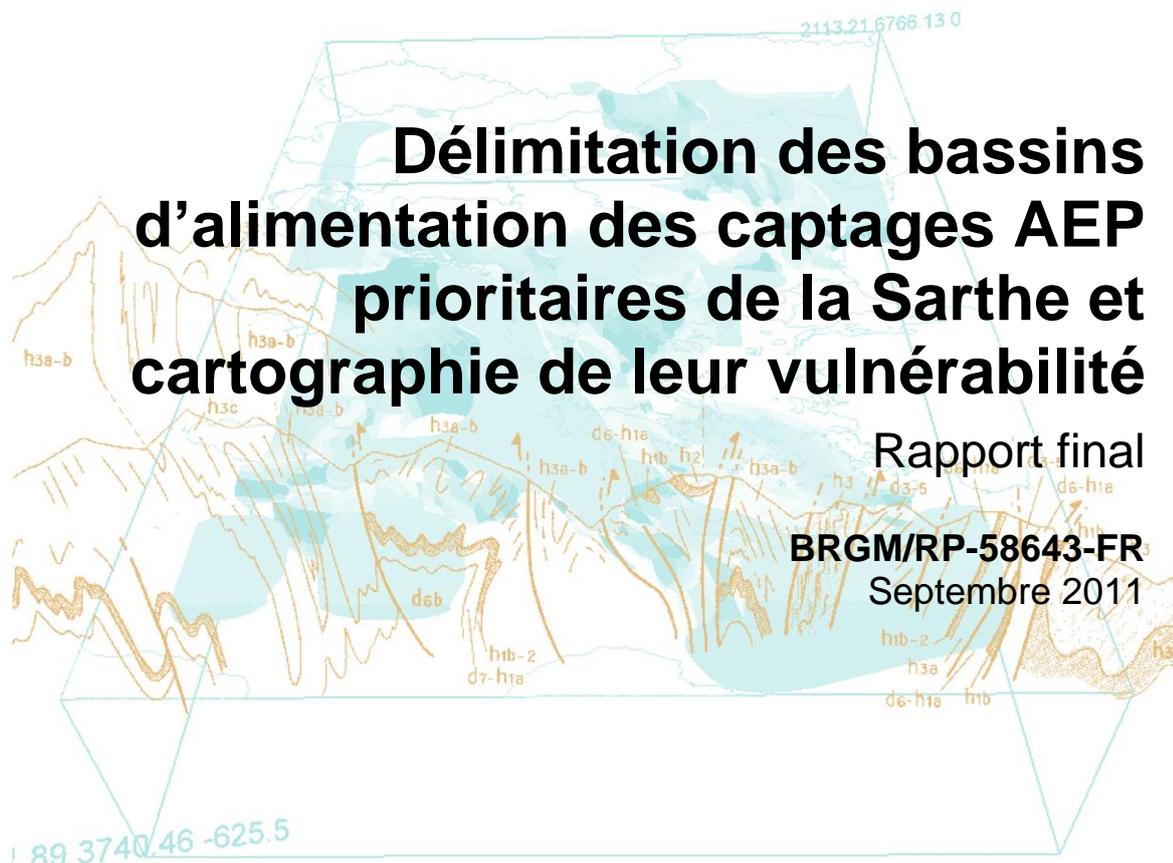


Document public



Délimitation des bassins d'alimentation des captages AEP prioritaires de la Sarthe et cartographie de leur vulnérabilité

Rapport final

BRGM/RP-58643-FR

Septembre 2011

Délimitation des bassins d'alimentation des captages AEP prioritaires de la Sarthe et cartographie de leur vulnérabilité

Rapport final

BRGM/-RP-58643-FR
Septembre 2011

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM EAUG11

P. Chrétien

Vérificateur :

Nom : A. Wuilleumier

Date : le 14 octobre 2011



Approbateur :

Nom : P. Conil

Date :

Signature :

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

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

Mots clés : bassin d'alimentation, captage, captage prioritaire, Grenelle, BAC, AEP, vulnérabilité, pollution diffuse, Sarthe, Pays-de-la-Loire.

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

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.

