

Cartographie de la vulnérabilité de l'aire d'alimentation des captages d'eau potable de Freigné (Maine-et-Loire)

Rapport final

BRGM/RP-64356-FR

Mai 2015

Cartographie de la vulnérabilité de l'aire d'alimentation des captages d'eau potable de Freigné (Maine-et- Loire)

Rapport final

BRGM/RP-64356-FR

Mai 2015

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 2014-RSE-04

P. Chrétien

Avec la collaboration de
E. Le Boucher & D. Marie

Vérificateur :

Nom : Delphine ALLIER

Fonction : Responsable de
programme

Date : 12/05/2015



Approbateur :

Nom : Pierre CONIL

Fonction : Directeur régional Pays-
de-la-Loire

Date : 13/05/2015



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



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Mots-clés : pollution diffuse, nitrate, bassin alimentation, alimentation eau potable, captage eau, vulnérabilité nappe, carte vulnérabilité, Freigné, Maine-et-Loire, Pays-de-la-Loire.

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

Chrétien P. (2015) – Cartographie de la vulnérabilité de l'aire d'alimentation des captages d'eau potable de Freigné (Maine-et-Loire). Rapport final. BRGM/RP-64356-FR, 60 p., 25 ill., 2 tabl., 4 ann. 1 CD.

Synthèse

L'unité de production d'eau potable de la commune de Freigné (Maine-et-Loire) est composée de deux ouvrages :

1. un puits P1 de 14 m de profondeur, creusé en 1952 (04218X0002) ;
2. un forage F1 de 30 m de profondeur, foré en 1990 (04218X0035).

Ils sont implantés au lieu-dit la Beltière, et distants d'une dizaine de mètres. Ils ont fait l'objet d'une procédure de déclaration d'utilité publique (DUP) et instauration des périmètres de protection. L'arrêté de DUP date du 21 avril 2005 ; il prévoit un débit maximal de prélèvement de $60 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ à la Beltière. La production annuelle de la station de pompage de la Beltière est de l'ordre de $100\,000 \text{ m}^3$. Les deux ouvrages fonctionnent par alternance.

Compte-tenu des teneurs élevées en nitrates de l'eau produite à la Beltière, une dilution est effectuée par apport d'eau provenant du SIAEP d'Ancenis. En effet, la nappe est libre et peu profonde, et donc **particulièrement vulnérable aux pollutions diffuses** (par exemple agricoles) ou ponctuelles, comme en témoignent les teneurs en nitrates mesurées dans les captages AEP de la Beltière : ces dernières années, elles sont de l'ordre de $45 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ dans le puits P1, et oscillent autour de $30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ dans le forage F1.

L'aquifère exploité à Freigné pour la production d'eau potable est celui des sables pliocènes. Ceux-ci sont disposés en placage sur les formations géologiques du socle (Massif Armoricain), représentées ici par des schistes et grès. Les schistes et grès constituent un aquifère discontinu peu perméable en dehors des zones où la fissuration est la plus développée, notamment au droit des failles où les forages peuvent parfois produire quelques dizaines de $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Les sables pliocènes constituent quant à eux un aquifère continu de bonne perméabilité (10^{-4} à $10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$). Ils ne deviennent néanmoins productifs qu'à condition d'être suffisamment puissants et étendus, et peuvent dans ce cas fournir des débits dépassant les $50 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

L'aquifère des sables pliocènes est alimenté par les précipitations directes là où il affleure et par la vidange des eaux souterraines contenues dans le socle encaissant. En effet, la nappe des sables pliocènes et celle du socle encaissant sont en continuité hydraulique, à tel point qu'on peut parler de la nappe des sables et du socle : **une seule nappe dans deux réservoirs aux lithologies et aux propriétés hydrodynamiques très différentes.**

Dans le cadre de ses missions d'appui aux services en charge de la police de l'eau, le BRGM a cartographié en décembre 2000 l'aire d'alimentation des captages de Freigné (BRGM/RP-50566-FR). Cette délimitation repose sur deux rapports hydrogéologiques qui ne comportent pas de carte piézométrique, et ne permettent donc pas de localiser avec certitude les lignes de partage des écoulements souterrains. **Deux campagnes piézométriques, ayant pour but de mieux localiser la position des crêtes piézométriques de l'aquifère, ont donc été menées en 2014.** L'aire d'alimentation des captages a été redéfinie sur cette base.

Les différences les plus significatives entre l'AAC de 2000 et celle que nous délimitons en 2015 se situent dans les secteurs suivants :

- à l'ouest, au lieu-dit la Rochette ;
- au nord, entre le bois de Coléan et le château de Bourmont ;
- au nord-est, entre les lieux-dits Beauveau et la Hingandière.

Dans ces trois secteurs, la délimitation de 2015, qui s'appuie sur la position des crêtes piézométriques, est plus restrictive que celle de 2000. **L'aire d'alimentation de 2015 a une superficie de 372,5 ha contre 508,7 ha précédemment.**

La perméabilité des sables pliocènes est essentiellement assurée par l'interconnexion des pores de la matrice (porosité d'interstices) ; aucune discontinuité principale favorisant les écoulements dans un secteur plutôt qu'un autre n'est mentionnée dans la bibliographie ou ne peut être mise en évidence au moyen des données recueillies. Les affleurements de socle (schistes et grès qui constituent un milieu fissuré hétérogène) sont relativement peu représentés dans l'AAC, et sans qu'y soient en outre connues des zones fissurées. Aucun axe d'écoulement souterrain préférentiel n'a été mis en évidence dans la bibliographie. **On considère donc que le milieu est « continu homogène ».**

La note de vulnérabilité dans chaque maille de l'AAC est obtenue au moyen d'une analyse multicritères : pluies efficaces (P), couverture pédologique (S), infiltration (I), épaisseur de la zone non saturée (H), perméabilité de l'aquifère (K). Les valeurs attribuées à chacun des critères s'échelonnent de 0 – très favorable à la protection de l'aquifère – à 4 – très défavorable. On applique la formule suivante :

$$\text{Vulnérabilité} = 0,1 P + 0,25 S + 0,3 I + 0,2 H + 0,15 K$$

En définitive, chaque maille obtient une note de vulnérabilité comprise entre 0 (vulnérabilité très faible) et 4 (vulnérabilité très forte) :

- 47,8 % de la superficie de l'AAC ont une vulnérabilité forte (178 ha) – note de vulnérabilité comprise entre 2,4 et 3,2 ;
- 46,4 % de la superficie de l'AAC ont une vulnérabilité modérée (173 ha) – note de vulnérabilité comprise entre 1,6 et 2,4 ;
- 5,8 % de la superficie de l'AAC ont une vulnérabilité faible (22 ha) – note de vulnérabilité comprise entre 0,8 et 1,6.

Sommaire

1. Introduction	9
2. Éléments de méthodologie	11
2.1. NOTION D'AIRE D'ALIMENTATION DE CAPTAGE (AAC).....	11
2.2. CARTOGRAPHIE DE LA VULNÉRABILITÉ.....	13
3. Aire d'alimentation des captages de Freigné	15
3.1. DESCRIPTION DES OUVRAGES DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE LA BELTIÈRE	15
3.1.1. Puits P1 – 04218X0002	15
3.1.2. Forage F1 – 04218X0035	16
3.2. DESCRIPTIF DE LA RESSOURCE	16
3.2.1. Hydrographie	16
3.2.2. Hydrogéologie.....	17
3.2.3. Précédente délimitation de l'aire d'alimentation des captages de Freigné... ..	21
3.3. CAMPAGNES PIÉZOMÉTRIQUES	22
3.3.1. Implantation de trois nouveaux piézomètres	22
3.3.2. Campagne piézométrique en période de hautes eaux	23
3.3.3. Campagne piézométrique en période de basses eaux.....	24
3.3.4. Élaboration des cartes piézométriques	25
3.3.5. Lignes de courant et sens d'écoulement.....	25
3.3.6. Gradient hydraulique.....	26
3.4. NOUVELLE DÉLIMITATION DE L'AIRE D'ALIMENTATION DES CAPTAGES	26
4. Cartographie de la vulnérabilité de l'AAC de Freigné.....	29
4.1. CHOIX DE LA MÉTHODE DE CALCUL DE LA VULNÉRABILITÉ	29
4.1.1. Type d'aquifère	29
4.1.2. Paramètres pris en compte	29
4.2. CLASSIFICATION DES PARAMÈTRES	30
4.2.1. Pluies efficaces.....	31
4.2.2. Couverture pédologique protectrice	31
4.2.3. Infiltration	33
4.2.4. Épaisseur de la zone non saturée (ZNS)	34
4.2.5. Perméabilité.....	35

4.3. ANALYSE MULTICRITÈRES – NOTE DE VULNÉRABILITÉ	36
5. Conclusion	39
6. Bibliographie	41

Liste des illustrations

Illustration 1 : l'étude de vulnérabilité de l'AAC de Freigné se décompose en trois phases, conformément aux recommandations du guide national (Vernoux et collab., BRGM/RP-63311-FR, 2014).....	9
Illustration 2 : représentation schématique d'une aire d'alimentation de captage (in Vernoux et collab., 2014).....	12
Illustration 3 : bassin hydrogéologique et bassin d'alimentation dans un cas simple (in Vernoux et collab., BRGM/RP-63311-FR, 2014)	12
Illustration 4 : cas où la surface entre crêtes topo et piézo est imperméable (in Vernoux et collab., BRGM/RP-63311-FR, 2014).....	13
Illustration 5 : localisation de la commune de Freigné	15
Illustration 6 : carte topographique du secteur aux alentours du captage de la Beltière	16
Illustration 7 : carte géologique du secteur des captages de la Beltière à Freigné.....	19
Illustration 8 : chronique des teneurs en nitrates mesurées au niveau des ouvrages AEP de Freigné	21
Illustration 9 : carte des gammes de concentrations en nitrates mesurées en mars et novembre 2014 (respectivement Hautes Eaux 2014 et Basses Eaux 2014) dans l'eau souterraine de l'AAC de Freigné.....	21
Illustration 10 : précédente délimitation de l'AAC de Freigné (2000)	22
Illustration 11 : le BRGM a implanté en mars 2014 trois piézomètres pour renforcer le maillage des puits et forages de l'AAC	23
Illustration 12 : campagne piézométrique hautes eaux 2014 - localisation des points de mesure .	24
Illustration 13 : campagne piézométrique basses eaux 2014 - localisation des points de mesure.	25
Illustration 14 : comparaison des deux AAC délimitées en 2000 et 2015	27
Illustration 15 : zone non saturée d'un aquifère	30
Illustration 16 : discrétisation de l'AAC de Freigné	31
Illustration 17 : carte pédologique de l'AAC de Freigné.	32
Illustration 18 : note correspondant au critère sol de l'AAC de Freigné	32
Illustration 19 : valeur moyenne de l'IDPR par entité pédologique de l'AAC de Freigné.	33
Illustration 20 : note correspondant à la moyenne de l'IDPR par formation géologique dans l'AAC de Vritz.....	34
Illustration 21 : interpolation des isopièzes hautes eaux	34
Illustration 22 : épaisseur de la zone non saturée dans l'AAC de Vritz.....	35
Illustration 23 : note correspondant au critère ZNS de l'AAC de Freigné	35

Illustration 24 : note correspondant au critère « perméabilité » de l'AAC de Vritz.....	36
Illustration 25 : cartographie de la vulnérabilité de l'aire d'alimentation des captages de Freigné	37

Liste des tableaux

Tableau 1 : paramètres pris en compte dans le calcul de la note de vulnérabilité d'un système aquifère continu	29
Tableau 2 : classification des paramètres pour le calcul de la vulnérabilité d'un système aquifère continu (adapté du guide méthodologique BRGM/RP-63311-FR)	30

Liste des annexes

Annexe 1 Coupe technique du puits P1 de la Beltière – 04218X002	43
Annexe 2 Coupe technique du forage F1 de la Beltière – 04218X0035	47
Annexe 3 Cartes piézométriques hautes eaux et basses eaux de l'AAC de Freigné.....	51
Annexe 4 Étude de la vulnérabilité de l'AAC de Freigné vis-à-vis des pollutions diffuses – Cartographie pédologique	55

1. Introduction

Le BRGM a réalisé en 2014 une étude de vulnérabilité de l'aire d'alimentation des captages (AAC) pour l'alimentation en eau potable (AEP) de la commune de Freigné, avec le soutien financier de l'Agence de l'eau Loire-Bretagne (AELB), la Direction départementale des territoires du Maine-et-Loire (DDT 49) et la commune de Freigné.

L'eau potable produite à Freigné présente depuis les années 1990 des teneurs élevées en nitrates, parfois supérieures à 50 mg.L⁻¹ (cf. Illustration 8).

La version révisée du guide méthodologique national (Vernoux et collab., 2014) prévoit que ce type d'étude soit mené en trois phases successives :

1. une synthèse bibliographique visant à caractériser le bassin versant hydrogéologique et décrivant le fonctionnement des ouvrages de production d'eau potable,
2. la délimitation de l'aire d'alimentation des captages,
3. la cartographie de la vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère vis-à-vis des pollutions diffuses au sein de l'AAC.

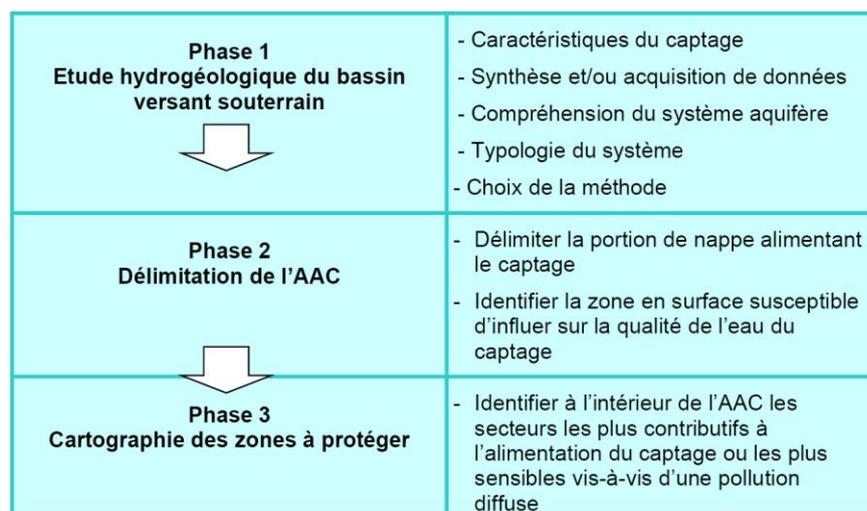


Illustration 1 : l'étude de vulnérabilité de l'AAC de Freigné se décompose en trois phases, conformément aux recommandations du guide national (Vernoux et collab., BRGM/RP-63311-FR, 2014)

Le présent rapport expose le détail de ces trois phases. Les résultats principaux de l'étude, et notamment la carte de vulnérabilité de l'AAC, ont été présentés au comité de pilotage en décembre 2014.

2. Éléments de méthodologie

Les éléments qui suivent proviennent du rapport BRGM/RP-63311-FR (Vernoux et collab., 2014), auquel le lecteur pourra se référer pour plus de détails.

2.1. NOTION D'AIRE D'ALIMENTATION DE CAPTAGE (AAC)

Le bassin hydrogéologique d'un aquifère ou bassin versant souterrain est la partie d'un aquifère, simple ou complexe, dans laquelle les eaux souterraines s'écoulent vers un même exutoire ou groupe d'exutoires ; il est délimité par une ligne de partage des eaux souterraines qui, à l'encontre de celle des bassins de surface, peut-être migrante. C'est l'homologue souterrain d'un bassin versant pour les eaux de surface. Lorsque l'aquifère est en partie alimenté par l'infiltration d'un cours d'eau, seuls les secteurs du bassin versant de cours d'eau qui participent à l'alimentation de l'aquifère par l'infiltration directe des eaux météoriques ou après un court ruissellement diffus sont considérés dans le bassin hydrogéologique.

À l'intérieur d'un bassin versant souterrain, on peut définir une portion de la nappe d'eau souterraine alimentant le captage (PNAC) : elle représente l'ensemble des particules d'eau situé en un endroit quelconque de la zone saturée qui termineront leur course dans le captage. L'aire d'alimentation d'un captage (AAC)¹ est le lieu des points de la surface du sol qui contribuent à l'alimentation du captage (cf. Illustration 2). Dans les cas simples, l'aire d'alimentation concerne un seul aquifère et correspond à la projection en surface de la PNAC. Considérons le cas où la crête piézométrique est décalée par rapport à la crête topographique, délimitant deux bassins à écoulement souterrain opposés. Imaginons alors qu'un captage souterrain prélève dans le premier tandis qu'une source draine le second. En considérant que la surface située entre la crête topographique et la crête piézométrique est infiltrante (cf. Illustration 3) l'AAC du captage ainsi que celle de la source correspondent toutes deux à la projection à la surface du sol des portions de nappe qui s'étendent de la crête piézométrique au captage ou à la source (respectivement). Si cette surface était en revanche imperméable, l'AAC serait plus réduite, au profit de l'aire d'alimentation de la source, qui serait donc plus étendue (cf. Illustration 4).

Dans la pratique, une surface étant rarement totalement imperméable (ruisselante) ou infiltrante, la zone située entre les deux crêtes devrait être prise en compte pour les deux bassins, les deux AAC ayant alors une partie commune.

¹ les termes « aire d'alimentation de captage » et « bassin d'alimentation de captage (BAC) » sont équivalents. Le terme « aire d'alimentation de captage » est le terme officiel utilisé dans la loi n°2006-1772 du 30 décembre 2006 sur l'eau et les milieux aquatiques.

