



Identification de l'origine de l'arsenic dans les eaux usées à Saint- Sébastien-sur-Loire (44)

Rapport final

BRGM/RP-66225-FR

Mars 2017



Identification de l'origine de l'arsenic dans les eaux usées à Saint- Sébastien-sur-Loire (44)

Rapport final

BRGM/RP-66225-FR
Mars 2017

Étude réalisée dans le cadre des opérations
de Service public du BRGM 2015-VII-29

P. Chrétien, G. Bodere et C. Le Guern

Vérificateur :

Nom : Julie Lions

Fonction : Responsable scientifique
de programme

Date : 9/12/2016



Approbateur :

Nom : Pierre Conil

Fonction : Directeur régional Pays-
de-la-Loire

Date : 15/12/2016



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 : Arsenic, assainissement, eau usée, eau souterraine, fond géochimique, pollution, Saint-Sébastien-sur-Loire, Loire-Atlantique, Pays-de-la-Loire.

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

Chrétien P., Bodere G. & Le Guern C. (2017) – Identification de l'origine de l'arsenic dans les eaux usées à Saint-Sébastien-sur-Loire (44). Rapport final. BRGM/RP-66225-FR, 92 p., 25 ill., 3 tabl., 7 ann.

Synthèse

Le digesteur de la station d'épuration de la Petite Californie à Trentemoult (Rezé, Nantes Métropole) a été mis en service en 2011. En février 2014, des anomalies dans le traitement des eaux usées sont constatées. Nantes Métropole diagnostique un dysfonctionnement du digesteur provoqué par une inhibition des bactéries liée à la présence d'arsenic dans les eaux usées. En mars 2014, des analyses sont réalisées sur le réseau d'assainissement en amont de la Petite Californie. Elles montrent que le réseau de collecte des eaux usées de Saint-Sébastien-sur-Loire est en cause.

Les micaschistes albitiques à deux micas de la formation de Mauves-sur-Loire composent le substratum de Saint-Sébastien. Bien que ses propriétés hydrodynamiques soient médiocres (faible transmissivité notamment), l'aquifère des micaschistes est localement exploité au moyen de puits domestiques dont l'usage se restreint désormais principalement à l'arrosage des jardins et des potagers (constat de terrain).

La représentation cartographique des teneurs moyennes en éléments traces des objets géologiques étudiés par Le Guern et collab. (2013) et des proportions de teneurs correspondant à des anomalies fortes ou très fortes montre dans le cas de l'arsenic une corrélation très nette avec le contexte tectonique (cisaillement sud armoricain) et géologique (périphérie de certains granites). Une partie non négligeable de la ville de Saint-Sébastien présente une probabilité significative de comporter des anomalies fortes en arsenic (50-100 mg/kg).

Deux campagnes piézométriques (basses eaux en novembre 2015, hautes eaux en avril 2016) ont permis de recueillir chacune une trentaine de mesures piézométriques, destinées à élaborer deux cartes piézométriques. En outre, 14 puits ont été échantillonnés. Avec l'appui technique de Nantes Métropole, trois prélèvements dans le réseau d'eaux usées ont permis de compléter l'échantillonnage, en avril puis octobre 2016. Les cartes piézométriques montrent que l'allure générale de la nappe évolue peu entre novembre 2015 et avril 2016. Globalement, le sens d'écoulement de la nappe est dirigé vers la Loire (sud → nord). Un axe de drainage situé au droit de la Martellière (le Douet) modifie localement ce sens d'écoulement général, en drainant la nappe vers l'ouest.

L'examen de la chronique du piézomètre de Mouzillon, appartenant au réseau de suivi quantitatif des eaux souterraines de Loire-Atlantique (0400000014 – RDESOU44) et représentatif de la situation piézométrique de Saint-Sébastien-sur-Loire, montre que les niveaux atteints pendant les hautes eaux des années 2014 et 2016 sont particulièrement élevés (records atteints en 2014 puis dépassés en 2016).

Les concentrations maximales en arsenic mesurées dans les eaux souterraines du secteur d'étude s'approchent du milligramme par litre ($980 \mu\text{g.L}^{-1}$ dans la rue de l'Ouche Colin en novembre 2015). Les valeurs maximales sont rencontrées dans la partie aval de la zone d'étude, ainsi que dans la partie médiane de cette zone. Il est intéressant de remarquer que les concentrations les plus fortes ont été relevées selon un axe NNW-SSE allant du quartier de la Bourdailerie à la Loire, avec un gradient de l'amont vers l'aval (gradient de concentration de direction opposée au gradient hydraulique pouvant traduire un enrichissement vers l'aval). Les concentrations sont sensiblement les mêmes entre basses et hautes eaux.

Les échantillons d'eau résiduaire urbaine présentent des concentrations plus faibles que celles retrouvées dans les eaux souterraines : de $90 \mu\text{g.L}^{-1}$ à $141 \mu\text{g.L}^{-1}$ en avril 2016 (hautes eaux), de 16 à $66 \mu\text{g.L}^{-1}$ en octobre 2016 (basses eaux). Les concentrations sont significativement plus

fortes en période de hautes eaux. Elles semblent diminuer vers l'aval (contrairement aux observations sur les eaux souterraines), sous l'effet probable d'une dilution (due à l'afflux d'eaux usées moins chargées, en provenance d'autres branches du réseau, à mesure que l'on progresse vers l'aval du réseau).

La comparaison des cotes piézométriques et des cotes altimétriques des canalisations du réseau d'assainissement de la zone d'étude montre :

- que le phénomène « d'ennoyage » des canalisations dans les eaux souterraines est susceptible de se produire en différents lieux de la zone d'étude (en avril 2016, nous estimons que les canalisations sont ennoyées au droit de 47 % des regards de la zone d'étude).
- que les « bassins versants » du réseau d'assainissement les plus vulnérables à un éventuel « envahissement » par les eaux usées sont ceux situés en amont de la zone d'étude.

Si l'activité industrielle semble peu intense sur la zone d'étude (bases de données BASIAS, BASOL et ICPE – portail Géorisques), l'activité agricole aurait été quant à elle importante avant l'urbanisation massive récente. Les cultures maraîchères en particulier sont susceptibles d'avoir utilisé de l'arséniate de plomb dans le passé. Ces activités peuvent ainsi avoir généré une pollution diffuse des sols de surface. Néanmoins, les concentrations importantes en arsenic dans les eaux souterraines semblent difficilement explicables par les seules activités agricoles. Compte-tenu du contexte géologique et géochimique local, une origine naturelle est vraisemblable.

Dans la mesure où les concentrations observées dans les eaux souterraines en hautes eaux et en basses eaux sont similaires, le phénomène de libération d'arsenic dans les eaux souterraines semble assez profond. Il n'apparaît pas lié à la libération saisonnière d'arsenic dans le proche sous-sol à la faveur de hautes eaux exceptionnelles. Le transfert des eaux souterraines vers les collecteurs d'eaux usées semble lié à l'ennoiement de ceux-ci par la nappe, et pourrait expliquer une certaine saisonnalité.

Les processus intervenant dans la contamination des eaux usées par l'arsenic d'origine naturelle pourraient ainsi être résumés de la manière suivante :

1. d'abord la solubilisation de l'arsenic présent naturellement sous forme minéralisée dans le sous-sol par oxydation de l'arsénopyrite ;
2. le transfert de l'arsenic libéré vers les eaux souterraines ;
3. la contamination des eaux usées lorsque la nappe ennoie le réseau du fait de l'existence vraisemblable de défauts d'étanchéité des canalisations.

Cette dernière hypothèse est confirmée par la comparaison entre les concentrations en arsenic dans les eaux résiduaires urbaines en périodes de hautes et de basses eaux souterraines : la concentration en arsenic dans les eaux résiduaires apparaît nettement plus élevée en période de hautes eaux.

Nous recommandons que soit mise en place une surveillance qualitative et quantitative des eaux souterraines de la zone d'étude. A cette fin, la création de plusieurs forages au sein de la zone d'étude permettra :

- de suivre en continu les variations de niveau de la nappe pour anticiper les épisodes d'ennoyage du réseau d'assainissement par les eaux souterraines ;

- de disposer d'un suivi de la qualité des eaux souterraines en effectuant des analyses chimiques régulières.

L'intérêt de ces suivis est de pouvoir croiser la donnée « niveau » et la donnée « chimie » pour anticiper les situations entraînant un risque de contamination des eaux usées dans le réseau et être en mesure d'adopter des mesures adéquates.

Nous préconisons par ailleurs que des études complémentaires soient engagées :

- faisabilité d'une solution de prétraitement des eaux usées par la mise en place d'une unité de prétraitement en aval de la zone d'étude ;
- faisabilité de la correction des défauts d'étanchéité, par un traitement des canalisations du réseau d'assainissement.

Sommaire

1. Introduction	11
2. Présentation de la zone d'étude	13
2.1. SITUATION GÉOGRAPHIQUE.....	13
2.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE	14
2.3. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE.....	16
2.3.1. Ressources en eau souterraine	16
2.3.2. Suivi piézométrique.....	18
2.3.3. Hydrographie	20
2.4. CONTEXTE GÉOCHIMIQUE	20
2.4.1. Lexique	20
2.4.2. Contexte géochimique départemental.....	20
2.5. HISTORIQUE DES DYSFONCTIONNEMENTS LIÉS À L'ARSENIC À SAINT- SEBASTIEN.....	21
3. Investigations de terrain : piézométrie et analyses chimiques	23
3.1. RECENSEMENT PRÉALABLE DES PUIITS DE LA ZONE D'ÉTUDE	23
3.2. CAMPAGNE PIÉZOMÉTRIQUE DE NOVEMBRE 2015 (BASSES EAUX)	23
3.3. CAMPAGNE PIÉZOMÉTRIQUE D'AVRIL 2016 (HAUTES EAUX).....	24
3.4. ANALYSES CHIMIQUES DES EAUX SOUTERRAINES	25
4. Diagnostic et recommandations	27
4.1. INTERPRÉTATION DES CAMPAGNES PIÉZOMÉTRIQUES	27
4.1.1. Élaboration des deux cartes piézométriques.....	27
4.1.2. Sens d'écoulement de la nappe et gradient hydraulique	27
4.1.3. Printemps 2016 : des hautes eaux supérieures à la moyenne à Saint-Sébastien	29
4.2. INTERPRÉTATION DES ANALYSES CHIMIQUES	30
4.2.1. Concentrations en arsenic en période de basses eaux (novembre 2015).....	30
4.2.2. Concentrations en arsenic en période de hautes eaux (avril 2016)	31
4.2.3. Analyses complémentaires d'octobre 2016 (basses eaux).....	32
4.3. COMPARAISON DES NIVEAUX PIÉZOMÉTRIQUES DE HAUTES EAUX AVEC LA COTE ALTIMÉTRIQUE DES CANALISATIONS ENTERRÉES D'EAU RÉSIDUAIRE URBAINE	33

4.4. ORIGINE DE L'ARSENIC DANS LES EAUX USÉES DE LA ZONE D'ÉTUDE ET MÉCANISME DE LA CONTAMINATION	37
4.4.1. Synthèse des activités anthropiques	37
4.4.2. Indices d'origine naturelle	39
4.4.3. Mécanismes probables de la contamination	40
4.5. RECOMMANDATIONS	41
4.5.1. Suivis quantitatif et qualitatif des eaux souterraines.....	41
4.5.2. Traitement des eaux usées à forte concentration en arsenic.....	43
5. Conclusion	45
6. Bibliographie.....	47

Liste des figures

Illustration 1 : situation de la commune de Saint-Sébastien-sur-Loire	13
Illustration 2 : localisation de la zone d'étude sur le territoire de la commune de Saint-Sébastien-sur-Loire	14
Illustration 3 : géologie de la commune de Saint-Sébastien-sur-Loire	16
Illustration 4 : entités hydrogéologiques présentes dans la zone d'étude	17
Illustration 5 : schéma conceptuel des aquifères de socle (R. Wyns, 1998 et 2004).....	18
Illustration 6 : localisation des piézomètres les plus proches de la zone d'étude	19
Illustration 7 : proportion de teneurs en arsenic dans les sols de surface supérieures au seuil d'anomalie forte (50-100 mg/kg), rapportée au contexte géologique (Le Guern et al., 2015). En gris : pas de données.	21
Illustration 8 : schéma simplifié du réseau d'assainissement collectif en amont de la Petite Californie et concentration en As mesurée le 21 mars 2014	22
Illustration 9 : localisation des points de mesure de la campagne piézométrique « basses eaux »23	
Illustration 10 : localisation des points de mesure de la campagne piézométrique « hautes eaux »	24
Illustration 11 : sens d'écoulement de la nappe (période de basses eaux 2015)	27
Illustration 12 : sens d'écoulement de la nappe (période de hautes eaux 2016).....	28
Illustration 13 : carte piézométrique des alentours du collège René Bernier	29
Illustration 14 : chronique piézométrique enregistrée à Mouzillon entre 2002 et 2016	30
Illustration 15 : les niveaux piézométriques atteints à Mouzillon dans le socle métamorphique en 2016 sont représentatifs de très hautes eaux.....	30
Illustration 16 : concentrations en arsenic dans les eaux souterraines à Saint-Sébastien (période de basses eaux, nov. 2015).....	31
Illustration 17 : concentrations en arsenic dans les eaux souterraines à Saint-Sébastien (période de hautes eaux, avr. 2016)	32
Illustration 18 : comparaison entre la cote des canalisations ERU et la cote piézométrique en avril 2016. Les bassins versants ERU sont classés par concentration « moyenne » en arsenic.....	34

Illustration 19 : proportion des regards par classe de valeurs de la différence entre cote altimétrique de la canalisation ERU et cote piézométrique	35
Illustration 20 : comparaison entre la cote des canalisations ERU et la cote piézométrique en avril 2016. Les bassins versants ERU sont classés par différence moyenne entre la cote des canalisations et la cote piézométrique	36
Illustration 21 : principales activités industrielles et de service passées et actuelles de la zone d'étude et ses abords	37
Illustration 22 : photo aérienne de 1952 de la zone d'étude située sur la commune de Saint-Sébastien-sur-Loire (source IGN)	38
Illustration 23 : corrélation des concentrations en arsenic avec les concentrations en sulfates et en nitrates dans les eaux souterraines prélevées en hautes eaux en 2016	40
Illustration 24 : comparaison des concentrations en arsenic dans les eaux résiduaires en périodes de hautes et de basses eaux souterraines en 2016	41
Illustration 25 : implantations proposées pour trois forages de surveillance	42

Liste des tableaux

Tableau 1 : piézomètres du réseau RDESOU44 les plus proches de la zone d'étude	18
Tableau 2 : concentrations en arsenic mesurées dans les eaux usées en mars 2014 (Nantes Métropole)	22
Tableau 3 : concentrations en arsenic mesurées dans les eaux usées et les eaux souterraines de la zone d'étude en 2016	33

Liste des annexes

Annexe 1 Liste des puits mesurés et/ou échantillonnés	49
Annexe 2 Résultats d'analyses sur les échantillons d'eau souterraines – Basses eaux (novembre 2015)	53
Annexe 3 Résultats d'analyses sur les échantillons d'eau souterraines – Hautes eaux (avril 2016)	69
Annexe 4 Résultats d'analyses sur les échantillons d'eau résiduaire urbaine – Hautes eaux (avril 2016)	75
Annexe 5 Résultats d'analyses sur les échantillons d'eau résiduaire urbaine – Basses eaux (octobre 2016)	79
Annexe 6 Carte piézométrique de Saint-Sébastien-sur-Loire Basses eaux (novembre 2015) .	83
Annexe 7 Carte piézométrique de Saint-Sébastien-sur-Loire Hautes eaux (avril 2016)	87

1. Introduction

La présence d'arsenic dans les eaux usées perturbe depuis le début de l'année 2014 un procédé de traitement des eaux à la station d'épuration (STEP) de la petite Californie, qui gère les effluents collectés dans le sud de l'agglomération nantaise. D'après les analyses effectuées par Nantes Métropole dans les collecteurs reliés à la STEP, il apparaît que l'arsenic proviendrait de secteurs situés dans la moitié Ouest de la commune de Saint-Sébastien-sur-Loire.

Plusieurs hypothèses sont possibles quant à l'origine de cet arsenic et aux modalités de son transfert dans les réseaux. Compte-tenu du contexte géochimique local, il peut s'agir d'une origine naturelle. La présence d'arsenic dans les sols et le sous-sol pourrait ainsi être partiellement diffuse ou ponctuelle. Son transfert vers les collecteurs pourrait être lié par exemple aux eaux souterraines. En particulier, la hauteur importante des eaux souterraines pendant l'hiver pourrait avoir mobilisé l'arsenic présent dans la zone non-saturée et accentué l'arrivée d'eau souterraine arsénifiée dans les réseaux de collecte d'eaux usées qui présentent des défauts d'étanchéité.

Sur cette base, Nantes Métropole a sollicité le BRGM en 2015 pour l'aider à élucider la question de l'origine de l'arsenic et de son transfert dans les réseaux d'eaux usées sur la partie ouest de la commune de Saint-Sébastien-sur-Loire, et pouvoir anticiper les mesures à prendre dans le dispositif de traitement et la gestion de la collecte des eaux usées.

Ce rapport présente la méthodologie développée et les résultats obtenus pour répondre à ces questions.

2. Présentation de la zone d'étude

2.1. SITUATION GÉOGRAPHIQUE

Située sur la rive gauche de la Loire, Saint-Sébastien-sur-Loire (26 000 habitants) est une commune de l'agglomération nantaise (24 communes, 600 000 habitants – cf. Illustration 1).

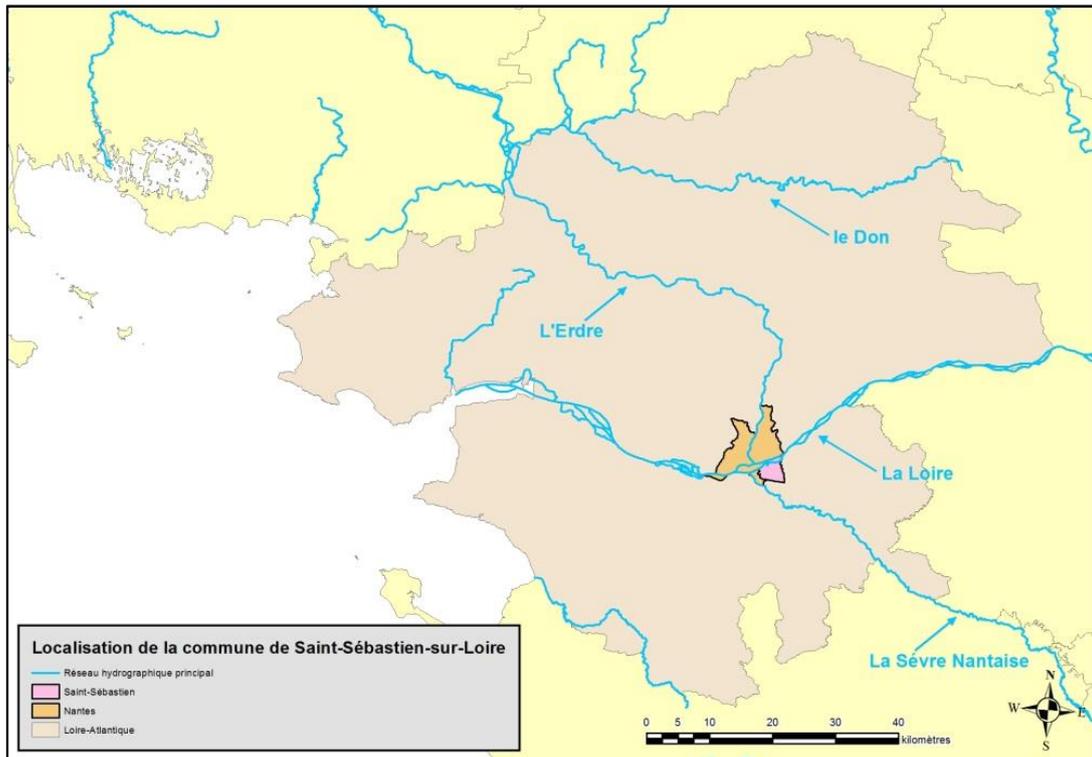


Illustration 1 : situation de la commune de Saint-Sébastien-sur-Loire

La partie occidentale de la commune est desservie par le réseau de collecte des eaux usées raccordé à la STEP de la Petite Californie située au sud-ouest de l'agglomération. Ce secteur d'intérêt pour la présente étude (cf. Illustration 2) est compris entre :

- la Loire au nord,
- les limites communales de Saint-Sébastien à l'ouest (rue de la Fonderie, rue de la Gréneraie, rue Bonne Garde, rue du Clos Toreau) et au sud (route de Clisson),
- la voie de chemin de fer Nantes-Bordeaux à l'est,
- le quartier de la Becque au nord-est.

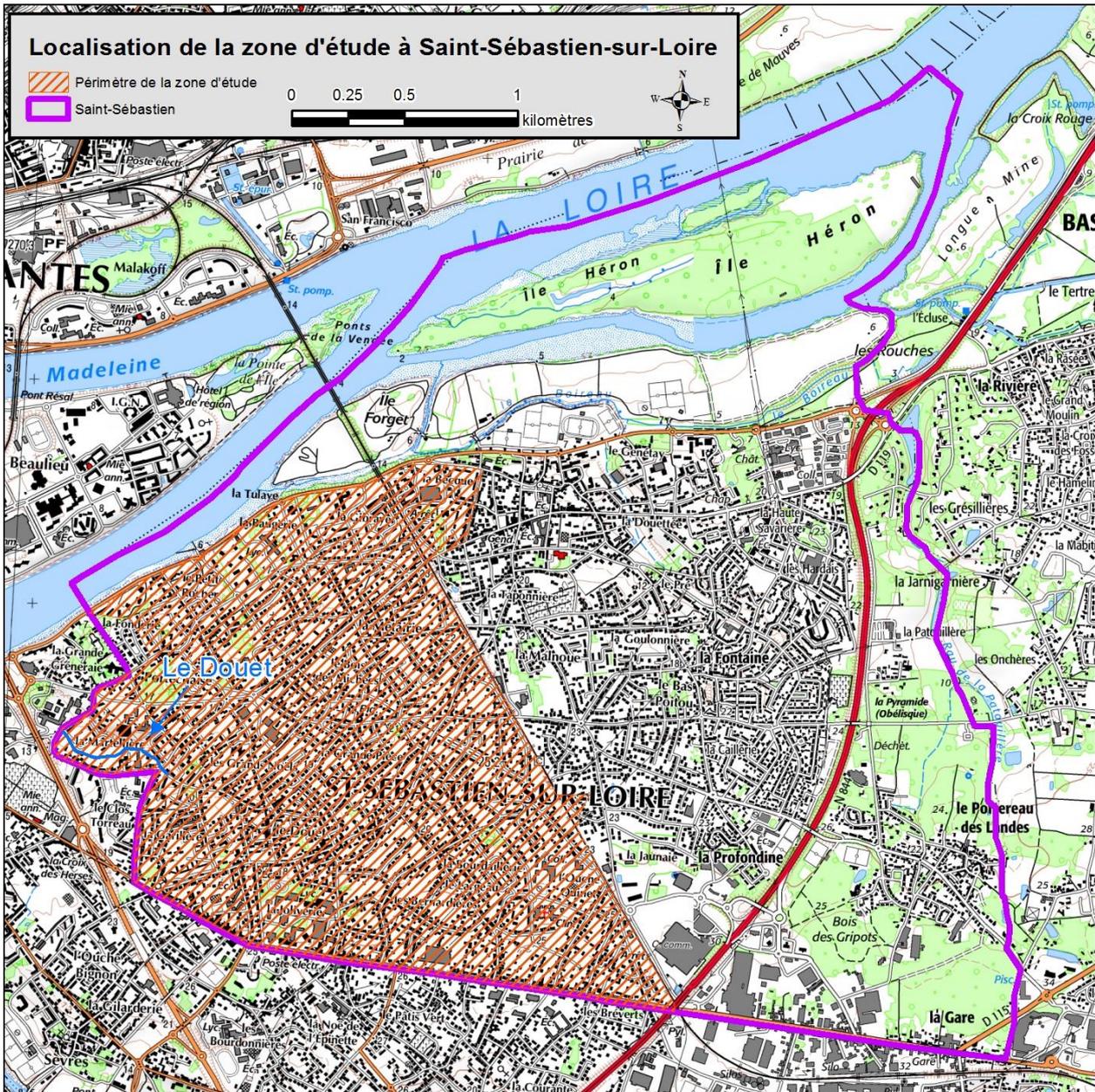


Illustration 2 : localisation de la zone d'étude sur le territoire de la commune de Saint-Sébastien-sur-Loire

2.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE

Sur une très large partie du bassin de l'estuaire de la Loire affleurent des formations de socle appartenant au Massif Armoricaïn et datant du Précambrien et du Paléozoïque. Ce substratum ancien a été structuré et fortement tectonisé durant l'orogénèse Cadomienne (650-450 Ma) et Hercynienne (400-260 Ma). Plus précisément, l'estuaire de la Loire (d'Ancenis à Saint-Nazaire) se situe en majeure partie dans la zone sud armoricaïne. La limite entre la partie sud et la partie dite central du Massif Armoricaïn est constituée par une faille profonde nommée **Cisaillement Sud Armoricaïn (CSA)** dont la direction est NNW-SSE.

Les micaschistes albitiques à deux micas de la formation de Mauves-sur-Loire composent le substratum de la commune (cf. Illustration 3). Ce substratum peut localement disparaître sous des formations de couverture :

- au nord du boulevard des Pas Enchantés, ils sont recouverts par les alluvions de la Loire.
- dans l'angle sud-est de la commune (bois des Gripots), ils sont recouverts par un placage résiduel de sables du Pliocène, témoin de la transgression marine qui a recouvert cette région il y a 5 à 2 millions d'années.
- au centre de la commune, entre les quartiers de Portechaize et Bas-Poitou, les micaschistes se sont altérés vers un faciès argileux.
- En divers endroits, des colluvions et des limons des plateaux masquent le substratum (la Joliverie, la Bourdaillerie, le Pâtis vert, la Profondine, les Hardais).

L'épaisseur de ces formations de couverture n'excède pas une dizaine mètres.

L'ensemble du Massif Armoricaïn a subi des phénomènes importants d'altération, avec des épisodes particulièrement marqués au Crétacé inférieur et à l'Éocène inférieur et moyen qui ont contribué à la création d'altérites meubles sur 20 à 30 m d'épaisseur (Lachassagne et collab., 2001 ; Wyns et collab., 2004 ; Lachassagne et Wyns, 2005). Il convient de préciser que la carte géologique de Nantes a été dressée dans les années 1960, à une époque où les formations superficielles étaient peu représentées (les travaux anciens étant en général davantage axés sur la représentation du substratum).