Synthèse

Dans le cadre de ses actions d'appui technique aux services de l'état en charge de la police de l'eau pour la région Pays-de-la-Loire, le BRGM a été sollicité en 2010 par la Direction départementale des territoires de la Sarthe (DDT72) pour valider la délimitation de trois bassins d'alimentation de captages (BAC) pour l'alimentation en eau potable (AEP) :

- captages des Basses vallées et du Taillis des Chevilleries à Domfront-en-Champagne (Syndicat intercommunal d'alimentation en eau potable [SIAEP] de Conlie),
- captages des Moutonneries et de Villeneuve à Rouessé-Fontaine (SIAEP de Rouessé-Fontaine),
- captages du Theil et de la Touche à Chantenay-Villedieu (SIAEP de Chantenay-Villedieu).

Cette demande de la DDT72 s'inscrit dans la mise en œuvre du dispositif de protection de la ressource vis-à-vis des pollutions diffuses d'origine agricole introduit par la loi sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA) du 30/12/2006, qui répond aux exigences de la Directive cadre sur l'eau (DCE).

Les travaux du BRGM s'appuient sur le guide méthodologique national de septembre 2007 « Délimitation des bassins d'alimentation de captages et de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses¹ ». Dans deux cas (Chantenay-Villedieu et Rouessé-Fontaine), le BRGM délimite des territoires plus vastes que ceux proposés par la DDT72. Dans le cas de Conlie, le BAC proposé par le BRGM est peu différent de celui élaboré en 2009 par la DDT72.

La DDT72 a ensuite confié au BRGM la tâche de cartographier la vulnérabilité de ces bassins d'alimentation de captages.

L'aquifère capté à Conlie, Rouessé-Fontaine et Chantenay-Villedieu est celui des calcaires du Bajo-Bathonien (Dogger). Il est considéré comme un aquifère poreux continu à Conlie et Rouessé-Fontaine, et discontinu fissuré à Chantenay-Villedieu (du fait des phénomènes karstiques qui y sont avérés).

- Le BAC de Conlie proposé par le BRGM a une superficie de 5,40 km² (540 ha). 8 % du BAC ont une vulnérabilité très élevée ; 59 % du BAC ont une vulnérabilité élevée ; 11% du BAC ont une vulnérabilité modérée ; 22 % du BAC ont une vulnérabilité très faible.
- Le BAC de Rouessé-Fontaine proposé par le BRGM a une superficie de 16,23 km² (1 623 ha). 4 % du BAC ont une vulnérabilité élevée ; 70 % du BAC ont

¹ Vernoux *et al.*, rapport BRGM/RP-55874-FR

une vulnérabilité modérée ; 12 % du BAC ont une vulnérabilité faible ; 14% du BAC ont une vulnérabilité très faible.

- Le BAC de Chantenay-Villedieu proposé par le BRGM a une superficie de 23,68 km² (2 268 ha). 2,4 % du BAC ont une vulnérabilité élevée ; 8,4 % ont une vulnérabilité modérée ; 72,9 % ont une vulnérabilité faible ; 16,3 % ont une vulnérabilité très faible.

Sommaire

1. Introduction	11
2. Éléments de méthodologie	13
2.1. NOTION DE BASSIN D'ALIMENTATION D'UN CAPTAGE	13
2.2. NOTION D'AIRE D'ALIMENTATION DE CAPTAGE	16
2.3. OUTIL POUR LA DÉTERMINATION DES COURBES ENVELOPPES DE LA PORTION DE NAPPE ALIMENTANT LE CAPTAGE	17
2.4. COHÉRENCE AVEC LES PÉRIMÈTRES DE PROTECTION	17
2.5. CARTOGRAPHIE DE LA VULNÉRABILITÉ.....	17
3. Captages des Basses Vallées et du Taillis des Chevilleries à Domfront-en- Champagne (SIAEP de Conlie)	19
3.1. DOCUMENTS CONSULTÉS.....	19
3.2. CONTEXTES.....	19
3.2.1. Hydrographie.....	19
3.2.2. Hydrogéologie	20
3.3. DESCRIPTION DES OUVRAGES DE PRODUCTION D'EAU POTABLE	24
3.3.1. Forage « les Basses Vallées » 03225X0001	24
3.3.2. Forage « le Taillis des Chevilleries » 03225X0005	24
3.4. DÉLIMITATION DU BASSIN D'ALIMENTATION DU CAPTAGE.	24
3.4.1. Détermination des cônes d'appel des captages.....	24
3.4.2. Crêtes piézométriques.....	25
3.4.3. Crêtes topographiques	26
3.4.4. Cohérence avec les périmètres de protection des captages.....	26
3.5. CHOIX DE LA MÉTHODE DE CALCUL DE LA VULNÉRABILITÉ.....	29
3.5.1. Type d'aquifère.....	29
3.5.2. Paramètres pris en compte	29
3.6. CLASSIFICATION DES PARAMÈTRES	30
3.6.1. Pluies efficaces.....	32
3.6.2. Couverture pédologique protectrice	32
3.6.3. Infiltration	32