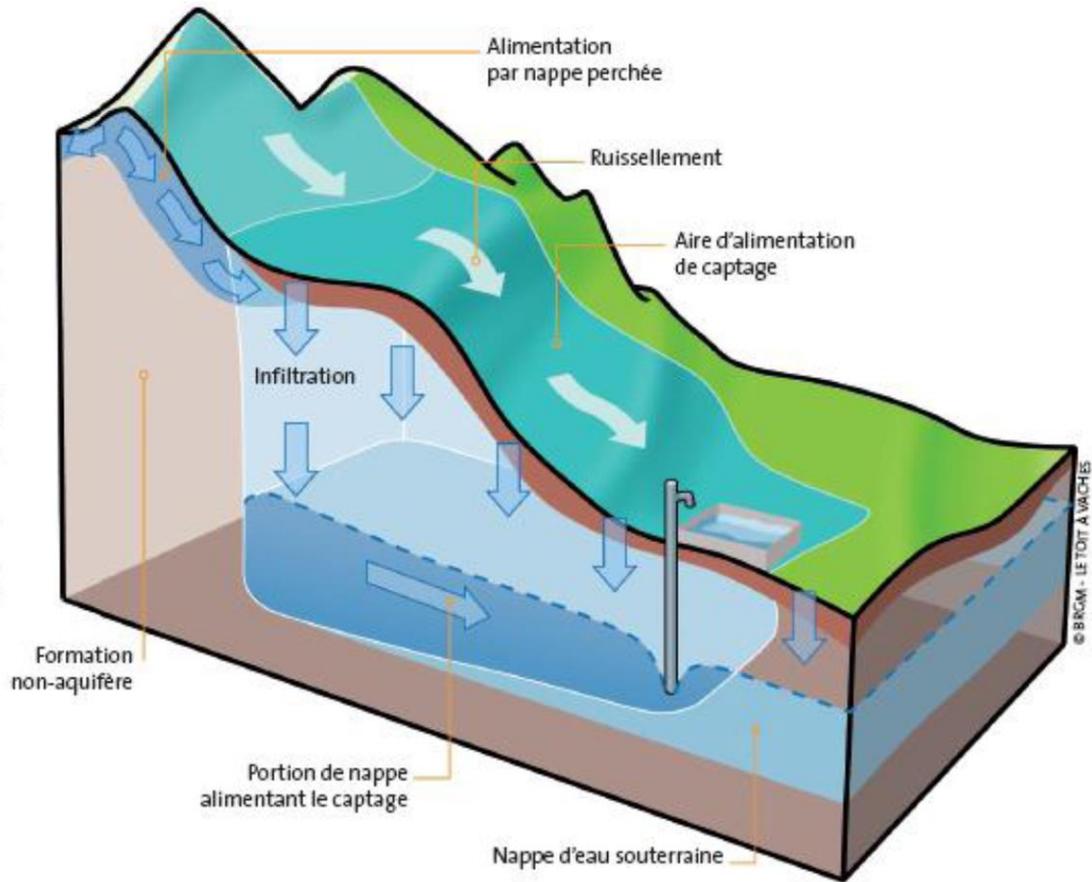


Illustration 2 : représentation schématique d'une aire d'alimentation de captage (in Vernoux et collab., 2014)

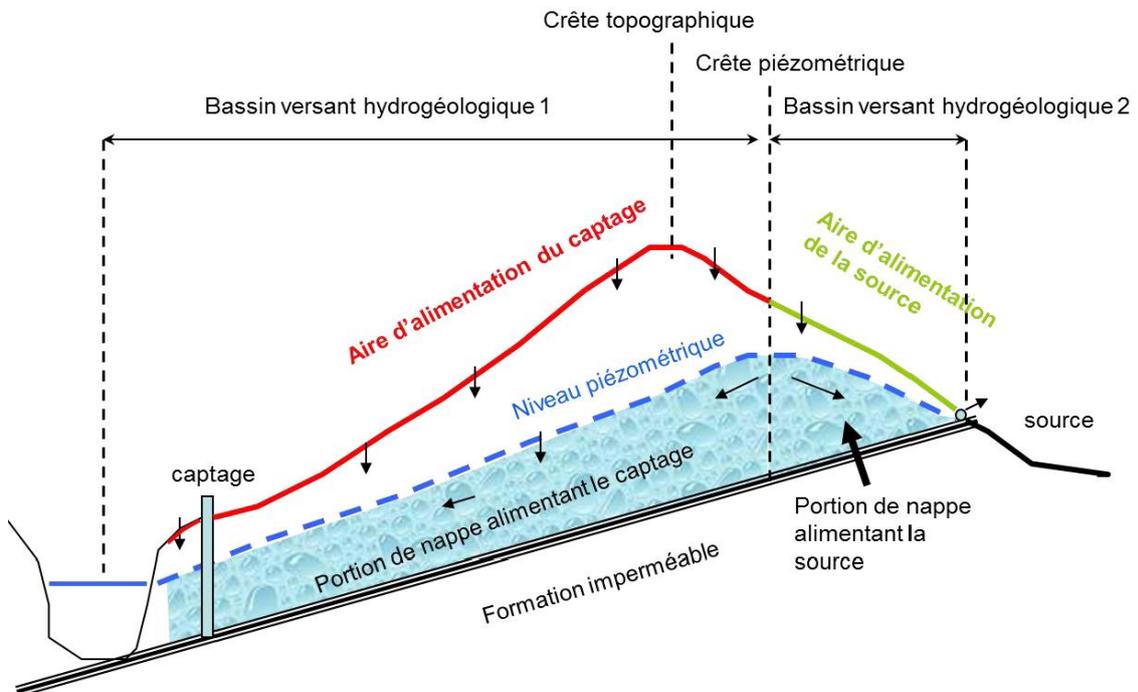


Illustration 3 : bassin hydrogéologique et bassin d'alimentation dans un cas simple (in Vernoux et collab., BRGM/RP-63311-FR, 2014)

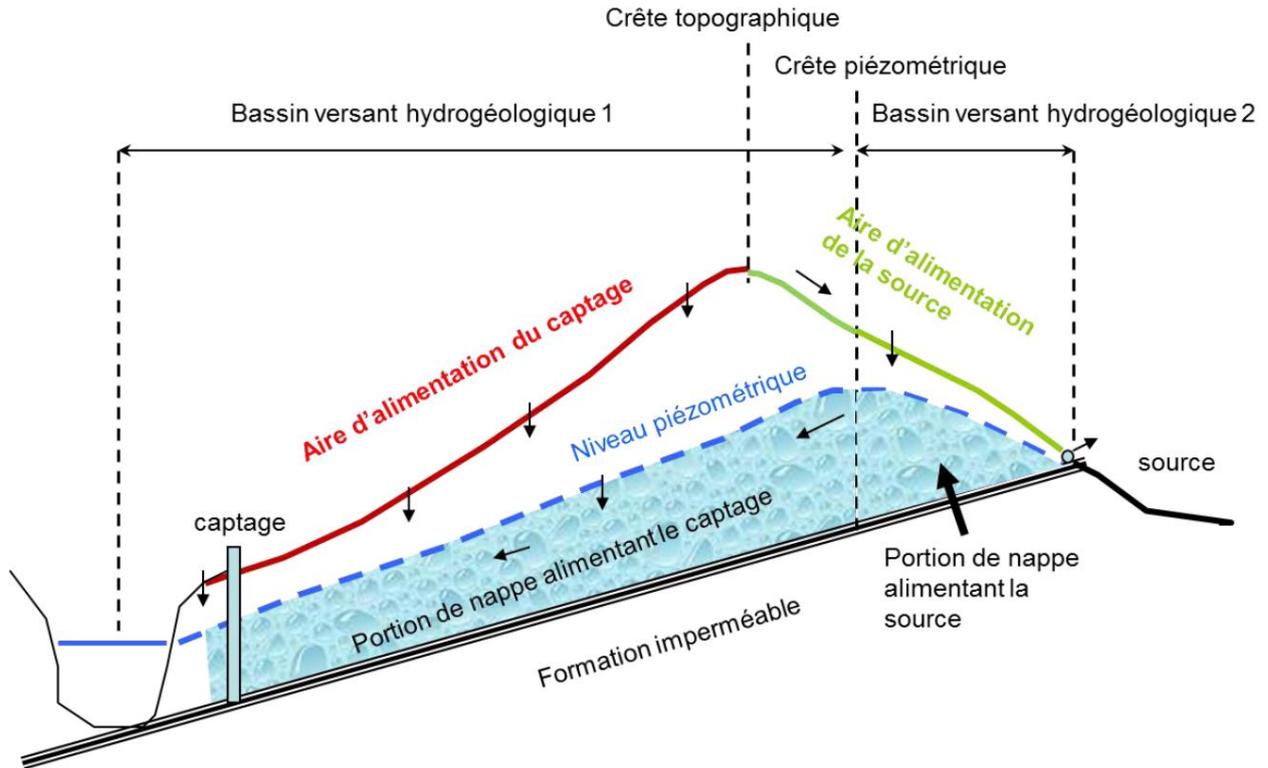


Illustration 4 : cas où la surface entre crêtes topo et piézo est imperméable (in Vernoux et collab., BRGM/RP-63311-FR, 2014)

De même, toute frontière basée sur une crête piézométrique doit être considérée comme une zone plus ou moins large et non comme une ligne de partage. En effet, la position de la crête piézométrique varie dans le temps selon les contraintes climatiques ou les influences des captages qui sollicitent la nappe. En outre, les crêtes piézométriques ne sont jamais abruptes : il s'agit d'un replat par lequel une ligne de partage est un tracé très arbitraire. Il est donc possible de considérer que des BAC puissent se superposer localement.

2.2. CARTOGRAPHIE DE LA VULNÉRABILITÉ

La cartographie et la hiérarchisation de la vulnérabilité du bassin d'alimentation de captage reposent sur une analyse multicritères. Les critères (ou paramètres) retenus dépendent du type d'aquifère (aquifère continu, aquifère discontinu fissuré ou aquifère discontinu karstique). Ils ont été repris de méthodes existantes et adaptées à la problématique de la protection des captages vis-à-vis des pollutions diffuses. L'analyse de la vulnérabilité se limite à la vulnérabilité intrinsèque, indépendante du type de polluant.

À chaque paramètre est attribuée une note (comprise entre 0 et 4) et un coefficient de pondération. La note attribuée à chaque paramètre est distribuée spatialement sur le bassin d'alimentation du captage, au moyen d'un maillage (cf. § 4.2). La valeur de vulnérabilité intrinsèque résulte de la moyenne pondérée des notes de paramètres dans chaque maille.

Aucune des méthodes pour évaluer la vulnérabilité intrinsèque n'est parfaite. Il convient donc d'insister sur le caractère empirique de la définition des paramètres de vulnérabilité, qui peuvent de ce fait être soumis à discussion. Les résultats détaillés ci-après ont fait l'objet d'une présentation en comité de pilotage en décembre 2014. Ce groupe de travail était composé de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne (AELB), de la Direction départementale des territoires (DDT)

du Maine-et-Loire, de la commune de Freigné, du BRGM (par ailleurs tous les quatre financeurs de l'étude), et de la Chambre d'agriculture du Maine-et-Loire.

3. Aire d'alimentation des captages de Freigné

Freigné est une commune située dans le nord-ouest du Maine-et-Loire. L'eau potable produite à Freigné provient d'un forage et d'un puits implantés au lieu-dit la Beltière et distants d'une dizaine de mètres.

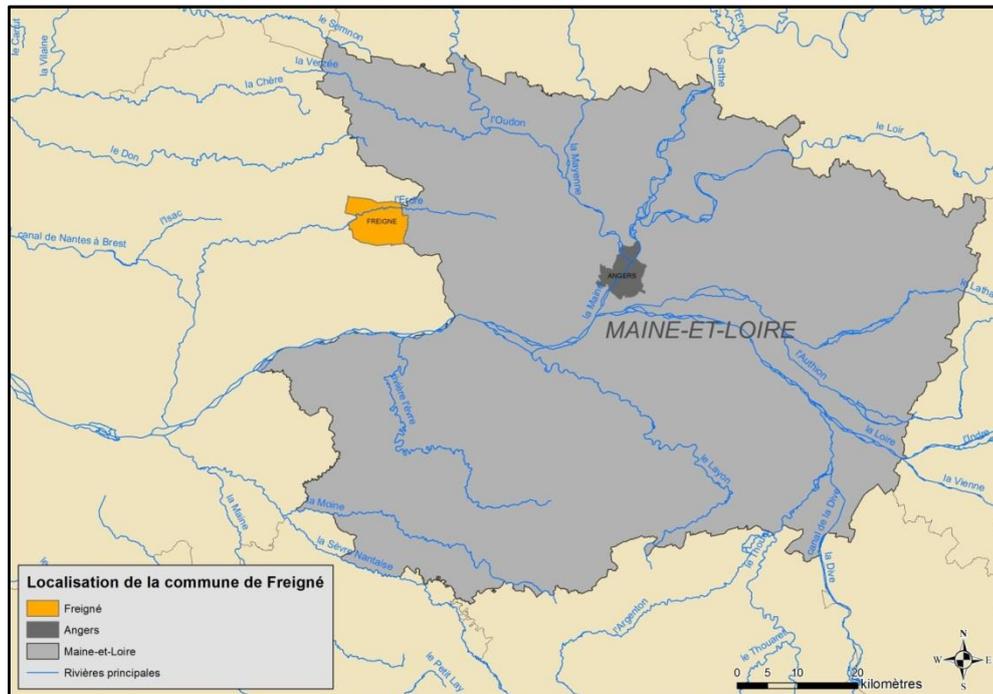


Illustration 5 : localisation de la commune de Freigné

3.1. DESCRIPTION DES OUVRAGES DE PRODUCTION D'EAU POTABLE DE LA BELTIÈRE

Les captages de Freigné ont fait l'objet d'une procédure de déclaration d'utilité publique (DUP) et instauration des périmètres de protection. L'arrêté de DUP date du 21 avril 2005. Il prévoit un débit maximal de prélèvement de $60 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ à la Beltière. La production annuelle de la station de pompage de la Beltière est de l'ordre de $100\,000 \text{ m}^3$. Les deux ouvrages fonctionnent par alternance.

Compte-tenu des teneurs élevées en nitrates de l'eau produite à la Beltière, une dilution est effectuée par apport d'eau provenant du SIAEP d'Ancenis.

3.1.1. Puits P1 – 04218X0002

Il s'agit d'un puits de 2 m de diamètre creusé en 1952 à une profondeur de 11,50, puis approfondi de 11,5 à 14 m en diamètre 0,80 m (cf. Annexe 1). Il est constitué :

- d'un cuvelage en béton armé de 2 m de diamètre, dépassant de 50 cm du sol et s'enfonçant jusque 12 m de profondeur ;
- d'une colonne filtrante de 80 cm de diamètre de 11,5 à 13,8 m de profondeur. Elle est munie d'un massif filtrant ;

- le fond de l'ouvrage est composé de gravillons sur une épaisseur de 20 cm.

Le puits est équipé de deux pompes de $30 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ (dont une de secours).

3.1.2. Forage F1 – 04218X0035

Il s'agit d'un forage de 30 m de profondeur, de diamètre 390 mm, foré en 1990. Sa coupe technique figure en Annexe 2. Il est équipé d'un tubage plein (diamètre 225 mm) jusqu'à 8 m de profondeur, puis crépiné jusqu'à 30 m. Un massif filtrant de 82 mm d'épaisseur a été mis en place de 4 à 30 m de profondeur, et il est cimenté en tête sur 3 m de profondeur. Un bouchon de sobranite d'un mètre sépare le massif filtrant du ciment.

3.2. DESCRIPTIF DE LA RESSOURCE

3.2.1. Hydrographie

La commune de Freigné appartient au bassin versant de l'Erdre. Le ruisseau de la Beltière coule à quelques mètres des deux ouvrages AEP (cf. Illustration 6). Il se jette dans le ruisseau de Croissel, qui rejoint l'Erdre à 4 km en aval de la station de pompage, sur le territoire de la commune de Saint-Mars-la-Jalle.

La station de jaugeage la plus proche est localisée à Candé, sur l'Erdre.

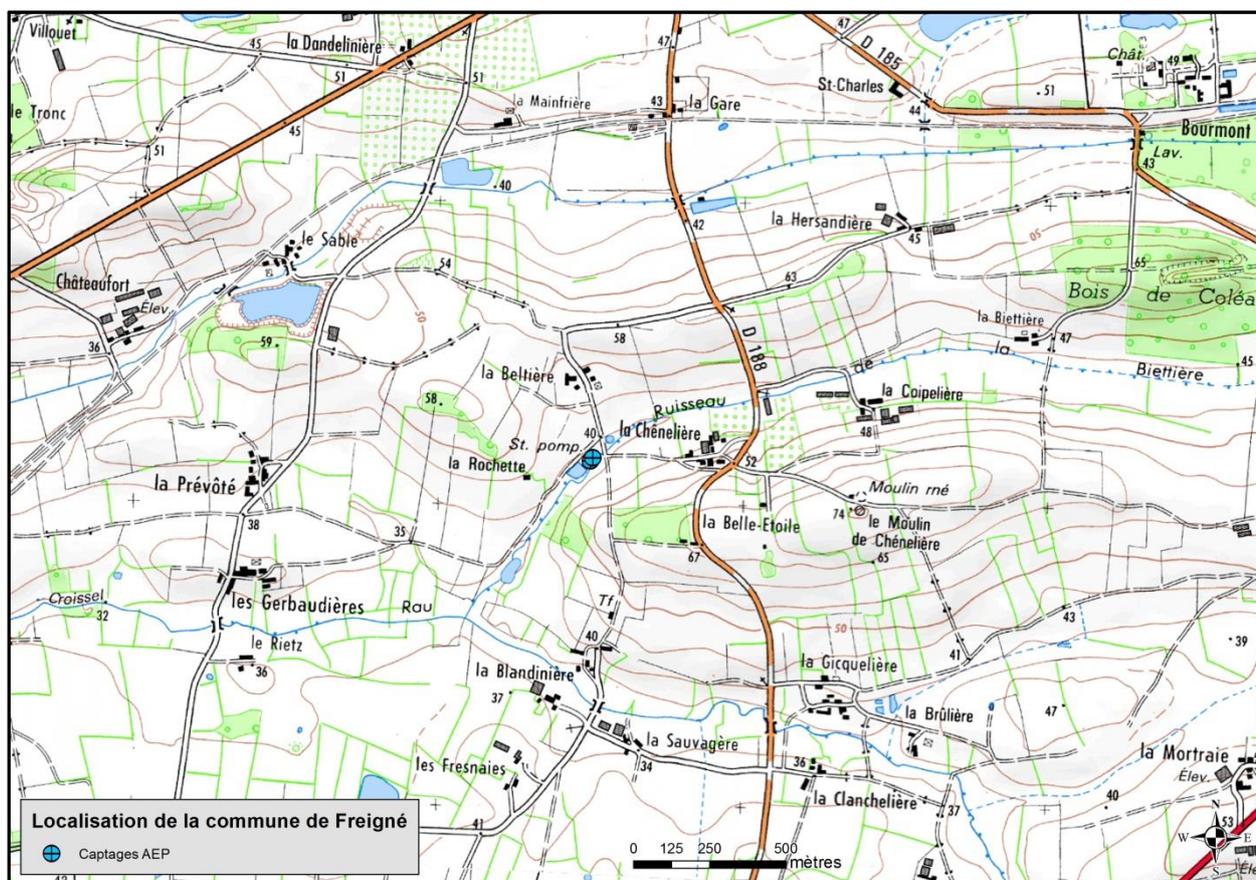


Illustration 6 : carte topographique du secteur aux alentours du captage de la Beltière

3.2.2. Hydrogéologie

L'aquifère exploité à Freigné pour la production d'eau potable est celui des sables pliocènes. Ceux-ci sont disposés en placage sur les formations géologiques du socle (Massif Armoricain), représentées ici par des schistes et grès (cf. Illustration 7).

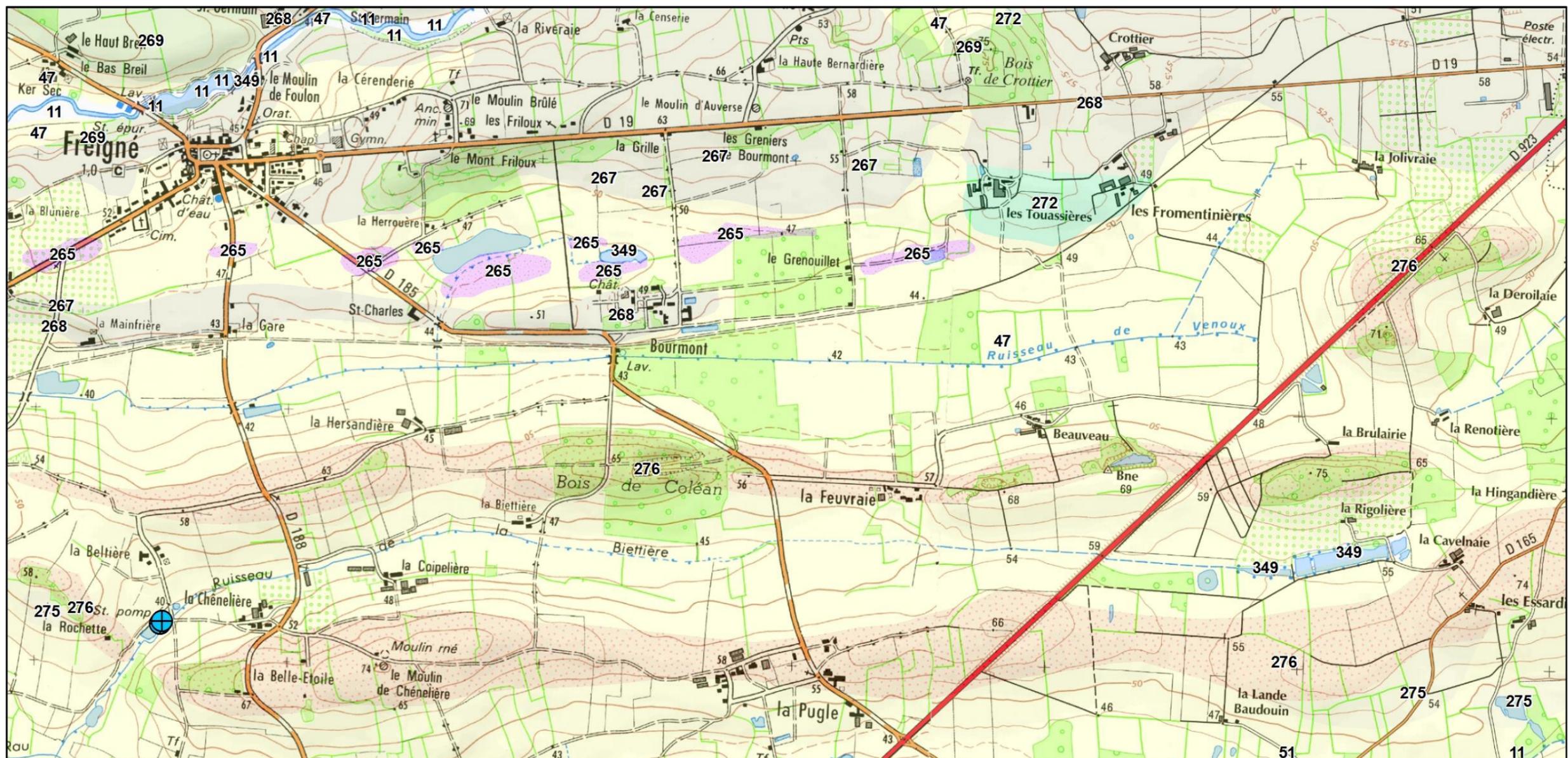
Les schistes et grès constituent un aquifère discontinu peu perméable en dehors des zones où la fissuration est la plus développée, notamment au droit des failles où les forages peuvent parfois produire quelques dizaines de $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Les sables pliocènes constituent quant à eux un aquifère continu de bonne perméabilité (10^{-4} à $10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$). Ils ne deviennent néanmoins productifs qu'à condition d'être suffisamment puissants et étendus, et peuvent dans ce cas fournir des débits dépassant les $50 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

L'aquifère des sables pliocènes est alimenté par les précipitations directes là où il affleure et par la vidange des eaux souterraines contenues dans le socle encaissant. En effet, la nappe des sables pliocènes et celle du socle encaissant sont en continuité hydraulique, à tel point qu'on peut parler de la nappe des sables et du socle : une seule nappe dans deux réservoirs aux lithologies et aux propriétés hydrodynamiques très différentes.