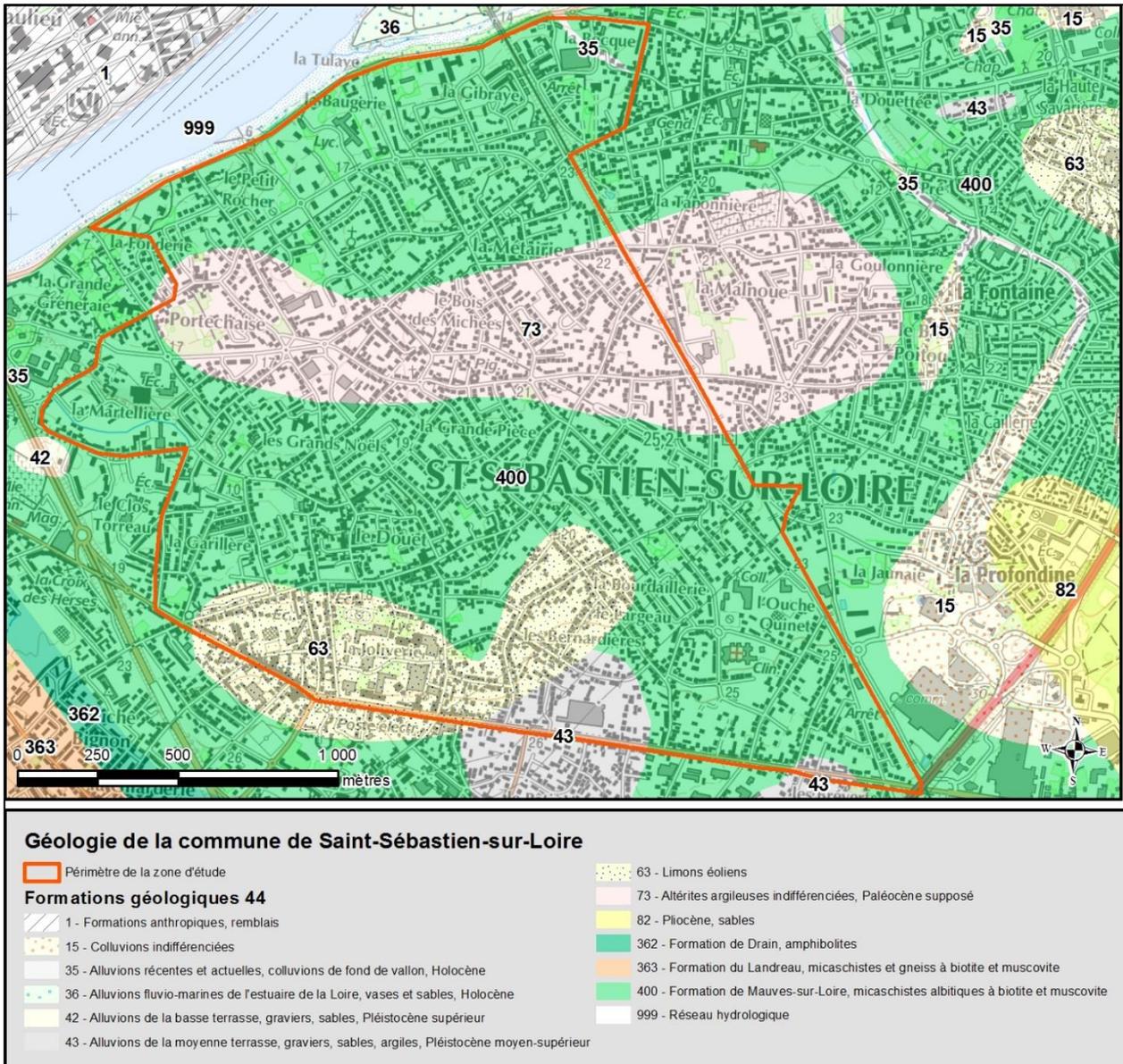


Illustration 3 : géologie de la commune de Saint-Sébastien-sur-Loire

2.3. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

2.3.1. Ressources en eau souterraine

Dans la zone d'étude, un seul aquifère est identifié : il s'agit de la nappe des micaschistes (Illustration 4). L'entité hydrogéologique BDLISA¹ correspondante porte la désignation de « Socle métamorphique dans le bassin versant de la Loire de la Vienne (non inclus) à la mer (bassin versant en aval du contact Socle métamorphique/sédimentaire) ».

¹ BDLISA : Banque de données des limites des systèmes aquifères (v1, 2015).

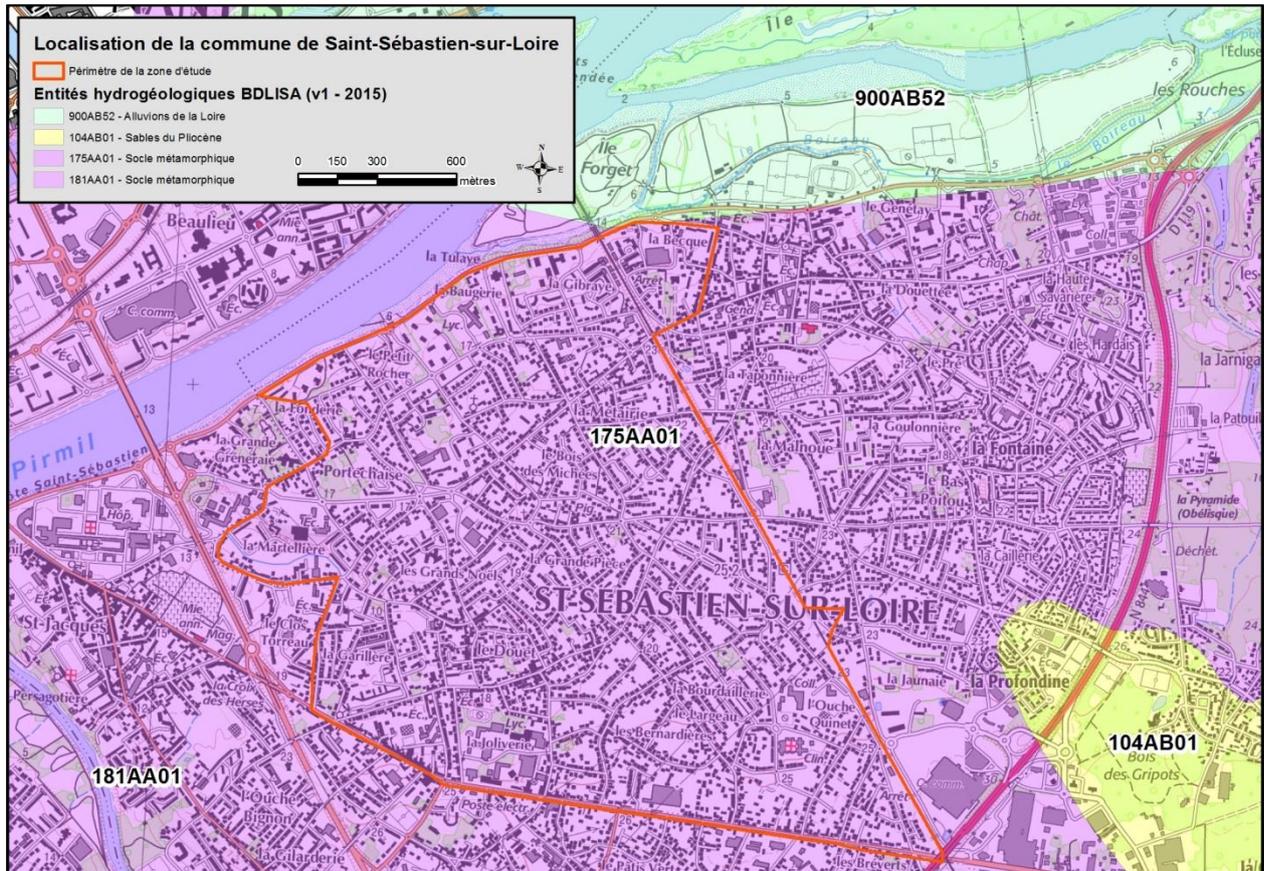


Illustration 4 : entités hydrogéologiques présentes dans la zone d'étude

Un système aquifère est à la fois un réservoir capable d'emmagasiner des volumes plus ou moins importants d'eau provenant des pluies infiltrées, et un conducteur permettant les écoulements souterrains et le drainage du réservoir vers ses exutoires naturels que sont les rivières lorsqu'il y a une connexion hydraulique. L'aquifère (le contenant) doit être distingué de la nappe (le contenu).

En domaine de socle tel que celui rencontré à Saint-Sébastien-sur-Loire (micaschistes), les deux fonctions sont le plus souvent réparties entre deux ensembles distincts mais continus :

- le rôle de réservoir (emmagasinement de l'eau de pluie) est assuré principalement par la roche altérée en place (les altérites sur l'illustration 5), à porosité importante et faible perméabilité ; cette roche altérée présente une épaisseur variable depuis la surface du sol et peut atteindre plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur ;
- le rôle de circulation de l'eau est principalement assuré par le réseau de fissures et fractures existant plus, dans ce que l'on appelle l'horizon fissuré (cf. Illustration 5), à porosité plus faible mais cependant significative (quelques %) et à perméabilité plus importante (de l'ordre de 10^{-5} m.s⁻¹, exceptionnellement 10^{-6} m.s⁻¹).

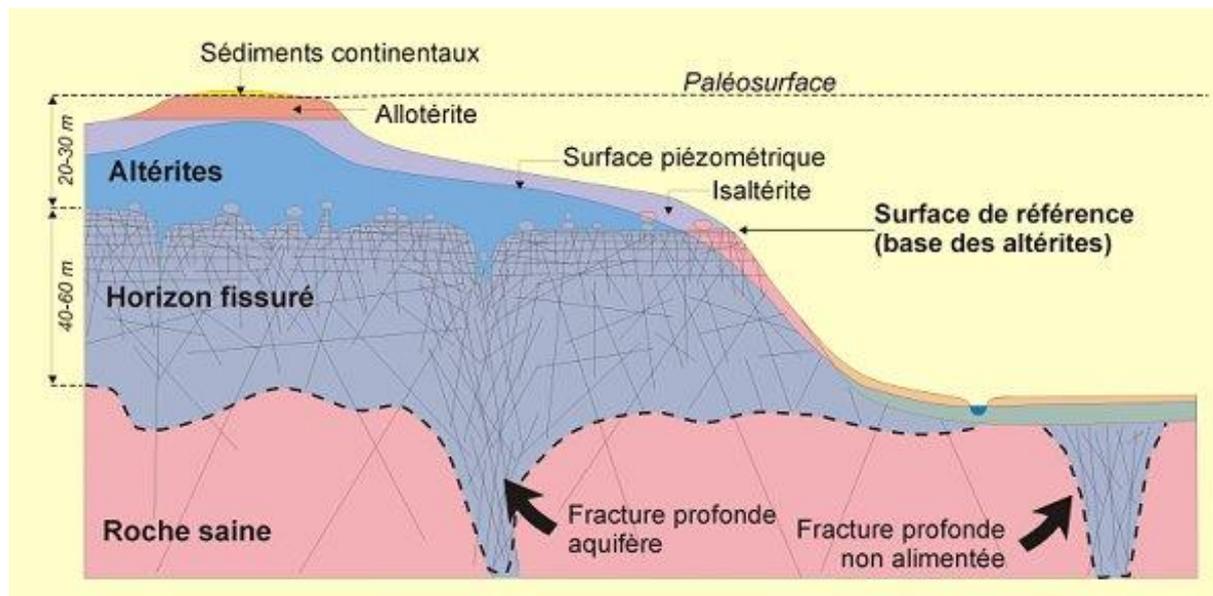


Illustration 5 : schéma conceptuel des aquifères de socle (R. Wyns, 1998 et 2004).

2.3.2. Suivi piézométrique

Le BRGM est le gestionnaire du réseau de suivi quantitatif des eaux souterraines de Loire-Atlantique (0400000014 – RDESOU44). Ce réseau est composé en 2016 de 25 piézomètres qui enregistrent en continu les variations du niveau de la nappe qu'ils captent. Le portail national d'accès aux données sur les eaux souterraines (portail ADES, www.ades.eaufrance.fr) met à la disposition du public les données piézométriques quotidiennes ainsi collectées.

Les piézomètres les plus proches de la zone d'étude sont tous situés en rive gauche de la Loire et figurent dans le Tableau 1 et sur l'illustration 6.

Commune où est implanté le piézomètre	Indice national	Distance à la zone d'étude (km)	Aquifère suivi	Code de l'entité hydrogéologique	Période de suivi
Basse-Goulaine	04818X0545/PZ33	6	Alluvions de la Loire	900AB52	1994-aujourd'hui
Saint-Julien-de-Concelles	04818X0544/PZ34	7	Alluvions de la Loire	900AB52	1994-aujourd'hui
Geneston	05088X0134/B	16	Bassin tertiaire de Grand-Lieu - Sables yprésiens	113AF05	2008-aujourd'hui
La Chevrolière	05082X0181/PZ	17	Bassin tertiaire de Grand-Lieu - Sables yprésiens	113AF05	2008-aujourd'hui
Mouzillon	05092X0009/P	19	Socle métamorphique	181AA01	1994-aujourd'hui

Tableau 1 : piézomètres du réseau RDESOU44 les plus proches de la zone d'étude

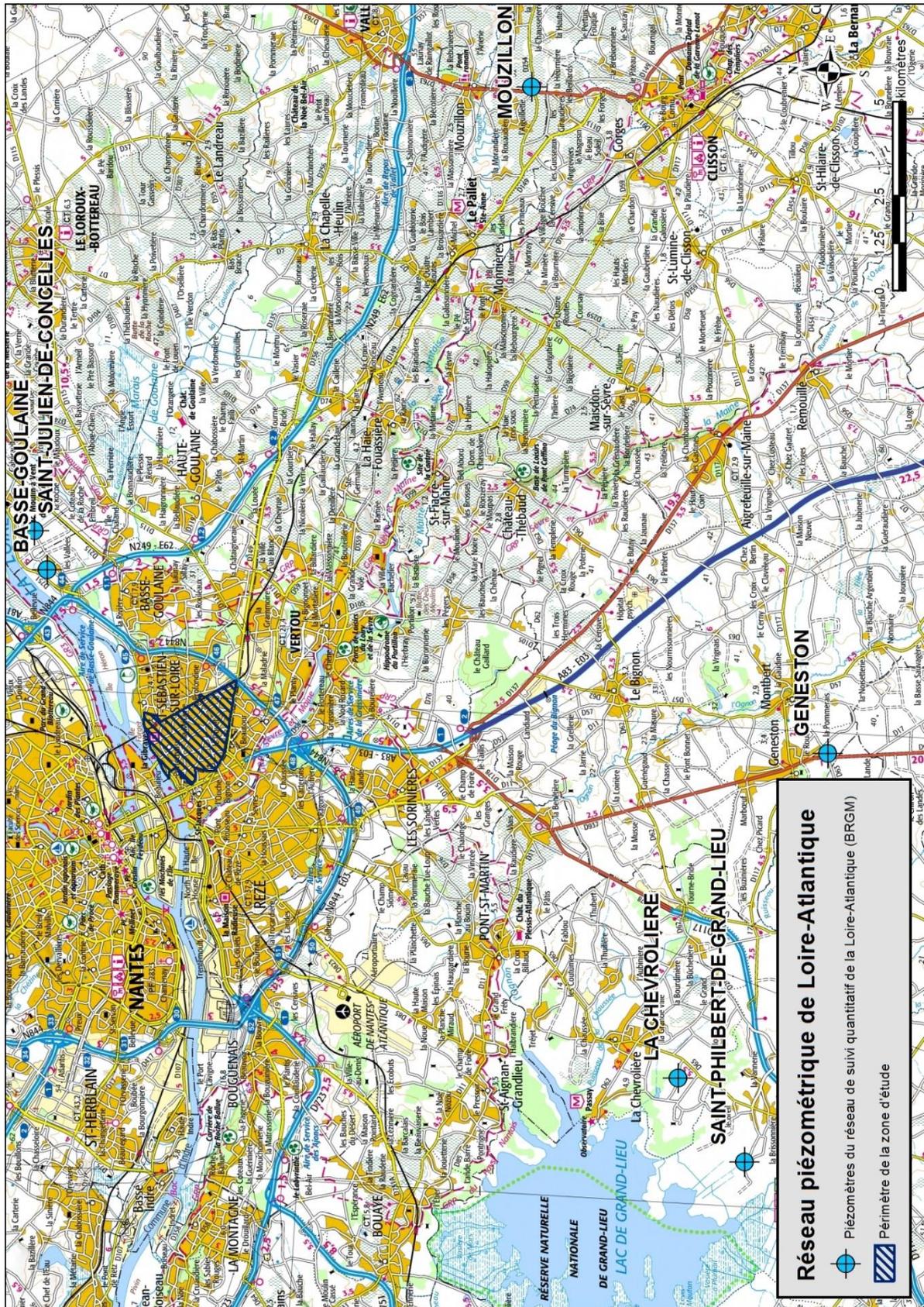


Illustration 6 : localisation des piézomètres les plus proches de la zone d'étude

2.3.3. Hydrographie

Outre la Loire qui marque sa limite septentrionale et les boires qui isolent l'île Forget et l'île Héron, Saint-Sébastien-sur-Loire est traversé par deux ruisseaux.

Dans sa partie orientale (quartiers la Fontaine, la Douettée, le Genetay), un ruisseau localement canalisé et recouvert par l'urbanisation coule du sud vers le nord et rejoint une boire de l'île Forget. Il n'est pas situé dans la zone d'étude (cf. Illustration 2).

Le ruisseau « le Douet » est quant à lui aujourd'hui complètement canalisé et très largement masqué par l'urbanisation. Il n'est libre que dans le quartier de la Martellière, entre l'intersection des rues Bonne Garde et Clos Toreau et la rue de la Gréneraie. Il rejoint ensuite la Loire.

2.4. CONTEXTE GÉOCHIMIQUE

2.4.1. Lexique

Le **fond géochimique** est la teneur « naturelle ou originelle » en éléments traces trouvée en l'absence de tout processus anthropique d'apport ou d'exportation vers ou hors le site considéré (Bourrelier et collab., 1998). Elle dépend en premier lieu de la teneur dans la roche qui est à l'origine du sol, mais également des processus qui sont intervenus lors de la formation du sol, qui ont pu lessiver ou concentrer l'élément en question (Le Guern et collab., 2013.).

La présence d'éléments traces dans un sol peut être également liée à des contaminations atmosphériques et anthropiques. Il y a **contamination** lorsqu'une substance potentiellement dangereuse est introduite artificiellement dans le milieu naturel. Il y a **pollution** lorsque la teneur est potentiellement dangereuse par rapport à l'usage du sol, ou lorsqu'elle atteint les valeurs limites fixées par les normes établies (Jeannot et collab., 2000).

On distingue deux types de pollution des sols, la **pollution ponctuelle** (dépôt ou épandage de polluants sur une surface restreinte) et la **pollution diffuse** (épandage ou retombée de polluants sur une grande surface). Ces pollutions peuvent être accidentelles ou chroniques. Le terme **pollution accidentelle** (dépôt ou déversement ponctuel de polluant) est utilisé lorsqu'une grande quantité de polluant est déversé sur une faible durée (le plus souvent sur une faible surface) ; le terme **pollution chronique** concerne les apports continus de contaminants par fuite ou lessivage, ou épandages, dont le cumul (en flux) peut être plus importants que ceux d'une pollution accidentelle (Jeannot et collab., 2000).

2.4.2. Contexte géochimique départemental

Les résultats acquis par Le Guern et collab. (2013) montrent que la majorité des sols sur le département de la Loire-Atlantique ne présentent pas d'anomalie en éléments traces étudiés (Pb, Cu, Zn). La présence d'anomalies apparaît plus marquée cependant pour l'arsenic. La représentation cartographique des teneurs moyennes en éléments traces des objets géologiques étudiés et des proportions de teneurs correspondant à des anomalies fortes ou très fortes montre **dans le cas de l'arsenic une corrélation très nette avec le contexte tectonique (cisaillement sud armoricain)** et géologique (périphérie de certains granites). Compte-tenu de l'échelle de validité des données acquises sur le département de la Loire-Atlantique, limitée par celle des cartes géologiques disponibles utilisées (1/50 000) et l'échelle départementale de travail, les auteurs précisent que des investigations complémentaires à une maille plus fine seraient nécessaires. Néanmoins, si l'on s'intéresse plus particulièrement au secteur correspondant à l'agglomération nantaise, une partie non négligeable de la ville de

Saint-Sébastien présente une probabilité significative (jusqu'à 25%) de comporter des anomalies fortes en arsenic (50-100 mg/kg).

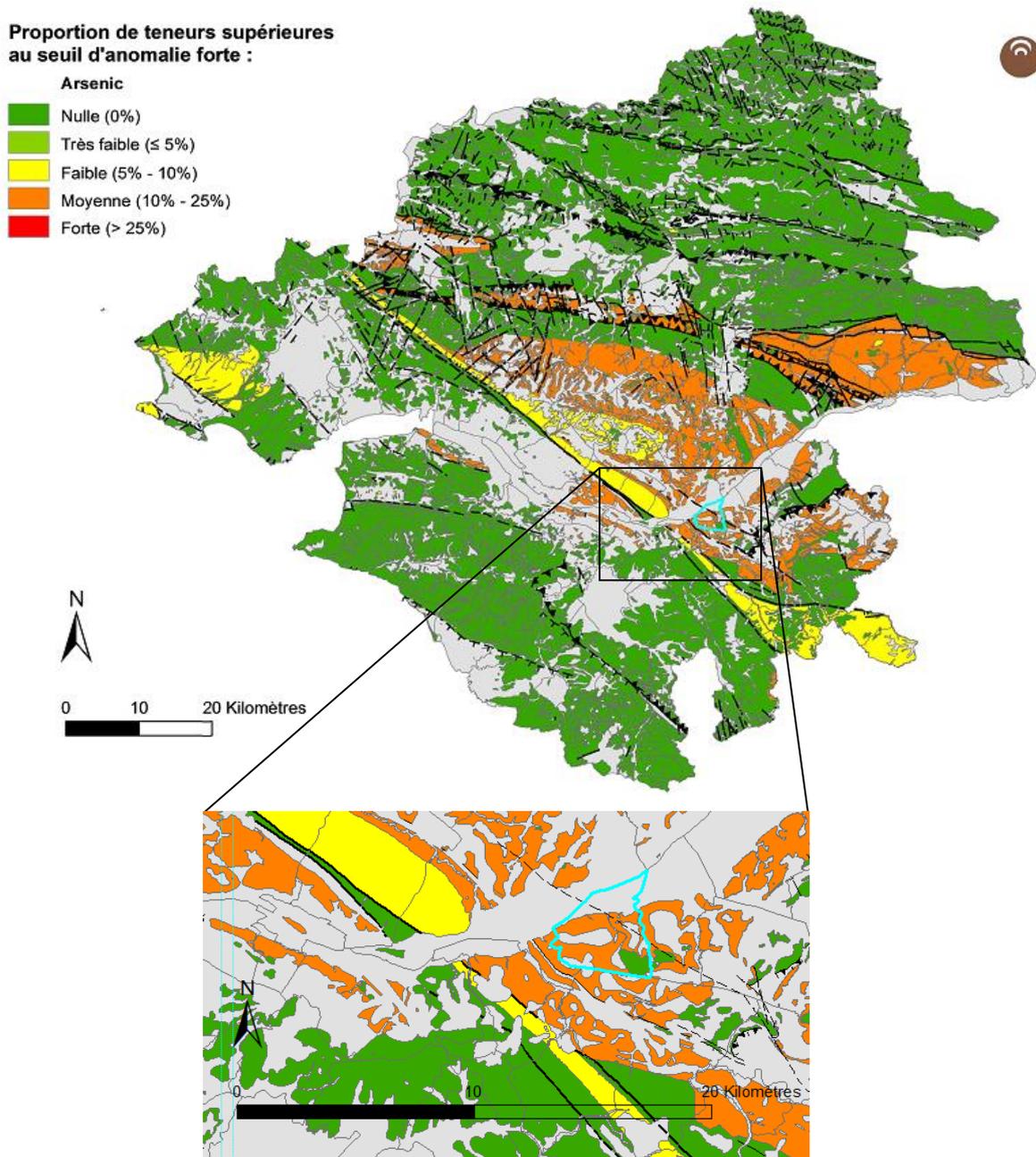


Illustration 7 : proportion de teneurs en arsenic dans les sols de surface supérieures au seuil d'anomalie forte (50-100 mg/kg), rapportée au contexte géologique (Le Guern et al., 2015). En gris : pas de données.

2.5. HISTORIQUE DES DYSFONCTIONNEMENTS LIÉS À L'ARSENIC À SAINT-SEBASTIEN

Le digesteur de la station d'épuration de la Petite Californie à Trentemoult a été mis en service en 2011. En février 2014, des dysfonctionnements du procédé de digestion sont constatés. Nantes Métropole diagnostique une inhibition des bactéries liée à la présence d'arsenic dans les eaux usées.

En mars 2014, des analyses sont réalisées sur le réseau d'assainissement en amont de la Petite Californie. Elles montrent que le réseau de collecte des eaux usées de Saint-Sébastien-sur-Loire (PR Gréneraie) est en cause.

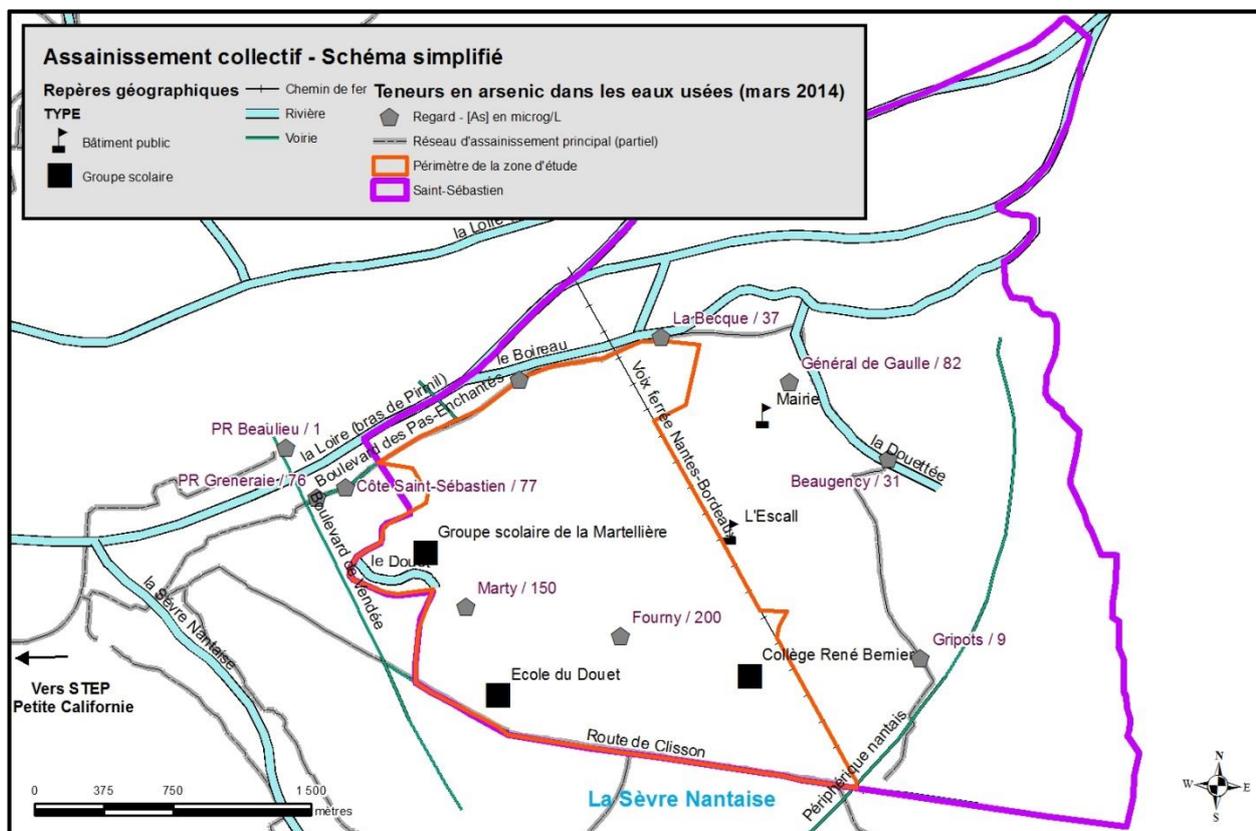


Illustration 8 : schéma simplifié du réseau d'assainissement collectif en amont de la Petite Californie et concentration en As mesurée le 21 mars 2014

Désignation	Teneur [As] mesurée le 11 mars 2014	Teneur [As] mesurée le 21 mars 2014	Unité	Quartier amont
PR Pont Rousseau	13	-/-	µg/L	Nantes St-Jacques
PR Gréneraie	84	76	µg/L	Saint-Sébastien
PR Beaulieu	1	1	µg/L	Beaulieu
PR Rousselière	8	7	µg/L	Vertou + Les Sorinières
PR Cheviré	10	9	µg/L	Bouguenais
Pas Enchantés	-/-	72	µg/L	Saint-Sébastien
Côte Saint-Sébastien	-/-	77	µg/L	Saint-Sébastien
La Becque	-/-	37	µg/L	Saint-Sébastien
Général de Gaulle	-/-	82	µg/L	Saint-Sébastien
Beaugency	-/-	31	µg/L	Saint-Sébastien
Marty	-/-	150	µg/L	Saint-Sébastien
Fourny	-/-	200	µg/L	Saint-Sébastien
Gripots	-/-	9	µg/L	Saint-Sébastien

Tableau 2 : concentrations en arsenic mesurées dans les eaux usées en mars 2014 (Nantes Métropole)

3. Investigations de terrain : piézométrie et analyses chimiques

3.1. RECENSEMENT PRÉALABLE DES PUIITS DE LA ZONE D'ÉTUDE

Préalablement aux travaux de terrain, un recensement des puits et forages avait été réalisé dès septembre 2015 avec l'appui du service urbanisme de la ville de Saint-Sébastien.

Pendant une semaine, un agent du BRGM a mené une enquête de voisinage visant à :

- Repérer les éventuels puits accessibles depuis le domaine public (puits communaux) ;
- Identifier les habitants autorisant le BRGM à procéder à une mesure piézométrique dans leur puits ;
- Optimiser la recherche de puits de façon à quadriller l'ensemble de la zone d'étude ;
- Obtenir dans certains cas l'autorisation d'échantillonner l'eau de leur puits.