3.6.4. Épaisseur de la zone non saturée (ZNS)	33
3.6.5. Perméabilité	34
3.7. ANALYSE MULTICRITÈRES – NOTE DE VULNÉRABILITÉ	35
4. Captages des Moutonnières et de Villeneuve (SIAEP de Rouessé-Fontaine)..	39
4.1. DOCUMENTS CONSULTÉS	39
4.2. CONTEXTES	39
4.2.1. Hydrographie.....	39
4.2.2. Hydrogéologie	41
4.2.3. Géologie structurale	45
4.3. DESCRIPTION DES OUVRAGES DE PRODUCTION D'EAU POTABLE.....	49
4.3.1. Puits des Moutonnières : 02876X0001/P1 et 02876X0002/P2	50
4.3.2. Forages de Villeneuve : 02872X0540/AEP et 02872X0542/FREC04.....	51
4.3.3. Détermination des cônes d'appel des champs captant.....	52
4.4. DÉLIMITATION DES BASSINS D'ALIMENTATION DES CAPTAGES	53
4.4.1. BAC des Moutonnières	53
4.4.2. BAC de Villeneuve	54
4.4.3. Comparaison entre volume d'eau potable produit et ressource renouvelable (pluie efficace)	55
4.4.4. Cohérence avec les périmètres de protection des captages	59
4.5. CHOIX DE LA MÉTHODE DE CALCUL DE LA VULNÉRABILITÉ	61
4.5.1. Type d'aquifère	61
4.5.2. Paramètres pris en compte	61
4.6. CLASSIFICATION DES PARAMÈTRES.....	61
4.6.1. Pluies efficaces	61
4.6.2. Couverture pédologique protectrice	61
4.6.3. Infiltration.....	62
4.6.4. Épaisseur de la zone non saturée (ZNS)	64
4.6.5. Perméabilité	65
4.7. ANALYSE MULTICRITÈRES – NOTE DE VULNÉRABILITÉ	66
5. Captages du Theil et de la Touche (SIAEP de Chantenay-Villedieu)	69
5.1. DOCUMENTS CONSULTÉS	69
5.2. CONTEXTES	69

5.2.1. Hydrographie	69
5.2.2. Hydrogéologie	71
5.2.3. Phénomènes karstiques dans les calcaires du Dogger	75
5.2.4. Géologie structurale	76
5.3. DESCRIPTION DES OUVRAGES DE PRODUCTION D'EAU POTABLE	76
5.3.1. Le Theil 03577X0037	76
5.3.2. La Touche 03577X0001	77
5.4. BASSINS D'ALIMENTATION DES CAPTAGES	77
5.5. CHOIX DE LA MÉTHODE DE CALCUL DE LA VULNÉRABILITÉ.....	81
5.5.1. Type d'aquifère.....	81
5.5.2. Paramètres pris en compte	81
5.6. CLASSIFICATION DES PARAMÈTRES	82
5.6.1. Discontinuités	82
5.6.2. Sol – Couverture pédologique protectrice	83
5.6.3. Infiltration (IDPR)	87
5.7. ANALYSE MULTICRITÈRES – NOTE DE VULNÉRABILITÉ	87
6. Conclusion	91
7. Bibliographie.....	93

Liste des illustrations

Illustration 1 : carte de situation dans le département de la Sarthe des trois communes concernées par l'étude.....	11
Illustration 2 : définition du bassin d'alimentation du captage (in Bussard, 2005).....	14
Illustration 3 : bassin hydrogéologique et bassin d'alimentation dans un cas simple (in Vernoux et al., BRGM/RP-55332-FR, 2007).....	15
Illustration 4 : cas où la surface entre crêtes topo et piézo est imperméable (in Vernoux et al., BRGM/RP-55332-FR, 2007)	15
Illustration 5 : cas d'une nappe captive (in Vernoux et al., BRGM/RP-55332-FR, 2007)	16
Illustration 6 : carte topographique de la région de Conlie (© IGN).....	20
Illustration 7 : série lithostratigraphique des terrains jurassiques et crétacés présent à Domfront-en-Champagne	21
Illustration 8 : variations piézométriques de la nappe des calcaires du Dogger à Conlie	22
Illustration 9 : carte géologique de la région de Conlie.....	23