L'essai de pompage mené en 1990 sur le forage F1 (lire § 3.1.2) a mis en évidence la probable relation hydraulique entre la nappe et le ruisseau de la Beltière (existence d'une limite de réalimentation). Sous l'influence des prélèvements, le ruisseau réalimente la nappe. L'interprétation de l'essai de pompage a permis de calculer les paramètres hydrodynamiques de l'aquifère :

- transmissivité $5,1 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
- coefficient d'emmagasinement 5×10^{-3}

La nappe est libre et peu profonde, et donc particulièrement vulnérable aux pollutions diffuses (par exemple agricoles) ou ponctuelles, comme en témoignent les teneurs en nitrates mesurées dans les captages AEP de la Beltière : ces dernières années, elles sont de l'ordre de $45 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ dans le puits P1, et oscillent autour de $30 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ dans le forage F1 (cf. Illustration 8).



Géologie du secteur de la Beltière à Freigné

Captages AEP

Formations géologiques à l'affleurement

- 11 - Alluvions actuelles et subactuelles
- 47 - Pliocène, faciès sableux
- 51 - Pliocène, Redonien, faciès argileux
- 265 - Formation des Ampélites du Houx (Llandovery-Wenlock)
- 267 - Formation du Grand-Auverné, membre supérieur des Grès d'Angrie, grès et quartzites blancs

- 268 - Schistes de Trélazé, argilites silteuses sub-ardoisières à ardoisières
- 269 - Groupe de Bains-sur-Oust indifférencié
- 272 - Groupe de Bains-sur-Oust, membre supérieur grés-conglomératique
- 275 - Groupe de Saint-Perreux, argilites silteuses sub-ardoisières à ardoisières
- 276 - Groupe de Saint-Perreux, Grès à Calymennella bayani
- 349 - Réseau hydrographique



Illustration 7 : carte géologique du secteur des captages de la Beltière à Freigné

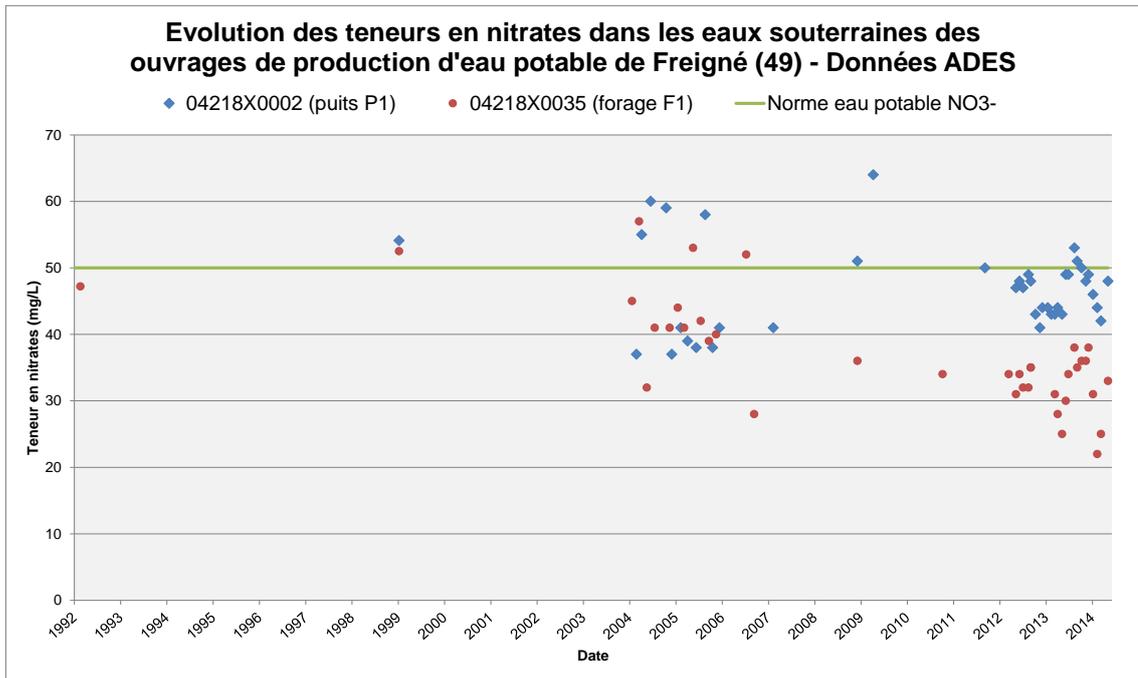


Illustration 8 : chronique des teneurs en nitrates mesurées au niveau des ouvrages AEP de Freigné

A l'occasion des campagnes piézométriques de mars et novembre 2014 (lire § 3.3 ci-dessous), des mesures des teneurs en nitrates de l'eau souterraine ont été réalisées à l'aide de bandelettes de papier testeur. Elles permettent d'évaluer la gamme de concentration en nitrates que présente l'échantillon : 10 mg.L⁻¹, 25 mg.L⁻¹, 50 mg.L⁻¹, 100 mg.L⁻¹, 250 mg.L⁻¹, 500 mg.L⁻¹. La plupart des échantillons présente une concentration inférieure à 100 mg.L⁻¹, comme l'illustre la carte ci-dessous.

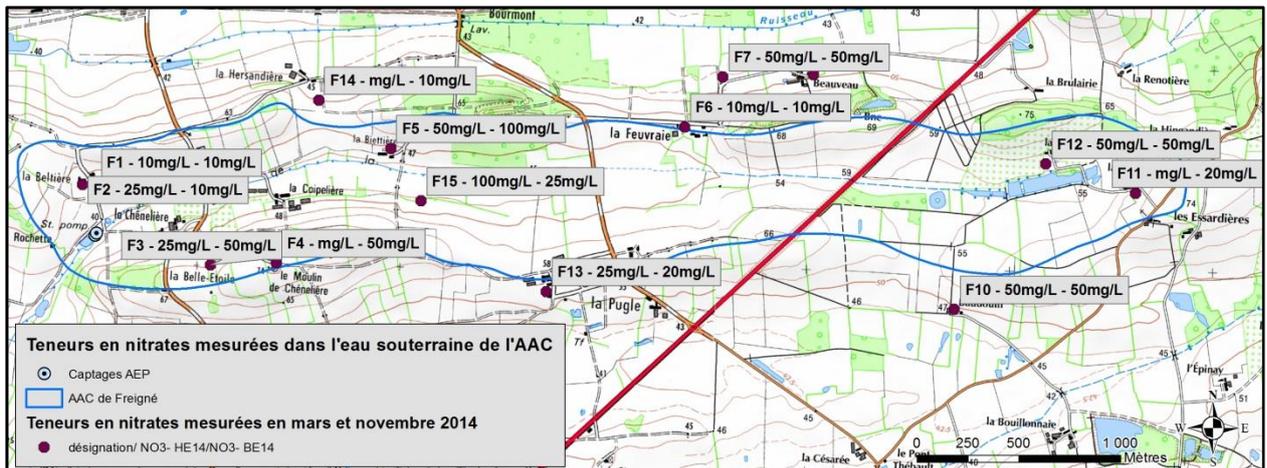


Illustration 9 : carte des gammes de concentrations en nitrates mesurées en mars et novembre 2014 (respectivement Hautes Eaux 2014 et Basses Eaux 2014) dans l'eau souterraine de l'AAC de Freigné

3.2.3. Précédente délimitation de l'aire d'alimentation des captages de Freigné

Dans le cadre de ses missions d'appui aux services en charge de la police de l'eau, le BRGM a cartographié en décembre 2000 l'aire d'alimentation des captages de Freigné (BRGM/RP-

50566-FR, cf. Illustration 10). Cette délimitation repose sur l'étude technique préalable à la mise en place des périmètres de protection (ANTEA, 1998) et sur l'avis de l'hydrogéologue agréé en matière d'hygiène publique sur les périmètres de protection (H. Etienne, 1998). Néanmoins, ces deux documents ne contiennent pas de carte piézométrique, et ne permettent donc pas de localiser avec certitude les lignes de partage des écoulements souterrains.

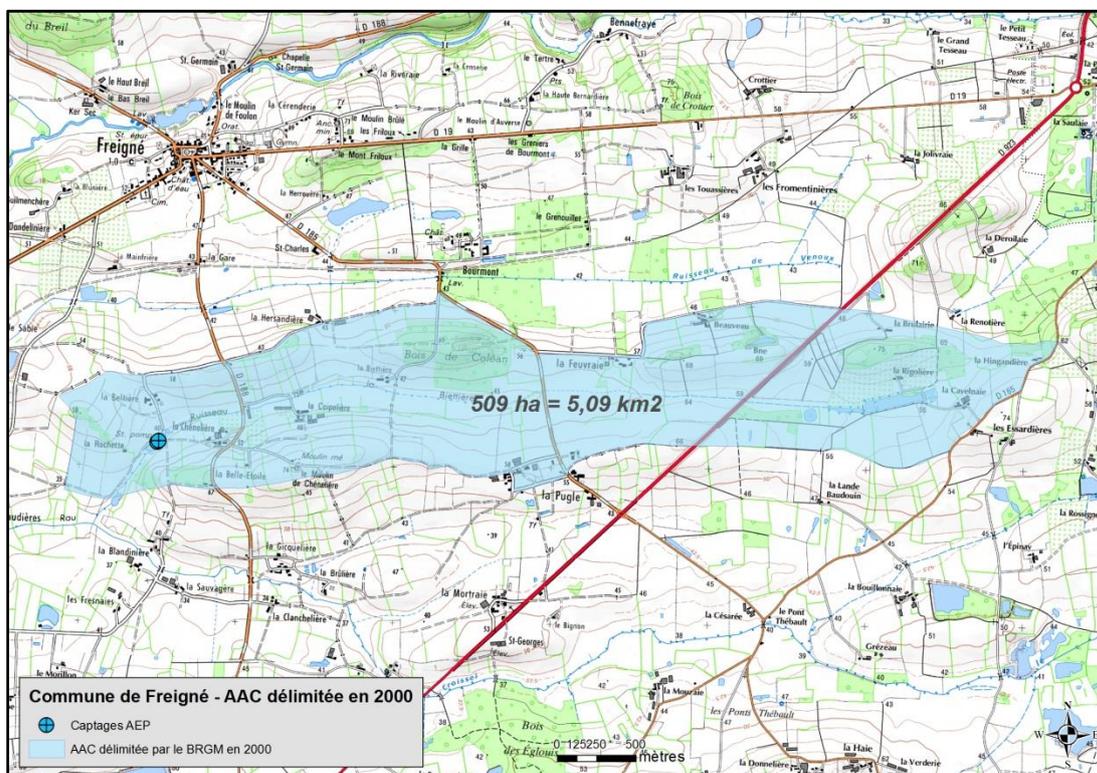


Illustration 10 : précédente délimitation de l'AAC de Freigné (2000)

3.3. CAMPAGNES PIÉZOMÉTRIQUES

Compte-tenu de ce qui précède, deux campagnes piézométriques, ayant pour but de mieux localiser la position des crêtes piézométriques de l'aquifère, ont été menées en 2014.

3.3.1. Implantation de trois nouveaux piézomètres

En décembre 2013, le BRGM a procédé à l'inventaire des puits et forages existants au sein de l'AAC de Freigné (contours de 2000). Cet inventaire a révélé que certains secteurs étaient dépourvus de piézomètres. Pour y remédier, le BRGM a donc commandé l'implantation de trois nouveaux piézomètres (cf. Illustration 11). Les travaux de forage se sont déroulés en mars 2014 et ont été réalisés par une entreprise de forage sous-traitante.

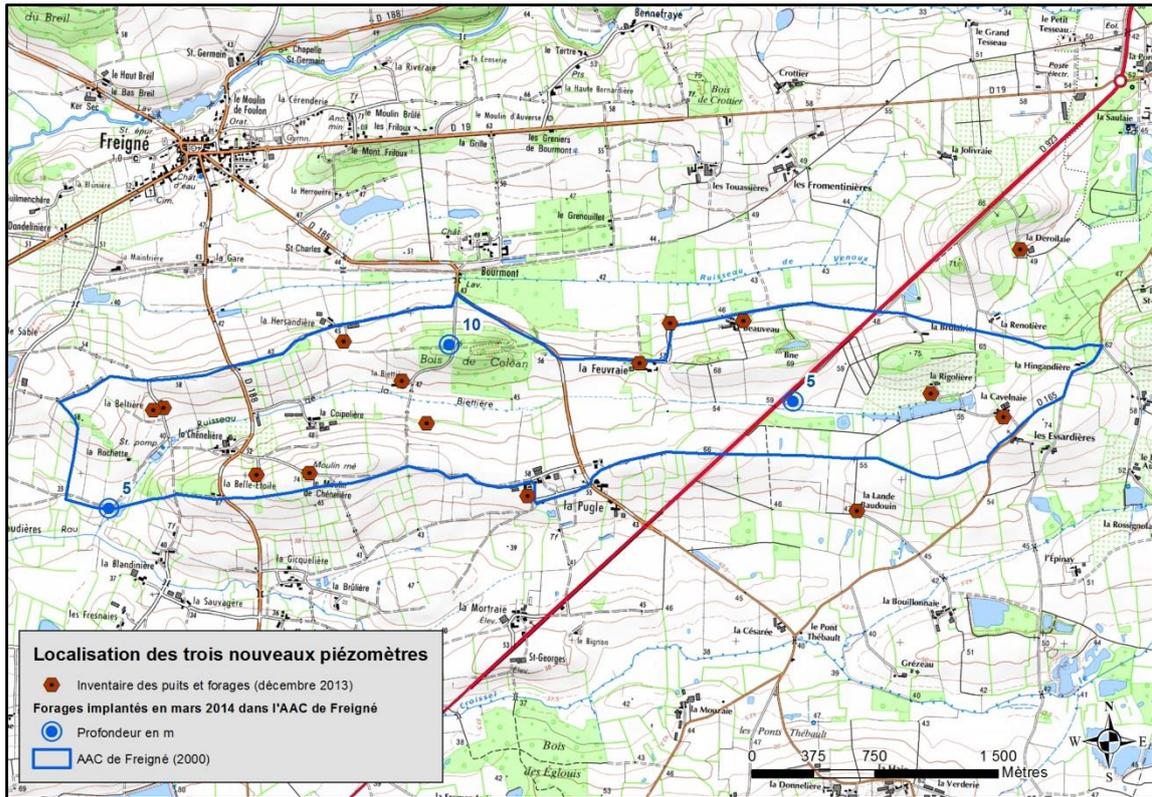


Illustration 11 : le BRGM a implanté en mars 2014 trois piézomètres pour renforcer le maillage des puits et forages de l'AAC

3.3.2. Campagne piézométrique en période de hautes eaux

Le BRGM a réalisé en mars 2014 la première campagne piézométrique dans un périmètre englobant l'AAC de Freigné (telle que délimitée en 2000). Les ouvrages de la Beltière fonctionnaient pendant la campagne de terrain. La profondeur du niveau de la nappe des sables pliocènes et du socle a été mesurée dans 16 ouvrages (puits ou forages), et, connaissant la cote topographique du sol, on en a déduit l'altitude de la surface de la nappe (cf. Illustration 12).

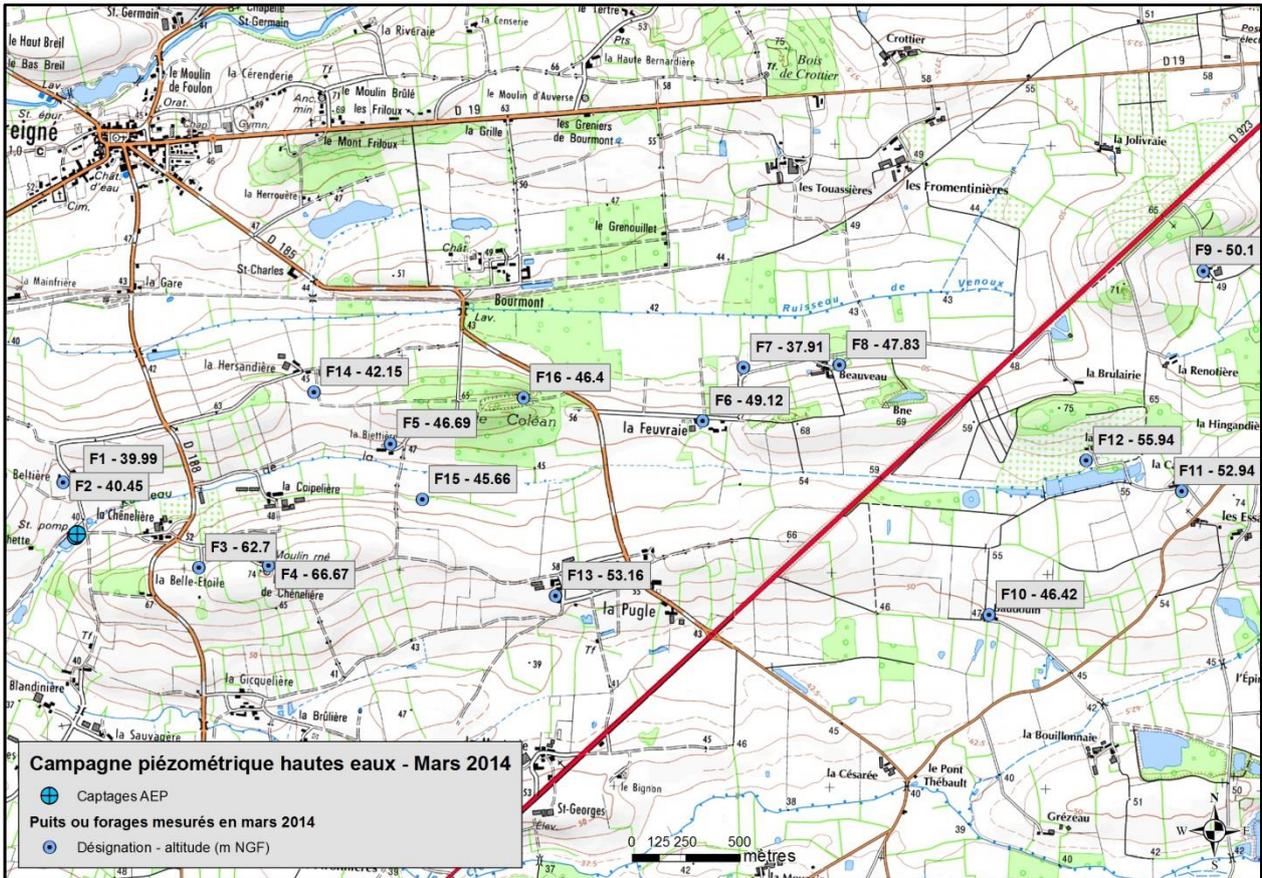


Illustration 12 : campagne piézométrique hautes eaux 2014 - localisation des points de mesure

3.3.3. Campagne piézométrique en période de basses eaux

La campagne piézométrique en période de basses eaux s'est déroulée en novembre 2014. Les ouvrages de la Beltière fonctionnaient pendant la campagne de terrain. La profondeur du niveau de la nappe des sables pliocènes et du socle a été mesurée dans 15 ouvrages, les mêmes que ceux de la campagne des hautes eaux (cf. Illustration 13). Un puits n'a cependant pas pu être mesuré (dans le bois de Coléan).