3.2. CAMPAGNE PIÉZOMÉTRIQUE DE NOVEMBRE 2015 (BASSES EAUX)

La première campagne piézométrique a été menée au début du mois de novembre 2015 (période de basses eaux). 33 puits ont fait l'objet d'une mesure piézométrique, parmi lesquels 14 ont été échantillonnés pour analyser l'eau souterraine (cf. Illustration 9).

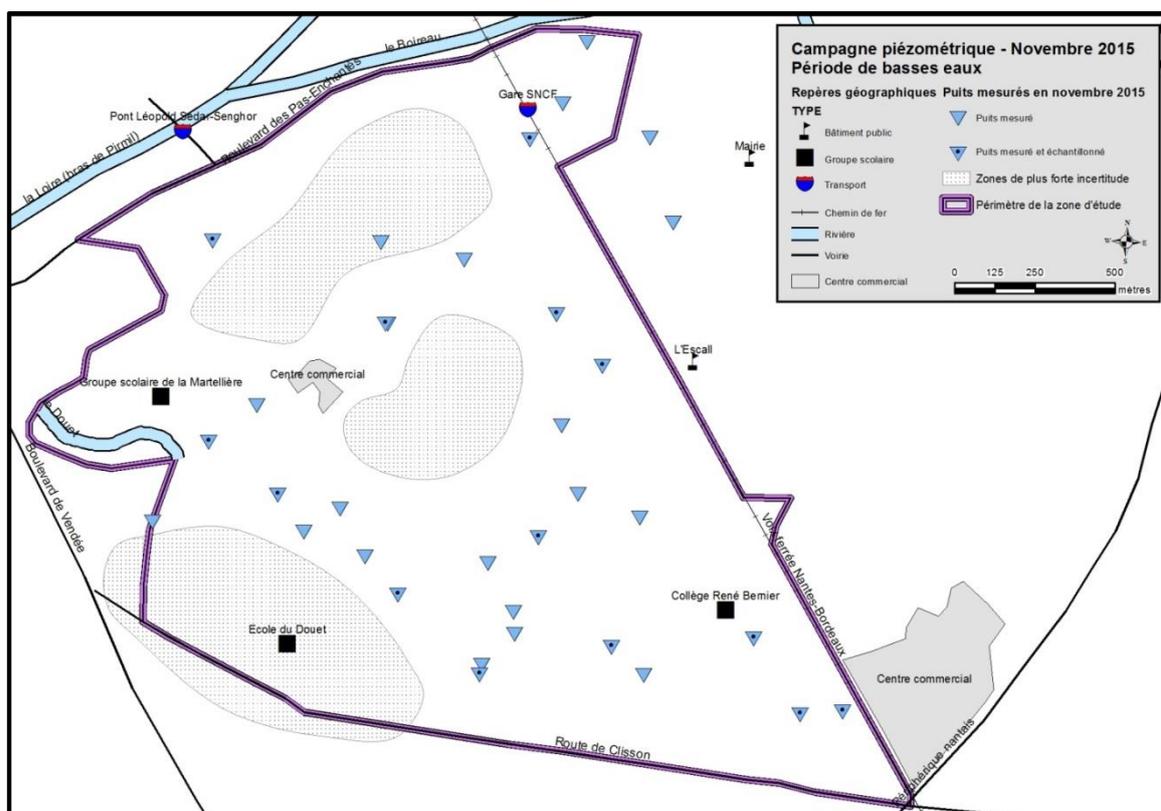


Illustration 9 : localisation des points de mesure de la campagne piézométrique « basses eaux »

La liste des puits ayant fait l'objet d'une mesure piézométrique en période de basses eaux figure en Annexe 1. Dans trois secteurs de la zone d'étude, il ne nous a pas été possible d'effectuer de mesures piézométriques, et ce en dépit de nos efforts répétés pour que les propriétaires de puits nous ouvrent leur porte. Dans ces trois secteurs (« zones de plus forte incertitude sur l'illustration 9), l'interpolation des données piézométriques est plus incertaine.

3.3. CAMPAGNE PIÉZOMÉTRIQUE D'AVRIL 2016 (HAUTES EAUX)

La seconde campagne piézométrique a été menée en avril 2016 (période de hautes eaux). 31 puits ont fait l'objet d'une mesure piézométrique (il s'agit des mêmes puits que lors de la campagne de novembre 2015 – cf. Illustration 10 – mais il nous a été impossible d'accéder à deux puits car leurs propriétaires étaient absents au moment de notre passage). Parmi ceux-ci, treize ont été échantillonnés pour analyser l'eau souterraine (il s'agit là aussi des mêmes ouvrages).

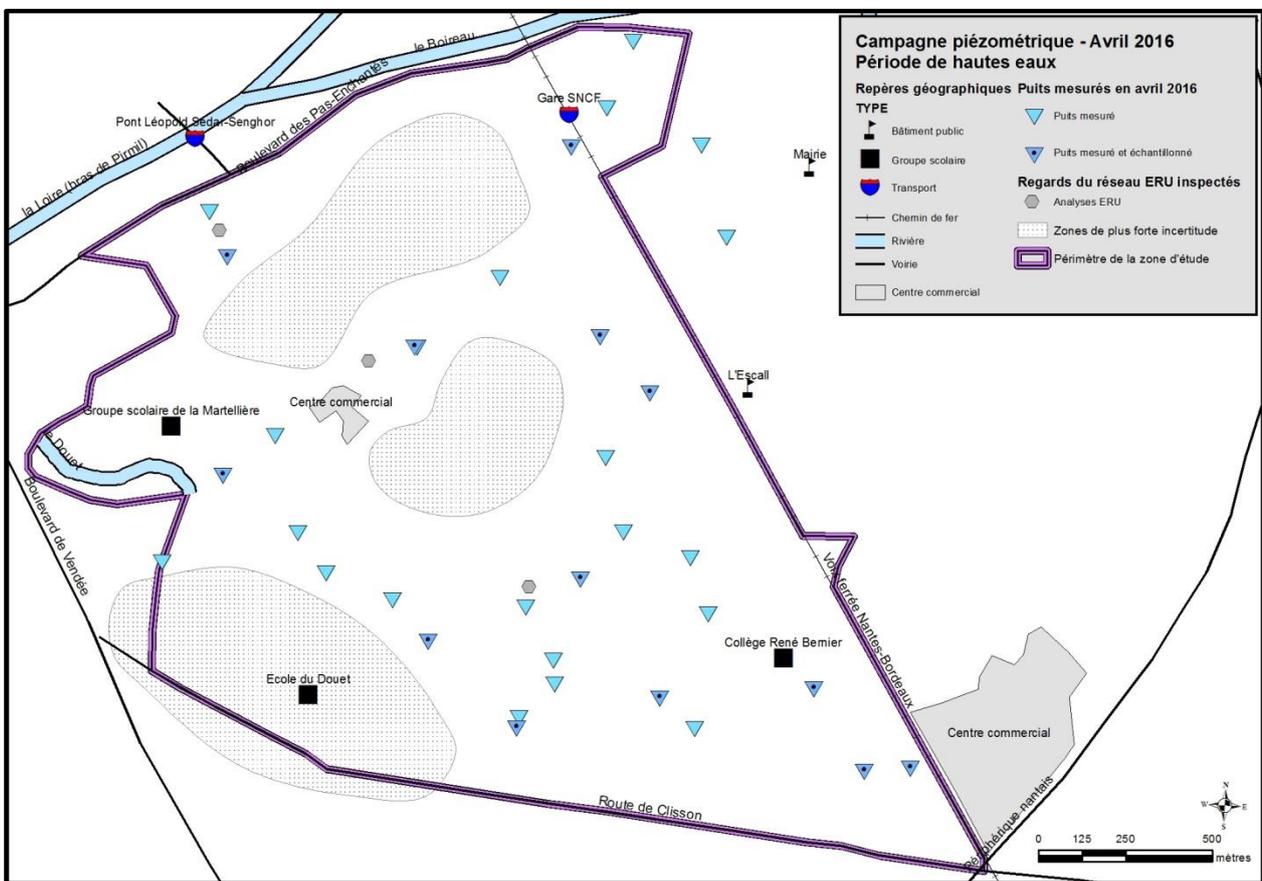


Illustration 10 : localisation des points de mesure de la campagne piézométrique « hautes eaux »

3.4. ANALYSES CHIMIQUES DES EAUX SOUTERRAINES

Outre les mesures *in situ* relatives aux paramètres physico-chimiques non conservatifs (température, potentiel hydrogène pH, potentiel redox Eh, conductivité), la première série d'analyses (novembre 2015) a consisté à rechercher un large éventail de substances :

- Eléments majeurs (calcium, sodium, nitrates, chlorures, sulfates...)
- Titre alcalimétrique
- 40 métaux (dont arsenic, zinc, cuivre, plomb, mercure, cadmium, bore, sélénium)

En avril 2016, seule une trentaine de métaux ont été recherchés. Par ailleurs, grâce à l'appui technique de Nantes Métropole, trois échantillons d'eau résiduaire urbaine (eau usée) ont été prélevés pour être analysés (cf. Illustration 10).

Les résultats synthétiques de ces deux séries d'analyses figurent en Annexe 2 (eaux souterraines, basses eaux), Annexe 3 (eaux souterraines, hautes eaux), et Annexe 4 (eaux résiduaires urbaines, avril 2016).

4. Diagnostic et recommandations

4.1. INTERPRÉTATION DES CAMPAGNES PIÉZOMÉTRIQUES

4.1.1. Élaboration des deux cartes piézométriques

Les altitudes de la nappe mesurées ponctuellement ont été interpolées pour déterminer l'altitude de la nappe en tous points de la zone d'étude. Cette interpolation s'est faite dans un premier temps par traitement géostatistique automatique (krigeage), puis le résultat obtenu a été corrigé à la main afin d'éliminer les artefacts d'interpolation en tenant compte de la topographie (résultats aberrants là où l'altitude de la surface de la nappe était supérieure à la topographie, notamment dans les thalwegs). Les cartes piézométriques basses et hautes eaux figurent en Annexe 6 et Annexe 7.

4.1.2. Sens d'écoulement de la nappe et gradient hydraulique

Les isopièzes sont des équipotentielles (la charge hydraulique est la même le long d'une isopièze). Les lignes de courant, qui définissent la direction des écoulements de la nappe, sont perpendiculaires aux isopièzes et vont dans le sens des potentiels décroissants (de la charge hydraulique la plus élevée vers la plus faible).

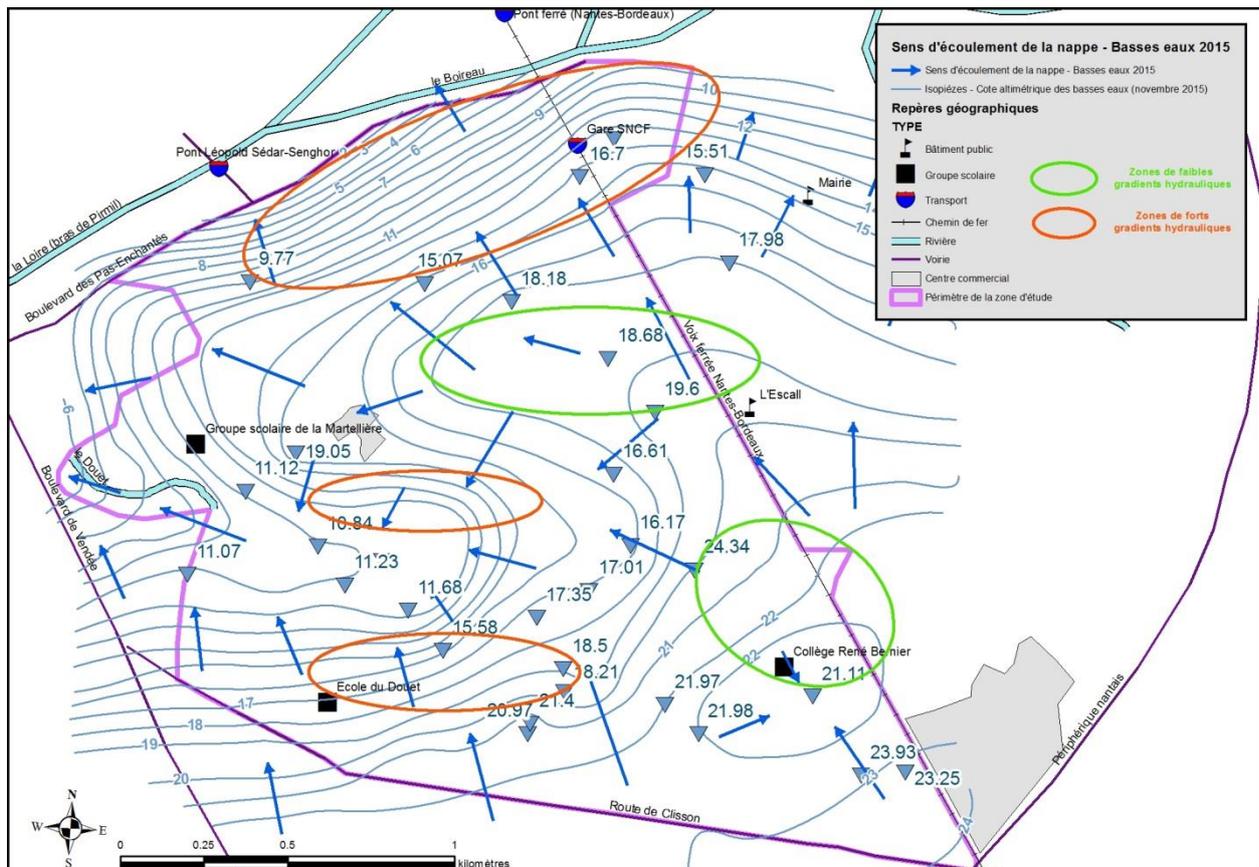


Illustration 11 : sens d'écoulement de la nappe (période de basses eaux 2015)

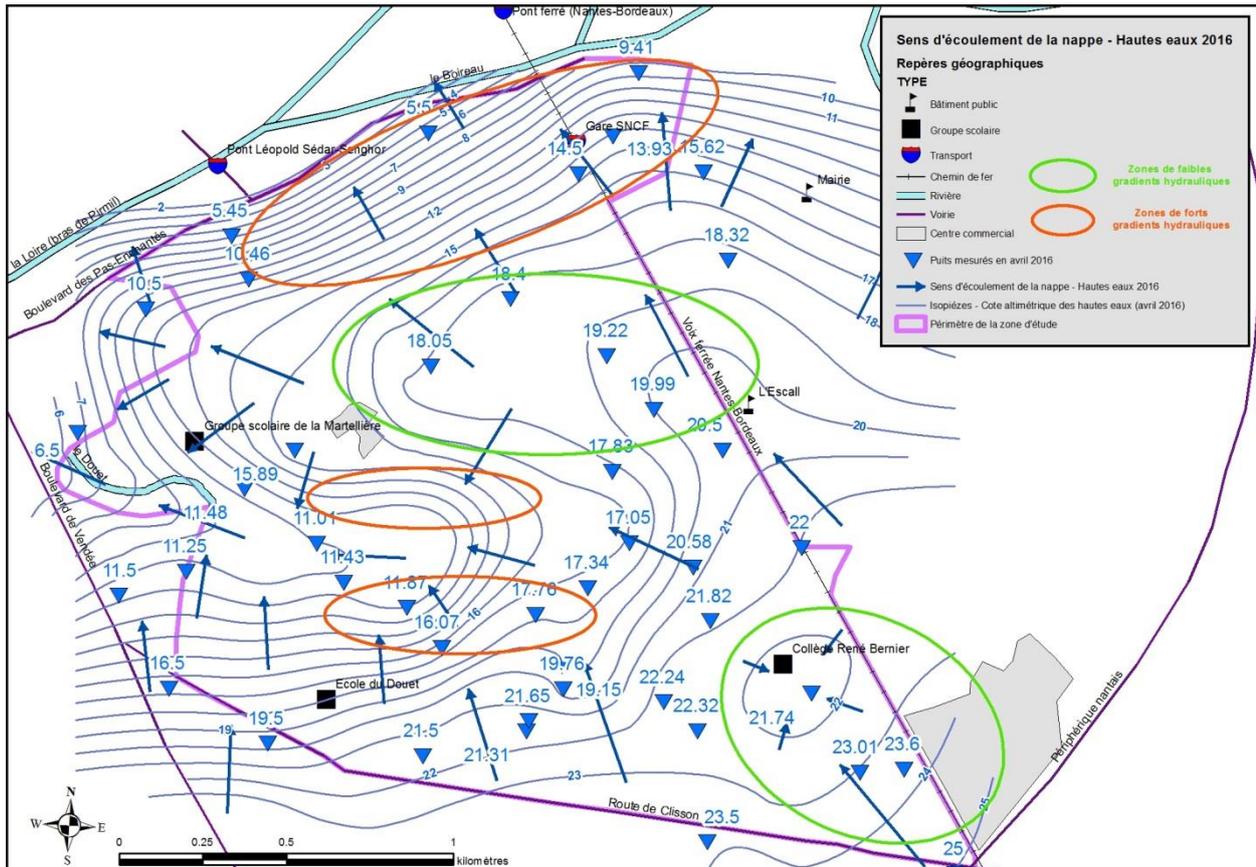


Illustration 12 : sens d'écoulement de la nappe (période de hautes eaux 2016)

L'allure générale de la nappe reste sensiblement la même entre novembre 2015 et avril 2016. Globalement, le sens d'écoulement de la nappe est dirigé vers la Loire qui la draine (sud → nord). Un axe de drainage situé au droit de la Martellière (le Douet) modifie localement ce sens d'écoulement général, en drainant la nappe vers l'ouest (cf. Illustration 11 et Illustration 12).

Le gradient hydraulique entre deux points de la surface piézométrique est l'équivalent de la pente en topographie. Les gradients hydrauliques sont les plus forts :

- sur les berges de la Loire et jusqu'à 400 m de la rive : 3 %
- au droit du quartier « le Douet » : 3 %

Ils sont les plus faibles :

- sur un vaste « plateau » s'étendant du quartier de la Malnoue à Portechaize : 0,5 %
- au droit du quartier de l'Ouche Quinet : 0,2 %

Les lignes de courant montrent que la nappe est drainée par le Douet et la Loire. Une dépression piézométrique notable est visible dans le secteur du collège René Bernier. Il s'agirait d'un pompage ponctuel destiné à rabattre la nappe au droit d'un bassin d'orage.



Illustration 13 : carte piézométrique des alentours du collège René Bernier

4.1.3. Printemps 2016 : des hautes eaux supérieures à la moyenne à Saint-Sébastien

Le piézomètre de Mouzillon enregistre les variations piézométriques de la nappe du socle métamorphique (cf. § 2.3.2 et Illustration 6). Compte-tenu des similitudes climatiques et hydrogéologiques entre Mouzillon et Saint-Sébastien et en l'absence de suivi piézométrique à Saint-Sébastien, il est intéressant d'analyser la chronique piézométrique de cet ouvrage suivi depuis 1994.

Les niveaux enregistrés au cours des premières années qui ont suivi la mise en route du digesteur (2011 et 2012) sont proches de la moyenne (cf. Illustration 14 & Illustration 15). A partir de 2013, ils se rapprochent des niveaux de hautes eaux. En février 2014, les plus hauts niveaux connus depuis le début du suivi sont atteints ; cela correspond aux premiers dysfonctionnements constatés sur le digesteur de la station d'épuration de la Petite-Californie. En 2015 les niveaux restent sensiblement hauts mais n'atteignent pas les records de février 2014. En février 2016, ils battent le record de février 2014.

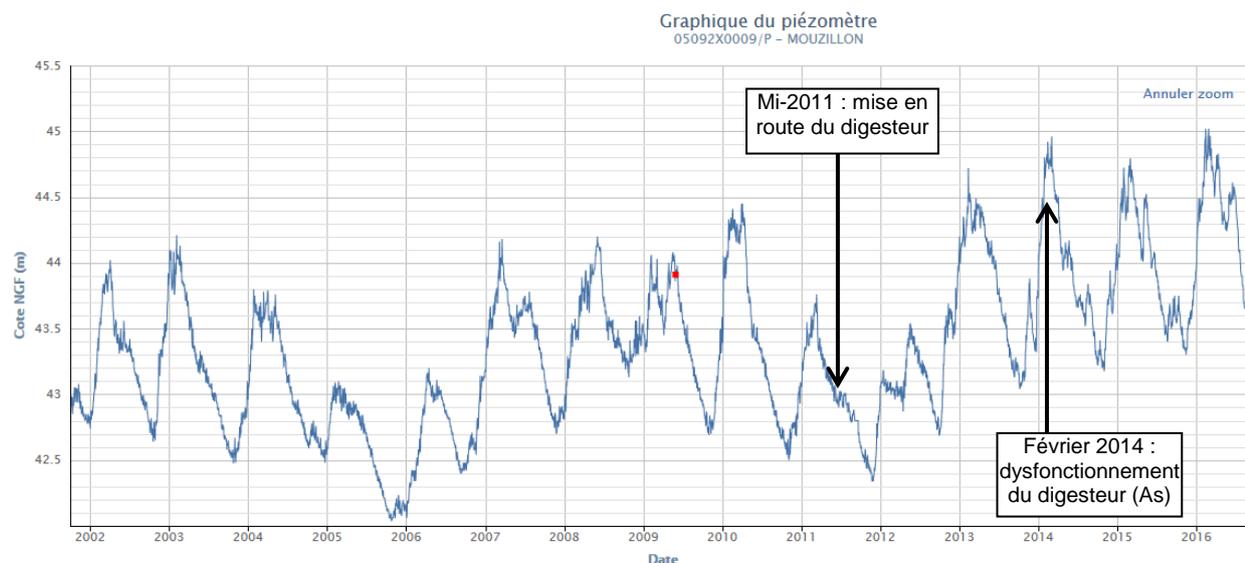


Illustration 14 : chronique piézométrique enregistrée à Mouzillon entre 2002 et 2016

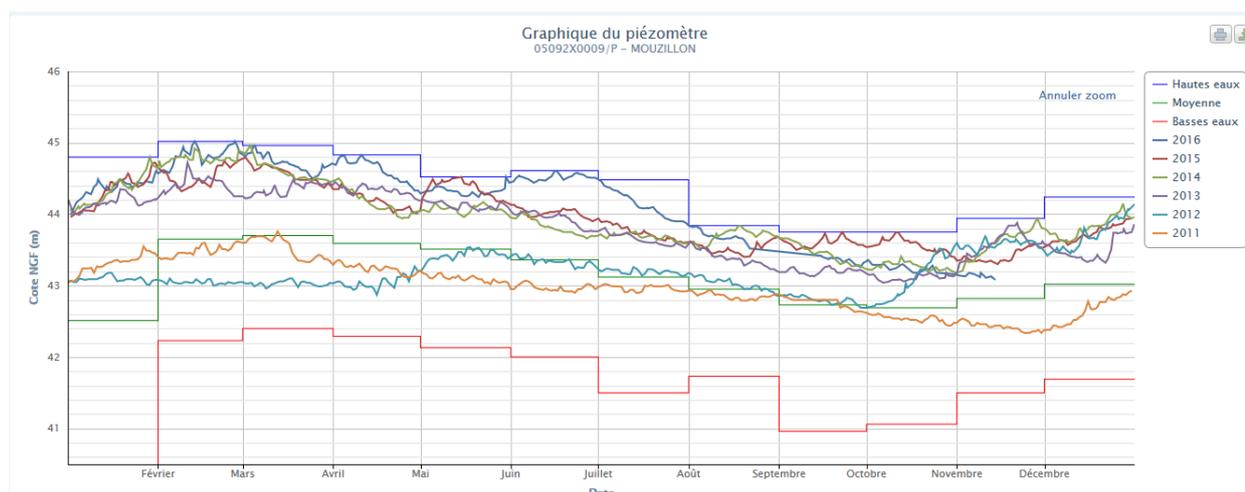


Illustration 15 : les niveaux piézométriques atteints à Mouzillon dans le socle métamorphique en 2016 sont représentatifs de très hautes eaux

Compte-tenu des similitudes climatiques et hydrogéologiques entre Mouzillon et Saint-Sébastien, il est vraisemblable que les niveaux piézométriques atteints à Saint-Sébastien au printemps 2016 soient également représentatifs de très hautes eaux.

4.2. INTERPRÉTATION DES ANALYSES CHIMIQUES

4.2.1. Concentrations en arsenic en période de basses eaux (novembre 2015)

En novembre 2015, les concentrations en arsenic détectées dans les eaux souterraines à Saint-Sébastien s'échelonnent de $4 \mu\text{g.L}^{-1}$ à $980 \mu\text{g.L}^{-1}$ (cf. Illustration 16). Les valeurs maximales sont rencontrées dans la partie aval de la zone d'étude, ainsi que dans la partie médiane de cette zone. Il est intéressant de remarquer que les concentrations les plus fortes ont été relevées selon un axe NNW-SSE (similaire à la direction du CSA, cf. § 2.2) allant du quartier de la Bourdailerie à la Loire, avec un gradient de l'amont vers l'aval (gradient de

concentration de direction opposée au gradient hydraulique pouvant traduire un enrichissement vers l'aval).

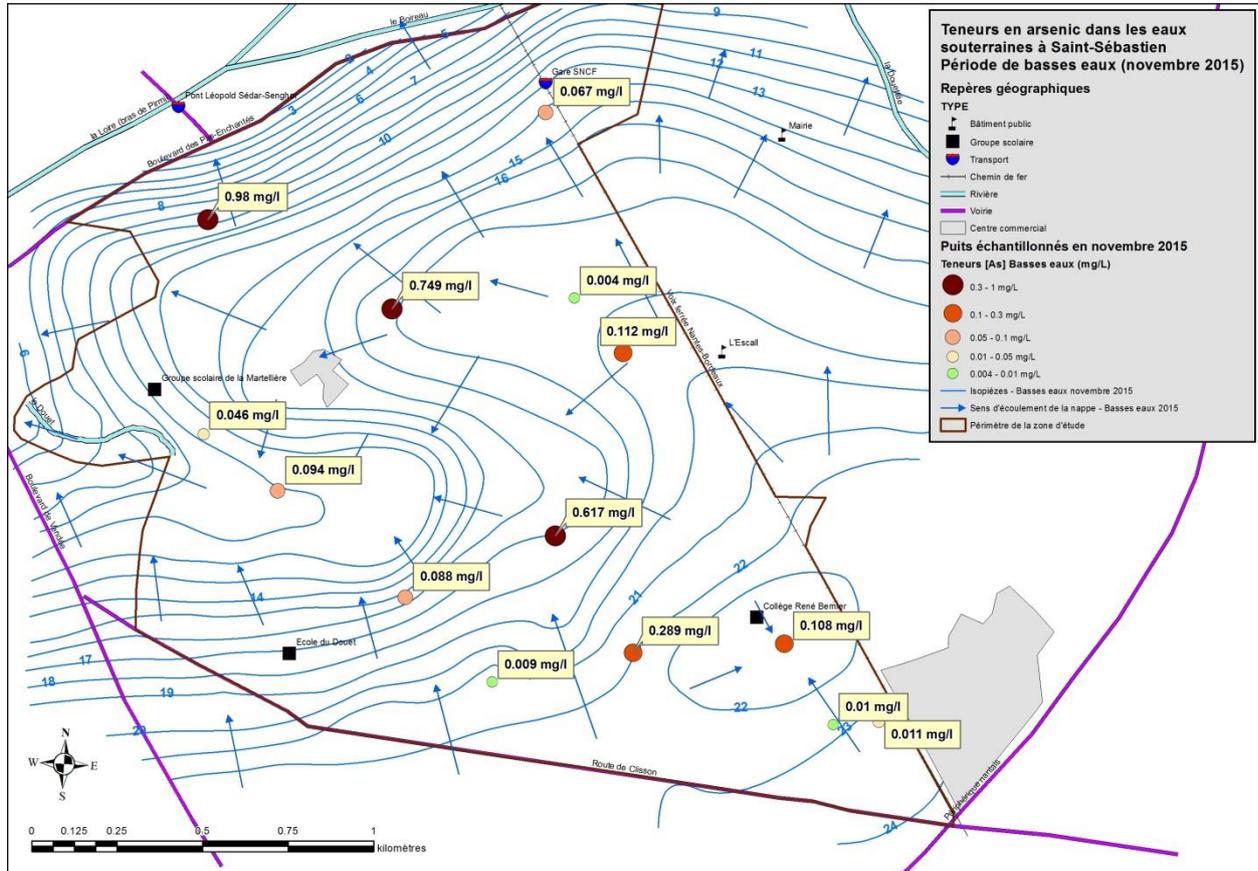


Illustration 16 : concentrations en arsenic dans les eaux souterraines à Saint-Sébastien (période de basses eaux, nov. 2015)

4.2.2. Concentrations en arsenic en période de hautes eaux (avril 2016)

Dans les eaux souterraines

En avril 2016, les concentrations en arsenic détectées dans les eaux souterraines à Saint-Sébastien (cf. Illustration 17) sont du même ordre qu'en novembre 2015 et s'échelonnent de 0,7 $\mu\text{g.L}^{-1}$ à 907 $\mu\text{g.L}^{-1}$. Les valeurs maximales sont rencontrées au même endroit qu'en période de basses eaux.

