau

Localisation des prélèvements de sédiments

Nom : SED1

Localisation (Lambert 2 étendu) : 924 311 / 2 402 494

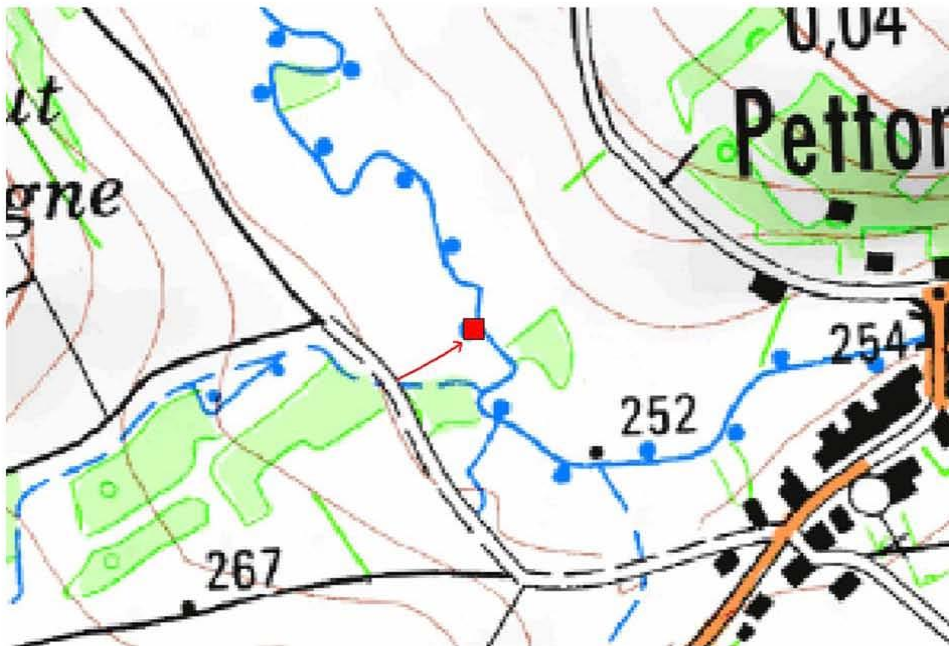
Commune : RECLONVILLE (54)



Localisation des prélèvements de sédiments

Nom : **SED2**

Localisation (Lambert 2 étendu) : 924 998 / 2 401 432
Commune : PETTONVILLE (54)



Localisation des prélèvements de sédiments

Nom : **SED3**

Localisation (Lambert 2 étendu) : 926 264 / 2 400 264

Commune : VAXAINVILLE (54)



Localisation des prélèvements de sédiments

Nom : **SED4**

Localisation (Lambert 2 étendu) : 927 423 / 2 397 999

Commune : BROUVILLE (54)



Localisation des prélèvements de sédiments

Nom : **SED5**

Localisation (Lambert 2 étendu) : 928 465 / 2 393 803

Commune : MERVILLER (54)



Localisation des prélèvements de sédiments

Nom : **SED6**

Localisation (Lambert 2 étendu) : 927 448 / 2 392 399
Commune : BACCARAT (54)