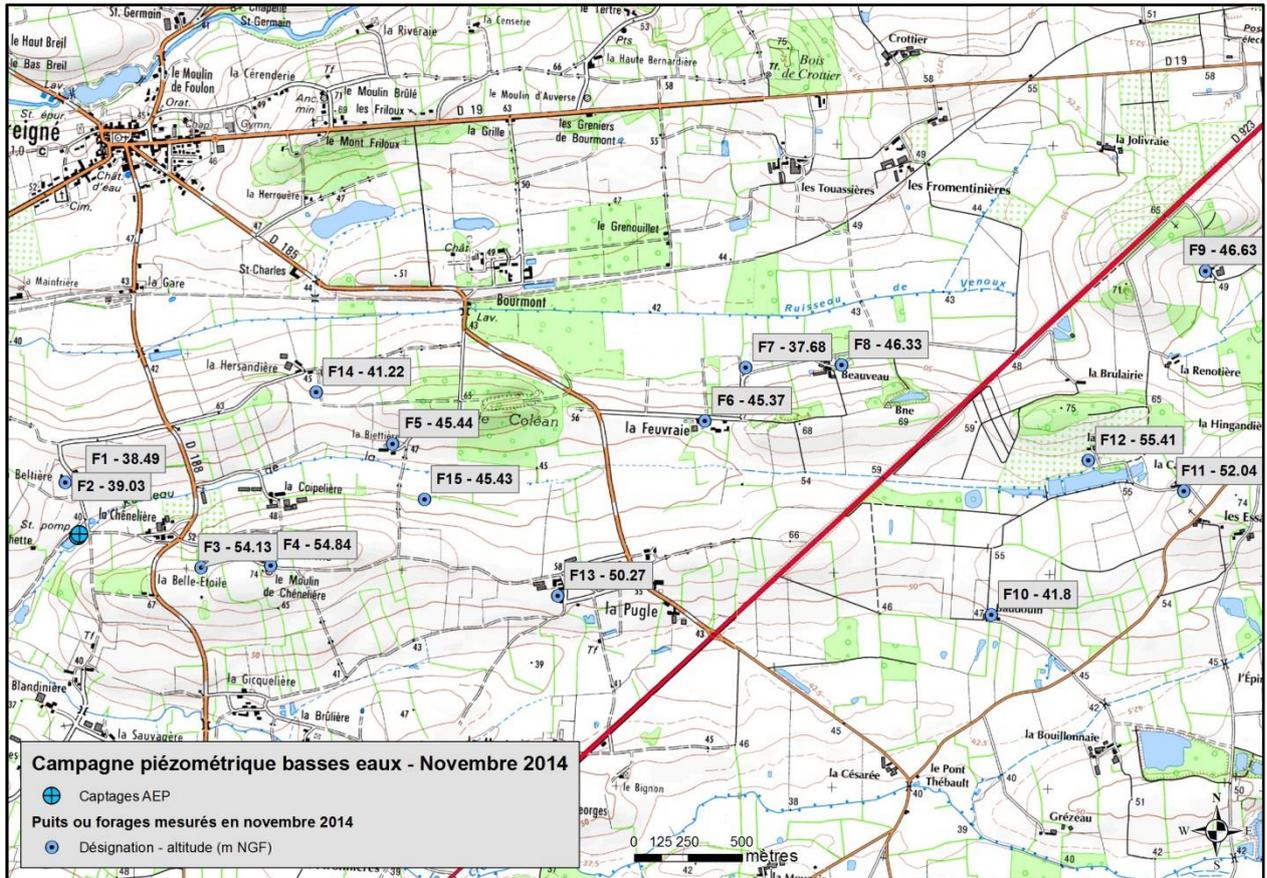


Illustration 13 : campagne piézométrique basses eaux 2014 - localisation des points de mesure

3.3.4. Élaboration des cartes piézométriques

Les altitudes de la nappe mesurées ponctuellement ont ensuite été interpolées pour déterminer l'altitude de la nappe en tous points de la zone étudiée. Cette interpolation s'est faite au préalable par traitement géostatistique automatique (krigeage), puis le résultat obtenu a été corrigé à la main pour tenir compte de la topographie (là où l'altitude de la surface de la nappe était supérieure à la topographie, notamment dans les vallées et thalwegs) et corriger les artefacts d'interpolation. Les deux cartes piézométriques qui en résultent figurent en Annexe 3.

Les cartes piézométriques confirment que la nappe contenue dans les sables pliocènes et celle contenue dans les roches du socle sont en connexion hydraulique.

3.3.5. Lignes de courant et sens d'écoulement

Les isopièzes sont des équipotentielles (la charge hydraulique est la même le long d'une isopièze). Les lignes de courant, qui définissent la direction et le sens 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).

Au simple examen de la carte et de l'allure des isopièzes, on constate que la nappe est drainée par le ruisseau de la Beltière (et donc les lignes de courant convergent vers le ruisseau). On ne note pas de différence significative entre les hautes eaux et les basses eaux.

3.3.6. Gradient hydraulique

Le gradient hydraulique entre deux points de la surface piézométrique est l'équivalent de la pente en topographie. À Freigné, il épouse le modelé topographique en atténuant sa rugosité. Il est plus faible sous les plaines et les plateaux que sous les coteaux. On le détermine en calculant le rapport de la différence de potentiel entre deux points (donc ici une différence de charge hydraulique) par la distance séparant les deux points. Le gradient hydraulique et la transmissivité de la roche aquifère permettent de déterminer le débit de la nappe au travers de la section de passage considérée (loi de Darcy).

Dans l'AAC de Freigné, le gradient est le plus fort dans le secteur du moulin de Chénélière, notamment en période de hautes eaux où il atteint 6% en direction des captages.

3.4. NOUVELLE DÉLIMITATION DE L'AIRE D'ALIMENTATION DES CAPTAGES

L'aire d'alimentation des captages de Freigné a pu être redéfinie grâce aux cartes piézométriques, qui permettent de situer plus précisément les limites des bassins versants souterrains.

L'aire d'alimentation des captages de Freigné est de forme allongée selon un axe est-ouest (axe de la vallée du ruisseau de la Beltière). Ses limites nord et sud correspondent à la projection en surface des crêtes piézométriques.

Au lieu-dit la Cavelnaie, dans la partie amont de l'AAC, un pompage domestique en activité (aussi bien en mars qu'en novembre) crée un cône piézométrique. Dans ce secteur où affleurent les grès du socle, la crête topographique constitue la limite de l'AAC.

Les différences les plus significatives entre l'AAC de 2000 et celle que nous délimitons en 2015 se situent dans les secteurs suivants :

- à l'ouest, au lieu-dit la Rochette ;
- au nord, entre le bois de Coléan et le château de Bourmont ;
- au nord-est, entre les lieux-dits Beauveau et la Hingandière.

Dans ces trois secteurs, la délimitation de 2015, qui s'appuie sur la position des crêtes piézométriques, est plus restrictive que celle de 2000, comme le montre l'illustration 14. L'aire d'alimentation de 2015 a une superficie de 372,5 ha contre 508,7 ha précédemment.

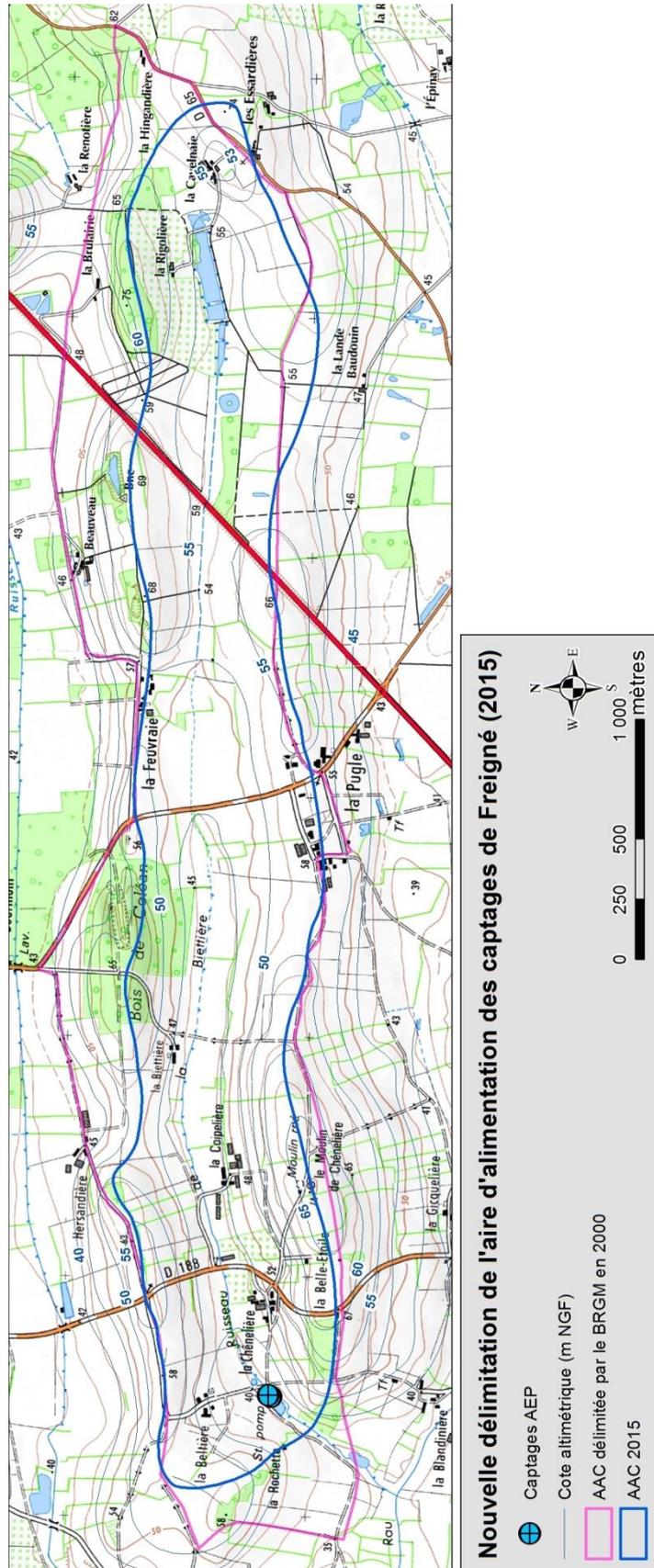


Illustration 14 : comparaison des deux AAC délimitées en 2000 et 2015

4. Cartographie de la vulnérabilité de l'AAC de Freigné

4.1. CHOIX DE LA MÉTHODE DE CALCUL DE LA VULNÉRABILITÉ

4.1.1. Type d'aquifère

La perméabilité des sables pliocènes est essentiellement assurée par l'interconnexion des pores de la matrice (porosité d'interstices) ; aucune discontinuité principale favorisant les écoulements dans un secteur plutôt qu'un autre n'est mentionnée dans la bibliographie ou ne peut être mise en évidence au moyen des données recueillies.

Les affleurements de socle (schistes et grès qui constituent un milieu fissuré hétérogène) sont relativement peu représentés dans l'AAC, et sans qu'y soient en outre connues des zones fissurées. Aucun axe d'écoulement souterrain préférentiel n'a été mis en évidence dans la bibliographie.

On considère donc que le milieu est « continu homogène ».

4.1.2. Paramètres pris en compte

Les paramètres pris en compte pour un système aquifère continu homogène figurent dans le Tableau 1.

Paramètres		Coefficient de pondération
hauteur de pluie efficace	P	10%
nature de la couverture pédologique	S	25%
infiltration efficace (capacité intrinsèque des formations géologiques présentes en surface à laisser infiltrer ou ruisseler les eaux de pluie, évaluée de façon indirecte grâce à l'IDPR)	I	30%
épaisseur de la zone non saturée	H	20%
perméabilité de l'aquifère	K	15%

IDPR : Indice de Développement et de Persistance des Réseaux

Tableau 1 : paramètres pris en compte dans le calcul de la note de vulnérabilité d'un système aquifère continu

L'épaisseur de la zone non saturée correspond à l'épaisseur de terrain entre le sol et la surface de la nappe, c'est-à-dire à la profondeur de la nappe (cf. Illustration 15).

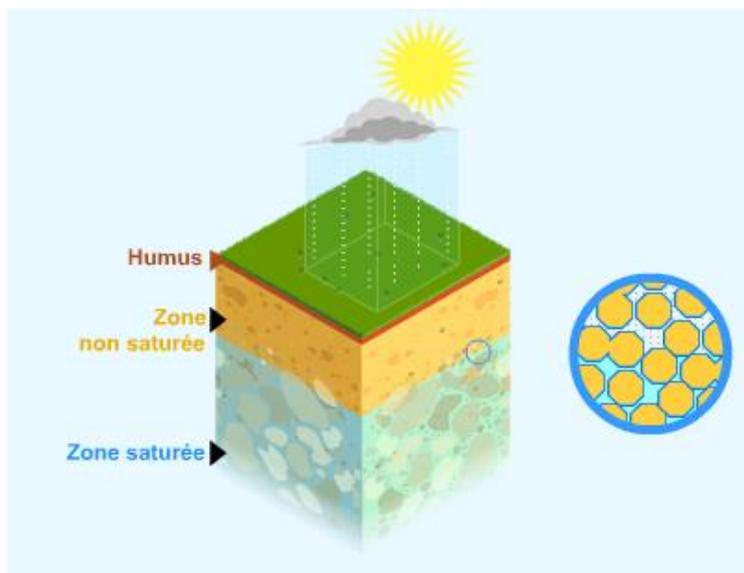


Illustration 15 : zone non saturée d'un aquifère

4.2. CLASSIFICATION DES PARAMÈTRES

La classification des paramètres est présentée dans le Tableau 2. Les valeurs attribuées à chacune des classes (notes) s'échelonnent de 0 – très favorable à la protection de l'aquifère – à 4 – très défavorable.

Valeur de l'indice	Pluies efficaces (mm)	IDPR	Epaisseur de la ZNS (m)	Perméabilité (m/s)
4	> 300	0-400	< 2	> 1E-3
3	200-300	400-800	2-5	1E-4 - 1E-3
2	100-200	800-1200	5-10	1E-5 - 1E-4
1	50-100	1200-1600	10-20	1E-7 - 1E-5
0	< 50	1600-2000	> 20	< 1E-7

Tableau 2 : classification des paramètres pour le calcul de la vulnérabilité d'un système aquifère continu (adapté du guide méthodologique BRGM/RP-63311-FR)

La classification du critère sol (couverture pédologique) dépend de sa texture, de sa teneur en caillou, et de son épaisseur. Dans l'AAC de Freigné, l'analyse du caractère protecteur des sols repose sur une étude pédologique datant de 1998 et sur une étude pédologique menée dans le cadre du présent projet (cf. § 4.2.2).

La discrétisation de l'aire d'alimentation des captages est obtenu au moyen d'un maillage carré de pas d'espace 50 m (cf. Illustration 16).



Illustration 16 : discrétisation de l'AAC de Freigné

Chaque maille se voit attribuer une note pour chacun des 5 paramètres pris en compte.

4.2.1. Pluies efficaces

Compte-tenu de la taille de l'AAC et d'une altitude relativement homogène au sein de cette AAC, les pluies efficaces sont réputées homogènes : ce paramètre n'est pas discrétisé. La bibliographie indique une valeur moyenne annuelle de 200 mm pour les pluies efficaces. Le Tableau 2 donne la clef de répartition des notes pour ce paramètre. La note 3 est attribuée à toutes les mailles de l'AAC.

4.2.2. Couverture pédologique protectrice

L'étude pédologique réalisée par ANTEA lors de l'étude préalable à la mise en place des périmètres de protection en 1998 ne couvre que la partie la plus occidentale de l'AAC, jusqu'à la ferme de la Biettière. Afin de compléter ces informations, la carte pédologique de la zone non couverte en 1998 a été dressée dans le cadre de la présente étude. Pour cela, le BRGM a fait appel à un prestataire, dont le rapport figure en Annexe 4. Les résultats des campagnes piézométriques ayant été interprétés après la commande de la carte pédologique, les contours de cette dernière sont légèrement différents des contours de l'AAC (cf. Illustration 17).

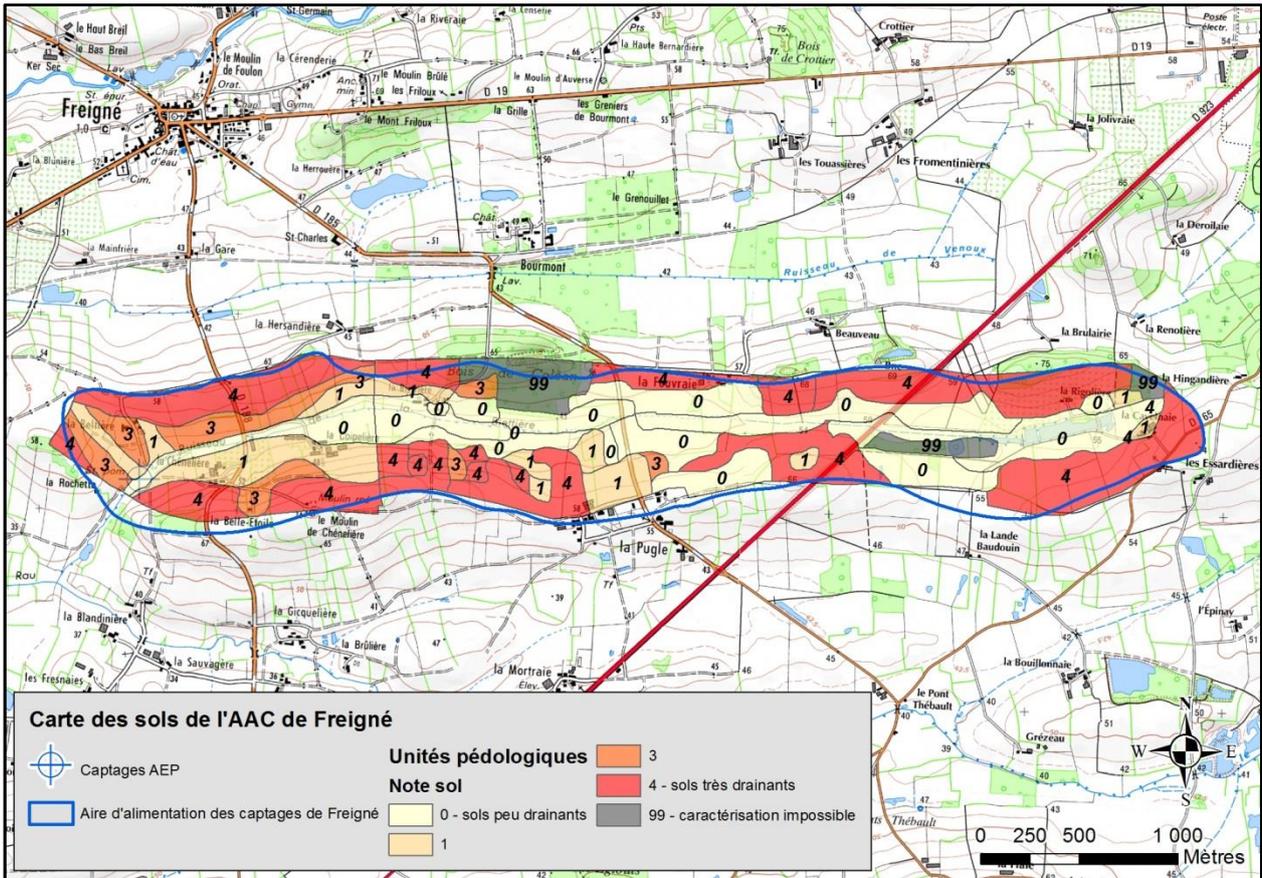


Illustration 17 : carte pédologique de l'AAC de Freigné.