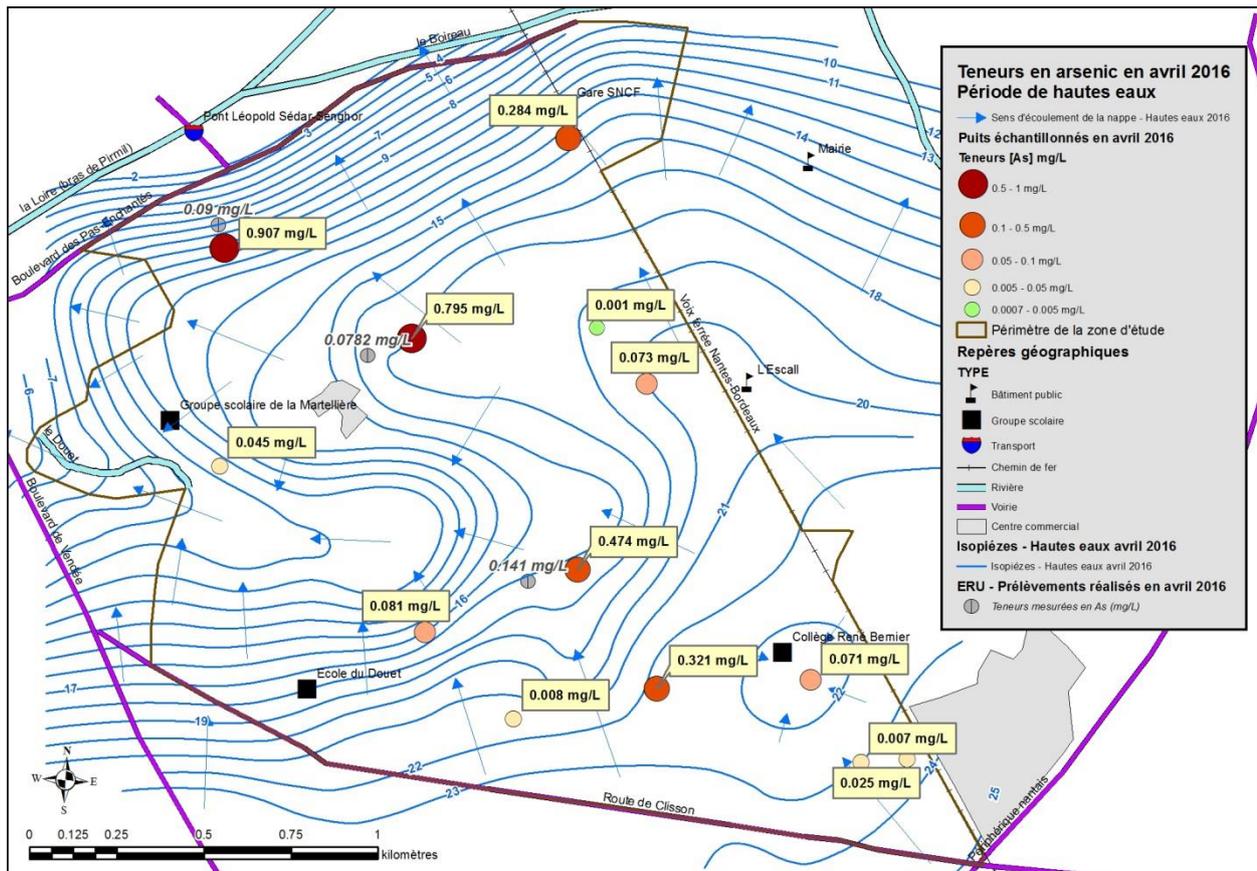


Illustration 17 : concentrations en arsenic dans les eaux souterraines à Saint-Sébastien (période de hautes eaux, avr. 2016)

Dans les eaux résiduaires urbaines

En avril 2016, les échantillons d'eau résiduaire urbaine présentent des concentrations plus faibles que celles retrouvées dans les eaux souterraines : de 90 $\mu\text{g.L}^{-1}$ à 141 $\mu\text{g.L}^{-1}$. Elles semblent par ailleurs diminuer vers l'aval (contrairement aux observations sur les eaux souterraines), sous l'effet probable d'une dilution. On observait déjà cette dilution vers l'aval dans les analyses réalisées par Nantes Métropole au sein de la zone d'étude le 21 mars 2014 (cf. Illustration 8) : 200 $\mu\text{g.L}^{-1}$ en amont à 76 $\mu\text{g.L}^{-1}$ en aval.

4.2.3. Analyses complémentaires d'octobre 2016 (basses eaux)

Pour compléter les analyses réalisées en période de basses eaux en 2015, des échantillons d'eau résiduaire urbaine ont été collectés en octobre 2016 sur les mêmes points de collecte qu'en avril 2016 (les résultats d'analyses figurent en Annexe 5). Par ailleurs, trois puits ont à nouveau fait l'objet d'une mesure piézométrique et d'un échantillonnage des eaux souterraines.

On observe que les concentrations en arsenic dans les eaux usées sont significativement plus faibles qu'en avril 2016, alors que les concentrations en arsenic dans les eaux souterraines sont sensiblement les mêmes (cf. Tableau 3).

		Regard 37 278	Regard 154 239	Regard 37 015
		<i>13-15 rue Alexandre Fourny</i>	<i>86-88 rue de la Libération</i>	<i>angle rue du Petit Rocher / rue de l'Ouche Colin</i>
[As] Eaux usées	Avril 2016 - Hautes eaux	141 µg/L	78,2 µg/L	90 µg/L
	Octobre 2016 - Basses eaux	65,3 µg/L	16,9 µg/L	31,7 µg/L

		Puits 01 04818X1621	Puits 08 04818X1631	Puits 10 04818X1636
		<i>rue Largeau</i>	<i>rue de la Libération</i>	<i>rue de l'Ouche Colin</i>
[As] Eaux souterraines	Avril 2016 - Hautes eaux	474 µg/L	795 µg/L	907 µg/L
	Octobre 2016 - Basses eaux	588 µg/L	813 µg/L	853 µg/L

Tableau 3 : concentrations en arsenic mesurées dans les eaux usées et les eaux souterraines de la zone d'étude en 2016

4.3. COMPARAISON DES NIVEAUX PIÉZOMÉTRIQUES DE HAUTES EAUX AVEC LA COTE ALTIMÉTRIQUE DES CANALISATIONS ENTERRÉES D'EAU RÉSIDUAIRE URBAINE

Nantes Métropole nous a fourni les cotes altimétriques des canalisations enterrées évacuant les eaux usées au droit des regards, ce qui représente plus d'un millier de points au sein de la zone d'étude. Nous avons d'abord interpolé les isopièzes des hautes eaux sous forme de grille au pas de 10 m, puis avons dans un second temps comparé les cotes altimétriques des canalisations aux cotes piézométriques des hautes eaux (cf. Illustration 18).

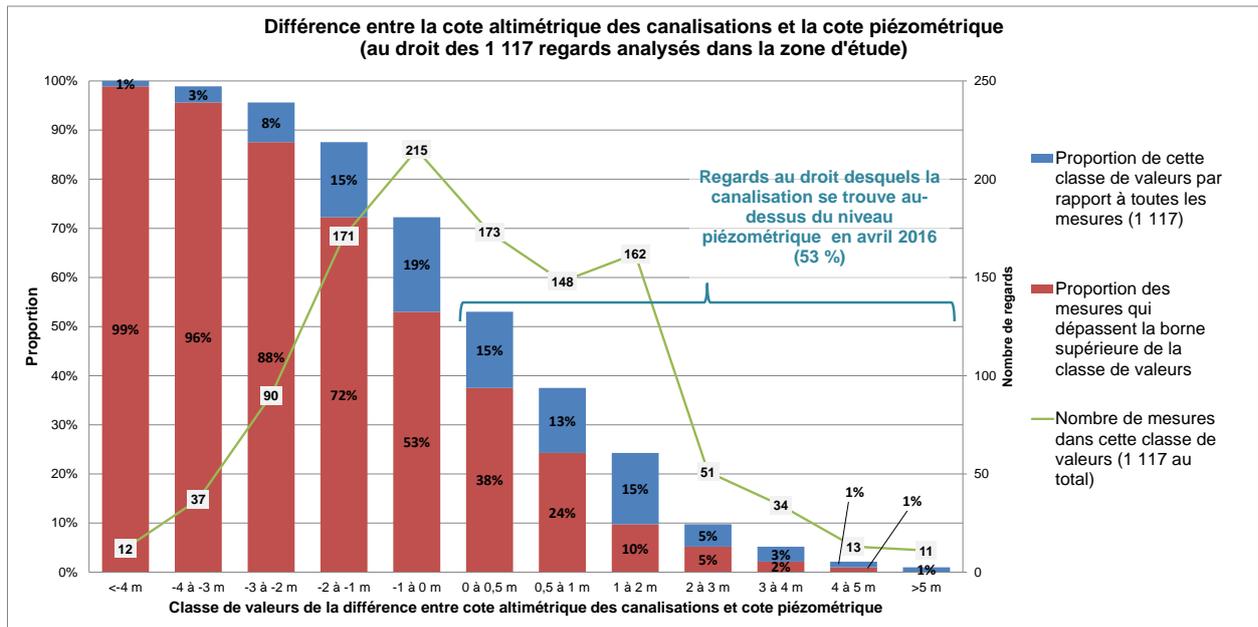


Illustration 19 : proportion des regards par classe de valeurs de la différence entre cote altimétrique de la canalisation ERU et cote piézométrique

Cette analyse montre :

- qu'en avril 2016, les canalisations d'eau usée sont envoyées au droit de la moitié (47 %) des regards (cf. Illustration 19) ;
- que le phénomène « d'envoyage » des canalisations dans les eaux souterraines est susceptible de se produire en différents lieux de la zone d'étude, et notamment :
 - dans le thalweg de la Martellière (concentrations en As relativement modérées, < 100 $\mu\text{g.L}^{-1}$) ;
 - au droit des quartiers de Portechaize/Bois des Michées, là où les concentrations les plus fortes en As ont été décelées (mais cela correspond à une zone d'incertitude donc à nuancer, cf. Illustration 10) ;
 - dans un triangle la Joliverie/le Douet/les Bernardières (concentrations en As modérées) ;
 - au droit du quartier de la Bourdailerie, où les concentrations en As sont assez fortes (entre 300 et 500 $\mu\text{g.L}^{-1}$).
- qu'en moyenne, les « bassins versants » du réseau d'assainissement les plus vulnérables à un éventuel « envahissement » par les eaux usées **sont ceux situés en amont de la zone d'étude** (cf. Illustration 20).

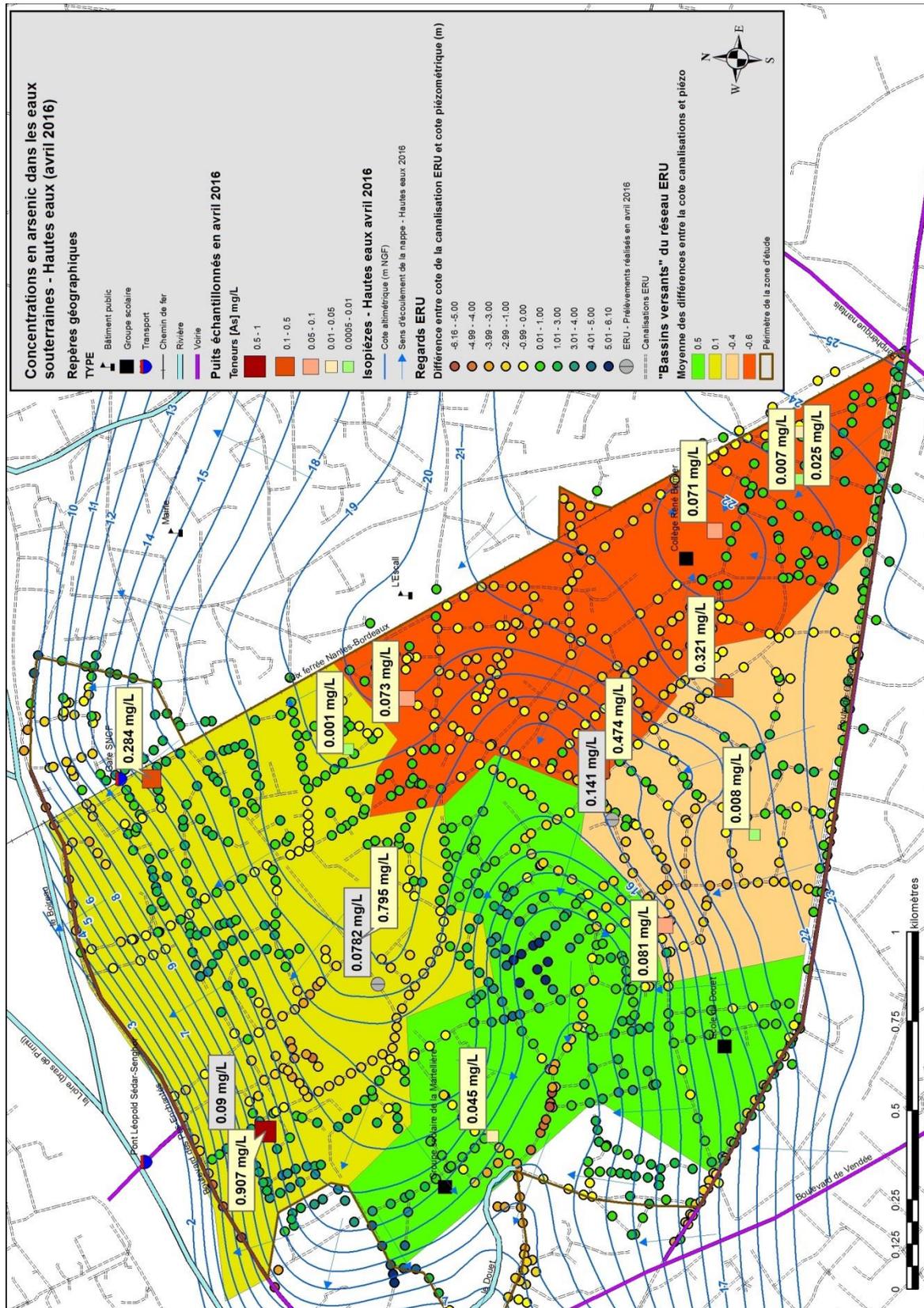


Illustration 20 : comparaison entre la cote des canalisations ERU et la cote piézométrique en avril 2016. Les bassins versants ERU sont classés par différence moyenne entre la cote des canalisations et la cote piézométrique.

4.4. ORIGINE DE L'ARSENIC DANS LES EAUX USÉES DE LA ZONE D'ÉTUDE ET MÉCANISME DE LA CONTAMINATION

L'arsenic étant susceptible d'avoir une origine naturelle et/ou anthropique sur le secteur d'étude, nous avons vérifié la présence d'activités anthropiques actuelles et passées ayant pu contaminer les sols et le sous-sol. Nous avons également exploité les données d'analyses pour appuyer notre raisonnement.

4.4.1. Synthèse des activités anthropiques

De nombreuses activités anthropiques sont susceptibles de contaminer les sols et les eaux souterraines. L'arsenic est ou a été utilisé ainsi dans de nombreuses activités industrielles et agricoles (M. Bisson, 2010). En particulier, il a été utilisé dans des produits de traitement du bois à base également de chrome et de cuivre, dans les pigments de peinture en association avec le cuivre, en tannerie pour la conservation des peaux, comme agent décolorant dans l'industrie du verre, et dans certains pesticides comme l'arséniate de plomb.

D'après les bases de données BASIAS, BASOL et ICPE (portail Géorisques), les principales activités industrielles et de services passées et actuelles recensées sur la moitié ouest de Saint-Sébastien-sur-Loire et dans un rayon proche sont des garages et stations-service. Ces activités ne sont pas susceptibles d'être des sources significatives d'arsenic. On notera toutefois la présence d'une fonderie de cuivre (PAL4404089) rue Saint-Jacques et d'une verrerie (PAL4404093) également dans le quartier Saint-Jacques à Nantes (Illustration 21).

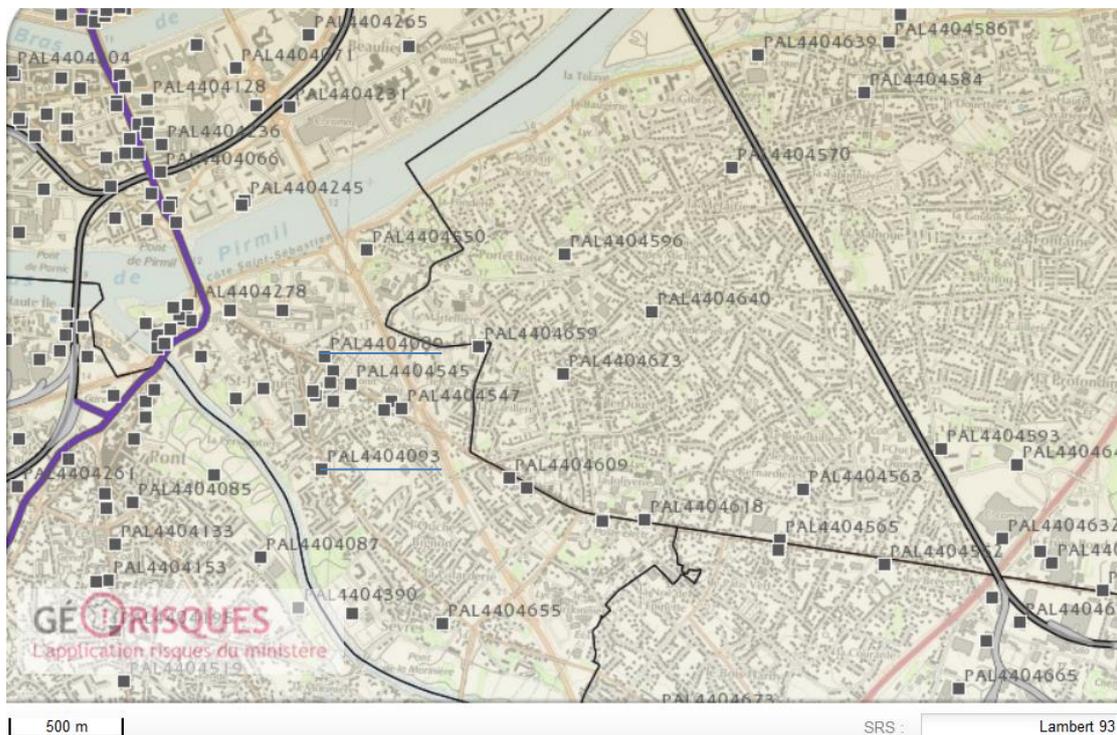


Illustration 21 : principales activités industrielles et de service passées et actuelles de la zone d'étude et ses abords

Si l'activité industrielle semble peu intense sur la zone d'étude, l'activité agricole aurait été quant à elle importante avant l'urbanisation massive récente. Ainsi, la photo aérienne de 1952 de l'IGN (Illustration 22) montre une mosaïque de champs et de cultures maraîchères. Les cultures maraîchères en particulier sont susceptibles d'avoir utilisé de l'arséniate de Pb dans le passé. Ces activités peuvent ainsi avoir généré une pollution diffuse des sols de surface. Il manque à ce stade une carte précise des zones historiques de maraîchage pour localiser plus précisément les zones potentiellement impactées.

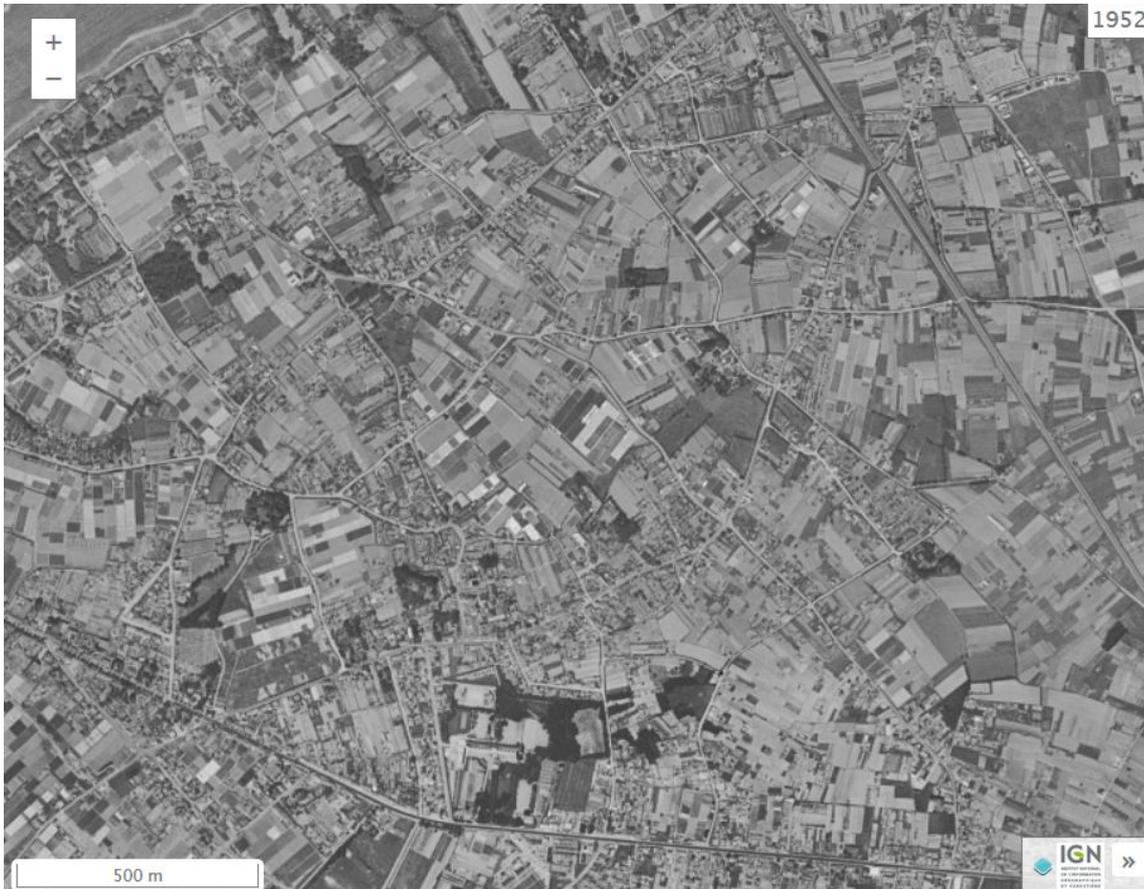


Illustration 22 : photo aérienne de 1952 de la zone d'étude située sur la commune de Saint-Sébastien-sur-Loire (source IGN)

Une autre source d'arsenic liée à l'activité humaine est liée à la présence de remblais. En particulier, dans l'agglomération nantaise, du fait de la présence locale d'arsenic dans certaines roches (cf. § 2.4.2), les remblais extraits de ces roches à l'occasion de travaux d'aménagement (réseaux routiers, réseaux enterrés, fondations, ...) et déposés à d'autres endroits (pour d'autres aménagements par exemple) sont susceptibles de contenir des teneurs importantes en arsenic. Il est en revanche très difficile de pouvoir localiser ces remblais, car il n'y a pas de suivi ni de cartographie de ces mouvements de terre.

Le rabattement de la nappe lié à certains aménagements qui n'avaient pas anticipé la présence d'eau souterraine (parkings souterrains par exemple) pourrait altérer les conditions d'oxydo-réduction. Ces modifications, même si elles demeuraient très modestes en fonction des caractéristiques du sous-sol et d'occupation du sol, pourraient néanmoins accentuer théoriquement la solubilisation de l'arsenic présent naturellement sous forme minéralisée.

4.4.2. Indices d'origine naturelle

Les concentrations importantes en arsenic dans les eaux souterraines semblent difficilement explicables par les seules activités agricoles. Compte-tenu du contexte géologique et géochimique local (§2.4.2), une origine naturelle ne peut ainsi être écartée. Les éléments ci-après confortent cette hypothèse.

L'arsenic naturel présent dans les roches l'est très généralement sous forme de minéraux d'arsénopyrite (sulfure de fer et d'arsenic). Le passage de l'arsenic en solution est lié à l'oxydation de ceux-ci. L'oxydation peut se produire quand les minéraux d'arsénopyrite se retrouvent en contact avec de l'oxygène (celui de l'atmosphère, des eaux de pluie ou des eaux de surface par exemple). Elle peut se produire également en profondeur, lorsque les eaux souterraines sont contaminées par des nitrates (Pauwels, 2000). Les nitrates jouent alors le même rôle que l'oxygène. Une réaction d'oxydo-réduction a lieu entre les nitrates et les minéraux sulfurés de fer (pyrite, arsénopyrite) ; les nitrates sont réduits en nitrites gazeux et les sulfures de fer sont oxydés en sulfates et fer dissous.

L'exploitation des données d'analyses des eaux souterraines apporte des éléments allant dans le sens d'une libération de l'arsenic dans l'eau souterraine liée à la réaction entre les nitrates et les minéraux sulfurés. En effet, comme le montre l'illustration 23, on observe une corrélation entre les plus fortes concentrations en arsenic et les concentrations en sulfates, et une anticorrélation avec les concentrations en nitrate. Ces observations sont particulièrement nettes en période de hautes eaux. La corrélation avec les concentrations en fer dissous est moins nette. Cela pourrait s'expliquer par la présence d'autres sources de fer et les difficultés à étudier cet élément (plusieurs formes possible du fer en solution) nécessitant des approches plus fines.

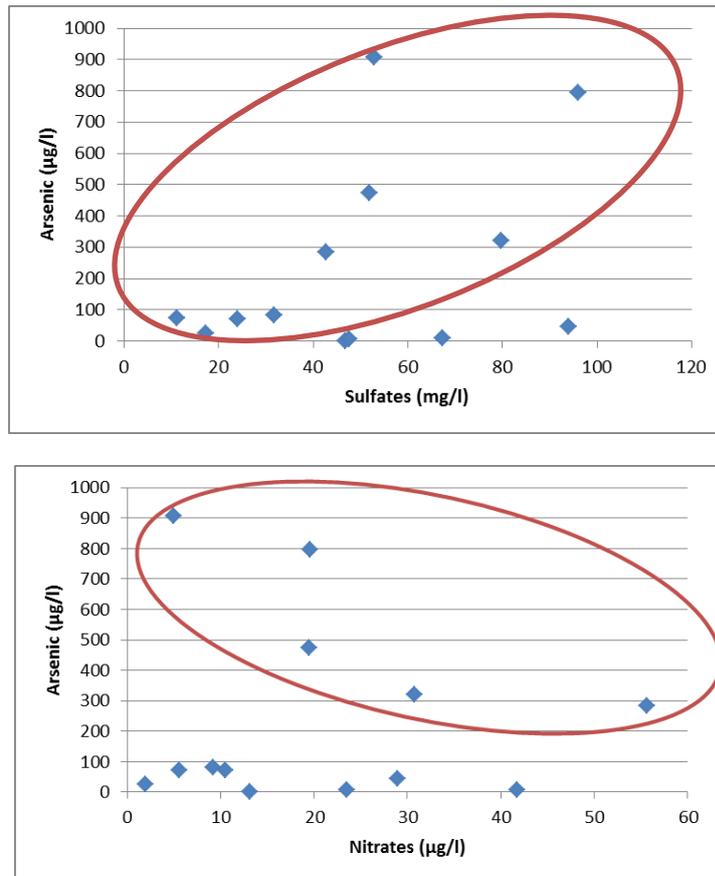


Illustration 23 : corrélation des concentrations en arsenic avec les concentrations en sulfates et en nitrates dans les eaux souterraines prélevées en hautes eaux en 2016

4.4.3. Mécanismes probables de la contamination

Dans la mesure où les concentrations observées dans les eaux souterraines en hautes eaux et en basses eaux sont similaires, le phénomène de libération d'arsenic dans les eaux souterraines semble assez profond. Il n'apparaît pas lié à la libération saisonnière d'arsenic dans le proche sous-sol à la faveur de hautes eaux exceptionnelles. Le transfert des eaux souterraines vers les collecteurs d'eaux usées semble lié à l'ennoiement de ceux-ci par la nappe, et pourrait expliquer une certaine saisonnalité.