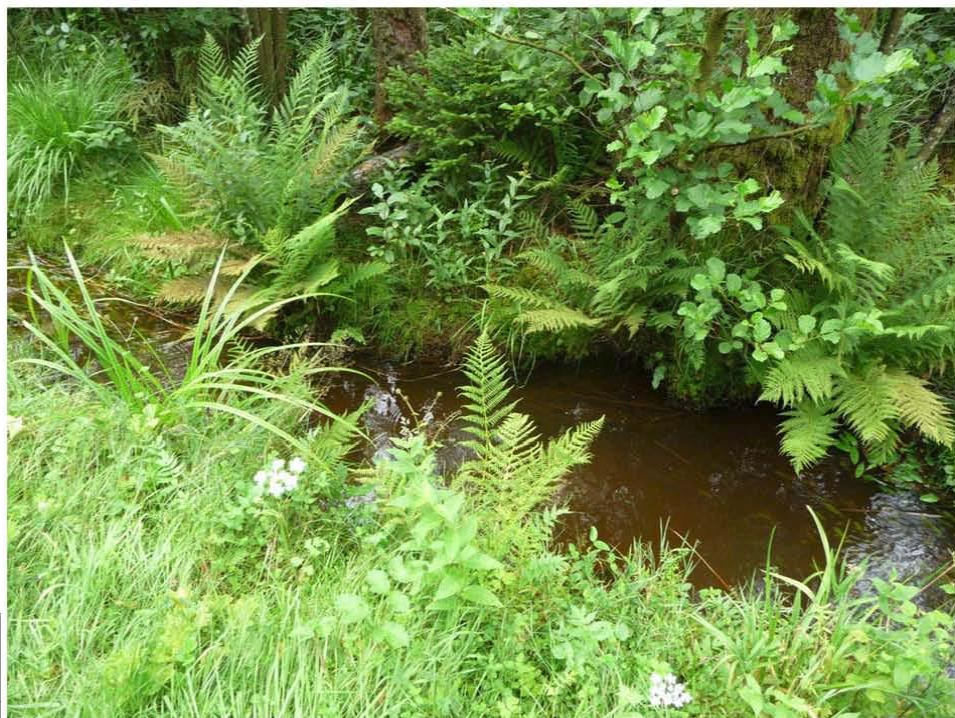


Localisation des prélèvements de sédiments

Nom : **SED7**

Localisation (Lambert 2 étendu) : 930 411 / 2 391 425

Commune : BERTRICHAMPS (54)

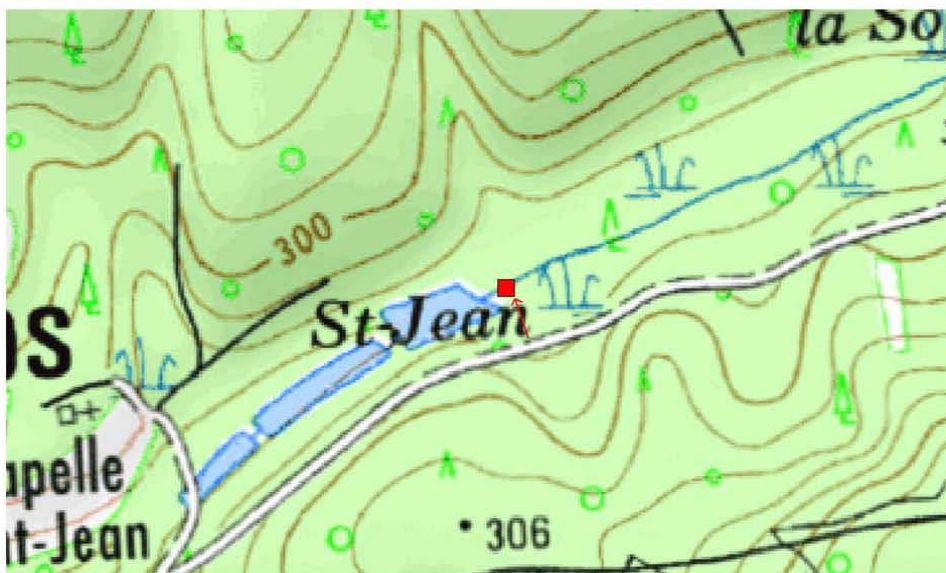


Localisation des prélèvements de sédiments

Nom : **SED8**

Localisation (Lambert 2 étendu) : 931 264 / 2 390 421

Commune : BERTRICHAMPS (54)