Aux mailles non couvertes par la carte pédologique (la Rochette, la Pugle et la Lande Baudouin, soit 5% de l'AAC) a été attribuée la note de la maille la plus proche.

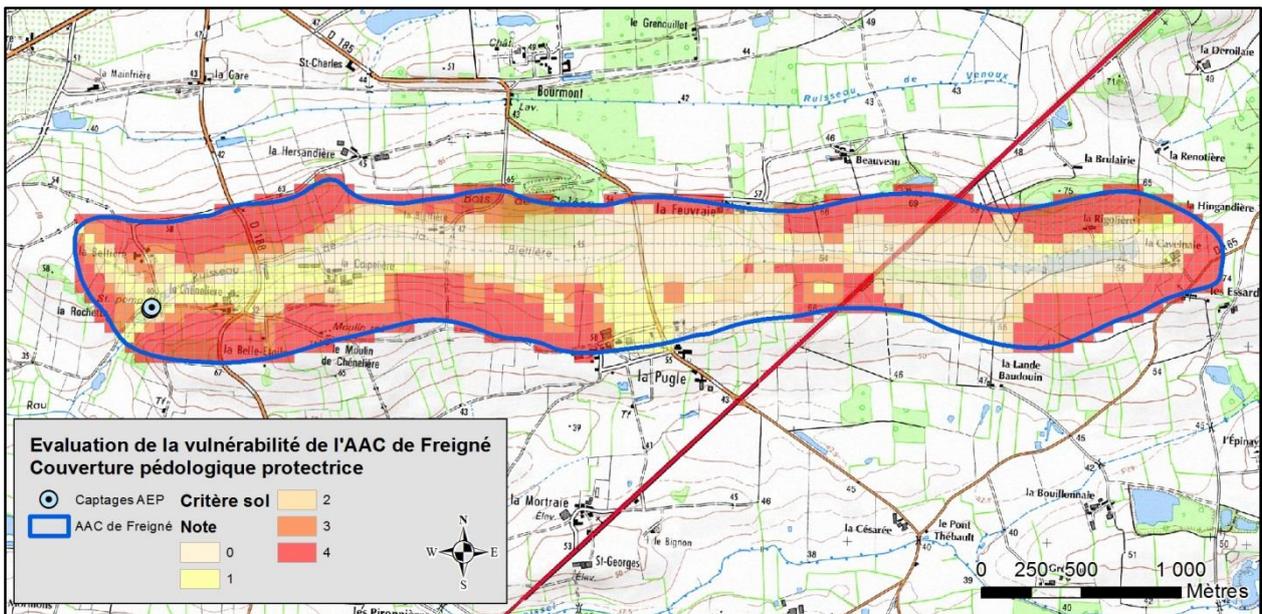


Illustration 18 : note correspondant au critère sol de l'AAC de Freigné

4.2.3. Infiltration

L'IDPR, disponible sous forme de grille sur le bassin Loire-Bretagne (l'échelle de validité est le 1/50 000), est utilisé sous forme polygonale. À cet effet, nous avons calculé une valeur moyenne de l'IDPR pour chaque formation géologique présente dans l'AAC de Freigné (une unité géologique y étant représentée sous forme d'un polygone).

Néanmoins, compte-tenu du caractère peu discriminant de la géologie dans l'AAC de Freigné (seulement trois formations : alluvions, sables pliocènes et schistes/grès du socle), le résultat ne donnait pas de résultat satisfaisant. Nous avons donc utilisé les unités pédologiques à la place des polygones des formations géologiques (cf. Illustration 19).

Le Tableau 2 donne la clef de répartition des notes pour ce paramètre. Il s'échelonne de 0 (très infiltrant, ce qui accroît la vulnérabilité de l'aquifère) à 2000 (très ruisselant, ce qui accroît la protection de l'aquifère). La cartographie qui en résulte figure sur l'illustration 20.

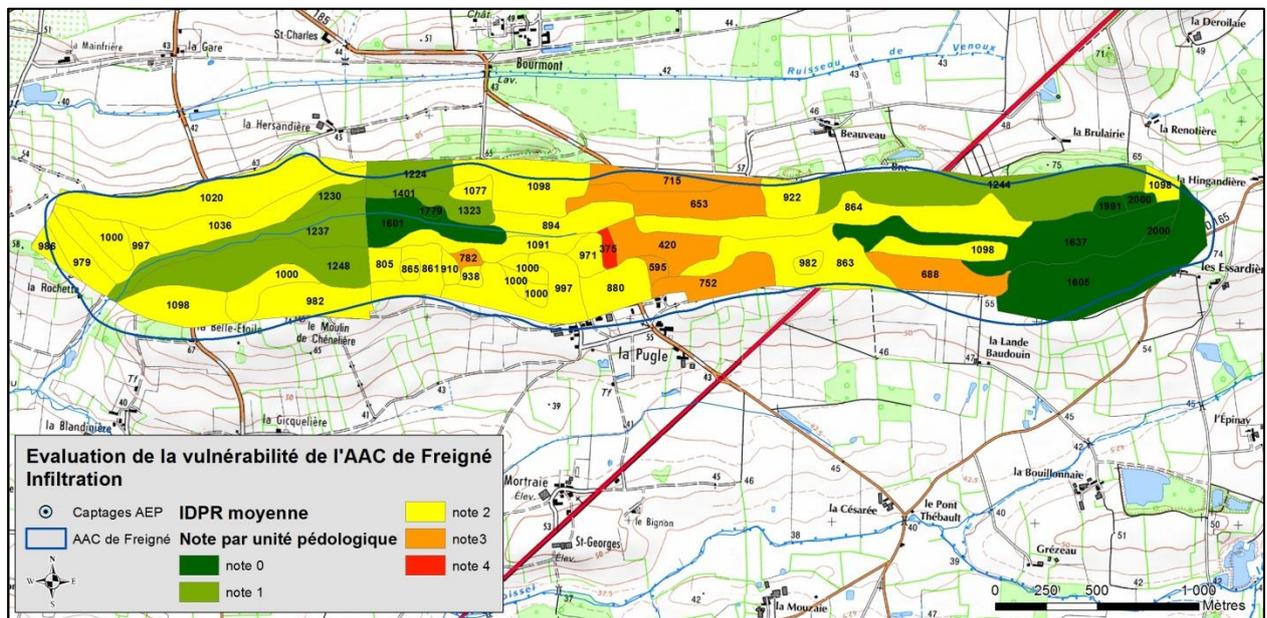


Illustration 19 : valeur moyenne de l'IDPR par entité pédologique de l'AAC de Freigné.

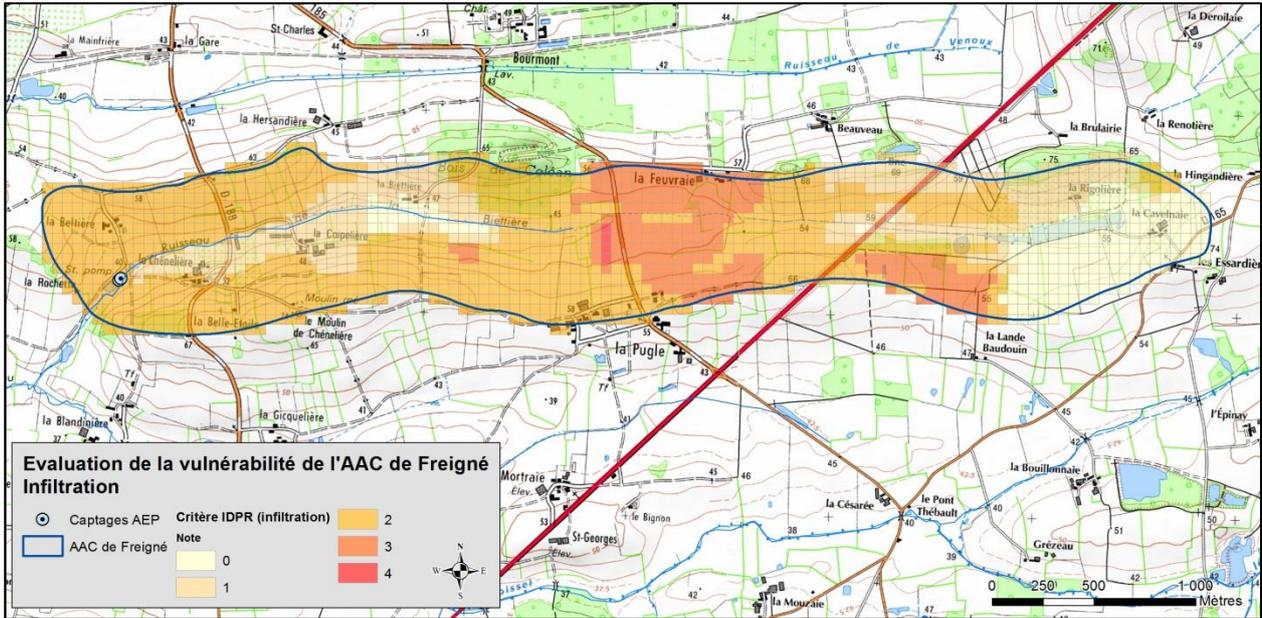


Illustration 20 : note correspondant à la moyenne de l'IDPR par formation géologique dans l'AAC de Vritz

4.2.4. Épaisseur de la zone non saturée (ZNS)

Les isopièzes des hautes eaux de mars 2014 ont été interpolées en grille de pas 10 m (cf. Illustration 21). On dispose par ailleurs du modèle numérique de terrain (MNT) au pas de 25 m.

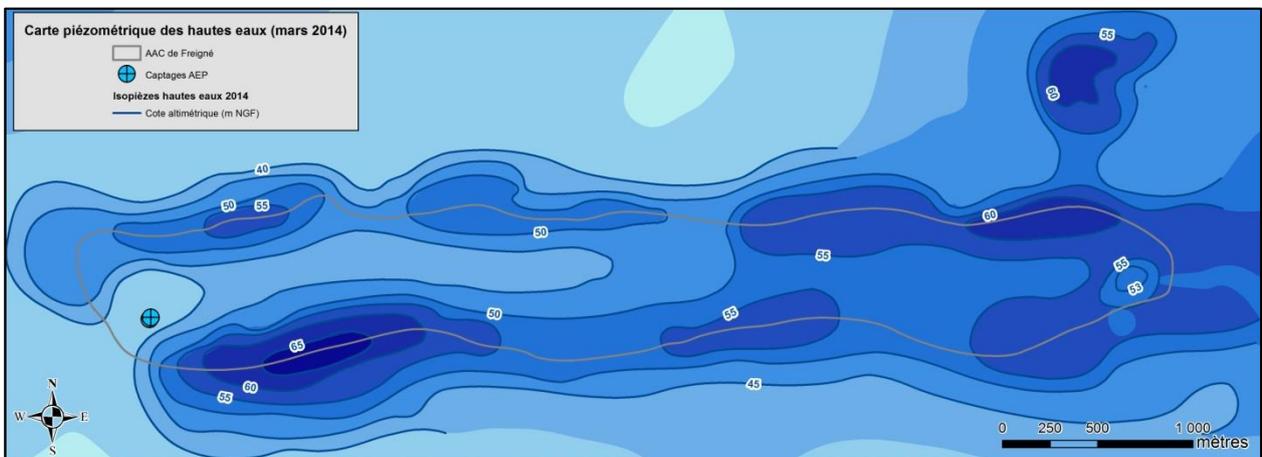


Illustration 21 : interpolation des isopièzes hautes eaux

L'AAC de Freigné étant discrétisée en mailles de 50 m de côté, il y a 25 valeurs de cote piézométrique pour une maille. On calcule dans chaque maille de l'AAC la moyenne de la valeur de la cote piézométrique des hautes eaux. On fait de même pour la cote topographique (4 valeurs par maille). On obtient ensuite l'épaisseur de la ZNS en soustrayant la piézométrie moyenne pour la période des hautes eaux 2014 à la cote topographique moyenne : $ZNS = topo - piézo$ (cf. Illustration 22).

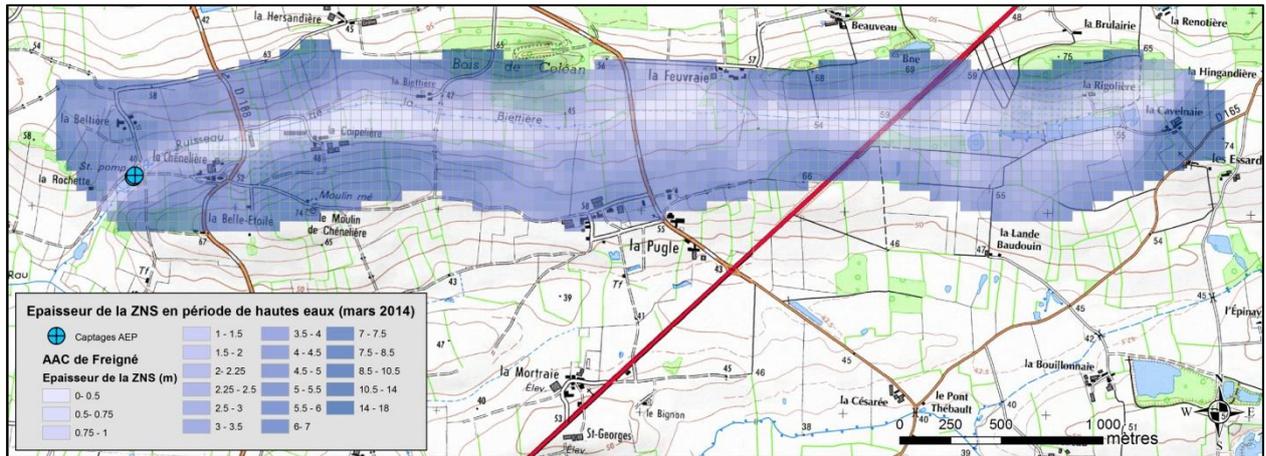


Illustration 22 : épaisseur de la zone non saturée dans l'AAC de Vritz

Le Tableau 2 donne la clef de répartition des notes pour ce paramètre. La cartographie qui en résulte figure sur l'illustration 23.

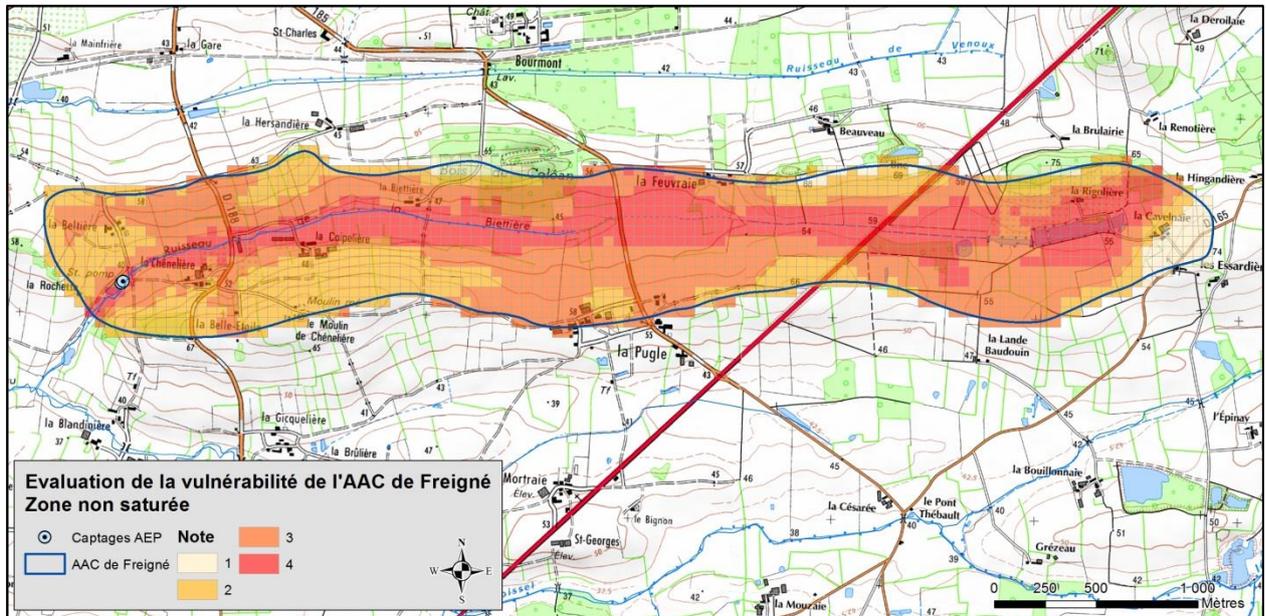


Illustration 23 : note correspondant au critère ZNS de l'AAC de Freigné

4.2.5. Perméabilité

L'objectif consiste avant tout à mettre en évidence les zones plus perméables que d'autres : on applique donc une approche relative.

La note 3 a été attribuée aux mailles où affluent les sables pliocènes (dont la perméabilité moyenne est comprise entre 10^{-4} et 10^{-3} m.s⁻¹, cf. § 3.2.2). Les mailles où affluent les roches peu aquifères du socle se sont vues attribuer la note 1.

La cartographie qui en résulte figure sur l'illustration 24.

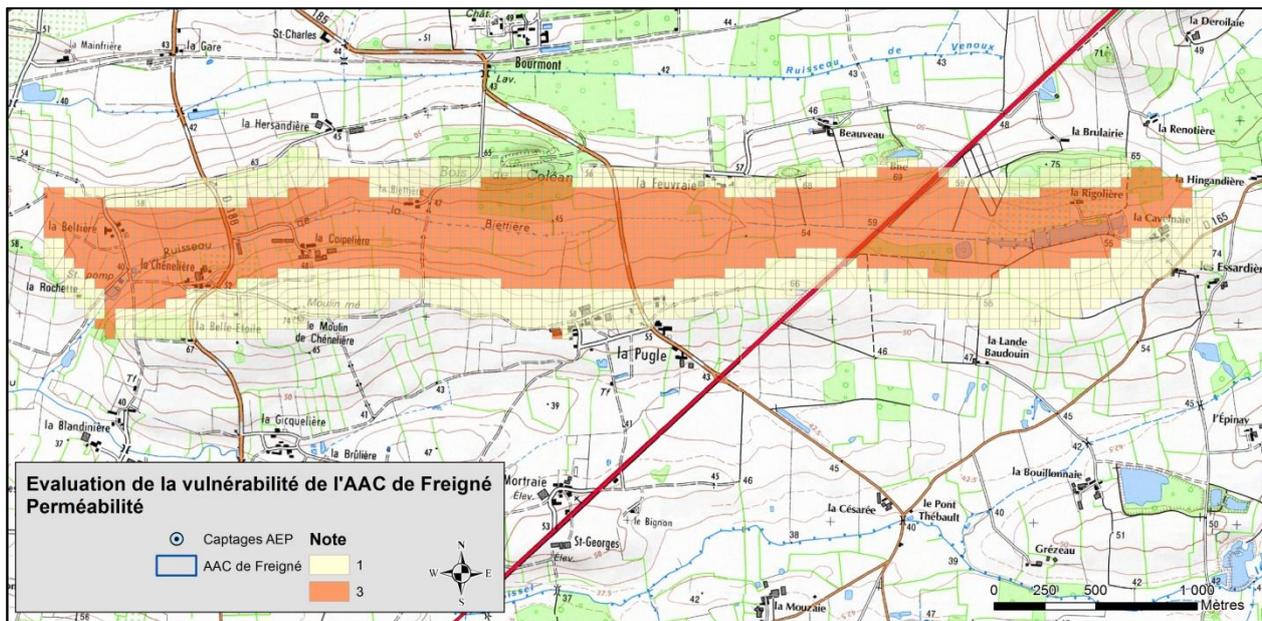


Illustration 24 : note correspondant au critère « perméabilité » de l'AAC de Vritz

4.3. ANALYSE MULTICRITÈRES – NOTE DE VULNÉRABILITÉ

La note de vulnérabilité dans chaque maille de l'AAC est obtenue par la formule suivante :

$$\text{Vulnérabilité} = 0,1 P + 0,25 S + 0,3 I + 0,2 H + 0,15 K$$

(les lettres renvoient aux paramètres figurant dans le Tableau 1).