Par ailleurs, la comparaison entre les concentrations en arsenic dans les eaux résiduaires urbaines en périodes de hautes et de basses eaux (cf. Illustration 24) montre que la concentration en arsenic dans les eaux résiduaires apparaît nettement plus élevée en période de hautes eaux.

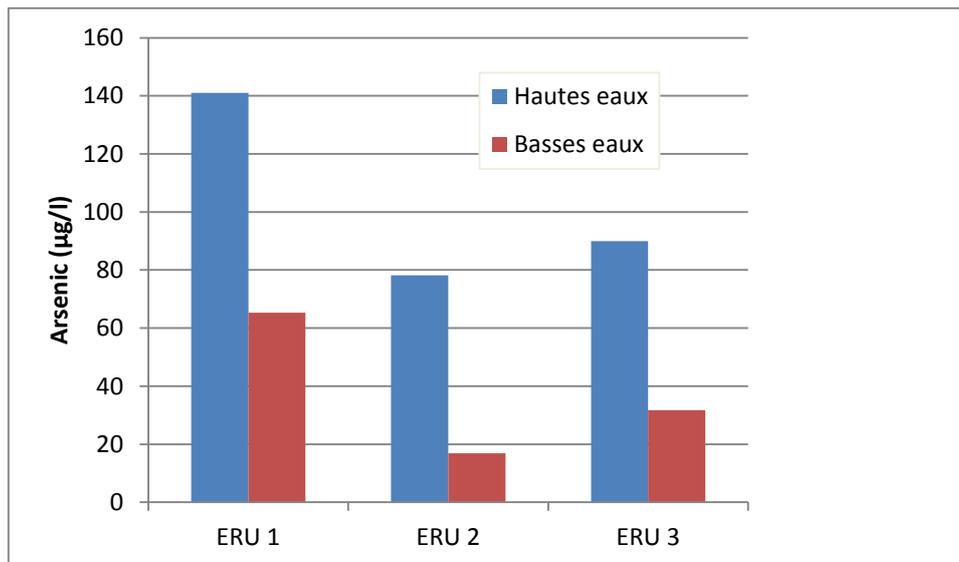


Illustration 24 : comparaison des concentrations en arsenic dans les eaux résiduelles en périodes de hautes et de basses eaux souterraines en 2016

Les processus intervenant dans la contamination des eaux usées par l'arsenic d'origine naturelle pourraient donc être résumés de la manière suivante :

1. d'abord la solubilisation de l'arsenic présent naturellement sous forme minéralisée dans le sous-sol par oxydation de l'arsénopyrite ;
2. le transfert de l'arsenic libéré vers les eaux souterraines ;
3. la contamination des eaux usées lorsque la nappe envoie le réseau du fait de l'existence vraisemblable de défauts d'étanchéité des canalisations.

4.5. RECOMMANDATIONS

4.5.1. Suivis quantitatif et qualitatif des eaux souterraines

La création de plusieurs forages au sein de la zone d'étude permettra :

1. de mettre en place une surveillance quantitative de la nappe des micaschistes ;
2. de disposer d'un suivi de la qualité des eaux souterraines en effectuant des analyses chimiques régulières ;
3. de récupérer des échantillons solides (remblais et roches) pour d'éventuelles analyses ultérieures des teneurs en arsenic.

La surveillance quantitative de la nappe des micaschistes a pour objectif de pouvoir anticiper les épisodes d'envoyage du réseau d'assainissement par les eaux souterraines.

Par ailleurs, au moins deux fois par an, en période de basses eaux et en période de hautes eaux, les analyses d'échantillons prélevés au droit des forages permettront de suivre l'évolution de la qualité des eaux souterraines (notamment la concentration en arsenic). Au-delà de cette surveillance de routine, la fréquence d'analyse pourra le cas échéant être augmentée si les données piézométriques montrent qu'il y a un risque d'envoyage des réseaux.

L'intérêt de ces suivis est de pouvoir croiser la donnée « niveau » et la donnée « chimie » pour anticiper les situations entraînant un risque de contamination des eaux usées dans le réseau et être en mesure d'adopter des mesures adéquates.

Ces forages pourraient être au nombre de trois. Nous suggérons qu'ils soient implantés (cf. Illustration 25):

1. sur le terrain des ateliers municipaux situés rue de l'Ouche Colin ;
2. sur le terrain de la maison de retraite ORPEA le Clos-Saint-Sébastien (rue de la Croix Sourdeau) ;
3. si possible, sur l'espace public à proximité des rues du Patis et du Largeau (et à défaut, sur le terrain des ateliers municipaux situés rue de l'Ouche Quinet).

Ces trois ouvrages seront équipés de matériel scientifique destiné à enregistrer les variations piézométriques et éventuellement d'un système de télétransmission des données (permettant l'interrogation et la récupération des données à distance). Ils devront faire l'objet d'un suivi régulier (maintenance préventive : deux visites par an et maintenance curative : en moyenne deux visites par an).

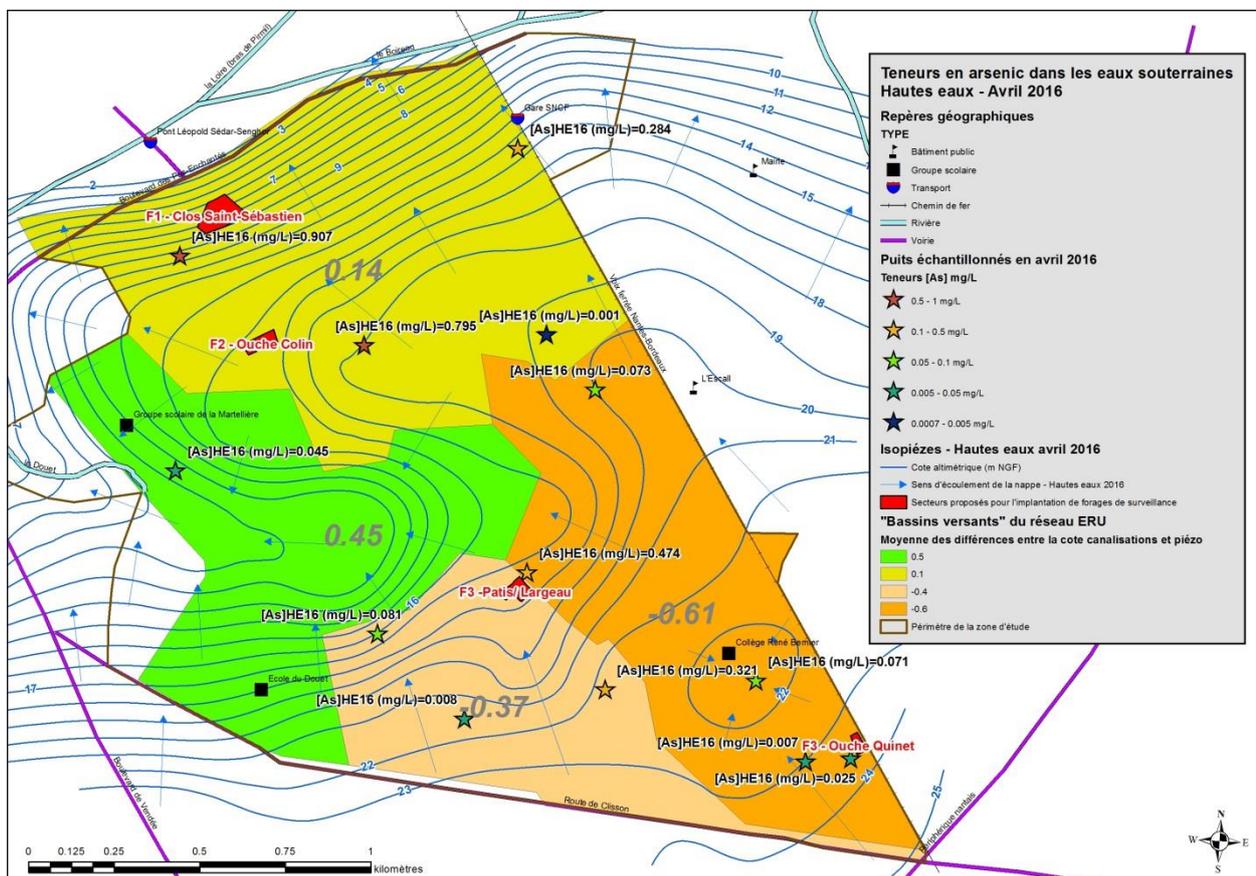


Illustration 25 : implantations proposées pour trois forages de surveillance

4.5.2. Traitement des eaux usées à forte concentration en arsenic

Afin de limiter l'arrivée d'arsenic dans les eaux usées à la station d'épuration de Petite Californie et donc l'occurrence de dysfonctionnements sur un procédé de traitement, des études de faisabilité pourraient être conduites :

- faisabilité d'une solution de prétraitement des eaux usées par la mise en place d'une unité de prétraitement en aval de la zone d'étude ;
- faisabilité de la correction des défauts d'étanchéité, par un traitement des canalisations du réseau d'assainissement.

5. Conclusion

Les investigations de terrain menées en 2015 et 2016 par le BRGM à Saint-Sébastien-sur-Loire montrent que la nappe des micaschistes, drainée par la Loire et par le Douet, présente localement une contamination à l'arsenic : des concentrations proches du milligramme par litre sont notamment atteintes. Les valeurs maximales sont détectées dans la partie aval de la zone d'étude, ainsi que dans la partie médiane de cette zone. Il est intéressant de remarquer que les concentrations les plus fortes ont été relevées de part et d'autre d'un axe NNW-SSE (similaire à la direction du cisaillement sud-armoricain) allant du quartier de la Bourdaillerie à la Loire, avec un gradient de l'amont vers l'aval (gradient de concentration de direction opposée au gradient hydraulique pouvant traduire un enrichissement vers l'aval).

À l'échelle départementale, la représentation cartographique des teneurs moyennes en éléments traces des objets géologiques étudiés et des proportions de teneurs correspondant à des anomalies fortes ou très fortes montre dans le cas de l'arsenic une corrélation très nette avec le contexte tectonique (cisaillement sud armoricain) et géologique. Le Guern et collab. ont montré en 2013 la probabilité significative que les roches du sous-sol de Saint-Sébastien comportent des anomalies fortes en arsenic (50-100 mg/kg).

À Saint-Sébastien-sur-Loire, il est vraisemblable que l'arsenic détecté dans les eaux usées soit d'origine naturelle. En effet, les cartes piézométriques élaborées montrent que dans certains secteurs et en période de hautes eaux, la cote piézométrique de la nappe dépasse la cote altimétrique des canalisations d'eaux usées. En cas de défaut d'étanchéité des canalisations, la nappe envahit le réseau de collecte des eaux usées.

Les processus intervenant dans la contamination des eaux usées par l'arsenic pourraient donc être :

1. d'abord la solubilisation de l'arsenic présent naturellement sous forme minéralisée dans le sous-sol par oxydation de l'arsénopyrite ;
2. le transfert de l'arsenic libéré vers les eaux souterraines ;
3. la contamination des eaux usées lorsque la nappe envoie le réseau du fait de l'existence vraisemblable de défauts d'étanchéité des canalisations.

Nous préconisons que soit mise en œuvre une surveillance quantitative et qualitative de la nappe des micaschistes à Saint-Sébastien. Cette surveillance nécessite la création de deux ou trois forages qui seront chacun équipés d'une sonde piézométrique. Au moins deux fois par an (voire plus souvent si la situation piézométrique l'exige), des échantillons d'eau souterraine seront analysés. La surveillance quantitative de la nappe des micaschistes a pour objectif de pouvoir anticiper les épisodes d'ennoyage du réseau d'assainissement par les eaux souterraines présentant des concentrations significatives en arsenic.

Enfin, afin de limiter l'arrivée d'arsenic dans les eaux usées à la station d'épuration de Petite Californie, des études de faisabilité pourraient être conduites :

- faisabilité d'une solution de prétraitement des eaux usées par la mise en place d'une unité de prétraitement en aval de la zone d'étude ;
- faisabilité de la correction des défauts d'étanchéité, par un traitement des canalisations du réseau d'assainissement.

6. Bibliographie

BOURRELIER P.H. et collab. (1998) – Contamination des sols par les éléments en traces : les risques et leur gestion. Académie des Sciences, Paris (France), rapport n°42, 480 p.

INERIS (2010) – Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques – Arsenic et ses dérivés inorganiques, 124 p.

JEANNOT R. et collab. (2000) – Guide méthodologique pour l'analyse des sols pollués. Rapport BRGM R 50128, 110 p., 44 fig., 3 ann.

LACHASSAGNE P. et collab. (2001) – Exploitation of high-yield in hard-rock aquifers: Downscaling methodology combining GIS and multicriteria analysis to delineate field prospecting zones. *Ground Water*, 39, (4), pp. 568-581.

LACHASSAGNE P. & WYNS R. (2005) – Aquifères de socle : nouveaux concepts. Application à la prospection et la gestion de la ressource en eau, *Géosciences*, n° 2, septembre 2005.

LE GUERN C. et collab. (2007) – Cartographie des teneurs en arsenic et plomb des sols d'un ensemble de communes de Loire-Atlantique. Rapport BRGM/RP-55696-FR, 146 p., 39 illustrations, 5 annexes.

LE GUERN C. et collab. (2013) – METOTRASS : méthodologie optimisée pour l'évaluation des teneurs en éléments traces (As, Pb, Cu, Zn) dans les sols en domaine de socle – Test sur le département de la Loire-Atlantique. Rapport BRGM/RP-63998-FR, 112 p., 44 ill., 15 tab., 8 ann.

LE GUERN C. et collab. (2015) – Cartographie des teneurs en éléments traces dans les sols urbains – cas de 2 jardins à Saint-Sébastien-sur-Loire (Loire-Atlantique, France). Rapport BRGM/RP-65086-FR, 24 p., 13 fig., 4 ann.

PAUWELS H. (2000) – Synthèse des cas de dénitrification naturelle dans les eaux souterraines en France : intérêt du processus pour restaurer la qualité de l'eau, Rapport BRGM/RP-50304-FR, 39 p.

WYNS R. et collab. (2004) – Application of proton magnetic resonance soundings to groundwater reserves mapping in weathered basement rocks (Brittany, France). *Bulletin de la Société Géologique de France*, 175, (1), 21-34.

Annexe 1

Liste des puits mesurés et/ou échantillonnés

Réf_échantillon	Repère_mesure	Profondeur	Hauteur_repère	X_L93	Y_L93	Cote_topo	Référence	ADRESSE	Profondeur_BE	Température_BE	pH_BE15	Conductivité_BE	Potentiel_Eh_BE	O2_dissous	Profondeur_HE	Températ	pH_HE16	Conductivité_HE	Potentiel_Eh_HE	O2_dissous_HE	Cote_pzBE15	Cote_pzHE16	Z_Repère	Battement
Puits 01	Margelle	4.7	0.54	358 749.2	6 686 940.2	19.3	SOL	11 rue Largeau	2.8	15.1	6.5	384.0	178.6	66.4 (erreur sonde au point suivant)	2.5	14.7	7.1	435.0	64.4	67.5	17.0	17.3	19.8	0.3
Puits 02	Margelle	4.8	0.66	359 418.3	6 686 621.6	22.8	SOL	35 rue de l'Ouche Catin	2.3	15.5	7.3	571.0	174.0	ERROR	1.7	13.4	7.3	476.0	105.9	32.3	21.1	21.7	23.5	0.6
Puits 03	Margelle	5.7	0.46	358 312.2	6 686 759.4	17.0	SOL	rue de la Gagnerie	1.9	16.8	7.0	350.0	196.0	8.1	1.4	13.8	7.3	405.0	117.5	10.1	15.6	16.1	17.5	0.5
Puits 05	Margelle	3.5	0.62	358 947.5	6 687 477.5	21.1	SOL	45 rue du Douet	2.2	14.4	7.3	388.0	173.0	47.7	1.8	11.8	7.4	396.0	133.2	21.0	19.6	20.0	21.8	0.4
Puits 06	Margelle	4.3	0.69	358 976.9	6 686 596.1	23.0	SOL	60 rue du Largeau	1.8	15.2	5.9	430.0	222.0	29.4	1.5	12.3	5.8	375.0	223.0	62.7	22.0	22.2	23.7	0.3
Puits 07	Margelle	5.3	0.74	358 565.6	6 686 509.0	21.9	SOL	19 rue des Ecobuts	1.7	15.4	6.5	502.0	214.3	73.6	1.3	11.6	6.7	512.0	186.4	66.2	21.0	21.3	22.6	0.3
Puits 08	Margelle	7.3	0.46	358 279.0	6 687 608.0	20.0	SOL	96 rue de la Libération	3.0	16.4	5.9	469.0	208.0	38.7	2.4	17.3	6.1	442.0	54.0	57.0	17.5	18.1	20.5	0.6
Puits 09	Margelle	6.7	0.68	357 721.9	6 687 239.3	13.7	SOL	45 rue des Grands Noël	3.3	15.5	6.2	517.0	208.4	28.7	2.9	13.1	6.3	554.0	111.3	32.9	11.1	11.5	14.4	0.4
Puits 10	Margelle	8.5	0.68	357 734.1	6 687 870.1	14.4	SOL	35 rue de l'ouche Colin	5.3	14.1	6.8	527.0	208.7	31.8	4.6	12.2	7.0	670.0	217.0	37.2	9.8	10.5	15.0	0.7
Puits 11	Margelle	4.4	0.54	359 695.2	6 686 392.9	24.7	SOL	106 rue de l'Ouche Quinet	2.0	15.7	7.2	329.0	92.6	-52.3	1.6	12.6	7.2	315.0	1.4	56.4	23.3	23.6	25.2	0.4
Puits 12	Margelle	5.3	-	358 805.9	6 687 639.1	21.3	Margelle	33 rue des Mortiers	2.6	16.2	8.0	521.0	328.4	98.1% (9.89mg/L)	2.1	15	8.2	369.0	89.3	98.1	18.8	19.2	21.3	0.5
Puits 13	Margelle	8.0	0	359 562.9	6 686 383.5	26.6	Margelle	27 rue de la Genetière	2.7	15.5	6.1	379.0	192.7	44.4	3.6	10.6	6.6	350.0	131.3	63.0	24.0	23.0	26.6	-1.0
Puits 14	Barre Transversale haut de puits	3.8	0.58	357 938.3	6 687 073.3	12.2	Barre Transversale haut de puits	28 rue du Lieutenant Marty	1.4	155.0	5.9	620.0	220.9	18.3	1.2	12.7	6.1	615.0	83.9	28.3	10.8	11.0	12.2	0.2
Puits 15	Margelle	6.3	0.78	358 722.3	6 688 186.4	17.5	SOL	1 rue du Petit Clos	4.1	15.4	7.4	586.0	39.5	85	3.8	13.2	7.5	301.0	38.0	92.3	14.2	14.5	18.3	0.3
	Margelle	5.0	0.86	358 592.7	6 686 858.5	19.7	SOL	6-8 rue des Courtils	3.2						2.8						17.4	17.8	20.6	0.4
	1ere Margelle	4.7	0.5	359 095.6	6 688 192.2	18.2	SOL	allée du Bois d'Anjou	3.3						3.0						15.3	15.6	18.7	0.3
	Margelle	4.3	0.74	358 672.0	6 686 704.6	20.2	SOL	43 rue des Ecobuts	2.5						1.8						18.5	19.2	21.0	0.7
	Margelle	5.9	0.7	358 517.8	6 687 810.1	20.3	SOL	1 rue de la Grande Pièce	2.8						2.6						18.2	18.4	21.0	0.2
	SOL	0.0	0	358 258.2	6 687 864.6	18.6	SOL	18 rue des Harengs	3.5						-999.0						15.1	-999.0	18.6	-999.0
	Margelle	5.0	0.58	358 572.5	6 686 538.9	22.0	SOL	18 rue du bois d'Anjou	1.2						1.0						21.4	21.7	22.6	0.3
	SOL	6.1	0	359 076.8	6 686 508.4	23.3	SOL	63 rue du Largeau	1.3						1.0						22.0	22.3	23.3	0.3
	Margelle	5.5	0.61	359 168.4	6 687 926.4	19.2	SOL	12 rue du Douet	1.9						1.5						18.0	18.3	19.9	0.3
	Margelle	5.2	0.59	358 900.9	6 688 491.4	13.0	haut dalle	8 rue JB ROBERT	4.3						4.2						9.3	9.4	13.6	0.1
	SOL	6.8	0	357 547.1	6 686 988.8	13.8	SOL	28 rue du clos Toreau	2.7						2.5						11.1	11.3	13.8	0.2
	1ere Margelle	0.0	0.43	358 208.7	6 686 880.0	13.4	SOL	9 rue des prés Naux	2.1						1.9						11.7	11.9	13.8	0.2
	SOL	0.0	0	358 131.1	6 687 029.0	14.6	SOL	19 rue Lieutenant Augé	3.0						-999.0						11.6	-999.0	14.6	-999.0
	Margelle	4.9	0.51	358 018.4	6 686 956.6	12.9	SOL	22 rue de la Chesnaye	2.2						2.0						11.2	11.4	13.4	0.2
	Margelle	5.0	0.8	357 871.8	6 687 354.6	21.6	SOL	13 rue des Grands Noël	3.4						2.9						19.1	19.5	22.4	0.4
	Margelle	5.2	0.6	358 675.3	6 686 635.8	21.5	SOL	58 rue des Ecobuts	2.3						2.4						19.9	19.8	22.1	-0.1
	Margelle	3.3	0.52	358 873.0	6 687 075.4	17.8	SOL	16 rue de la Bourdallerie	1.5						1.3						16.8	17.1	18.4	0.2
	Margelle	4.0	0.73	359 064.7	6 687 002.2	25.4	SOL	46 rue des Violettes	2.7						2.2						23.4	23.9	26.1	0.6
	Margelle	4.2	0.33	358 821.7	6 687 290.6	18.6	SOL	92 rue du Douet	1.3						1.1						17.7	17.8	18.9	0.2
	Margelle	6.0	0.1	358 823.8	6 688 300.5	16.0	Margelle	5 rue Thomas Maisonneuve	2.3						2.1						13.7	13.9	16.0	0.2
	SOL	43.6	0	359 116.0	6 686 840.0	23.0	SOL	4 rue des Grands Mortiers	-999.0						1.2						-999.0	21.8	23.0	-999.0
	Margelle	8.1	0.85	357 684.0	6 688 000.0	10.0	SOL	rue de l'ouche Colin	-999.0						5.4						-999.0	5.5	10.9	-999.0

Annexe 2

Résultats d'analyses sur les échantillons d'eau souterraines – Basses eaux (novembre 2015)

			Matrice :	Eau souterraine (NT)	
Résultats d'analyses			Référence BRGM :	Puits 1	
	<i>NB : Résultats bruts non validés, non interprétés*</i>		Date prélèvement	05/11/2015	
			Date analyse		
			Laboratoire d'analyses	EUROFINS	
Paramètres	Méthode d'analyse	LQ	Résultats	Unités	Incertitude
Filtration 0.45 µm	Méthode interne		Effectuée		
Titre Alcalimétrique simple (TA)	NF EN ISO 9963-1	2	<2.00	°F	5%
Titre Alcalimétrique complet (TAC)	NF EN ISO 9963-1	2	5.9	°F	5%
Nitrates	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	1	29.1	mg NO3/l	15%
Azote nitrique	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.2	6.58	mg N-NO3/l	15%
Nitrites	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.04	<0.04	mg NO2/l	5%
Azote nitreux	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.01	<0.01	mg N-NO2/l	10%
Chlorures (Cl)	Méthode interne selon NF EN ISO 15682	1	22.3	mg/l	15%
Sulfates	Méthode Interne selon NF T 90-040	5	64.4	mg SO4/l	15%
Orthophosphates	Méthode interne adaptée de NF EN ISO 6878	0.1	1.58	mg PO4/l	15%
Bromures (Br)	NF EN ISO 10304-1	0.5	<0.50	mg Br/l	
Fluorures	NF T 90-004	0.5	<0.5	mg/l	14%
Aluminium	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	30%
Antimoine	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	25%
Argent	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	
Arsenic	NF EN ISO 11885	0.005	0.617	mg/l	45%
Baryum	NF EN ISO 11885	0.005	0.012	mg/l	30%
Béryllium	NF EN ISO 11885	0.002	<0.002	mg/l	25%
Bismuth	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	
Bore	NF EN ISO 11885	0.05	0.14	mg/l	30%
Cadmium	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Calcium	NF EN ISO 11885	1	25.8	mg/l	25%
Calcium (Ca) soluble	NF EN ISO 11885	1	25.6	mg/l	30%
Chrome	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Cobalt	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Cuivre	NF EN ISO 11885	0.01	0.05	mg/l	30%
Etain	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	30%
Fer	NF EN ISO 11885	0.01	0.10	mg/l	20%
Lithium (Li)	NF EN ISO 11885	0.005	0.04	mg/l	
Magnésium (Mg)	NF EN ISO 11885	0.01	10.6	mg/l	30%
Magnésium soluble	NF EN ISO 11885	0.01	10.4	mg/l	30%
Manganèse	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	25%
Molybdène	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Nickel	NF EN ISO 11885	0.005	0.008	mg/l	15%
Phosphore	NF EN ISO 11885	0.005	0.286	mg P/l	30%
Plomb	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Potassium	NF EN ISO 11885	0.1	5.57	mg/l	25%
Potassium (K) soluble	NF EN ISO 11885	0.1	5.53	mg/l	40%
Sélénium	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	50%
Silicium	NF EN ISO 11885	0.02	8.76	mg/l	16%
Sodium (Na)	NF EN ISO 11885	0.05	24.9	mg/l	25%
Sodium soluble	NF EN ISO 11885	0.05	27.4	mg/l	35%
Soufre	NF EN ISO 11885	0.02	20.4	mg/l	
Strontium	NF EN ISO 11885	0.005	0.082	mg/l	
Thallium	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	
Titane (Ti)	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Tungstène	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	
Vanadium (V)	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Zirconium (Zr)	NF EN ISO 11885	0.02	0.31	mg/l	
Zinc	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	25%

		Matrice :		Eau souterraine (NT)	
Résultats d'analyses				Référence BRGM :	Puits 2
		<i>Résultats bruts non validés, non interprétés*</i>		Date prélèvement	05/11/2015
				Date analyse	
				Laboratoire d'analyses	EUROFINS
Paramètres	Méthode d'analyse	LQ	Résultats	Unités	Incertitude
Filtration 0.45 µm	Méthode interne		Effectuée		
Titre Alcalimétrique simple (TA)	NF EN ISO 9963-1	2	<2.00	°F	5%
Titre Alcalimétrique complet (TAC)	NF EN ISO 9963-1	2	17.7	°F	5%
Nitrates	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	1	34.2	mg NO3/l	15%
Azote nitrique	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.2	7.71	mg N-NO3/l	15%
Nitrites	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.04	<0.04	mg NO2/l	5%
Azote nitreux	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.01	<0.01	mg N-NO2/l	10%
Chlorures (Cl)	Méthode interne selon NF EN ISO 15682	1	24.3	mg/l	15%
Sulfates	Méthode Interne selon NF T 90-040	5	57.7	mg SO4/l	15%
Orthophosphates	Méthode interne adaptée de NF EN ISO 6878	0.1	0.34	mg PO4/l	15%
Bromures (Br)	NF EN ISO 10304-1	0.5	<0.50	mg Br/l	
Fluorures	NF T 90-004	0.5	<0.5	mg/l	14%
Aluminium	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	30%
Antimoine	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	25%
Argent	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	
Arsenic	NF EN ISO 11885	0.005	0.108	mg/l	45%
Baryum	NF EN ISO 11885	0.005	0.041	mg/l	30%
Béryllium	NF EN ISO 11885	0.002	<0.002	mg/l	25%
Bismuth	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	
Bore	NF EN ISO 11885	0.05	0.06	mg/l	30%
Cadmium	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Calcium	NF EN ISO 11885	1	81.9	mg/l	25%
Calcium (Ca) soluble	NF EN ISO 11885	1	80.7	mg/l	30%
Chrome	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Cobalt	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Cuivre	NF EN ISO 11885	0.01	0.28	mg/l	30%
Etain	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	30%
Fer	NF EN ISO 11885	0.01	0.04	mg/l	20%
Lithium (Li)	NF EN ISO 11885	0.005	0.017	mg/l	
Magnésium (Mg)	NF EN ISO 11885	0.01	6.84	mg/l	30%
Magnésium soluble	NF EN ISO 11885	0.01	6.74	mg/l	30%
Manganèse	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	25%
Molybdène	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Nickel	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	15%
Phosphore	NF EN ISO 11885	0.005	0.102	mg P/l	30%
Plomb	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Potassium	NF EN ISO 11885	0.1	11.6	mg/l	25%
Potassium (K) soluble	NF EN ISO 11885	0.1	11.6	mg/l	40%
Sélénium	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	50%
Silicium	NF EN ISO 11885	0.02	11.6	mg/l	16%
Sodium (Na)	NF EN ISO 11885	0.05	14.1	mg/l	25%
Sodium soluble	NF EN ISO 11885	0.05	18.3	mg/l	35%
Soufre	NF EN ISO 11885	0.02	15.7	mg/l	
Strontium	NF EN ISO 11885	0.005	0.195	mg/l	
Thallium	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	
Titane (Ti)	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Tungstène	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	
Vanadium (V)	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Zirconium (Zr)	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	
Zinc	NF EN ISO 11885	0.02	0.12	mg/l	25%