Illustration 10 : zones d'appel des forages de Conlie.....	25
Illustration 11 : bassin d'alimentation des captages du SIAEP de Conlie	27
Illustration 12 : zone non saturée d'un aquifère	30
Illustration 13 : discrétisation du BAC de Conlie	31
Illustration 14 : valeur moyenne de l'IDPR par entité géologique sur le BAC de Conlie.....	33
Illustration 15 : interpolation des isopièzes hautes eaux de la nappe du Dogger (d'après Pivette, 2002).....	34
Illustration 16 : forçage de la note de vulnérabilité à l'aval des captages et sur les marnes de Chevain.....	36
Illustration 17 : cartographie de la vulnérabilité du BAC de Conlie	37
Illustration 18 : carte topographique du secteur de Rouessé-Fontaine (© IGN)	40
Illustration 19 : carte géologique du secteur de Rouessé-Fontaine	43
Illustration 20 : coupe géologique schématique du secteur de Rouessé-Fontaine (in Pivette, 2008).....	46
Illustration 21 : géologie structurale du fossé de Fyé, à l'ouest des captages	47
Illustration 22 : localisation des ouvrages de production d'eau du SAEP de Rouessé-Fontaine.....	49
Illustration 23 : zones d'appel des ouvrages du SAEP de Rouessé-Fontaine	52
Illustration 24 : bassin d'alimentation des captages des Moutonnières (Rouessé-Fontaine).....	57
Illustration 25 : bassin d'alimentation des forages de Villeneuve (Rouessé-Fontaine).....	58
Illustration 26 : extension des BAC de Rouessé-Fontaine pour assurer la conformité avec les périmètres de protection existants	59
Illustration 27 : bassins d'alimentation des ouvrages de production de Rouessé-Fontaine.....	60
Illustration 28 : valeur moyenne de l'indice IDPR par entité géologique dans le secteur d'étude	63
Illustration 29 : interpolation des isopièzes hautes eaux de la nappe du Dogger (d'après Pivette, 2002).....	64
Illustration 30 : épaisseur de la zone non saturée dans le nord-est du BAC de Villeneuve	65
Illustration 31 : cartographie de la vulnérabilité des BAC de Rouessé-Fontaine	67
Illustration 32 : le réseau hydrographique des affluents de la Sarthe se développe dans la région de Chantenay-Villedieu selon des axes nord-sud	70
Illustration 33 : carte topographique du secteur de Chantenay-Villedieu.....	73
Illustration 34 : carte géologique du secteur de Chantenay-Villedieu	74
Illustration 35 : implantation des forages de la Touche et du Theil (Chantenay-Villedieu)	77
Illustration 36 : BAC de Chantenay-Villedieu	79

Illustration 37 : carte géologique simplifiée du bassin de Chantenay-Villedieu (Calligée, 1999) figurant les circulations souterraines prouvées par traçage	85
Illustration 38 : valeur moyenne de l'indice IDPR par entité géologique du BAC de Chantenay-Villedieu	88
Illustration 39 : cartographie de la vulnérabilité du BAC de Chantenay-Villedieu.....	89

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 (in Guide méthodologique BRGM/RP-55874-FR).....	30
Tableau 3 : classification du critère sol (in Guide méthodologique BRGM/RP-55874-FR)	31
Tableau 4 : paramètres pris en compte dans le calcul de la note de vulnérabilité d'un système aquifère discontinu fissuré	81
Tableau 5 : description des classes du paramètre « discontinuités », adaptées du guide méthodologique national	82
Tableau 6 : distance parcourue par les traceurs en 3 et 10 jours.....	83

Liste des annexes

Annexe 1 Coupes techniques des forages du SIAEP de Conlie	95
Annexe 2 Notation des paramètres pris en compte pour le calcul de la vulnérabilité du BAC de Conlie.....	99
Annexe 3 Coupes techniques des ouvrages de Rouessé-Fontaine.....	105
Annexe 4 Carte piézométrique et lignes de courant des calcaires du Dogger issues d'une modélisation réalisée par Pivette Consultant (in rapport 279/00/Ra.180, nov. 2002)	111
Annexe 5 Notation des paramètres pris en compte pour le calcul de la vulnérabilité des BAC de Rouessé-Fontaine	115
Annexe 6 Coupes techniques des ouvrages de Chantenay-Villedieu.....	121
Annexe 7 Bassin d'alimentation des captages de Chantenay-Villedieu.....	125
Annexe 8 Notation des paramètres pris en compte pour le calcul de la vulnérabilité des BAC de Chantenay-Villedieu	133
Annexe 9 Cartographie de la vulnérabilité du BAC de Chantenay-Villedieu	139