L'illustration 25 présente la cartographie de la vulnérabilité de l'aire d'alimentation des captages AEP de Freigné. La classe de vulnérabilité « très faible » n'est pas rencontrée.

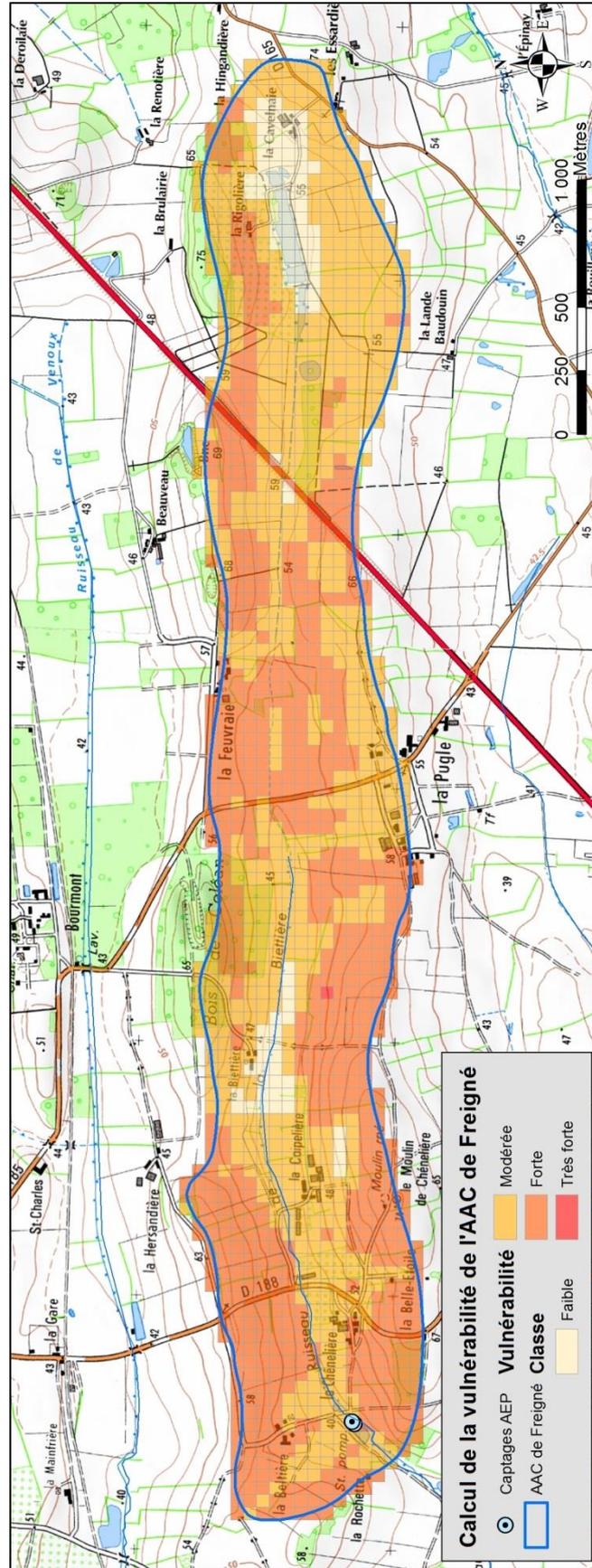


Illustration 25 : cartographie de la vulnérabilité de l'aire d'alimentation des captages de Freigné

5. Conclusion

Les captages AEP de la commune de Freigné ont fait l'objet d'une étude visant d'une part à délimiter leur aire d'alimentation, et d'autre part à cartographier leur vulnérabilité aux pollutions diffuses.

À cette fin, nous avons appliqué les préconisations de la version révisée du guide national publiée en 2014 « Délimitation des aires d'alimentation de captages d'eau souterraine et cartographie de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses. Version révisée du guide méthodologique, BRGM/RP-63311-FR », en les adaptant au contexte particulier de l'AAC de Freigné.

À Freigné, la nappe des sables pliocènes et du socle présente des concentrations élevées en nitrates. Elle est exploitée pour l'AEP par deux ouvrages : un puits (04218X0002) et un forage (04218X0035).

L'aire d'alimentation des captages (AAC), qui avait déjà été cartographiée par le BRGM (Corbier, 2000), a été reprécisée grâce à l'apport des deux cartes piézométriques hautes et basses eaux élaborées dans le cadre de la présente étude. La nouvelle AAC a une superficie de 3,7 km², plus réduite que précédemment (5 km²).

- 47,8 % de la superficie de l'AAC ont une vulnérabilité forte (178 ha),
- 46,4 % de la superficie de l'AAC ont une vulnérabilité modérée (173 ha),
- 5,8 % de la superficie de l'AAC ont une vulnérabilité faible (22 ha).

La carte de la vulnérabilité de l'aquifère vis-à-vis des pollutions diffuses devra être croisée avec le diagnostic des pressions agricoles pour élaborer un programme d'actions visant à reconquérir la qualité des eaux souterraines.

6. Bibliographie

- ANTEA** (1998) – Étude préalable à la mise en place des périmètres de protection pour la commune de Freigné. Volume 2. Étude agropédologique. N° A 12486.
- Chrétien P.** (2011) – Délimitation des bassins d'alimentation des captages AEP prioritaires de la Sarthe et cartographie de leur vulnérabilité. Rapport final. BRGM/RP-58643-FR, 153 p., 39 ill., 6 tab., 9 ann.
- Chrétien P.** (2012) – Commune de Vritz (44). Incidence d'un projet d'irrigation sur la ressource en eau potable. Rapport final. Rapport BRGM/RP-61790-FR. 13 p., 1 tab., 1 ann.
- Chrétien P.** (2012) – Délimitation des bassins d'alimentation des captages AEP prioritaires de la Loire-Atlantique et cartographie de leur vulnérabilité. Rapport final. BRGM/RP-61442-FR, 126 p., 42 ill., 7 tab., 7 ann.
- Chrétien P.** (2014) – Cartographie de la vulnérabilité de l'aire d'alimentation des captages d'eau potable de Vritz (Loire-Atlantique). Rapport final. BRGM/RP-63097-FR, 56 p., 23 ill., 2 tabl., 3 ann. 1 CD.
- Chrétien P.** (2014) – Synthèse hydrogéologique de plusieurs bassins versants des Pays-de-la-Loire. Rapport intermédiaire. BRGM/RP-63096-FR, 52 p., 27 ill., 1 CD-rom.
- Chrétien P.** (2015) – Délimitation de quatre aires d'alimentation de captages en Sarthe et Vendée. Rapport final. BRGM/RP-64197-FR, 52 p., 27 ill., 1 CD-rom.
- Corbier P.** (2000) – Identification et cartographie des bassins d'alimentation des captages ou des zones de captages AEP d'eaux souterraines dépassant 50 mg.L⁻¹ en nitrates et/ou 0,2 µg.L⁻¹ en phytosanitaires dans la région des Pays-de-la-Loire. BRGM/RP-50566-FR, 22 p., 1 fig., 1 tabl., 1 ann.
- Guigues N.** et collab. (2002) – Mesure en continu *in situ* des concentrations en nitrates et chlorures dans les eaux naturelles à l'aide d'une sonde multiparamètre. BRGM/RP-51276-FR, 126 p., 57 fig., 31 tabl., 4 ann.
- Rouxel E.** (2008) – Cohérence entre les périmètres de protection éloignés et les bassins d'alimentation de captage. Cas de 9 captages pour l'alimentation en eau potable (Maine-et-Loire). Rapport BRGM/RP-56819-FR, 29 p., 11 ill.
- Rouxel E.** et collab. (2008) – Caractérisation et suivi des ressources en eau souterraine utilisées pour la production d'eau potable (Maine-et-Loire) – Phase 1. Rapport final. BRGM/RP-56530-FR. 55 p., 30 ill., 3 ann., 1 atlas hors-texte.
- Vernoux J.F. et collab.** (2014) – Délimitation des aires d'alimentation de captages d'eau souterraine et cartographie de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses. Version révisée du guide méthodologique. Rapport final. BRGM/RP-63311-FR, 133 p., 69 ill., 1 ann.

Annexe 1

Coupe technique du puits P1 de la Beltière – 04218X002

B.R.G.M.
NANTES

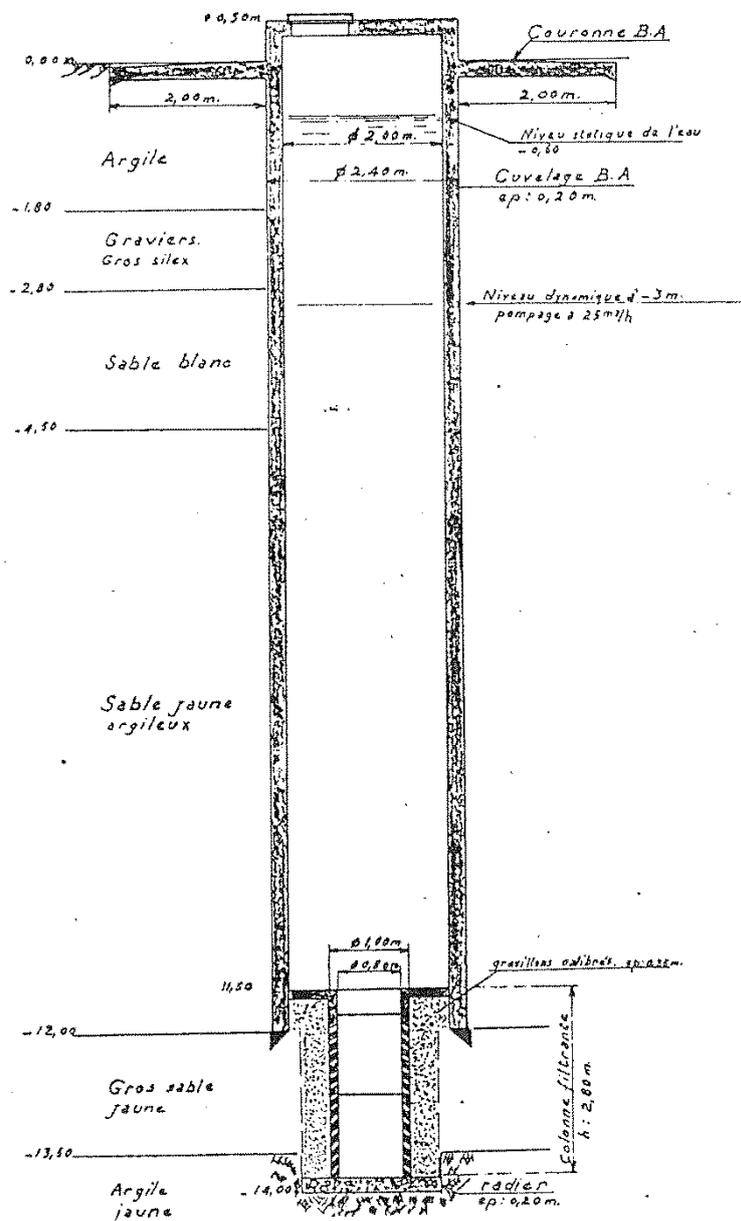
Fig. 3

COMMUNE DE
FREIGNE
(Maine-et-Loire)

COUPE TECHNIQUE
du PUIS 421-8-2

SGR/PAL 82-33

Décembre 1982



Annexe 2

Coupe technique du forage F1 de la Beltière – 04218X0035

FORAGE D'EAU

04218X0035

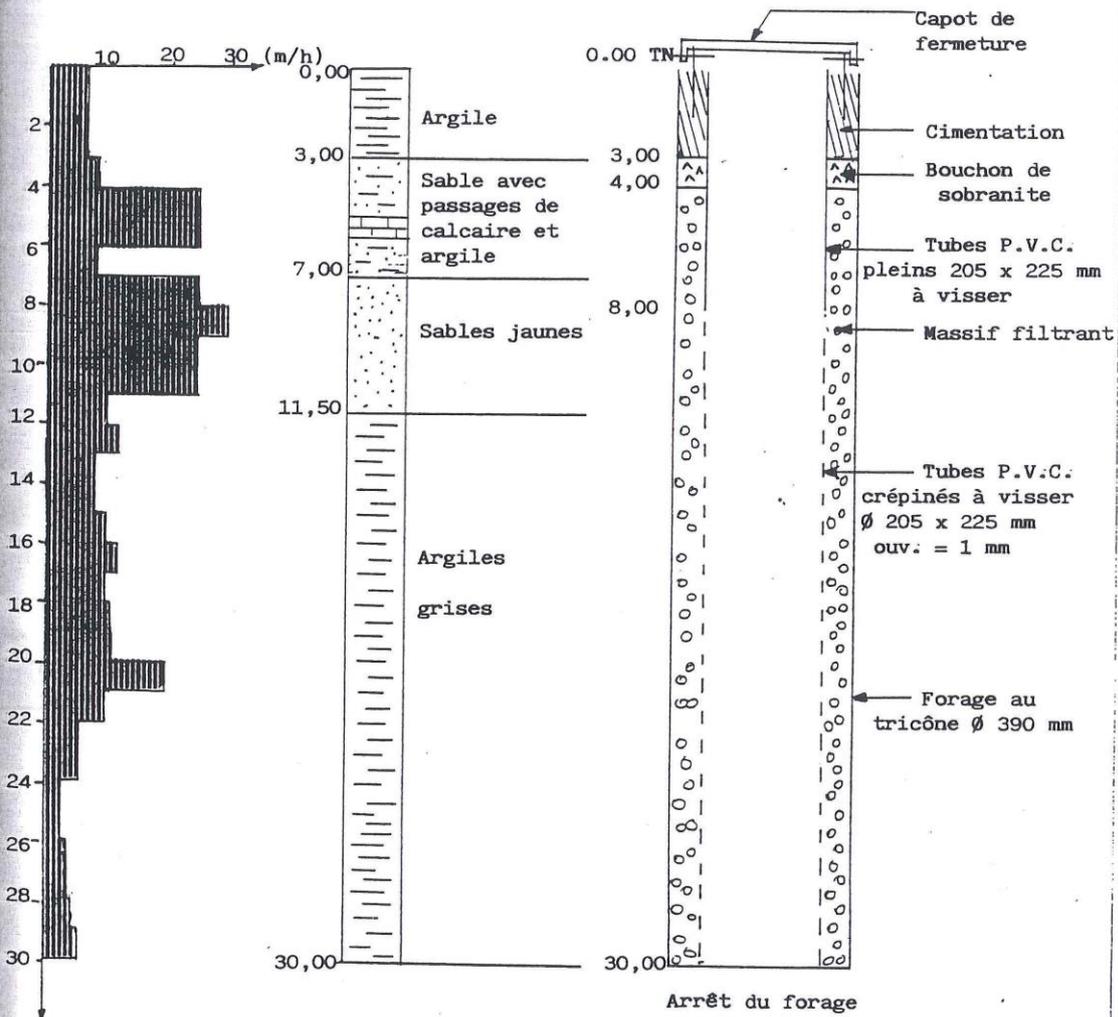
FREIGNE (49)

=====

VITESSES D'AVANCEMENT

COUPE GEOLOGIQUE

COUPE TECHNIQUE

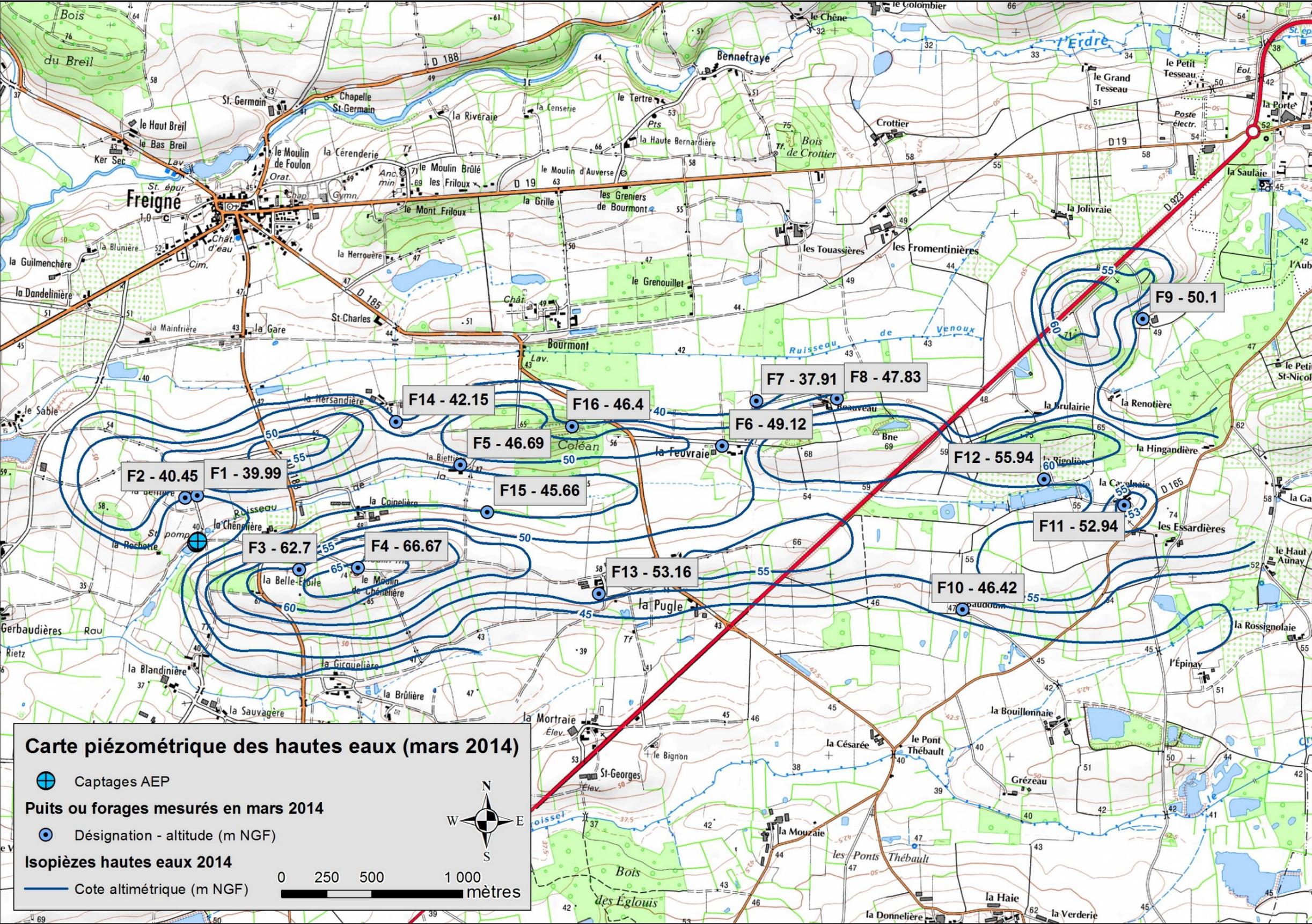


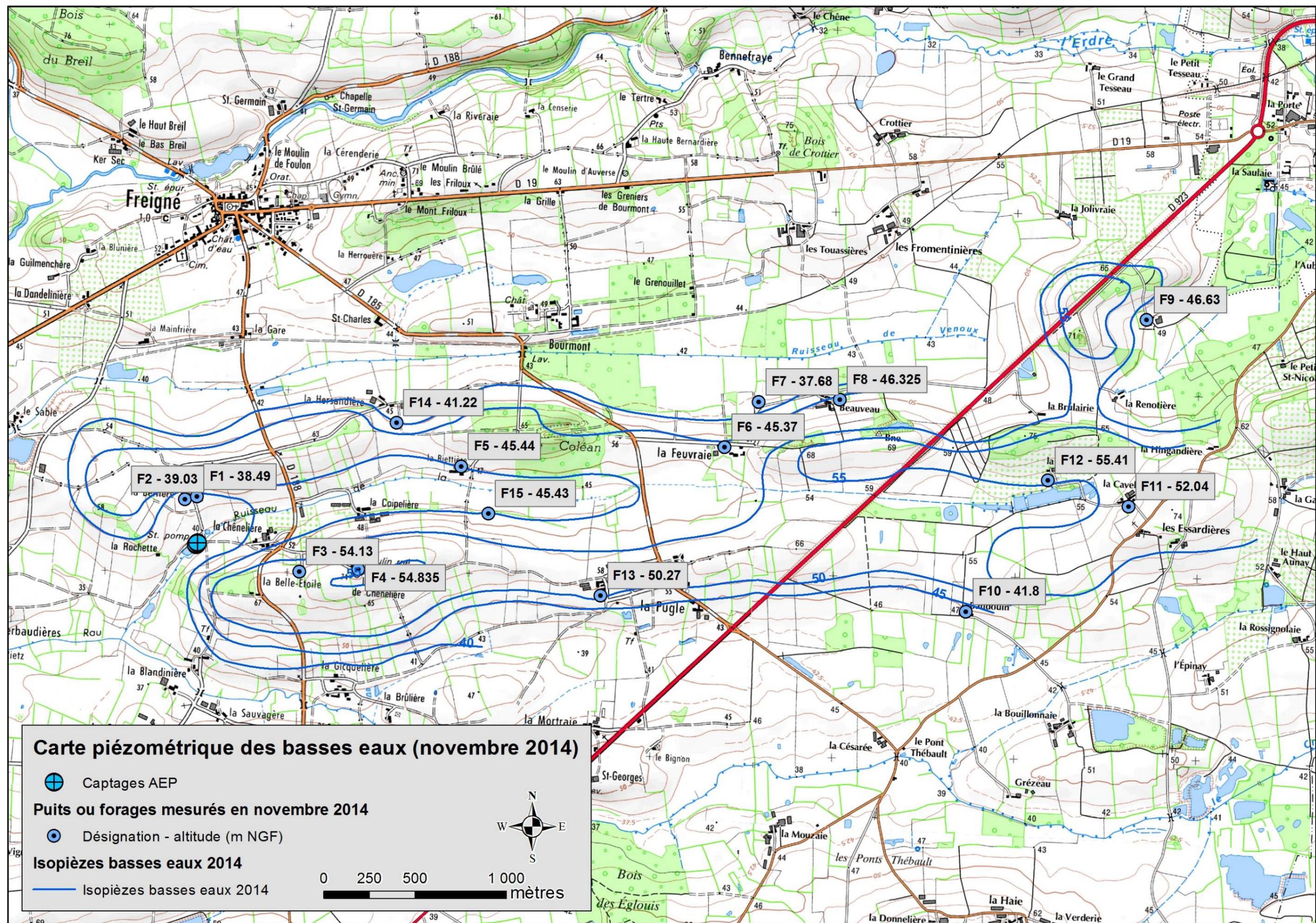
DOSSIER : 084

S.E.E.R.S 24 rue du chêne Lassé 44801 SAINT HERBLAIN Tél : 40.92.16.48.