Résultats d'analyses		Matrice :	Eau souterraine (NT)		
		Référence BRGM :	Puits 3		
		NB : Résultats bruts non validés, non interprétés*		Date prélèvement	06/11/2015
COMMUNE		Date analyse			
rue de la Gagnerie		Laboratoire d'analyses	EUROFINS		
Paramètres	Méthode d'analyse	LQ	Résultats	Unités	Incertitude
Filtration 0.45 µm	Méthode interne		Effectuée		
Titre Alcalimétrique simple (TA)	NF EN ISO 9963-1	2	<2.00	°F	5%
Titre Alcalimétrique complet (TA)	NF EN ISO 9963-1	2	12.0	°F	5%
Nitrates	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	1	5.58	mg NO3/l	15%
Azote nitrique	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.2	1.26	mg N-NO3/l	15%
Nitrites	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.04	<0.04	mg NO2/l	5%
Azote nitreux	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.01	<0.01	mg N-NO2/l	10%
Chlorures (Cl)	Méthode interne selon NF EN ISO 15682	1	12.4	mg/l	15%
Sulfates	Méthode interne selon NF T 90-040	5	29.1	mg SO4/l	15%
Orthophosphates	Méthode interne adaptée de NF EN ISO 68	0.1	2.65	mg PO4/l	15%
Bromures (Br)	NF EN ISO 10304-1	0.5	<0.50	mg Br/l	
Fluorures	NF T 90-004	0.5	<0.5	mg/l	14%
Aluminium	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	30%
Antimoine	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	25%
Argent	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	
Arsenic	NF EN ISO 11885	0.005	0.088	mg/l	45%
Baryum	NF EN ISO 11885	0.005	0.019	mg/l	30%
Béryllium	NF EN ISO 11885	0.002	<0.002	mg/l	25%
Bismuth	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	
Bore	NF EN ISO 11885	0.05	0.06	mg/l	30%
Cadmium	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Calcium	NF EN ISO 11885	1	30.9	mg/l	25%
Calcium (Ca) soluble	NF EN ISO 11885	1	30.6	mg/l	30%
Chrome	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Cobalt	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Cuivre	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	30%
Etain	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	30%
Fer	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	20%
Lithium (Li)	NF EN ISO 11885	0.005	0.013	mg/l	
Magnésium (Mg)	NF EN ISO 11885	0.01	5.96	mg/l	30%
Magnésium soluble	NF EN ISO 11885	0.01	5.87	mg/l	30%
Manganèse	NF EN ISO 11885	0.005	0.005	mg/l	25%
Molybdène	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Nickel	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	15%
Phosphore	NF EN ISO 11885	0.005	0.859	mg P/l	30%
Plomb	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Potassium	NF EN ISO 11885	0.1	13.1	mg/l	25%
Potassium (K) soluble	NF EN ISO 11885	0.1	13.1	mg/l	40%
Sélénium	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	50%
Silicium	NF EN ISO 11885	0.02	9.51	mg/l	16%
Sodium (Na)	NF EN ISO 11885	0.05	17.8	mg/l	25%
Sodium soluble	NF EN ISO 11885	0.05	19.6	mg/l	35%
Soufre	NF EN ISO 11885	0.02	8.62	mg/l	
Strontium	NF EN ISO 11885	0.005	0.094	mg/l	
Thallium	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	
Titane (Ti)	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Tungstène	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	
Vanadium (V)	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Zirconium (Zr)	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	
Zinc	NF EN ISO 11885	0.02	0.02	mg/l	25%

Résultats d'analyses		Matrice :	Eau souterraine (NT)		
		Référence BRGM :	Puits 5		
		Date prélèvement	10/11/2015		
		Date analyse			
		Laboratoire d'analyses	EUROFINS		
<i>Résultats bruts non validés, non interprétés*</i>					
Paramètres	Méthode d'analyse	LQ	Résultat	Unités	Incertitude
Filtration 0.45 µm	Méthode interne		Effectuée		
Titre Alcalimétrique simple (TA)	NF EN ISO 9963-1	2	<2.00	°F	5%
Titre Alcalimétrique complet (TAC)	NF EN ISO 9963-1	2	15	°F	5%
Nitrates	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	1	5.25	mg NO3/l	15%
Azote nitrique	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.2	1.19	mg N-NO3/l	15%
Nitrites	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.04	<0.04	mg NO2/l	5%
Azote nitreux	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.01	<0.01	mg N-NO2/l	10%
Chlorures (Cl)	Méthode interne selon NF EN ISO 15682	1	15.1	mg/l	15%
Sulfates	Méthode Interne selon NF T 90-040	5	16.5	mg SO4/l	15%
Orthophosphates	Méthode interne adaptée de NF EN ISO 6878	0.1	0.88	mg PO4/l	15%
Bromures (Br)	NF EN ISO 10304-1	0.5	<0.50	mg Br/l	
Fluorures	NF T 90-004	0.5	<0.5	mg/l	14%
Aluminium	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	30%
Antimoine	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	25%
Argent	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	
Arsenic	NF EN ISO 11885	0.005	0.112	mg/l	45%
Baryum	NF EN ISO 11885	0.005	0.038	mg/l	30%
Béryllium	NF EN ISO 11885	0.002	<0.002	mg/l	25%
Bismuth	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	
Bore	NF EN ISO 11885	0.05	0.06	mg/l	30%
Cadmium	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Calcium	NF EN ISO 11885	1	58	mg/l	25%
Calcium (Ca) soluble	NF EN ISO 11885	1	58.7	mg/l	30%
Chrome	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Cobalt	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Cuivre	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	30%
Etain	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	30%
Fer	NF EN ISO 11885	0.01	0.03	mg/l	20%
Lithium (Li)	NF EN ISO 11885	0.005	0.011	mg/l	
Magnésium (Mg)	NF EN ISO 11885	0.01	4.32	mg/l	30%
Magnésium soluble	NF EN ISO 11885	0.01	4.11	mg/l	30%
Manganèse	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	25%
Molybdène	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Nickel	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	15%
Phosphore	NF EN ISO 11885	0.005	0.261	mg P/l	30%
Plomb	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Potassium	NF EN ISO 11885	0.1	3.89	mg/l	25%
Potassium (K) soluble	NF EN ISO 11885	0.1	3.85	mg/l	40%
Sélénium	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	50%
Silicium	NF EN ISO 11885	0.02	9.93	mg/l	16%
Sodium (Na)	NF EN ISO 11885	0.05	12	mg/l	25%
Sodium soluble	NF EN ISO 11885	0.05	10.3	mg/l	35%
Soufre	NF EN ISO 11885	0.02	5.94	mg/l	
Strontium	NF EN ISO 11885	0.005	0.152	mg/l	
Thallium	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	
Titane (Ti)	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Tungstène	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	
Vanadium (V)	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Zirconium (Zr)	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	
Zinc	NF EN ISO 11885	0.02	0.03	mg/l	25%

			Matrice :	Eau souterraine (NT)	
Résultats d'analyses			Référence BRGM :	Puits 6	
			<i>NB : Résultats bruts non validés, non interprétés*</i>		
			Date prélèvement	#####	
			Date analyse		
			Laboratoire d'analyses	EUROFINS	
Paramètres	Méthode d'analyse	LQ	Résultat	Unités	Incertitude
Filtration 0.45 µm	Méthode interne		Effectuée		
Titre Alcalimétrique simple (TA)	NF EN ISO 9963-1	2	<2.00	°F	5%
Titre Alcalimétrique complet (TAC)	NF EN ISO 9963-1	2	2.8	°F	5%
Nitrates	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	1	25.6	mg NO3/l	15%
Azote nitrique	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.2	5.79	mg N-NO3/l	15%
Nitrites	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.04	<0.04	mg NO2/l	5%
Azote nitreux	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.01	<0.01	mg N-NO2/l	10%
Chlorures (Cl)	Méthode interne selon NF EN ISO 15682	1	40.2	mg/l	15%
Sulfates	Méthode Interne selon NF T 90-040	5	73	mg SO4/l	15%
Orthophosphates	Méthode interne adaptée de NF EN ISO 6878	0.1	0.31	mg PO4/l	15%
Bromures (Br)	NF EN ISO 10304-1	0.5	<0.50	mg Br/l	
Fluorures	NF T 90-004	0.5	<0.5	mg/l	14%
Aluminium	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	30%
Antimoine	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	25%
Argent	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	
Arsenic	NF EN ISO 11885	0.005	0.289	mg/l	45%
Baryum	NF EN ISO 11885	0.005	0.007	mg/l	30%
Béryllium	NF EN ISO 11885	0.002	<0.002	mg/l	25%
Bismuth	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	
Bore	NF EN ISO 11885	0.05	0.05	mg/l	30%
Cadmium	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Calcium	NF EN ISO 11885	1	21.3	mg/l	25%
Calcium (Ca) soluble	NF EN ISO 11885	1	21.6	mg/l	30%
Chrome	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Cobalt	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Cuivre	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	30%
Etain	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	30%
Fer	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	20%
Lithium (Li)	NF EN ISO 11885	0.005	0.057	mg/l	
Magnésium (Mg)	NF EN ISO 11885	0.01	11.4	mg/l	30%
Magnésium soluble	NF EN ISO 11885	0.01	10.9	mg/l	30%
Manganèse	NF EN ISO 11885	0.005	0.03	mg/l	25%
Molybdène	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Nickel	NF EN ISO 11885	0.005	0.055	mg/l	15%
Phosphore	NF EN ISO 11885	0.005	0.034	mg P/l	30%
Plomb	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Potassium	NF EN ISO 11885	0.1	3.2	mg/l	25%
Potassium (K) soluble	NF EN ISO 11885	0.1	3.2	mg/l	40%
Sélénium	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	50%
Silicium	NF EN ISO 11885	0.02	12.2	mg/l	16%
Sodium (Na)	NF EN ISO 11885	0.05	33.3	mg/l	25%
Sodium soluble	NF EN ISO 11885	0.05	33.8	mg/l	35%
Soufre	NF EN ISO 11885	0.02	27.3	mg/l	
Strontium	NF EN ISO 11885	0.005	0.071	mg/l	
Thallium	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	
Titane (Ti)	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Tungstène	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	
Vanadium (V)	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Zirconium (Zr)	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	
Zinc	NF EN ISO 11885	0.02	0.11	mg/l	25%

Résultats d'analyses		Matrice :	Eau souterraine (NT)		
		Référence BRGM :	Puits 7		
		NB : Résultats bruts non validés, non interprétés*		Date prélèvement	09/11/2015
				Date analyse	
				Laboratoire d'analyses	EUROFINS
Paramètres	Méthode d'analyse	LQ	Résultat	Unités	Incertitude
Filtration 0.45 µm	Méthode interne		Effectuée		
Titre Alcalimétrique simple (TA)	NF EN ISO 9963-1	2	<2.00	°F	5%
Titre Alcalimétrique complet (TAC)	NF EN ISO 9963-1	2	7.2	°F	5%
Nitrates	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	1	42.4	mg NO3/l	15%
Azote nitrique	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.2	9.59	mg N-NO3/l	15%
Nitrites	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.04	<0.04	mg NO2/l	5%
Azote nitreux	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.01	<0.01	mg N-NO2/l	10%
Chlorures (Cl)	Méthode interne selon NF EN ISO 15682	1	39.8	mg/l	15%
Sulfates	Méthode Interne selon NF T 90-040	5	70.1	mg SO4/l	15%
Orthophosphates	Méthode interne adaptée de NF EN ISO 6878	0.1	0.14	mg PO4/l	15%
Bromures (Br)	NF EN ISO 10304-1	0.5	<0.50	mg Br/l	
Fluorures	NF T 90-004	0.5	<0.5	mg/l	14%
Aluminium	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	30%
Antimoine	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	25%
Argent	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	
Arsenic	NF EN ISO 11885	0.005	0.009	mg/l	45%
Baryum	NF EN ISO 11885	0.005	0.046	mg/l	30%
Béryllium	NF EN ISO 11885	0.002	<0.002	mg/l	25%
Bismuth	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	
Bore	NF EN ISO 11885	0.05	0.05	mg/l	30%
Cadmium	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Calcium	NF EN ISO 11885	1	25.1	mg/l	25%
Calcium (Ca) soluble	NF EN ISO 11885	1	25.2	mg/l	30%
Chrome	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Cobalt	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Cuivre	NF EN ISO 11885	0.01	0.13	mg/l	30%
Etain	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	30%
Fer	NF EN ISO 11885	0.01	0.02	mg/l	20%
Lithium (Li)	NF EN ISO 11885	0.005	0.032	mg/l	
Magnésium (Mg)	NF EN ISO 11885	0.01	10.8	mg/l	30%
Magnésium soluble	NF EN ISO 11885	0.01	10.3	mg/l	30%
Manganèse	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	25%
Molybdène	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Nickel	NF EN ISO 11885	0.005	0.006	mg/l	15%
Phosphore	NF EN ISO 11885	0.005	0.056	mg P/l	30%
Plomb	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Potassium	NF EN ISO 11885	0.1	3.76	mg/l	25%
Potassium (K) soluble	NF EN ISO 11885	0.1	3.54	mg/l	40%
Sélénium	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	50%
Silicium	NF EN ISO 11885	0.02	10.9	mg/l	16%
Sodium (Na)	NF EN ISO 11885	0.05	49.9	mg/l	25%
Sodium soluble	NF EN ISO 11885	0.05	51.6	mg/l	35%
Soufre	NF EN ISO 11885	0.02	25.8	mg/l	
Strontium	NF EN ISO 11885	0.005	0.09	mg/l	
Thallium	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	
Titane (Ti)	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Tungstène	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	
Vanadium (V)	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Zirconium (Zr)	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	
Zinc	NF EN ISO 11885	0.02	0.46	mg/l	25%

Résultats d'analyses		Matrice :		Eau souterraine (NT)	
		Référence BRGM :		Puits 8	
		Date prélèvement		09/11/2015	
		Date analyse			
		Laboratoire d'analyses		EUROFINS	
<i>NB : Résultats bruts non validés, non interprétés*</i>					
Paramètres	Méthode d'analyse	LQ	Résultats	Unités	Incertitude
Filtration 0.45 µm	Méthode interne		Effectuée		
Titre Alcalimétrique simple (TA)	NF EN ISO 9963-1	2	<2.00	°F	5%
Titre Alcalimétrique complet (TAC)	NF EN ISO 9963-1	2	4.6	°F	5%
Nitrates	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	1	18.7	mg NO3/l	15%
Azote nitrique	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.2	4.23	mg N-NO3/l	15%
Nitrites	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.04	<0.04	mg NO2/l	5%
Azote nitreux	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.01	0.01	mg N-NO2/l	10%
Chlorures (Cl)	Méthode interne selon NF EN ISO 15682	1	37.2	mg/l	15%
Sulfates	Méthode Interne selon NF T 90-040	5	93.3	mg SO4/l	15%
Orthophosphates	Méthode interne adaptée de NF EN ISO 6878	0.1	1.85	mg PO4/l	15%
Bromures (Br)	NF EN ISO 10304-1	0.5	<0.50	mg Br/l	
Fluorures	NF T 90-004	0.5	<0.5	mg/l	14%
Aluminium	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	30%
Antimoine	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	25%
Argent	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	
Arsenic	NF EN ISO 11885	0.005	0.749	mg/l	45%
Baryum	NF EN ISO 11885	0.005	0.011	mg/l	30%
Béryllium	NF EN ISO 11885	0.002	<0.002	mg/l	25%
Bismuth	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	
Bore	NF EN ISO 11885	0.05	0.09	mg/l	30%
Cadmium	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Calcium	NF EN ISO 11885	1	27.6	mg/l	25%
Calcium (Ca) soluble	NF EN ISO 11885	1	28.6	mg/l	30%
Chrome	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Cobalt	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Cuivre	NF EN ISO 11885	0.01	0.08	mg/l	30%
Etain	NF EN ISO 11885	0.02	0.08	mg/l	30%
Fer	NF EN ISO 11885	0.01	0.07	mg/l	20%
Lithium (Li)	NF EN ISO 11885	0.005	0.09	mg/l	
Magnésium (Mg)	NF EN ISO 11885	0.01	12.2	mg/l	30%
Magnésium soluble	NF EN ISO 11885	0.01	11.7	mg/l	30%
Manganèse	NF EN ISO 11885	0.005	0.012	mg/l	25%
Molybdène	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Nickel	NF EN ISO 11885	0.005	0.026	mg/l	15%
Phosphore	NF EN ISO 11885	0.005	0.348	mg P/l	30%
Plomb	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Potassium	NF EN ISO 11885	0.1	8.55	mg/l	25%
Potassium (K) soluble	NF EN ISO 11885	0.1	8.18	mg/l	40%
Sélénium	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	50%
Silicium	NF EN ISO 11885	0.02	12.9	mg/l	16%
Sodium (Na)	NF EN ISO 11885	0.05	33.5	mg/l	25%
Sodium soluble	NF EN ISO 11885	0.05	32.6	mg/l	35%
Soufre	NF EN ISO 11885	0.02	32.3	mg/l	
Strontium	NF EN ISO 11885	0.005	0.108	mg/l	
Thallium	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	
Titane (Ti)	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Tungstène	NF EN ISO 11885	0.05	0.07	mg/l	
Vanadium (V)	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Zirconium (Zr)	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	
Zinc	NF EN ISO 11885	0.02	2.76	mg/l	25%

Résultats d'analyses		Matrice :	Eau souterraine (NT)		
		Référence BRGM :	Puits 9		
		Date prélèvement	10/11/2015		
		Date analyse			
		Laboratoire d'analyses	EUROFINS		
Paramètres	Méthode d'analyse	LQ	Résultats	Unités	Incertitude
Filtration 0.45 µm	Méthode interne		Effectuée		
Titre Alcalimétrique simple (TA)	NF EN ISO 9963-1	2	<2.00	°F	5%
Titre Alcalimétrique complet (TAC)	NF EN ISO 9963-1	2	6.9	°F	5%
Nitrates	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	1	20.7	mg NO3/l	15%
Azote nitrique	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.2	4.67	mg N-NO3/l	15%
Nitrites	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.04	<0.04	mg NO2/l	5%
Azote nitreux	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.01	<0.01	mg N-NO2/l	10%
Chlorures (Cl)	Méthode interne selon NF EN ISO 15682	1	46.8	mg/l	15%
Sulfates	Méthode Interne selon NF T 90-040	5	88.4	mg SO4/l	15%
Orthophosphates	Méthode interne adaptée de NF EN ISO 6878	0.1	0.71	mg PO4/l	15%
Bromures (Br)	NF EN ISO 10304-1	0.5	<0.50	mg Br/l	
Fluorures	NF T 90-004	0.5	<0.5	mg/l	14%
Aluminium	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	30%
Antimoine	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	25%
Argent	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	
Arsenic	NF EN ISO 11885	0.005	0.046	mg/l	45%
Baryum	NF EN ISO 11885	0.005	0.018	mg/l	30%
Béryllium	NF EN ISO 11885	0.002	<0.002	mg/l	25%
Bismuth	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	
Bore	NF EN ISO 11885	0.05	0.14	mg/l	30%
Cadmium	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Calcium	NF EN ISO 11885	1	16.6	mg/l	25%
Calcium (Ca) soluble	NF EN ISO 11885	1	16.6	mg/l	30%
Chrome	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Cobalt	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Cuivre	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	30%
Etain	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	30%
Fer	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	20%
Lithium (Li)	NF EN ISO 11885	0.005	0.066	mg/l	
Magnésium (Mg)	NF EN ISO 11885	0.01	9.42	mg/l	30%
Magnésium soluble	NF EN ISO 11885	0.01	8.44	mg/l	30%
Manganèse	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	25%
Molybdène	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Nickel	NF EN ISO 11885	0.005	0.009	mg/l	15%
Phosphore	NF EN ISO 11885	0.005	0.211	mg P/l	30%
Plomb	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Potassium	NF EN ISO 11885	0.1	7.51	mg/l	25%
Potassium (K) soluble	NF EN ISO 11885	0.1	6.49	mg/l	40%
Sélénium	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	50%
Silicium	NF EN ISO 11885	0.02	13.9	mg/l	16%
Sodium (Na)	NF EN ISO 11885	0.05	57.4	mg/l	25%
Sodium soluble	NF EN ISO 11885	0.05	62.6	mg/l	35%
Soufre	NF EN ISO 11885	0.02	24.3	mg/l	
Strontium	NF EN ISO 11885	0.005	0.066	mg/l	
Thallium	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	
Titane (Ti)	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Tungstène	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	
Vanadium (V)	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Zirconium (Zr)	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	
Zinc	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	25%

Résultats d'analyses		Matrice :		Eau souterraine (NT)	
		Référence BRGM :		Puits 10	
		Date prélèvement		10/11/2015	
		Date analyse			
		Laboratoire d'analyses		EUROFINS	
<i>NB : Résultats bruts non validés, non interprétés*</i>					
Paramètres	Méthode d'analyse	LQ	Résultats	Unités	Incertitude
Filtration 0.45 µm	Méthode interne		Effectuée		
Titre Alcalimétrique simple (TA)	NF EN ISO 9963-1	2	<2.00	°F	5%
Titre Alcalimétrique complet (TAC)	NF EN ISO 9963-1	2	15.3	°F	5%
Nitrates	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	1	16.2	mg NO3/l	15%
Azote nitrique	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.2	3.67	mg N-NO3/l	15%
Nitrites	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.04	<0.04	mg NO2/l	5%
Azote nitreux	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.01	<0.01	mg N-NO2/l	10%
Chlorures (Cl)	Méthode interne selon NF EN ISO 15682	1	36.2	mg/l	15%
Sulfates	Méthode Interne selon NF T 90-040	5	45	mg SO4/l	15%
Orthophosphates	Méthode interne adaptée de NF EN ISO 6878	0.1	11.4	mg PO4/l	15%
Bromures (Br)	NF EN ISO 10304-1	0.5	<0.50	mg Br/l	
Fluorures	NF T 90-004	0.5	<0.5	mg/l	14%
Aluminium	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	30%
Antimoine	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	25%
Argent	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	
Arsenic	NF EN ISO 11885	0.005	0.98	mg/l	45%
Baryum	NF EN ISO 11885	0.005	0.01	mg/l	30%
Béryllium	NF EN ISO 11885	0.002	<0.002	mg/l	25%
Bismuth	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	
Bore	NF EN ISO 11885	0.05	0.24	mg/l	30%
Cadmium	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Calcium	NF EN ISO 11885	1	49.4	mg/l	25%
Calcium (Ca) soluble	NF EN ISO 11885	1	50.3	mg/l	30%
Chrome	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Cobalt	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Cuivre	NF EN ISO 11885	0.01	0.01	mg/l	30%
Etain	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	30%
Fer	NF EN ISO 11885	0.01	0.01	mg/l	20%
Lithium (Li)	NF EN ISO 11885	0.005	0.008	mg/l	
Magnésium (Mg)	NF EN ISO 11885	0.01	9.86	mg/l	30%
Magnésium soluble	NF EN ISO 11885	0.01	8.92	mg/l	30%
Manganèse	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	25%
Molybdène	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Nickel	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	15%
Phosphore	NF EN ISO 11885	0.005	3.39	mg P/l	30%
Plomb	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Potassium	NF EN ISO 11885	0.1	16.6	mg/l	25%
Potassium (K) soluble	NF EN ISO 11885	0.1	15.8	mg/l	40%
Sélénium	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	50%
Silicium	NF EN ISO 11885	0.02	13.8	mg/l	16%
Sodium (Na)	NF EN ISO 11885	0.05	27.9	mg/l	25%
Sodium soluble	NF EN ISO 11885	0.05	29.6	mg/l	35%
Soufre	NF EN ISO 11885	0.02	15.6	mg/l	
Strontium	NF EN ISO 11885	0.005	0.141	mg/l	
Thallium	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	
Titane (Ti)	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Tungstène	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	
Vanadium (V)	NF EN ISO 11885	0.005	0.006	mg/l	
Zirconium (Zr)	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	
Zinc	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	25%

Résultats d'analyses		Matrice :	Eau souterraine (NT)		
		Référence BRGM :	Puits 11		
		Date prélèvement	10/11/2015		
		Date analyse			
		Laboratoire d'analyses	EUROFINS		
Paramètres	Méthode d'analyse	LQ	Résultats	Unités	Incertitude
Filtration 0.45 µm	Méthode interne		Effectuée		
Titre Alcalimétrique simple (TA)	NF EN ISO 9963-1	2	<2.00	°F	5%
Titre Alcalimétrique complet (TAC)	NF EN ISO 9963-1	2	10.1	°F	5%
Nitrates	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	1	<1.00	mg NO3/l	15%
Azote nitrique	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.2	<0.20	mg N-NO3/l	15%
Nitrites	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.04	<0.04	mg NO2/l	5%
Azote nitreux	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.01	<0.01	mg N-NO2/l	10%
Chlorures (Cl)	Méthode interne selon NF EN ISO 15682	1	13.6	mg/l	15%
Sulfates	Méthode Interne selon NF T 90-040	5	18.8	mg SO4/l	15%
Orthophosphates	Méthode interne adaptée de NF EN ISO 6878	0.1	<0.10	mg PO4/l	15%
Bromures (Br)	NF EN ISO 10304-1	0.5	<0.50	mg Br/l	
Fluorures	NF T 90-004	0.5	<0.5	mg/l	14%
Aluminium	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	30%
Antimoine	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	25%
Argent	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	
Arsenic	NF EN ISO 11885	0.005	0.011	mg/l	45%
Baryum	NF EN ISO 11885	0.005	0.036	mg/l	30%
Béryllium	NF EN ISO 11885	0.002	<0.002	mg/l	25%
Bismuth	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	
Bore	NF EN ISO 11885	0.05	0.05	mg/l	30%
Cadmium	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Calcium	NF EN ISO 11885	1	33.9	mg/l	25%
Calcium (Ca) soluble	NF EN ISO 11885	1	34.5	mg/l	30%
Chrome	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Cobalt	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Cuivre	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	30%
Etain	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	30%
Fer	NF EN ISO 11885	0.01	0.27	mg/l	20%
Lithium (Li)	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Magnésium (Mg)	NF EN ISO 11885	0.01	2.98	mg/l	30%
Magnésium soluble	NF EN ISO 11885	0.01	2.69	mg/l	30%
Manganèse	NF EN ISO 11885	0.005	0.019	mg/l	25%
Molybdène	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Nickel	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	15%
Phosphore	NF EN ISO 11885	0.005	0.029	mg P/l	30%
Plomb	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Potassium	NF EN ISO 11885	0.1	2.76	mg/l	25%
Potassium (K) soluble	NF EN ISO 11885	0.1	2.5	mg/l	40%
Sélénium	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	50%
Silicium	NF EN ISO 11885	0.02	6.03	mg/l	16%
Sodium (Na)	NF EN ISO 11885	0.05	11.8	mg/l	25%
Sodium soluble	NF EN ISO 11885	0.05	15	mg/l	35%
Soufre	NF EN ISO 11885	0.02	6.56	mg/l	
Strontium	NF EN ISO 11885	0.005	0.124	mg/l	
Thallium	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	
Titane (Ti)	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Tungstène	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	
Vanadium (V)	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Zirconium (Zr)	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	
Zinc	NF EN ISO 11885	0.02	0.2	mg/l	25%