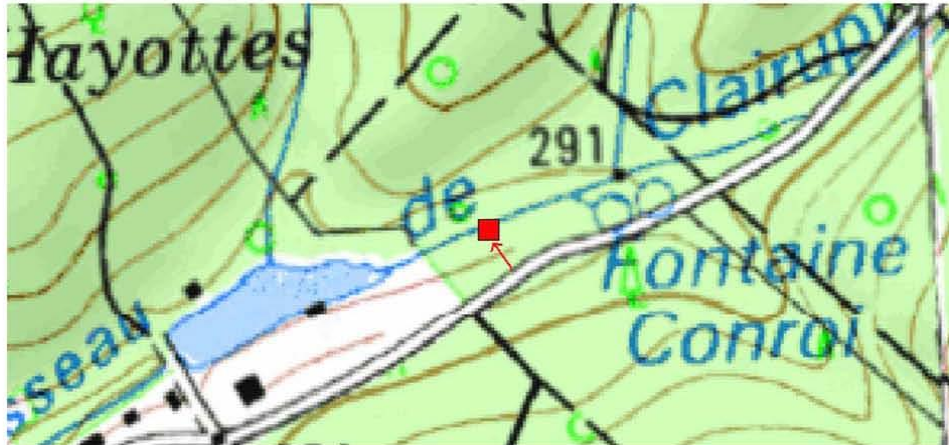


Localisation des prélèvements de sédiments

Nom : **SED9**

Localisation (Lambert 2 étendu) : 932 639 / 2 390 065

Commune : BERTRICHAMPS (54)

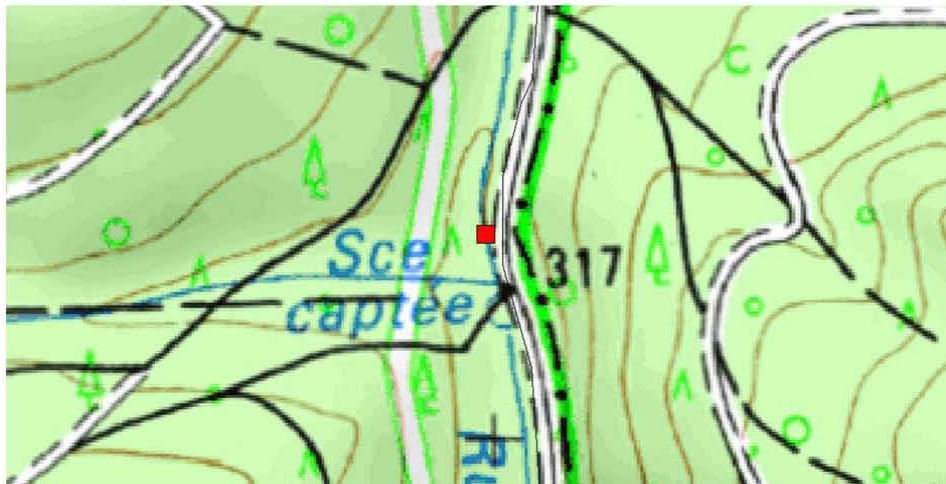


Localisation des prélèvements de sédiments

Nom : **SED10**

Localisation (Lambert 2 étendu) : 935 090 / 2 390 984

Commune : RAON-L'ETAPE (54)



Localisation des prélèvements de sédiments

Nom : **SED11**

Localisation (Lambert 2 étendu) : 934 101 / 2 393 513

Commune : NEUFMAISONS (54)



Localisation des prélèvements de sédiments

Nom : **SED12**

Localisation (Lambert 2 étendu) : 933 328 / 2 394 731

Commune : NEUFMAISONS (54)