Annexe 3

Cartes piézométriques hautes eaux et basses eaux de l'AAC de Freigné





Annexe 4

Étude de la vulnérabilité de l'AAC de Freigné vis-à-vis des pollutions diffuses – Cartographie pédologique



Commune de Freigné
Mairie
49440 FREIGNÉ

BRGM
Direction des Pays de Loire
1, rue des Saumonnières
BP 92342
44323 NANTES CEDEX 3

Commune de FREIGNÉ

Département du Maine-et-Loire

---oOo---

**ÉTUDE DE LA VULNÉRABILITÉ DE
L'AIRE D'ALIMENTATION DES CAPTAGES AEP
VIS-À-VIS DES POLLUTIONS DIFFUSES**

CARTOGRAPHIE PÉDOLOGIQUE

GR/R6543 - Octobre 2014

1- PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	5
1.1- Morphologie, topographie	5
1.2- Occupation des sols.....	5
1.3- Drainage agricole	7
2- CARTOGRAPHIE PEDOLOGIQUE	9
2.1- Contexte géopédologique	9
2.2- Méthode de cartographie.....	9
2.3- Description des principales unités cartographiques.....	11
3- SENSIBILITE DES SOLS A L'INFILTRATION ET AU RUISSELLEMENT	13
3.1- Sensibilité des sols au lessivage vertical.....	13
3.2- Risques de ruissellement et d'écoulement latéral.....	14

CARTES HORS TEXTE

- 1- Contexte topographique
- 2- Contexte géologique
- 3- Localisation des sondages à la tarière
- 4- Carte des unités pédologiques
- 5- Sensibilité au lessivage vertical et à l'écoulement latéral

Cette étude, réalisée à la demande de la DDTM du Maine-et-Loire, vise à hiérarchiser et à cartographier la vulnérabilité des sols de l'aire d'alimentation des captages AEP (AAC) de la commune de Freigné (49) vis-à-vis des pollutions diffuses.

Elle nous a été confiée par le BRGM, Direction des Pays de Loire.

1- PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

1.1- MORPHOLOGIE, TOPOGRAPHIE

Cf. carte du contexte topographique (hors texte)

La zone d'étude qui correspond au bassin versant du ruisseau de La Biettière, s'allonge selon une direction Est-Ouest, de part et d'autre de ce ruisseau sur une largeur variant de 450 à 650 m.

Ce vallon est encadré, au Nord et au Sud, par des lignes de petites buttes culminant à des altitudes variant de 65 à 75 m. La carte jointe illustre les secteurs de butte d'altitude supérieure à 60 m.

Les flancs de ce vallon sont peu pentés en amont du bassin versant et sont nettement plus pentés en partie aval de la zone d'étude.

Le ruisseau de La Biettière ne comporte aucun affluent. Il présente des plans d'eau assez importants dans sa partie amont.

1.2- OCCUPATION DES SOLS

La zone d'étude couvre environ 280 ha.

L'occupation des sols est essentiellement agricole à l'exception :

- des bois : 13,7 ha, Bois de Coëlan et petits secteurs boisés,
- des plans d'eau : 3,3 ha.

Au total, 253 ha ont été cartographiés du point de vue pédologique.

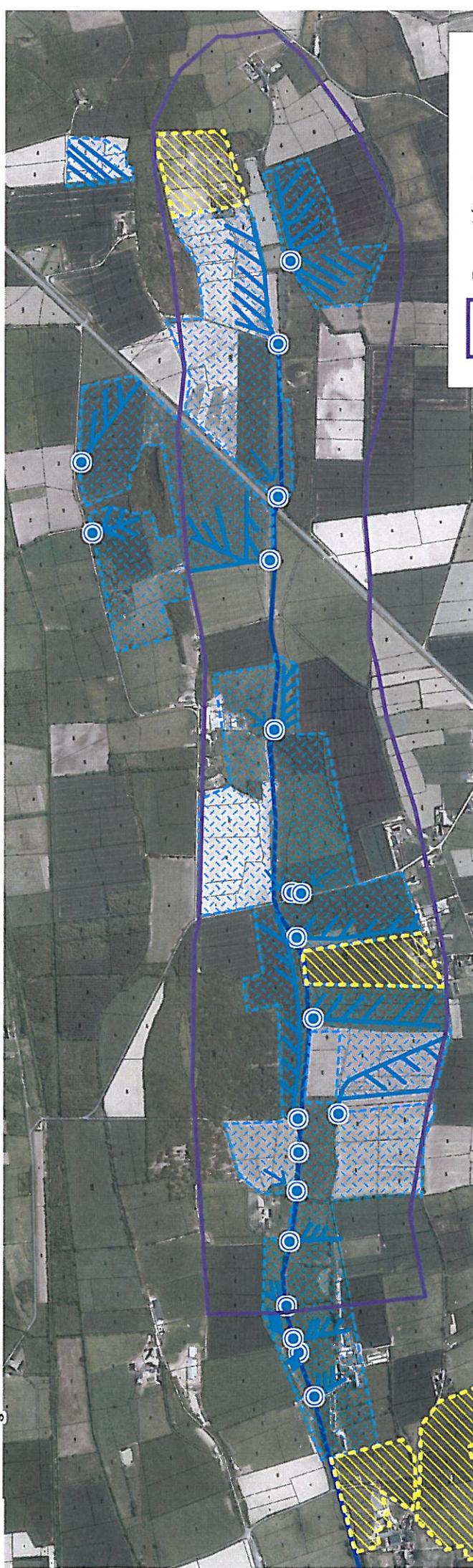
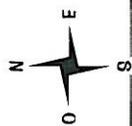
Commune de FREIGNÉ (49)
ETUDE DE VULNERABILITE

PARCELLES DRAINÉES

au 1/ 17 500

(source : Géoportail)

D'après données chambre d'agriculture - 49
(données à affiner en sept-oct 2014)



Zone d'étude

Parcelle drainée
(au moins en partie)

Parcelle non drainée

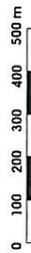
Parcelle non renseignée

Exutoire de drain

Drainage

Sens d'écoulement
(quand drain absent)

Ruisseau



1.3- DRAINAGE AGRICOLE

Cf. carte ci-contre

Il est apparu, dès les premières journées de prospection pédologique, que des parcelles avaient fait l'objet de drainage agricole (état hydrique lors de la prospection incompatible avec les traces d'hydromorphie du sol).

Nous nous sommes donc inquiétés de cet aspect et la Chambre d'Agriculture du Maine-et-Loire en charge de l'étude des pressions agricoles, a transmis une ébauche de carte de l'état de leur connaissance actuelle sur cet aspect. Il a été précisé, lors de la transmission de cette carte, que la connaissance des drainages sera affinée lors de la prochaine rencontre avec les agriculteurs courant septembre ou octobre. Nous ne disposons pas de ces éléments à ce jour.

Commune de FREIGNÉ (49)
Étude de vulnérabilité

---oOo---

TABLEAU DES UNITÉS CARTOGRAPHIÉES

Codification	Descriptif sommaire	Épaisseur (en cm)	Hydromorphie	Sensibilité au lessivage vertical	Risque d'écoulement latéral
MATÉRIAU SABLEUX (S)					
S0B1	brunisol, sain, épais	> 100	sain	forte	faible
S0B3	brunisol, sain, moyennement épais	60 - 80	sain	très forte	faible
S1B2	brunisol, sain sur 80 cm, épais	80 - 100	> 80 cm	forte	faible
S2B3	brunisol, hydromorphe	60 - 80	> 80 cm	forte	faible
SUBSTRAT GRÉSEUX CAILLOUX ET SABLES (Q)					
Q0B6, Q0B5	brunisol sain, très peu épais	0 - 40	sain	très forte	fort (sur la roche massive)
Q0B4	brunisol sain, moyennement épais	40 - 60	sain	très forte	fort (sur la roche massive)
SUBSTRAT GRÉSEUX TRÈS ALTÉRÉ AVEC ARGILE (QT)					
Qt6B5	rédoxisol peu épais	90 - 40	dès 0 cm	très faible	fort
Qt5B5	rédoxisol peu épais	20 - 40	dès 0 cm	très faible	fort
Qt4B4, Qt4B3	brunisol à horizon rédoxique de profondeur	40 - 80	> 40 cm	faible	fort
SUBSTRAT ARGILEUX (A) AVEC SABLE (AS)					
A8B4	réductisol, moyennement épais	40 - 60	dès 0	très faible	fort
A6B5	rédoxisol, peu épais	20 - 40	dès 0	très faible	fort
A6B4, As6B4	rédoxisol, moyennement épais	40 - 60	dès 0	très faible	fort
A5B5	rédoxisol, peu épais	20 - 40	dès 0	très faible	fort
A5B4, As5B4, A5B3	rédoxisol, moyennement épais	40 - 80	dès 0	très faible	fort
A4B4, A4B3	brunisol rédoxique moyennement épais	40 - 80	> 40	faible	fort
As4B4, As4B3	brunisol rédoxique moyennement épais	40 - 80	> 40	faible	fort

2- CARTOGRAPHIE PEDOLOGIQUE

2.1- CONTEXTE GEOPEDOLOGIQUE

Cf. carte en hors texte

La carte ci-contre correspond à un assemblage des cartes géologiques du BRGM au 1/50 000, n°421 et 422.

Elle indique que la zone d'étude est occupée dans sa partie centrale par des formations tertiaires notées pS, correspondant à des sables et cailloutis du Pliocène.

Les bordures Nord et Sud de la zone, correspondant aux lignes de buttes signalée précédemment, sont constituées par des formations gréseuses de l'Ordovicien (complexe géologique de Saint-Georges-sur-Loire).

2.2- METHODE DE CARTOGRAPHIE

La reconnaissance des sols a été effectuée à partir des sondages creusés à la tarière à main (profondeur d'investigation : 1,2 m) complétés par l'observation des coupes naturelles existantes.

La prospection s'est déroulée sur 6 jours par une équipe de 2 personnes (M. Francis BERTEAUX et M. Guy ROUSSEL) :

- 23 et 24 avril 2014,
- 27 mai 2014,
- 16 et 17 juin 2014,
- 25 juin 2014.

Au total, ce sont 222 sondages qui ont réalisés jusqu'à la profondeur maximale de creusement.

Sur chaque sondage ont été observés :

- la succession des différents horizons,
- la granulométrie des matériaux,
- la profondeur d'apparition des traces d'hydromorphie,
- la nature du substrat géologique et de son altération,
- les venues d'eau éventuelles.

Chaque sondage a été codifié selon la méthode tarière utilisée pour le Massif Armoricaïn qui comporte 4 symboles :

- une **lettre** précisant la nature du substrat géologique et, le cas échéant, la nature de son altération,
- un **chiffre** précisant l'épaisseur du sol agricole, prospectable par les racines des plantes cultivées (noté 6 à 1 par tranche de 20 cm),
- une **lettre** précisant le type de sol qui est fonction de la succession des différents horizons,
- un **chiffre** correspondant à la profondeur d'apparition des taches d'hydromorphie qui témoignent de l'existence de périodes d'engorgement en eau plus ou moins prolongées de l'horizon, selon leur intensité.

Les sondages présentant des caractéristiques voisines sont regroupés dans la même unité cartographique.

Pour le substrat géologique, quatre types de substrats ont été distingués :

- **noté S** : matériau sableux,
- **noté Qt** : grès présentant une altération argileuse,
- **noté Q** : grès dur se débitant en fragments anguleux peu altérés,
- **noté A** : matériau argileux.

2.3- DESCRIPTION DES PRINCIPALES UNITES CARTOGRAPHIQUES

Le tableau ci-contre présente un descriptif succinct des différentes unités pédologiques qui ont été distinguées avec une indication sur leur sensibilité au lessivage vertical et sur le risque d'écoulement latéral.

□ SOLS DEVELOPPES SUR MATERIAUX SABLEUX (S)

Unités S0B1, S0B3, S1B2 et S2B3

- Brunisol épais de 60 à 100 cm selon les secteurs.
- Sols totalement sains ou marqués par des traces d'hydromorphie plus ou moins accentuées apparaissant au-delà de 80 cm.
- Sols sensibles à très sensibles au lessivage vertical, du fait de la perméabilité du substrat géologique assurant un bon drainage à la base du profil.
- Faible risque d'écoulement latéral.

□ SOLS DEVELOPPES SUR SUBSTRAT GRESEUX ALTERE EN CAILLOUX ET SABLES (Q)

Unités Q0B6, Q0B5 et Q0B4

- Brunisol très peu épais (< 40 cm) à moyennement épais (40 – 60 cm). Faible réserve utile. Sols à forte pierrosité gênant la pénétration de la tarière.
- Sols parfaitement sains, très sensibles au lessivage vertical du fait à la fois de leur faible réserve utile et du substrat géologique sous-jacent.
- Risque d'écoulement latéral variable selon la pente et selon la nature plus ou moins massive du matériau gréseux sous-jacent :
 - Si roche très fracturée : substrat perméable induisant une bonne infiltration,
 - Si roche massive : faible perméabilité et risque d'écoulement latéral selon la pente. Cet aspect ne peut pas être précisé sur les sondages à la tarière.

On peut toutefois noter que la petite carrière, où les grès ont pu être observés, localisée au Nord-Nord-Ouest de La Biètière, montre un faciès de grès, avec un débit en cailloux et blocs anguleux dans leur tranche supérieure, devenant nettement plus massif en profondeur.

□ SOLS DEVELOPPES SUR SUBSTRAT GRESEUX TRES ALTERE AVEC ARGILE (Qt)

Unités Qt6B5 et Qt5B5

- Rédoxisols peu épais, caractérisés par la présence d'un horizon de surface limono-argilo-sableux, hydromorphe, reposant dès 30 cm sur une altérite de grès (matériau limono-argilo-sableux compact), résultat de l'altération poussée du grès.

Unités Qt4B4 et Qt4B3

- Brunisol à horizon rédoxique apparaissant entre 40 et 80 cm de profondeur. Présence d'un horizon de surface et d'un horizon intermédiaire, reposant sur l'altérite de grès atteinte vers 40 à 80 cm selon les sondages.
- L'altérite de grès, très peu perméable, constituant la base de ces sols empêche l'infiltration verticale de l'eau, qui engorge tout le profil et peut prendre un trajet latéral à la faveur de la pente.
- Ces sols sont très peu sensibles au lessivage vertical.
- Ils sont par contre sensibles aux écoulements latéraux soit de surface si le sol est déjà gorgé, soit au contact de l'altérite (écoulement hydrodermique).

□ SOLS DEVELOPPES SUR SUBSTRAT ARGILEUX (A) EN MELANGE AVEC DU SABLE (AS)

Unité A8B4

- Réductisol moyennement épais
Cette unité de faible étendue se situe sous le lieu-dit « La Biéttière ». Le sol, gorgé d'eau dès la surface, présente de la tourbe sur quelques centimètres puis dès 45 cm, des horizons argileux, totalement gris, avec de petits intercalaires de tourbe (gley). Vers 1,1 m, la couleur devient gris-verdâtre.
Ce sol, gorgé en permanence en eau, est peu sensible au lessivage vertical mais très favorable aux écoulements latéraux vers le ruisseau proche.

Unités A6B5, A6B4, As6B4, A5B5, A5B4, As5b4, A5B3

- Rédoxisol peu à moyennement épais, présentant des traces d'hydromorphie plus ou moins accentuées dès la surface du sol.
La présence de matériaux argileux apparaissant à profondeur variable (entre 20 et 80 cm) confère au sol une très faible perméabilité et une très faible sensibilité au lessivage vertical.
Par contre, ces sols sont très sensibles au risque d'écoulement latéral. Ce risque devient encore plus important si le sol est drainé, comme c'est le cas dans de nombreux secteurs.

Unités A4B4, A4B3, As4B4, As4B3

- Brunisol rédoxique.
Malgré la présence de matériau argileux apparaissant entre 40 et 80 cm l'horizon de surface n'est pas affecté par l'hydromorphie, soit du fait de la pente, soit parce que le sol est drainé depuis longtemps.
Les cultures sont moins gênées par l'engorgement en eau que dans les sols précédents.
Ces sols sont peu sensibles au lessivage vertical de l'eau. Ils présentent par contre un fort risque d'écoulement latéral à la faveur de la pente (ruissellement, écoulement hypodermique ou évacuation par le réseau de drainage).

3- SENSIBILITE DES SOLS A L'INFILTRATION ET AU RUISSELLEMENT

Cf. carte en hors texte

3.1- SENSIBILITE DES SOLS AU LESSIVAGE VERTICAL

La sensibilité des sols au lessivage est liée à plusieurs facteurs dont les principaux sont :

- l'épaisseur du sol d'où découle sa réserve utile, c'est-à-dire la quantité d'eau que le sol peut retenir et mettre à disposition des plantes cultivées. Cette réserve utile peut varier dans de grandes proportions : 60 mm pour un sol mince épais de 30 cm à plus de 200 mm pour un sol de 1,2 m d'épaisseur. Le premier sera lessivé beaucoup plus facilement et rapidement que le second, lors de la reprise des pluies et pendant la période d'infiltration,
- la granulométrie des sols qui joue un rôle à la fois sur l'importance de la réserve utile et la perméabilité des sols,
- l'hydromorphie (manifestation de l'engorgement en eau) dont l'intensité peut permettre le développement de phénomènes de dénitrification (élimination des nitrates et transformation en azote gazeux).

La colonne de droite du tableau des unités des sols donne une appréciation de la sensibilité des sols au lessivage.

Celle-ci a été établie en prenant en compte l'épaisseur du sol et l'intensité de l'hydromorphie observée sur le sol.

Plusieurs classes de sensibilités ont été distinguées :

➤ **Sensibilité très forte**

Unités S0B3, Q0B6, Q0B5 et Q0B4

Il s'agit des sols sains, à réserve utile faible à moyenne, se laissant facilement traverser par l'eau, dès que l'infiltration est suffisante, du fait d'une bonne perméabilité du substrat géologique. Ils correspondent aux secteurs de sable et aux buttes gréseuses.