Résultats d'analyses		Matrice :	Eau souterraine (NT)		
		Référence BRGM :	Puits 12		
	<i>NB : Résultats bruts non validés, non interprétés*</i>	Date prélèvement	12/11/2015		
		Date analyse			
		Laboratoire d'analyses	EUROFINS		
Paramètres	Méthode d'analyse	LQ	Résultats	Unités	Incertitude
Filtration 0.45 µm	Méthode interne		Effectuée		
Titre Alcalimétrique simple (TA)	NF EN ISO 9963-1	2	<2.00	°F	5%
Titre Alcalimétrique complet (TAC)	NF EN ISO 9963-1	2	15.2	°F	5%
Nitrates	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	1	12	mg NO3/l	15%
Azote nitrique	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.2	2.7	mg N-NO3/l	15%
Nitrites	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.04	<0.04	mg NO2/l	5%
Azote nitreux	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.01	<0.01	mg N-NO2/l	10%
Chlorures (Cl)	Méthode interne selon NF EN ISO 15682	1	32.4	mg/l	15%
Sulfates	Méthode Interne selon NF T 90-040	5	60.8	mg SO4/l	15%
Orthophosphates	Méthode interne adaptée de NF EN ISO 6878	0.1	<0.10	mg PO4/l	15%
Bromures (Br)	NF EN ISO 10304-1	0.5	<0.50	mg Br/l	
Fluorures	NF T 90-004	0.5	<0.5	mg/l	14%
Aluminium	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	30%
Antimoine	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	25%
Argent	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	
Arsenic	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	45%
Baryum	NF EN ISO 11885	0.005	0.05	mg/l	30%
Béryllium	NF EN ISO 11885	0.002	<0.002	mg/l	25%
Bismuth	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	
Bore	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	30%
Cadmium	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Calcium	NF EN ISO 11885	1	62.9	mg/l	25%
Calcium (Ca) soluble	NF EN ISO 11885	1	64.2	mg/l	30%
Chrome	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Cobalt	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Cuivre	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	30%
Etain	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	30%
Fer	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	20%
Lithium (Li)	NF EN ISO 11885	0.005	0.013	mg/l	
Magnésium (Mg)	NF EN ISO 11885	0.01	7.14	mg/l	30%
Magnésium soluble	NF EN ISO 11885	0.01	6.45	mg/l	30%
Manganèse	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	25%
Molybdène	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Nickel	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	15%
Phosphore	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg P/l	30%
Plomb	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Potassium	NF EN ISO 11885	0.1	5.49	mg/l	25%
Potassium (K) soluble	NF EN ISO 11885	0.1	5.03	mg/l	40%
Sélénium	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	50%
Silicium	NF EN ISO 11885	0.02	3.43	mg/l	16%
Sodium (Na)	NF EN ISO 11885	0.05	27.3	mg/l	25%
Sodium soluble	NF EN ISO 11885	0.05	26.9	mg/l	35%
Soufre	NF EN ISO 11885	0.02	23	mg/l	
Strontium	NF EN ISO 11885	0.005	0.163	mg/l	
Thallium	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	
Titane (Ti)	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Tungstène	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	
Vanadium (V)	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Zirconium (Zr)	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	
Zinc	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	25%

Résultats d'analyses		Matrice :	Eau souterraine (NT)		
		Référence BRGM :	Puits 13		
		Date prélèvement	#####		
		Date analyse			
		Laboratoire d'analyses	EUROFINS		
Paramètres	Méthode d'analyse	LQ	Résultats	Unités	Incertitude
Filtration 0.45 µm	Méthode interne		Effectuée		
Titre Alcalimétrique simple (TA)	NF EN ISO 9963-1	2	<2.00	°F	5%
Titre Alcalimétrique complet (TAC)	NF EN ISO 9963-1	2	4.4	°F	5%
Nitrates	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	1	28.3	mg NO3/l	15%
Azote nitrique	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.2	6.39	mg N-NO3/l	15%
Nitrites	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.04	<0.04	mg NO2/l	5%
Azote nitreux	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.01	<0.01	mg N-NO2/l	10%
Chlorures (Cl)	Méthode interne selon NF EN ISO 15682	1	25.2	mg/l	15%
Sulfates	Méthode Interne selon NF T 90-040	5	63.5	mg SO4/l	15%
Orthophosphates	Méthode interne adaptée de NF EN ISO 6878	0.1	<0.10	mg PO4/l	15%
Bromures (Br)	NF EN ISO 10304-1	0.5	<0.50	mg Br/l	
Fluorures	NF T 90-004	0.5	<0.5	mg/l	14%
Aluminium	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	30%
Antimoine	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	25%
Argent	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	
Arsenic	NF EN ISO 11885	0.005	0.01	mg/l	45%
Baryum	NF EN ISO 11885	0.005	0.053	mg/l	30%
Béryllium	NF EN ISO 11885	0.002	<0.002	mg/l	25%
Bismuth	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	
Bore	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	30%
Cadmium	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Calcium	NF EN ISO 11885	1	36.8	mg/l	25%
Calcium (Ca) soluble	NF EN ISO 11885	1	34.7	mg/l	30%
Chrome	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Cobalt	NF EN ISO 11885	0.005	0.008	mg/l	
Cuivre	NF EN ISO 11885	0.01	0.05	mg/l	30%
Etain	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	30%
Fer	NF EN ISO 11885	0.01	0.04	mg/l	20%
Lithium (Li)	NF EN ISO 11885	0.005	0.022	mg/l	
Magnésium (Mg)	NF EN ISO 11885	0.01	9.46	mg/l	30%
Magnésium soluble	NF EN ISO 11885	0.01	9.84	mg/l	30%
Manganèse	NF EN ISO 11885	0.005	0.029	mg/l	25%
Molybdène	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Nickel	NF EN ISO 11885	0.005	0.018	mg/l	15%
Phosphore	NF EN ISO 11885	0.005	0.011	mg P/l	30%
Plomb	NF EN ISO 11885	0.005	0.005	mg/l	20%
Potassium	NF EN ISO 11885	0.1	2.55	mg/l	25%
Potassium (K) soluble	NF EN ISO 11885	0.1	2.49	mg/l	40%
Sélénium	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	50%
Silicium	NF EN ISO 11885	0.02	8.26	mg/l	16%
Sodium (Na)	NF EN ISO 11885	0.05	14	mg/l	25%
Sodium soluble	NF EN ISO 11885	0.05	17.6	mg/l	35%
Soufre	NF EN ISO 11885	0.02	24.7	mg/l	
Strontium	NF EN ISO 11885	0.005	0.11	mg/l	
Thallium	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	
Titane (Ti)	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Tungstène	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	
Vanadium (V)	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Zirconium (Zr)	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	
Zinc	NF EN ISO 11885	0.02	1.69	mg/l	25%

Résultats d'analyses		Matrice :	Eau souterraine (NT)		
		Référence BRGM :	Puits 14		
		Date prélèvement	#####		
		Date analyse			
		Laboratoire d'analyses	EUROFINS		
Paramètres	Méthode d'analyse	LQ	Résultats	Unités	Incertitude
Filtration 0.45 µm	Méthode interne		Effectuée		
Titre Alcalimétrique simple (TA)	NF EN ISO 9963-1	2	<2.00	°F	5%
Titre Alcalimétrique complet (TAC)	NF EN ISO 9963-1	2	4	°F	5%
Nitrates	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	1	<1.00	mg NO3/l	15%
Azote nitrique	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.2	0.22	mg N-NO3/l	15%
Nitrites	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.04	<0.04	mg NO2/l	5%
Azote nitreux	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.01	<0.01	mg N-NO2/l	10%
Chlorures (Cl)	Méthode interne selon NF EN ISO 15682	1	51.9	mg/l	15%
Sulfates	Méthode Interne selon NF T 90-040	5	160	mg SO4/l	15%
Orthophosphates	Méthode interne adaptée de NF EN ISO 6878	0.1	<0.10	mg PO4/l	15%
Bromures (Br)	NF EN ISO 10304-1	0.5	<0.50	mg Br/l	
Fluorures	NF T 90-004	0.5	<0.5	mg/l	14%
Aluminium	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	30%
Antimoine	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	25%
Argent	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	
Arsenic	NF EN ISO 11885	0.005	0.094	mg/l	45%
Baryum	NF EN ISO 11885	0.005	0.017	mg/l	30%
Béryllium	NF EN ISO 11885	0.002	<0.002	mg/l	25%
Bismuth	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	
Bore	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	30%
Cadmium	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Calcium	NF EN ISO 11885	1	31.6	mg/l	25%
Calcium (Ca) soluble	NF EN ISO 11885	1	29.7	mg/l	30%
Chrome	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Cobalt	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Cuivre	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	30%
Etain	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	30%
Fer	NF EN ISO 11885	0.01	2.58	mg/l	20%
Lithium (Li)	NF EN ISO 11885	0.005	0.09	mg/l	
Magnésium (Mg)	NF EN ISO 11885	0.01	17.3	mg/l	30%
Magnésium soluble	NF EN ISO 11885	0.01	17.9	mg/l	30%
Manganèse	NF EN ISO 11885	0.005	0.25	mg/l	25%
Molybdène	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Nickel	NF EN ISO 11885	0.005	0.01	mg/l	15%
Phosphore	NF EN ISO 11885	0.005	0.045	mg P/l	30%
Plomb	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Potassium	NF EN ISO 11885	0.1	5.72	mg/l	25%
Potassium (K) soluble	NF EN ISO 11885	0.1	5.53	mg/l	40%
Sélénium	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	50%
Silicium	NF EN ISO 11885	0.02	17.8	mg/l	16%
Sodium (Na)	NF EN ISO 11885	0.05	52.1	mg/l	25%
Sodium soluble	NF EN ISO 11885	0.05	49.4	mg/l	35%
Soufre	NF EN ISO 11885	0.02	57.3	mg/l	
Strontium	NF EN ISO 11885	0.005	0.129	mg/l	
Thallium	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	
Titane (Ti)	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Tungstène	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	
Vanadium (V)	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Zirconium (Zr)	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	
Zinc	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	25%

Résultats d'analyses			Matrice :	Eau souterraine (NT)	
			Référence BRGM :	Puits 15	
NB : Résultats bruts non validés, non interprétés*			Date prélèvement	13/11/2015	
			Date analyse		
			Laboratoire d'analyses	EUROFINS	
Paramètres	Méthode d'analyse	LQ	Résultats	Unités	Incertitude
Filtration 0.45 µm	Méthode interne		Effectuée		
Titre Alcalimétrique simple (TA)	NF EN ISO 9963-1	2	<2.00	°F	5%
Titre Alcalimétrique complet (TA)	NF EN ISO 9963-1	2	17.4	°F	5%
Nitrates	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	1	30.7	mg NO3/l	15%
Azote nitrique	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.2	6.94	mg N-NO3/l	15%
Nitrites	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.04	1.36	mg NO2/l	5%
Azote nitreux	Méthode interne selon NF EN ISO 13395	0.01	0.41	mg N-NO2/l	10%
Chlorures (Cl)	Méthode interne selon NF EN ISO 15682	1	23.8	mg/l	15%
Sulfates	Méthode Interne selon NF T 90-040	5	52.9	mg SO4/l	15%
Orthophosphates	Méthode interne adaptée de NF EN ISO 68	0.1	0.12	mg PO4/l	15%
Bromures (Br)	NF EN ISO 10304-1	0.5	<1.00	mg Br/l	
Fluorures	NF T 90-004	0.5	0.55	mg/l	14%
Aluminium	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	30%
Antimoine	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	25%
Argent	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	
Arsenic	NF EN ISO 11885	0.005	0.617	mg/l	45%
Baryum	NF EN ISO 11885	0.005	0.010	mg/l	30%
Béryllium	NF EN ISO 11885	0.002	<0.002	mg/l	25%
Bismuth	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	
Bore	NF EN ISO 11885	0.05	0.09	mg/l	30%
Cadmium	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Calcium	NF EN ISO 11885	1	67.9	mg/l	25%
Calcium (Ca) soluble	NF EN ISO 11885	1	64.6	mg/l	30%
Chrome	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Cobalt	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Cuivre	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	30%
Etain	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	30%
Fer	NF EN ISO 11885	0.01	0.09	mg/l	20%
Lithium (Li)	NF EN ISO 11885	0.005	0.095	mg/l	
Magnésium (Mg)	NF EN ISO 11885	0.01	15.5	mg/l	30%
Magnésium soluble	NF EN ISO 11885	0.01	16.1	mg/l	30%
Manganèse	NF EN ISO 11885	0.005	0.056	mg/l	25%
Molybdène	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Nickel	NF EN ISO 11885	0.005	0.008	mg/l	15%
Phosphore	NF EN ISO 11885	0.005	0.048	mg P/l	30%
Plomb	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	20%
Potassium	NF EN ISO 11885	0.1	8.31	mg/l	25%
Potassium (K) soluble	NF EN ISO 11885	0.1	8.20	mg/l	40%
Sélénium	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	mg/l	50%
Silicium	NF EN ISO 11885	0.02	9.02	mg/l	16%
Sodium (Na)	NF EN ISO 11885	0.05	19.4	mg/l	25%
Sodium soluble	NF EN ISO 11885	0.05	22.0	mg/l	35%
Soufre	NF EN ISO 11885	0.02	17.7	mg/l	
Strontium	NF EN ISO 11885	0.005	0.222	mg/l	
Thallium	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	
Titane (Ti)	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Tungstène	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	mg/l	
Vanadium (V)	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	mg/l	
Zirconium (Zr)	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	mg/l	
Zinc	NF EN ISO 11885	0.02	0.35	mg/l	25%

Annexe 3

Résultats d'analyses sur les échantillons d'eau souterraines – Hautes eaux (avril 2016)

Matrice :		ESO : Eau souterraine (NT)							Référence EUROFINS : 16E030917-001 16E030917-002 16E030917-003		
									Référence Client : Puits 1 Puits 2 Puits 3		
Tests	Paramètres	Unités	N° CAS	Incertitude	Méthode d'analyse	LQ					
Echantillon non reçu au laboratoire	Echantillon non reçu au laboratoire										
Filtration 0.45 µm	Filtration 0.45 µm				Méthode interne		Effectuée	Effectuée	Effectuée		
Titre Alcalimétrique (TA)	Titre Alcalimétrique simple (TA)	°F		5%	NF EN ISO 9963-1		2	<2.00	<2.00	<2.00	
Titre Alcalimétrique Complet (TAC)	Titre Alcalimétrique complet (TAC)	°F		5%	NF EN ISO 9963-1		2	11.4	18.9	13.5	
Nitrates - Spectrophotométrie UV-Vis	Nitrates	mg NO3/l	84145-82-4	35%	NF ISO 15923-1		1	19.5	5.54	9.18	
	Azote nitrique	mg N-NO3/l	84145-82-4	35%	NF ISO 15923-1		0.2	4.39	1.25	2.07	
Nitrites - Spectrophotométrie UV-Vis	Nitrites	mg NO2/l	14797-65-0	20%	NF ISO 15923-1		0.04	<0.04	<0.04	<0.04	
	Azote nitreux	mg N-NO2/l	14797-65-0	20%	NF ISO 15923-1		0.01	<0.01	<0.01	<0.01	
Chlorures - Spectrophotométrie UV-Vis	Chlorures (Cl)	mg/l	16887-00-6	30%	NF ISO 15923-1		1	21.1	15.9	17.4	
Sulfates (SO4) Spectrophotométrie UV-Vis	Sulfates	mg SO4/l	14808-79-8	20%	NF ISO 15923-1		5	51.8	24	31.8	
Orthophosphates (PO4) - Spectrophotométrie UV-Vis	Orthophosphates	mg PO4/l		35%	NF ISO 15923-1		0.1	1.21	0.48	2.6	
Bromures	Bromures (Br)	mg Br/l	24959-67-9		NF EN ISO 10304-1		0.5	<0.50	<0.50	<0.50	
Fluorures	Fluorures	mg/l	7782-41-4	14%	NF T 90-004		0.5	<0.5	<0.5	<0.5	
Aluminium (Al)	Aluminium (Al)	mg/l	7429-90-5	30%	NF EN ISO 11885		0.05	<0.05	<0.05	<0.05	
Antimoine (Sb)	Antimoine (Sb)	mg/l	7440-36-0	25%	NF EN ISO 11885		0.02	<0.02	<0.02	<0.02	
Argent (Ag)	Argent (Ag)	mg/l	7440-22-4		NF EN ISO 11885		0.01	<0.01	<0.01	<0.01	
Baryum (Ba)	Baryum (Ba)	mg/l	7440-39-3	30%	NF EN ISO 11885		0.005	0.01	0.038	0.022	
Bore (B)	Bore (B)	mg/l	7440-42-8	30%	NF EN ISO 11885		0.05	0.12	0.06	0.05	
Cadmium (Cd)	Cadmium (Cd)	mg/l	7440-43-9	20%	NF EN ISO 11885		0.005	<0.005	<0.005	<0.005	
Calcium (Ca)	Calcium	mg/l	7440-70-2	25%	NF EN ISO 11885		1	38	71.2	47.1	
Calcium (Ca) dissous	Calcium (Ca) soluble	mg/l	7440-70-2	30%	NF EN ISO 11885		1	37.5	67.6	48.7	
Chrome (Cr)	Chrome (Cr)	mg/l	7440-47-3	20%	NF EN ISO 11885		0.005	<0.005	<0.005	<0.005	
Cuivre (Cu)	Cuivre (Cu)	mg/l	7440-50-8	30%	NF EN ISO 11885		0.01	0.05	0.25	<0.01	
Fer (Fe)	Fer (Fe)	mg/l	7439-89-6	20%	NF EN ISO 11885		0.01	<0.01	0.03	<0.01	
Lithium (Li)	Lithium (Li)	mg/l	7439-93-2		NF EN ISO 11885		0.005	0.023	<0.005	<0.005	
Magnésium (Mg)	Magnésium (Mg)	mg/l	7439-95-4	30%	NF EN ISO 11885		0.01	12	5.41	7.55	
Magnésium (Mg) dissous	Magnésium soluble	mg/l	7439-95-4	30%	NF EN ISO 11885		0.01	11.8	5.2	7.78	
Manganèse (Mn)	Manganèse (Mn)	mg/l	7439-96-5	25%	NF EN ISO 11885		0.005	<0.005	0.006	<0.005	
Nickel (Ni)	Nickel (Ni)	mg/l	7440-02-0	15%	NF EN ISO 11885		0.005	0.006	<0.005	<0.005	
Phosphore (P)	Phosphore	mg P/l	7723-14-0	30%	NF EN ISO 11885		0.005	0.214	0.126	0.815	
Plomb (Pb)	Plomb (Pb)	mg/l	7439-92-1	20%	NF EN ISO 11885		0.005	<0.005	<0.005	<0.005	
Potassium (K)	Potassium	mg/l	7440-09-7	25%	NF EN ISO 11885		0.1	5.44	11.6	12.6	
Potassium (K) dissous	Potassium (K) soluble	mg/l	7440-09-7	40%	NF EN ISO 11885		0.1	5.29	10.8	12.4	
Sélénium (Se)	Sélénium (Se)	mg/l	7782-49-2	50%	NF EN ISO 11885		0.01	<0.01	<0.01	<0.01	
Silicium (Si)	Silicium	mg/l	7440-21-3	16%	NF EN ISO 11885		0.02	6.57	10.3	8.21	
Sodium (Na)	Sodium (Na)	mg/l	7440-23-5	25%	NF EN ISO 11885		0.05	24.3	10.9	16.6	
Sodium (Na) dissous	Sodium soluble	mg/l	7440-23-5	35%	NF EN ISO 11885		0.05	24.2	10.1	17.2	
Soufre (S)	Soufre (S)	mg/l	7704-34-9		NF EN ISO 11885		0.02	25	8.4	10	
Strontium (Sr)	Strontium (Sr)	mg/l	7440-24-6		NF EN ISO 11885		0.005	0.137	0.185	0.135	
Zinc (Zn)	Zinc (Zn)	mg/l	7440-66-6	25%	NF EN ISO 11885		0.02	0.15	0.17	0.03	
Arsenic (As)	Arsenic (As)	µg/l	7440-38-2	20%	NF EN ISO 17294-2		0.2	474	71.1	81	

Matrice :		ESO : Eau souterraine (NT)							Référence EUROFINS : 16E030917-005 16E030917-006 16E030917-007		
									Référence Client : Puits 5 Puits 6 Puits 7		
Tests	Paramètres	Unités	N° CAS	Incertitude	Méthode d'analyse	LQ					
Echantillon non reçu au laboratoire	Echantillon non reçu au laboratoire										
Filtration 0.45 µm	Filtration 0.45 µm				Méthode interne		Effectuée	Effectuée	Effectuée		
Titre Alcalimétrique (TA)	Titre Alcalimétrique simple (TA)	°F		5%	NF EN ISO 9963-1	2	<2.00	<2.00	<2.00		
Titre Alcalimétrique Complet (TAC)	Titre Alcalimétrique complet (TAC)	°F		5%	NF EN ISO 9963-1	2	16.8	<2.00		7.6	
Nitrates - Spectrophotométrie UV-Vis	Nitrates	mg NO3/l	84145-82-4	35%	NF ISO 15923-1	1	10.5		30.8	41.7	
	Azote nitrique	mg N-NO3/l	84145-82-4	35%	NF ISO 15923-1	0.2	2.38		6.95	9.42	
Nitrites - Spectrophotométrie UV-Vis	Nitrites	mg NO2/l	14797-65-0	20%	NF ISO 15923-1	0.04	<0.04	<0.04	<0.04		
	Azote nitreux	mg N-NO2/l	14797-65-0	20%	NF ISO 15923-1	0.01	<0.01	<0.01	<0.01		
Chlorures - Spectrophotométrie UV-Vis	Chlorures (Cl)	mg/l	16887-00-6	30%	NF ISO 15923-1	1	9.92		28.5	38.8	
Sulfates (SO4) Spectrophotométrie UV-Vis	Sulfates	mg SO4/l	14808-79-8	20%	NF ISO 15923-1	5	11.3		79.7	67.4	
Orthophosphates (PO4) - Spectrophotométrie UV-Vis	Orthophosphates	mg PO4/l		35%	NF ISO 15923-1	0.1	0.7		0.4	0.15	
Bromures	Bromures (Br)	mg Br/l	24959-67-9		NF EN ISO 10304-1	0.5	<0.50	<0.50	<0.50		
Fluorures	Fluorures	mg/l	7782-41-4	14%	NF T 90-004	0.5	<0.5	<0.5	<0.5		
Aluminium (Al)	Aluminium (Al)	mg/l	7429-90-5	30%	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	<0.05	<0.05		
Antimoine (Sb)	Antimoine (Sb)	mg/l	7440-36-0	25%	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	<0.02	<0.02		
Argent (Ag)	Argent (Ag)	mg/l	7440-22-4		NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	<0.01	<0.01		
Baryum (Ba)	Baryum (Ba)	mg/l	7440-39-3	30%	NF EN ISO 11885	0.005	0.038	<0.005		0.044	
Bore (B)	Bore (B)	mg/l	7440-42-8	30%	NF EN ISO 11885	0.05	0.05	<0.05	<0.05		
Cadmium (Cd)	Cadmium (Cd)	mg/l	7440-43-9	20%	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	<0.005	<0.005		
Calcium (Ca)	Calcium	mg/l	7440-70-2	25%	NF EN ISO 11885	1	66		16.8	24.7	
Calcium (Ca) dissous	Calcium (Ca) soluble	mg/l	7440-70-2	30%	NF EN ISO 11885	1	57.2		17.5	25.8	
Chrome (Cr)	Chrome (Cr)	mg/l	7440-47-3	20%	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	<0.005	<0.005		
Cuivre (Cu)	Cuivre (Cu)	mg/l	7440-50-8	30%	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	<0.01		0.12	
Fer (Fe)	Fer (Fe)	mg/l	7439-89-6	20%	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	<0.01	<0.01		
Lithium (Li)	Lithium (Li)	mg/l	7439-93-2		NF EN ISO 11885	0.005	0.008		0.037	0.02	
Magnésium (Mg)	Magnésium (Mg)	mg/l	7439-95-4	30%	NF EN ISO 11885	0.01	4.6		11	11.1	
Magnésium (Mg) dissous	Magnésium soluble	mg/l	7439-95-4	30%	NF EN ISO 11885	0.01	4.07		11.4	11.6	
Manganèse (Mn)	Manganèse (Mn)	mg/l	7439-96-5	25%	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005		0.031	<0.005	
Nickel (Ni)	Nickel (Ni)	mg/l	7440-02-0	15%	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005		0.062	<0.005	
Phosphore (P)	Phosphore	mg P/l	7723-14-0	30%	NF EN ISO 11885	0.005	0.21		0.028	0.047	
Plomb (Pb)	Plomb (Pb)	mg/l	7439-92-1	20%	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	<0.005	<0.005		
Potassium (K)	Potassium	mg/l	7440-09-7	25%	NF EN ISO 11885	0.1	3.48		2.18	2.59	
Potassium (K) dissous	Potassium (K) soluble	mg/l	7440-09-7	40%	NF EN ISO 11885	0.1	3.33		2.15	2.58	
Sélénium (Se)	Sélénium (Se)	mg/l	7782-49-2	50%	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	<0.01	<0.01		
Silicium (Si)	Silicium	mg/l	7440-21-3	16%	NF EN ISO 11885	0.02	9.11		10.9	10.3	
Sodium (Na)	Sodium (Na)	mg/l	7440-23-5	25%	NF EN ISO 11885	0.05	11.7		31.7	48.2	
Sodium (Na) dissous	Sodium soluble	mg/l	7440-23-5	35%	NF EN ISO 11885	0.05	9.99		31.9	49	
Soufre (S)	Soufre (S)	mg/l	7704-34-9		NF EN ISO 11885	0.02	3.2		27	24	
Strontium (Sr)	Strontium (Sr)	mg/l	7440-24-6		NF EN ISO 11885	0.005	0.17		0.064	0.094	
Zinc (Zn)	Zinc (Zn)	mg/l	7440-66-6	25%	NF EN ISO 11885	0.02	0.04		0.13	0.41	
Arsenic (As)	Arsenic (As)	µg/l	7440-38-2	20%	NF EN ISO 17294-2	0.2	73.4		321	8.29	

Matrice :		ESO : Eau souterraine (NT)							
						Référence EUROFINS : 16E030917-008 16E030917-009 16E030917-010			
						Référence Client : Puits 8 Puits 9 Puits 10			
Tests	Paramètres	Unités	N° CAS	Incertitude	Méthode d'analyse	LQ			
Echantillon non reçu au laboratoire	Echantillon non reçu au laboratoire								
Filtration 0.45 µm	Filtration 0.45 µm				Méthode interne		Effectuée	Effectuée	Effectuée
Titre Alcalimétrique (TA)	Titre Alcalimétrique simple (TA)	°F		5%	NF EN ISO 9963-1	2	<2.00	<2.00	<2.00
Titre Alcalimétrique Complet (TAC)	Titre Alcalimétrique complet (TAC)	°F		5%	NF EN ISO 9963-1	2	4.1	6.4	20.5
Nitrates - Spectrophotométrie UV-Vis	Nitrates	mg NO3/l	84145-82-4	35%	NF ISO 15923-1	1	19.6	28.9	4.93
	Azote nitrique	mg N-NO3/l	84145-82-4	35%	NF ISO 15923-1	0.2	4.42	6.54	1.11
Nitrites - Spectrophotométrie UV-Vis	Nitrites	mg NO2/l	14797-65-0	20%	NF ISO 15923-1	0.04	<0.04	<0.04	<0.04
	Azote nitreux	mg N-NO2/l	14797-65-0	20%	NF ISO 15923-1	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Chlorures - Spectrophotométrie UV-Vis	Chlorures (Cl)	mg/l	16887-00-6	30%	NF ISO 15923-1	1	33.1	50.1	46.2
Sulfates (SO4) Spectrophotométrie UV-Vis	Sulfates	mg SO4/l	14808-79-8	20%	NF ISO 15923-1	5	95.9	93.9	52.9
Orthophosphates (PO4) - Spectrophotométrie UV-Vis	Orthophosphates	mg PO4/l		35%	NF ISO 15923-1	0.1	2.21	0.64	11.6
Bromures	Bromures (Br)	mg Br/l	24959-67-9		NF EN ISO 10304-1	0.5	<0.50	<0.50	<0.50
Fluorures	Fluorures	mg/l	7782-41-4	14%	NF T 90-004	0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Aluminium (Al)	Aluminium (Al)	mg/l	7429-90-5	30%	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Antimoine (Sb)	Antimoine (Sb)	mg/l	7440-36-0	25%	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Argent (Ag)	Argent (Ag)	mg/l	7440-22-4		NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Baryum (Ba)	Baryum (Ba)	mg/l	7440-39-3	30%	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	0.017	0.009
Bore (B)	Bore (B)	mg/l	7440-42-8	30%	NF EN ISO 11885	0.05	0.08	0.12	0.15
Cadmium (Cd)	Cadmium (Cd)	mg/l	7440-43-9	20%	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Calcium (Ca)	Calcium	mg/l	7440-70-2	25%	NF EN ISO 11885	1	26.6	22.1	76.7
Calcium (Ca) dissous	Calcium (Ca) soluble	mg/l	7440-70-2	30%	NF EN ISO 11885	1	26.1	19.7	78.7
Chrome (Cr)	Chrome (Cr)	mg/l	7440-47-3	20%	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Cuivre (Cu)	Cuivre (Cu)	mg/l	7440-50-8	30%	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	<0.01	0.01
Fer (Fe)	Fer (Fe)	mg/l	7439-89-6	20%	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Lithium (Li)	Lithium (Li)	mg/l	7439-93-2		NF EN ISO 11885	0.005	0.067	0.055	<0.005
Magnésium (Mg)	Magnésium (Mg)	mg/l	7439-95-4	30%	NF EN ISO 11885	0.01	11	10.9	13
Magnésium (Mg) dissous	Magnésium soluble	mg/l	7439-95-4	30%	NF EN ISO 11885	0.01	10.9	9.93	13.3
Manganèse (Mn)	Manganèse (Mn)	mg/l	7439-96-5	25%	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Nickel (Ni)	Nickel (Ni)	mg/l	7440-02-0	15%	NF EN ISO 11885	0.005	0.01	0.007	<0.005
Phosphore (P)	Phosphore	mg P/l	7723-14-0	30%	NF EN ISO 11885	0.005	0.394	0.213	3.55
Plomb (Pb)	Plomb (Pb)	mg/l	7439-92-1	20%	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Potassium (K)	Potassium	mg/l	7440-09-7	25%	NF EN ISO 11885	0.1	5.52	6.13	18.3
Potassium (K) dissous	Potassium (K) soluble	mg/l	7440-09-7	40%	NF EN ISO 11885	0.1	5.4	5.86	17.9
Sélénium (Se)	Sélénium (Se)	mg/l	7782-49-2	50%	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Silicium (Si)	Silicium	mg/l	7440-21-3	16%	NF EN ISO 11885	0.02	11.5	13.9	17.1
Sodium (Na)	Sodium (Na)	mg/l	7440-23-5	25%	NF EN ISO 11885	0.05	31.8	65	31
Sodium (Na) dissous	Sodium soluble	mg/l	7440-23-5	35%	NF EN ISO 11885	0.05	31.4	61.2	30.8
Soufre (S)	Soufre (S)	mg/l	7704-34-9		NF EN ISO 11885	0.02	33.7	31.5	19.7
Strontium (Sr)	Strontium (Sr)	mg/l	7440-24-6		NF EN ISO 11885	0.005	0.127	0.084	0.204
Zinc (Zn)	Zinc (Zn)	mg/l	7440-66-6	25%	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	0.03	<0.02
Arsenic (As)	Arsenic (As)	µg/l	7440-38-2	20%	NF EN ISO 17294-2	0.2	795	44.7	907