Localisation des prélèvements de sédiments

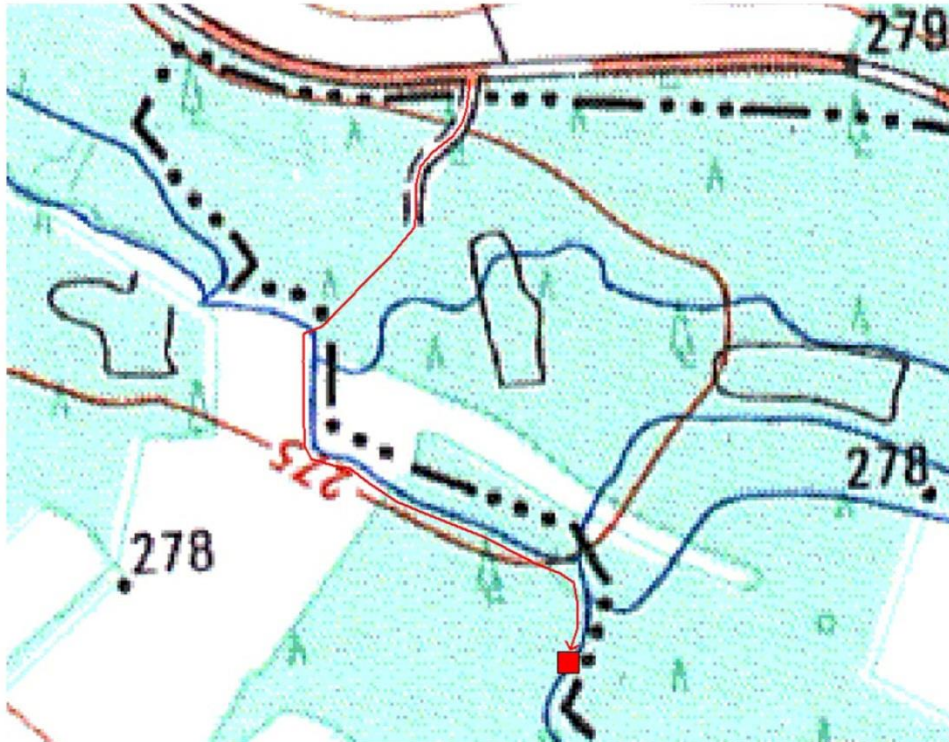
Nom : **SED13**

Localisation (Lambert 2 étendu) : 932 372 / 2 395 082

Commune : VACQUEVILLE (54)

Distance route-prélèvement : 600 m

Traversée de la Verdurette sur une passerelle



Localisation des prélèvements de sédiments

Nom : **SED14**

Localisation (Lambert 2 étendu) : 931 320 / 2 395 618

Commune : VACQUEVILLE (54)



Localisation des prélèvements de sédiments

Nom : **SED15**

Localisation (Lambert 2 étendu) : 931 387 / 2 396 691

Commune : VACQUEVILLE (54)

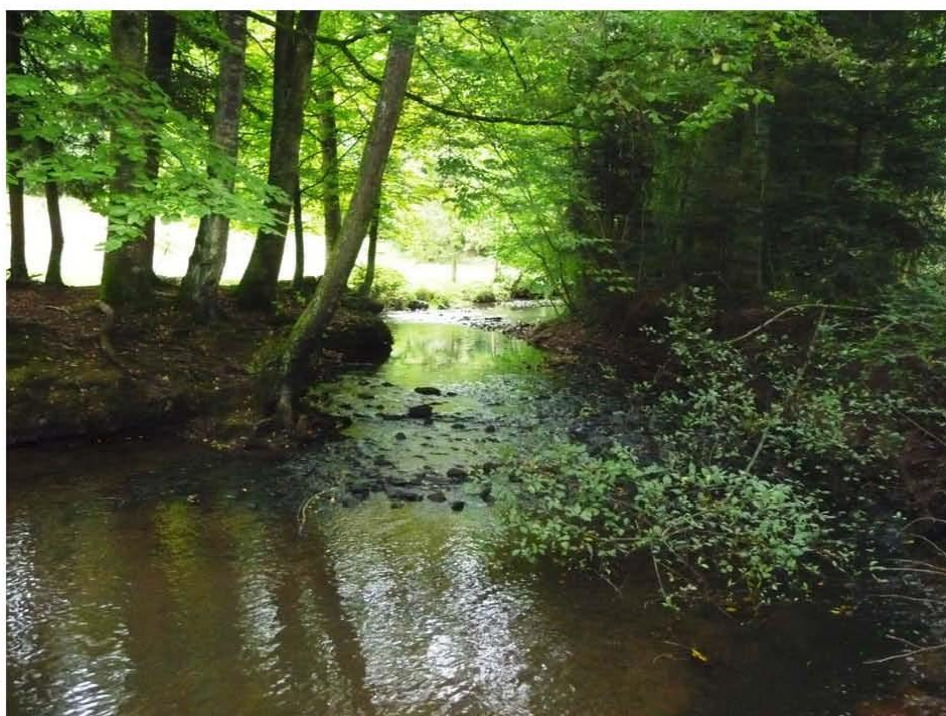


Localisation des prélèvements de sédiments

Nom : **SED16**

Localisation (Lambert 2 étendu) : 929 743 / 2 396 569

Commune : MERVILLER (54)





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

Direction Régionale Lorraine
1, avenue du Parc de Brabois
54500 – Vandoeuvre-lès-Nancy – France
Tél. : 03 83 44 81 49