➤ **Sensibilité forte**

Unités S0B1, S1B2 et S2B3

Il s'agit des sols sains, épais où dans lesquels l'hydromorphie n'apparaît qu'en profondeur. Sensibles au lessivage, celui-ci s'y fait plus lentement que pour les sols précédents.

➤ **Sensibilité faible**

Unités A4B4, A4B3, As4B4, As4B3, Qt4B4 et Qt4B3

Il s'agit des sols moyennement épais, dans lesquels les traces d'hydromorphie apparaissent entre 40 et 80 cm, reposant sur un substrat géologique peu perméable : altérite de grès ou argile. Ce substrat peu perméable fait obstacle à l'infiltration verticale de l'eau qui engorge rapidement le profil et peut prendre un écoulement latéral.

➤ **Sensibilité très faible**

Autres unités

Il s'agit de sols présentant des traces d'hydromorphie accentuées dès la surface, qui restent engorgés en eau une bonne partie de l'année.

Les conditions rédoxiques qui y règnent sont favorables à la mise en jeu de phénomènes de dénitrification.

Les secteurs les plus sensibles au lessivage sont les secteurs correspondant aux buttes gréseuses encadrant la zone d'étude, et aux rares secteurs à substratum sableux.

3.2- RISQUES DE RUISSELLEMENT ET D'ÉCOULEMENT LATERAL

Les secteurs à fort risque de ruissellement correspondent aux sols hydromorphes, reposant sur un substratum géologique peu perméable (altérite de grès et argile).

Le sol s'engorge rapidement en eau à l'entrée de la période de pluie et une fois le profil gorgé, l'eau prend un écoulement latéral, soit par ruissellement à la surface du sol, soit par écoulement hypodermique (à faible profondeur dans le sol).

Ces secteurs correspondent pour partie aux secteurs drainés pour lesquels celui-ci accélère le départ latéral d'eau chargée via le réseau de drainage tout en permettant la présence de cultures annuelles (céréales à paille et maïs).

CARTES HORS TEXTE

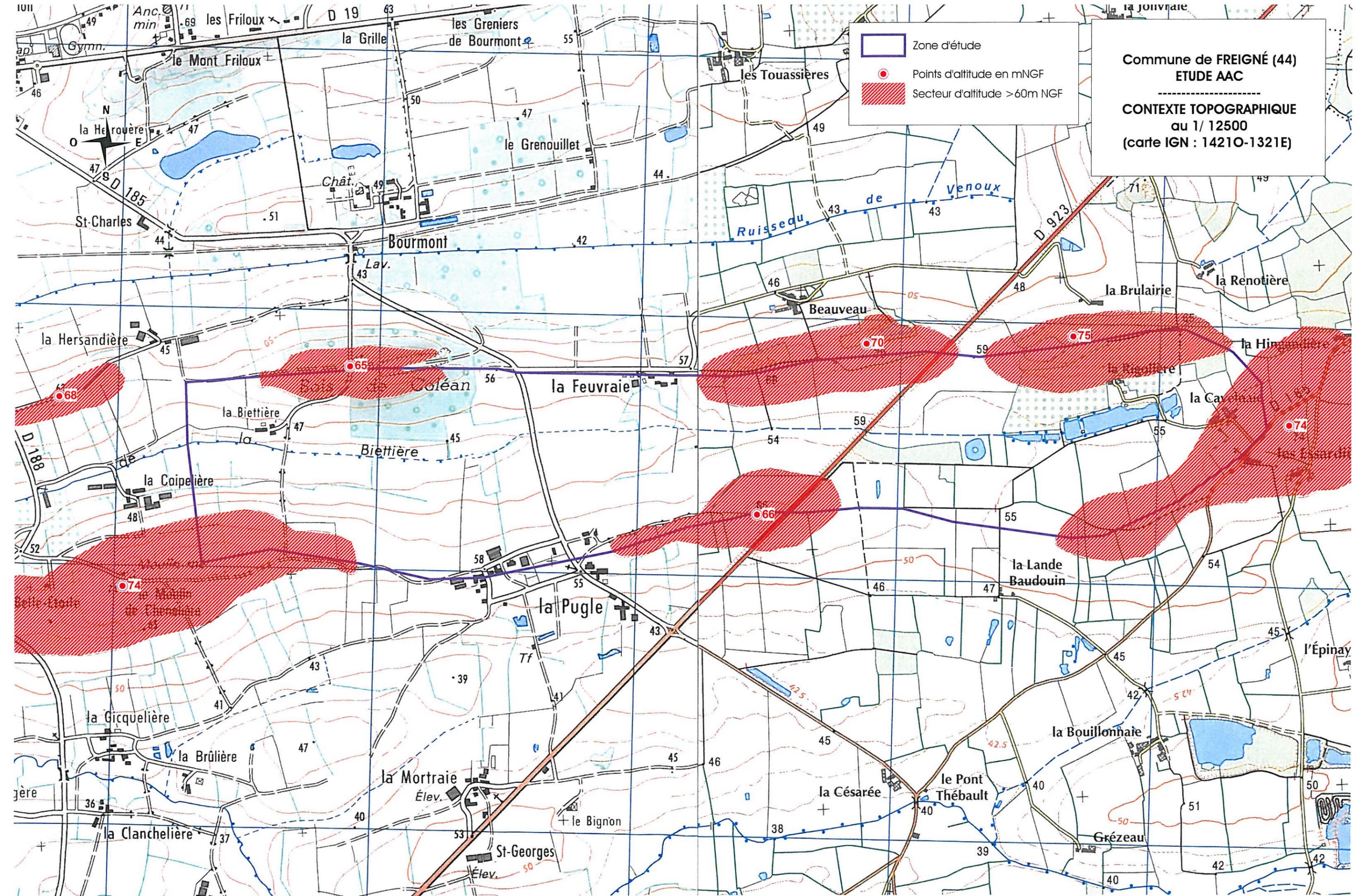
Contexte topographique

Contexte géologique

Localisation des sondages à la tarière

Carte des unités pédologiques

Sensibilité au lessivage vertical et à l'écoulement latéral



Zone d'étude
● Points d'altitude en mNGF
 Secteur d'altitude >60m NGF

Commune de FREIGNÉ (44)
ETUDE AAC

CONTEXTE TOPOGRAPHIQUE
au 1/ 12500
(carte IGN : 14210-1321E)

TERRAINS CÉNOZOÏQUES
FORMATIONS SUPERFICIELLES

- Fz Alluvions fluviales modernes : sables, limons, argiles
- Fy Très basse terrasse : sables, graviers, argiles
- RC Formations résiduelles d'altérites et colluvions limoneuses des versants

FORMATIONS TERTIAIRES

- pS Sables rouges et cailloutis (Pliocène)
- pF/pA Faciès "redoniens" (Pliocène)
pF - Faluns
pA - Argiles
- m-p Faluns d'âge incertain (Miocène à Pliocène)

Briovérien - Ordovicien

- b-025 Groupe de Bains-sur-Oust
- b-026 Membre supérieur grés-conglomératique
1 - passée conglomératique type poudingue du Droneux
- b-027 Membre inférieur silto-gréseux

UNITÉ DE REDON - NOZAY
Silurien

- S1-2H Ampelites du Houx (Llandovery - Wenlock)
- sp sphéroïdes à orthocères

Ordovicien

- 05-6E Formation des Essarts (Caradoc - Ashgill ?) : argilites silteuses subardoisières à ardoisières
- 05-6Cb Grès à *Catymenella bayani* (Caradoc - Ashgill ?)
- 02 Grès fins et argilites rosâtres (Arenig ?)

FORMATIONS SUPERFICIELLES QUATÉRNAIRES

- Fy-z Alluvions actuelles et sub actuelles
Sables et argiles (Holocène)
- Fx Alluvions anciennes (terrasses fluviales)
Cailloutis et sables (Pleistocène ?)
- Ac Altérites colluvionnées
- S Produits de solifluxion (dépôts de pente)

FORMATIONS TERTIAIRES

- Pliocène**
- pS - Sables
 - pC - Graviers
 - pA - Argiles (notation ponctuelle)

FORMATIONS PALÉOZOÏQUES (suite)
Unité de Lanvaux - Les Ponts-de-Cé

- 03-S2 Schistes du Grand Auverne (schistes d'Angers sensu lato) (Llanvirn ? - Wenlockien)
- 03-sz Altérites sur schistes et grès
1 - Intercalations gréseuses
- Am - Ampelites silureennes du Houx

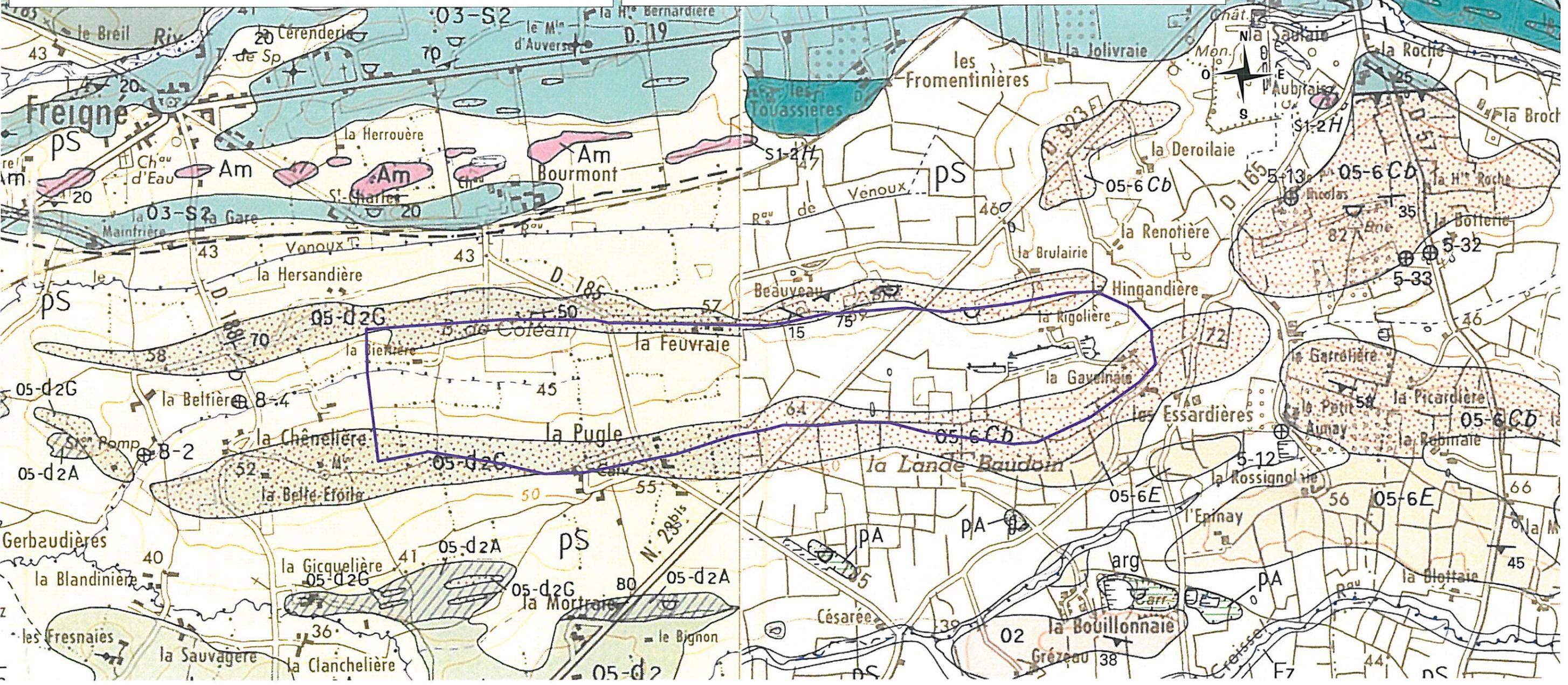
- k-02 Schistes et arkoses de Bains (Cambro Arenigien ?)
- ak-02 Altérites
- k-02A Passées ardoisières

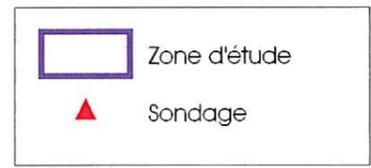
Unité de Saint-Georges-sur-Loire

- 05-d2G Complexe de Saint Georges-sur Loire (Ashgillien ? à Devonien inférieur)
- 05-d2 Faciès schisteux
- 05-d2G Faciès gréseux
- 05-d2A Faciès ardoisier
- Ph Phénites
- 05-d2 Altérites sur schistes

Commune de FREIGNÉ (44)
CARTOGRAPHIE PÉDOLOGIQUE DE
LA ZONE D'ALIMENTATION DES CAPTAGES

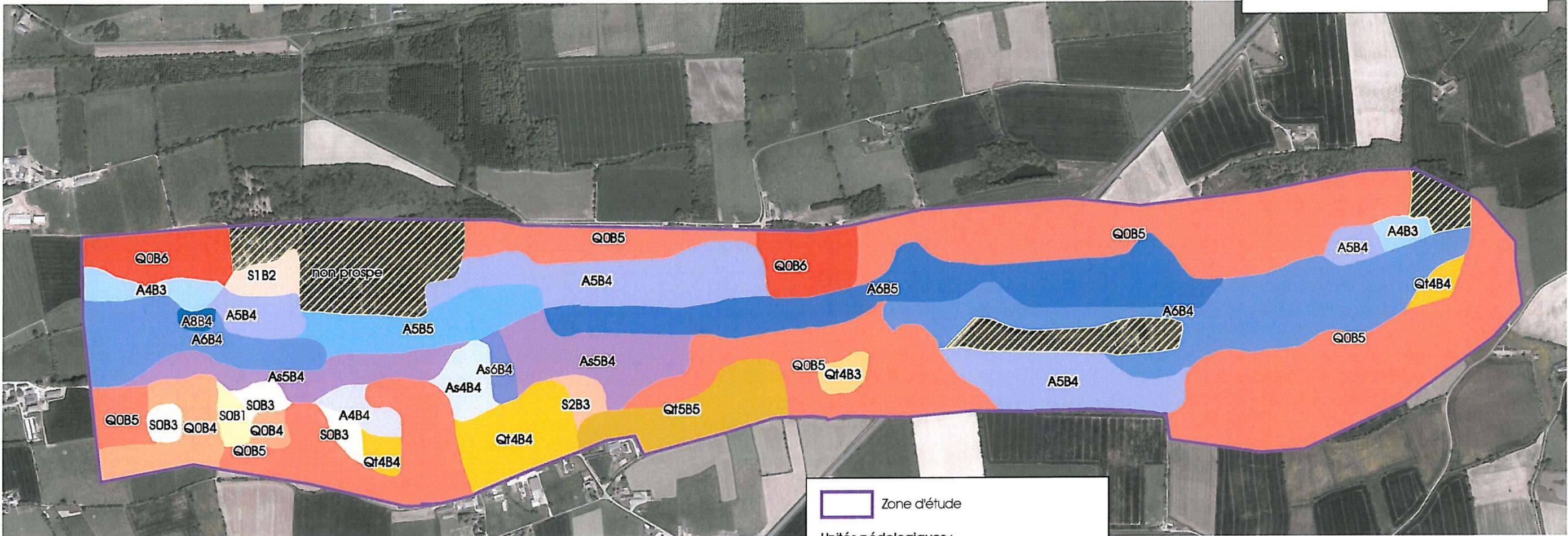
CONTEXTE GÉOLOGIQUE
au 1/ 20000
(carte BRGM 421 & 422)





Commune de FREIGNE (49)
 ETUDE DE VULNERABILITE NATURELLE

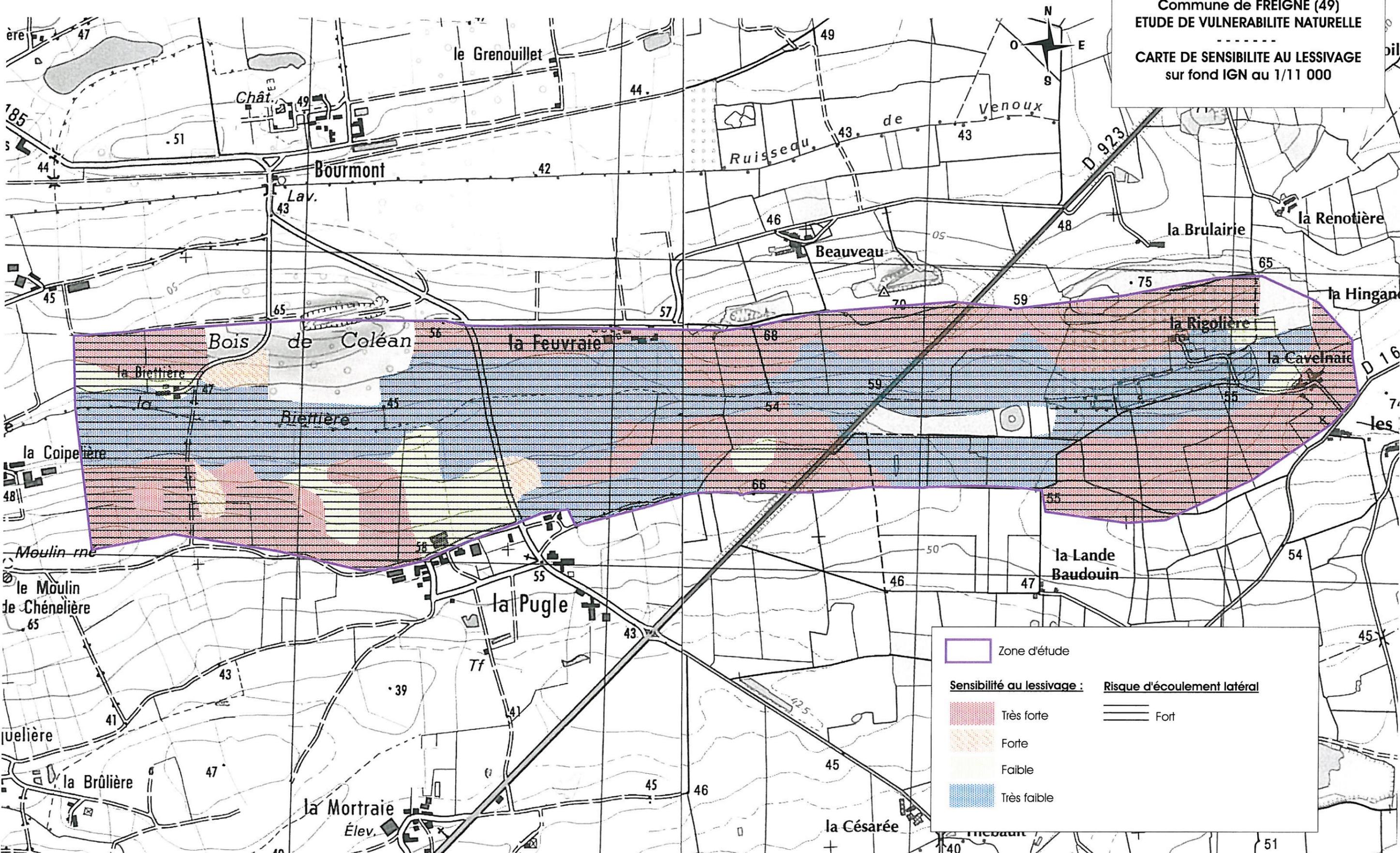
 CARTE DES UNITES PEDOLOGGIQUES
 au 1/11 000
 (sur fond aérien)

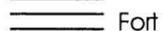


	Zone d'étude		
Unités pédologiques :			
	Non prospecté		A8B4
	SOB1		A6B5
	SOB3		A6B4
	S1B2		As6B4
	S2B3		A5B5
	QOB6		As5B4
	QOB5		A5B4
	QOB4		A4B4
	Qf5B5		As4B4
	Qf4B4		A4B3
	Qf4B3		

Commune de FREIGNE (49)
 ETUDE DE VULNERABILITE NATURELLE

 CARTE DE SENSIBILITE AU LESSIVAGE
 sur fond IGN au 1/11 000



 Zone d'étude	
Sensibilité au lessivage :	
 Très forte	Risque d'écoulement latéral
 Forte	 Fort
 Faible	
 Très faible	



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