Origine de l'arsenic dans les eaux usées à Saint-Sébastien-sur-Loire (44)

Matrice :		ESO : Eau souterraine (NT)								
		Référence EUROFINs : 16E030917-011 16E030917-012 16E030917-013 16E030917-015								
		Référence Client : Puits 11 Puits 12 Puits 13 Puits 15								
Tests	Paramètres	Unités	N° CAS	Incertitude	Méthode d'analyse	LQ				
Echantillon non reçu au laboratoire	Echantillon non reçu au laboratoire									
Filtration 0.45 µm	Filtration 0.45 µm				Méthode interne		Effectuée	Effectuée	Effectuée	Effectuée
Titre Alcalimétrique (TA)	Titre Alcalimétrique simple (TA)	°F		5%	NF EN ISO 9963-1	2	<2.00	<2.00	<2.00	<2.00
Titre Alcalimétrique Complet (TAC)	Titre Alcalimétrique complet (TAC)	°F		5%	NF EN ISO 9963-1	2	12.6	9.2	6.3	13.5
Nitrates - Spectrophotométrie UV-Vis	Nitrates	mg NO3/l	84145-82-4	35%	NF ISO 15923-1	1	1.96	13.1	23.5	55.7
	Azote nitrique	mg N-NO3/l	84145-82-4	35%	NF ISO 15923-1	0.2	0.44	2.96	5.3	12.58
Nitrites - Spectrophotométrie UV-Vis	Nitrites	mg NO2/l	14797-65-0	20%	NF ISO 15923-1	0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
	Azote nitreux	mg N-NO2/l	14797-65-0	20%	NF ISO 15923-1	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Chlorures - Spectrophotométrie UV-Vis	Chlorures (Cl)	mg/l	16887-00-6	30%	NF ISO 15923-1	1	10.6	17.2	21.3	14.8
Sulfates (SO4) Spectrophotométrie UV-Vis	Sulfates	mg SO4/l	14808-79-8	20%	NF ISO 15923-1	5	17.3	46.8	47.6	42.7
Orthophosphates (PO4) - Spectrophotométrie UV-Vis	Orthophosphates	mg PO4/l		35%	NF ISO 15923-1	0.1	<0.10	<0.10	<0.10	1.12
Bromures	Bromures (Br)	mg Br/l	24959-67-9		NF EN ISO 10304-1	0.5	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50
Fluorures	Fluorures	mg/l	7782-41-4	14%	NF T 90-004	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.59
Aluminium (Al)	Aluminium (Al)	mg/l	7429-90-5	30%	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Antimoine (Sb)	Antimoine (Sb)	mg/l	7440-36-0	25%	NF EN ISO 11885	0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Argent (Ag)	Argent (Ag)	mg/l	7440-22-4		NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Baryum (Ba)	Baryum (Ba)	mg/l	7440-39-3	30%	NF EN ISO 11885	0.005	0.044	0.033	0.047	0.008
Bore (B)	Bore (B)	mg/l	7440-42-8	30%	NF EN ISO 11885	0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.06
Cadmium (Cd)	Cadmium (Cd)	mg/l	7440-43-9	20%	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Calcium (Ca)	Calcium	mg/l	7440-70-2	25%	NF EN ISO 11885	1	44.3	43.2	40.2	59.8
Calcium (Ca) dissous	Calcium (Ca) soluble	mg/l	7440-70-2	30%	NF EN ISO 11885	1	40.8	33.9	40.5	59.3
Chrome (Cr)	Chrome (Cr)	mg/l	7440-47-3	20%	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Cuivre (Cu)	Cuivre (Cu)	mg/l	7440-50-8	30%	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	<0.01	0.04	<0.01
Fer (Fe)	Fer (Fe)	mg/l	7439-89-6	20%	NF EN ISO 11885	0.01	0.05	0.03	0.01	0.03
Lithium (Li)	Lithium (Li)	mg/l	7439-93-2		NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.049
Magnésium (Mg)	Magnésium (Mg)	mg/l	7439-95-4	30%	NF EN ISO 11885	0.01	3.58	4.69	6.71	10.7
Magnésium (Mg) dissous	Magnésium soluble	mg/l	7439-95-4	30%	NF EN ISO 11885	0.01	3.36	3.74	7.31	10.7
Manganèse (Mn)	Manganèse (Mn)	mg/l	7439-96-5	25%	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	<0.005	0.007	<0.005
Nickel (Ni)	Nickel (Ni)	mg/l	7440-02-0	15%	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	<0.005	0.007	<0.005
Phosphore (P)	Phosphore	mg P/l	7723-14-0	30%	NF EN ISO 11885	0.005	0.025	0.012	0.01	0.258
Plomb (Pb)	Plomb (Pb)	mg/l	7439-92-1	20%	NF EN ISO 11885	0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Potassium (K)	Potassium	mg/l	7440-09-7	25%	NF EN ISO 11885	0.1	2.59	3.27	3.72	7.86
Potassium (K) dissous	Potassium (K) soluble	mg/l	7440-09-7	40%	NF EN ISO 11885	0.1	1.73	2.1	3.7	7.83
Sélénium (Se)	Sélénium (Se)	mg/l	7782-49-2	50%	NF EN ISO 11885	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Silicium (Si)	Silicium	mg/l	7440-21-3	16%	NF EN ISO 11885	0.02	7.71	4.63	6.98	8.77
Sodium (Na)	Sodium (Na)	mg/l	7440-23-5	25%	NF EN ISO 11885	0.05	12.8	19.3	14.5	13.7
Sodium (Na) dissous	Sodium soluble	mg/l	7440-23-5	35%	NF EN ISO 11885	0.05	11.9	18.4	13	13.7
Soufre (S)	Soufre (S)	mg/l	7704-34-9		NF EN ISO 11885	0.02	6.07	25.9	16.9	17.3
Strontium (Sr)	Strontium (Sr)	mg/l	7440-24-6		NF EN ISO 11885	0.005	0.171	0.129	0.112	0.226
Zinc (Zn)	Zinc (Zn)	mg/l	7440-66-6	25%	NF EN ISO 11885	0.02	0.04	<0.02	0.32	0.09
Arsenic (As)	Arsenic (As)	µg/l	7440-38-2	20%	NF EN ISO 17294-2	0.2	25.3	0.73	7.18	284

Annexe 4

Résultats d'analyses sur les échantillons d'eau résiduaire urbaine – Hautes eaux (avril 2016)

Matrice :		EC : Eau de rejet / Eau résiduaire (NT)							
		Référence EUROFINs : 16E030917-016 16E030917-017 16E030917-018							
		Référence Client : ERU 1 ERU 2 ERU 3							
Tests	Paramètres	Unités	N° CAS	Incertitude	Méthode d'analyse	LQ			
Filtration 0.45 µm	Filtration 0.45 µm				Méthode interne		Effectuée	Effectuée	Effectuée
Titre Alcalimétrique (TA)	Titre Alcalimétrique simple (TA)	°F			NF EN ISO 9963-1	2	<2.00	<2.00	<2.00
Titre Alcalimétrique Complet (TAC)	Titre Alcalimétrique complet (TAC)	°F		5%	NF EN ISO 9963-1	2	32.9	34.2	32.1
Azote Nitrique / Nitrates (NO3)	Nitrates	mg NO3/l	84145-82-4	35%	NF ISO 15923-1	1	<1.00	<1.00	<1.00
	Azote nitrique	mg N-NO3/l	84145-82-4	35%	NF ISO 15923-1	0.22	<0.22	<0.22	<0.22
Azote Nitreux / Nitrites (NO2)	Nitrites	mg NO2/l	14797-65-0	30%	NF ISO 15923-1	0.04	<0.04	<0.04	<0.04
	Azote nitreux	mg N-NO2/l	14797-65-0	30%	NF ISO 15923-1	0.01	<0.01	0.01	<0.01
Chlorures	Chlorures (Cl)	mg/l	16887-00-6	30%	NF ISO 15923-1	1	62.6	70.3	59.2
Sulfates (SO4) Spectrophotométrie UV-Vis	Sulfates	mg SO4/l	14808-79-8	25%	NF ISO 15923-1	5	90.1	88.2	80.2
Orthophosphates (PO4)	Orthophosphates (P)	mg P/l	14265-44-2	25%	NF ISO 15923-1	0.03	6.49	5.4	4.58
	Orthophosphate (PO4)	mg PO4/l		25%	NF ISO 15923-1	0.1	19.9	16.6	14
Bromures	Bromures (Br)	mg/l	24959-67-9		NF EN ISO 10304-1	0.5	<0.50	<0.50	<0.50
Fluorures	Fluorures	mg/l	7782-41-4	14%	NF T 90-004	0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Minéralisation Acide Nitrique Bloc chauffant	Minéralisation Acide Nitrique				NF EN ISO 15587-2 (T 90-137-2)		Fait	Fait	Fait
Minéralisation acide nitrique pour métaux dissous	Minéralisation Acide Nitrique				NF EN ISO 15587-2 (T 90-137-2)		-	-	-
Aluminium (Al)	Aluminium (Al)	mg/l	7429-90-5	35%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.1	0.43	1.16	0.26
Antimoine (Sb)	Antimoine (Sb)	mg/l	7440-36-0	45%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Argent (Ag)	Argent (Ag)	mg/l	7440-22-4	17%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Baryum (Ba)	Baryum (Ba)	mg/l	7440-39-3	15%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.01	0.03	0.03	0.03
Bore (B)	Bore (B)	mg/l	7440-42-8	20%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.02	0.1	0.09	0.11
Cadmium (Cd)	Cadmium (Cd)	mg/l	7440-43-9	20%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Calcium (Ca)	Calcium	mg/l	7440-70-2	17%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	2	42	44.4	44.1
Calcium (Ca) dissous	Calcium (Ca) soluble	mg/l	7440-70-2	17%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	2	38.6	38.7	37.5
Chrome (Cr)	Chrome (Cr)	mg/l	7440-47-3	25%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Cuivre (Cu)	Cuivre (Cu)	mg/l	7440-50-8	20%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.02	0.06	0.08	0.07
Fer (Fe)	Fer (Fe)	mg/l	7439-89-6	20%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.02	0.18	0.43	0.27
Lithium (Li)	Lithium (Li)	mg/l	7439-93-2		NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.01	0.02	0.02	0.02
Magnésium (Mg)	Magnésium (Mg)	mg/l	7439-95-4	11%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	1	7.95	6.99	7.31
Magnésium (Mg) dissous	Magnésium soluble dans l'eau	mg/l	7439-95-4	11%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.02	7.79	6.66	6.79
Manganèse (Mn)	Manganèse (Mn)	mg/l	7439-96-5	25%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.01	0.03	0.03	0.03
Nickel (Ni)	Nickel (Ni)	mg/l	7440-02-0	20%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Phosphore (P)	Phosphore	mg P/l	7723-14-0	12%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.01	8.24	7.21	6.8
Plomb (Pb)	Plomb (Pb)	mg/l	7439-92-1	35%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Potassium (K)	Potassium	mg/l	7440-09-7	14%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.2	21.5	22.9	20.6
Potassium (K) dissous	Potassium (K) soluble	mg/l	7440-09-7	14%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.2	16.4	17.5	15.5
Sélénium (Se)	Sélénium (Se)	mg/l	7782-49-2	15%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Silicium (Si)	Silicium	mg/l	7440-21-3	24%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.05	6.48	6.88	6.28
Sodium (Na)	Sodium (Na)	mg/l	7440-23-5	16%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	5	63.2	73.4	59.1
Sodium (Na) dissous	Sodium soluble	mg/l	7440-23-5	16%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.1	59.9	67.1	52.2
Soufre (S)	Soufre (S)	mg/l	7704-34-9		NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	5	31.9	30.9	28.7
Strontium (Sr)	Strontium (Sr)	mg/l	7440-24-6	25%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.01	0.1	0.1	0.1
Zinc (Zn)	Zinc (Zn)	mg/l	7440-66-6	20%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.02	0.12	0.14	0.14
Arsenic (As)	Arsenic (As)	µg/l	7440-38-2		NF EN ISO 17294-2	0.4	141	78.2	90

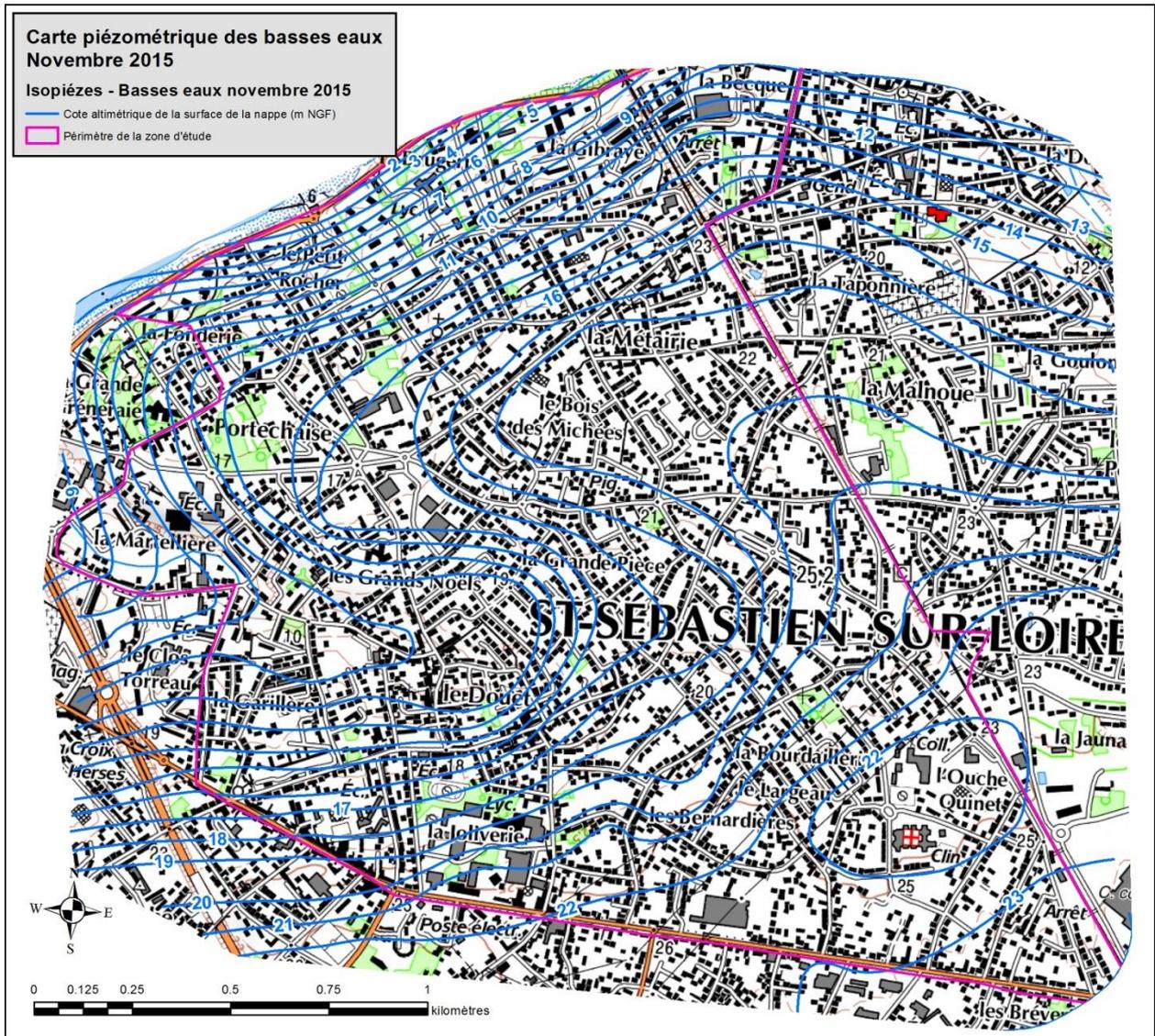
Annexe 5

Résultats d'analyses sur les échantillons d'eau résiduaire urbaine – Basses eaux (octobre 2016)

Matrice :		EC : Eau de rejet / Eau résiduaire (NT)									
									Référence EUOFINS : 16E086487-004 16E086487-005 16E086487-006		
									Référence Client : ERU01_FOURNY ERU02_LIBERATION ERU03_OUCHE-COLIN		
Tests	Paramètres	Unités	N° CAS	Incertitude	Méthode d'analyse	LQ					
Filtration 0.45 µm	Filtration 0.45 µm				Méthode interne		Effectuée	Effectuée	Effectuée		
Titre Alcalimétrique (TA)	Titre Alcalimétrique simple (TA)	°F			NF EN ISO 9963-1	2	<4.00	<4.00	<4.00		
Titre Alcalimétrique Complet (TAC)	Titre Alcalimétrique complet (TAC)	°F		5%	NF EN ISO 9963-1	2	48.7	<4.00		39.2	
Azote Nitrique / Nitrates (NO3)	Nitrates	mg NO3/l	84145-82-4	35%	NF ISO 15923-1	1	<1.00	<1.00	<1.00		
	Azote nitrique	mg N-NO3/l	84145-82-4	35%	NF ISO 15923-1	0.22	<0.22	<0.22	<0.22		
Azote Nitreux / Nitrites (NO2)	Nitrites	mg NO2/l	14797-65-0	30%	NF ISO 15923-1	0.04	<0.04	<0.04	<0.04		
	Azote nitreux	mg N-NO2/l	14797-65-0	30%	NF ISO 15923-1	0.01	<0.01	<0.01	<0.01		
Chlorures	Chlorures (Cl)	mg/l	16887-00-6	30%	NF ISO 15923-1	1	83.7	105	99.2		
Sulfates (SO4) Spectrophotométrie UV-Vis	Sulfates	mg SO4/l	14808-79-8	25%	NF ISO 15923-1	5	82.6	89.5	79.9		
Orthophosphates (PO4)	Orthophosphates (P)	mg P/l	14265-44-2	25%	NF ISO 15923-1	0.03	7.89	4.55	5.37		
	Orthophosphate (PO4)	mg PO4/l		25%	NF ISO 15923-1	0.1	24.2	13.9	16.5		
Bromures	Bromures (Br)	mg/l	24959-67-9		NF EN ISO 10304-1	0.5	<0.50	<0.50	<0.50		
Fluorures	Fluorures	mg/l	7782-41-4	14%	NF T 90-004	0.5	<0.5	<0.5	<0.5		
Azote ammoniacal	Azote ammoniacal	mg N/l	14798-03-9	5%	NF T 90-015-1	0.5	71	68	65		
	Ammonium	mg NH4/l	-	5%	NF T 90-015-1	0.6	92	88	83		
Minéralisation Acide Nitrique Bloc chauffant	Minéralisation Acide Nitrique				NF EN ISO 15587-2 (T 90-137-2)		Fait	Fait	Fait		
Minéralisation acide nitrique pour métaux dissous	Minéralisation Acide Nitrique				NF EN ISO 15587-2 (T 90-137-2)		-	-	-		
Aluminium (Al)	Aluminium (Al)	mg/l	7429-90-5	35%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.1	0.13	<0.10	0.16		
Antimoine (Sb)	Antimoine (Sb)	mg/l	7440-36-0	45%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.01	<0.01	<0.01	<0.01		
Argent (Ag)	Argent (Ag)	mg/l	7440-22-4	17%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.01	<0.01	<0.01	<0.01		
Baryum (Ba)	Baryum (Ba)	mg/l	7440-39-3	15%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.01	0.04	0.04	0.04		
Bore (B)	Bore (B)	mg/l	7440-42-8	20%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.02	0.08	0.05	0.21		
Cadmium (Cd)	Cadmium (Cd)	mg/l	7440-43-9	20%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.01	<0.01	<0.01	<0.01		
Calcium (Ca)	Calcium	mg/l	7440-70-2	17%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	2	65.8	69.8	62.5		
Calcium (Ca) dissous	Calcium (Ca) soluble	mg/l	7440-70-2	17%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	2	43.6	30.7	62		
Chrome (Cr)	Chrome (Cr)	mg/l	7440-47-3	25%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.01	<0.01	<0.01	<0.01		
Cuivre (Cu)	Cuivre (Cu)	mg/l	7440-50-8	20%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.02	0.1	0.09	0.1		
Fer (Fe)	Fer (Fe)	mg/l	7439-89-6	20%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.02	0.17	0.11	0.21		
Lithium (Li)	Lithium (Li)	mg/l	7439-93-2		NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.01	0.02	<0.01	0.03		
Magnésium (Mg)	Magnésium (Mg)	mg/l	7439-95-4	11%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	1	10.4	9.33	10.3		
Magnésium (Mg) dissous	Magnésium soluble dans l'eau	mg/l	7439-95-4	11%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.02	9.72	8.49	9.39		
Manganèse (Mn)	Manganèse (Mn)	mg/l	7439-96-5	25%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.01	0.02	0.02	0.03		
Nickel (Ni)	Nickel (Ni)	mg/l	7440-02-0	20%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.01	<0.01	<0.01	<0.01		
Phosphore (P)	Phosphore	mg P/l	7723-14-0	12%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.01	12.2	7.68	7.38		
Plomb (Pb)	Plomb (Pb)	mg/l	7439-92-1	35%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.01	<0.01	<0.01	<0.01		
Potassium (K)	Potassium	mg/l	7440-09-7	14%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.2	36.5	29.6	31.7		
Potassium (K) dissous	Potassium (K) soluble	mg/l	7440-09-7	14%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.2	33.7	29.9	30.8		
Sélénium (Se)	Sélénium (Se)	mg/l	7782-49-2	15%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.02	<0.02	<0.02	<0.02		
Silicium (Si)	Silicium	mg/l	7440-21-3	24%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.05	5.32	5.88	5.12		
Sodium (Na)	Sodium (Na)	mg/l	7440-23-5	16%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	5	5260	107	82.9		
Sodium (Na) dissous	Sodium soluble	mg/l	7440-23-5	16%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.1	59.4	106	78.6		
Soufre (S)	Soufre (S)	mg/l	7704-34-9		NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	5	40	40.5	25.9		
Strontium (Sr)	Strontium (Sr)	mg/l	7440-24-6	25%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.01	0.17	0.17	0.14		
Zinc (Zn)	Zinc (Zn)	mg/l	7440-66-6	20%	NF EN ISO15587-2 / NF EN ISO11885	0.02	0.09	0.08	0.1		
Arsenic (As)	Arsenic (As)	µg/l	7440-38-2		NF EN ISO 17294-2	0.4	65.3	16.9	31.7		

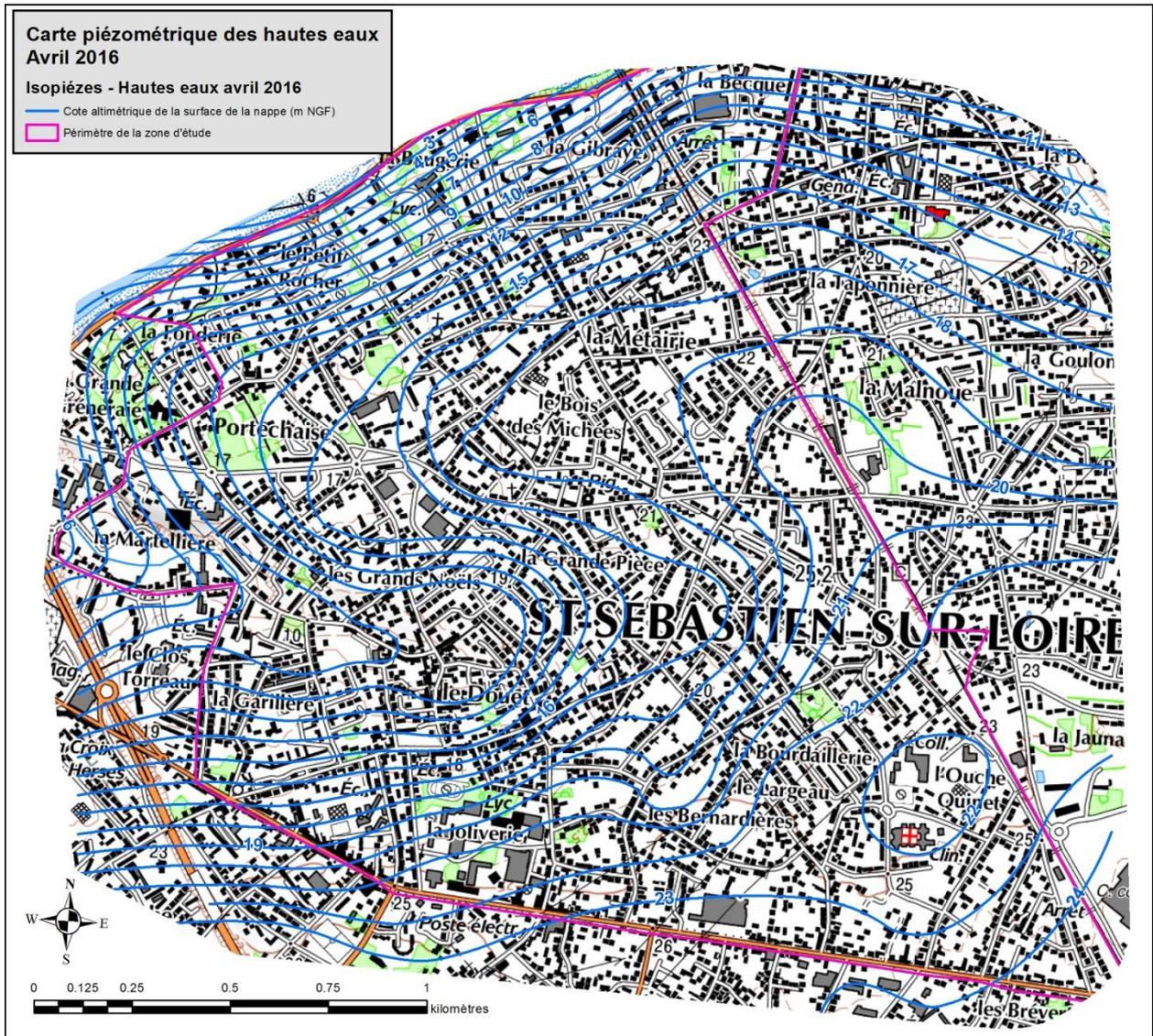
Annexe 6

Carte piézométrique de Saint-Sébastien-sur-Loire Basses eaux (novembre 2015)



Annexe 7

Carte piézométrique de Saint-Sébastien-sur-Loire Hautes eaux (avril 2016)





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 Pays-de-la-Loire

1 rue des Saumonières
BP 92 342

44323 – Nantes cedex 3 – France

Tél. : 02 51 86 01 51