1. Introduction

Dans le cadre de la mise en œuvre du dispositif de protection de la ressource vis-à-vis des pollutions diffuses d'origine agricole introduit par la loi sur l'eau et les milieux aquatiques (LEMA) du 30/12/2006, qui répond aux exigences de la Directive cadre sur l'eau (DCE), l'hydrogéologue de la Direction départementale des territoires de la Sarthe (DDT 72) a délimité en 2009 les bassins d'alimentation des trois captages prioritaires « Grenelle » du département :

- captages des Basses vallées et du Taillis des Chevilleries à Domfront-en-Champagne (Syndicat intercommunal d'alimentation en eau potable [SIAEP] de Conlie),
- captages des Moutonneries et de Villeneuve à Rouessé-Fontaine (SIAEP de Rouessé-Fontaine),
- captages du Theil et de la Touche à Chantenay-Villedieu (SIAEP de Chantenay-Villedieu).

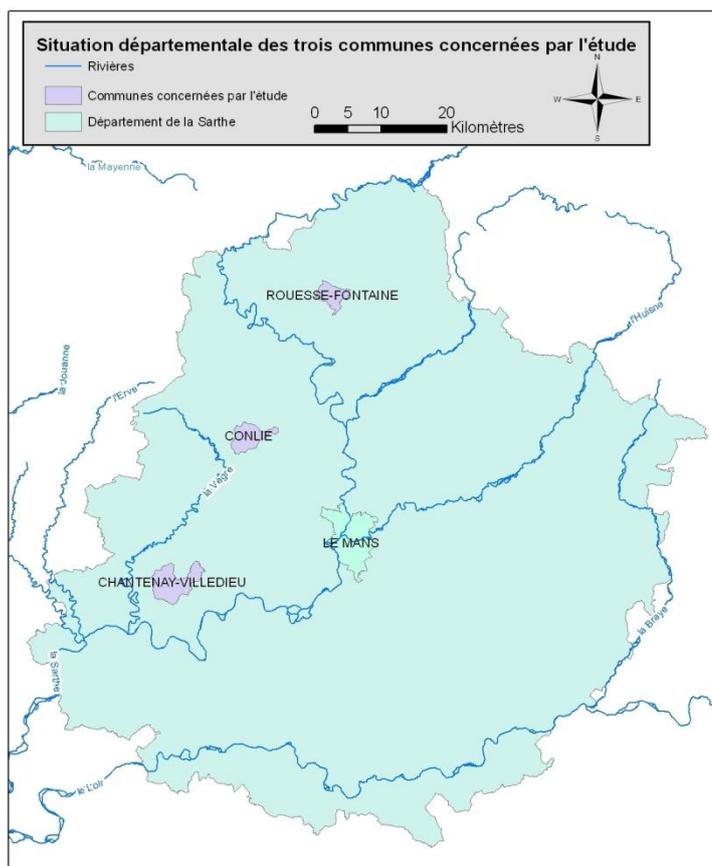


Illustration 1 : carte de situation dans le département de la Sarthe des trois communes concernées par l'étude

En février 2010, la DDT 72 a sollicité le BRGM pour qu'il remette un avis sur la délimitation des trois BAC. Celui-ci a présenté au groupe de travail constitué par la DDT 72 (comprenant des membres de l'Agence de l'eau Loire-Bretagne, du Conseil général de la Sarthe, de l'Agence régionale de santé) en septembre 2010 le résultat de ses travaux, qui s'appuient sur la méthodologie nationale décrite dans le guide BRGM/RP-55874-FR « Délimitation des bassins d'alimentation des captages et cartographie de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses » : quelques modifications mineures sont apportées au BAC de Conlie, et une nouvelle délimitation des BAC de Rouessé-Fontaine et Chantenay-Villedieu est proposée.

Constatant que la superficie des nouveaux BAC de Rouessé-Fontaine et Chantenay-Villedieu était trop vaste pour autoriser la définition d'une vulnérabilité intrinsèque identique sur toute leur étendue (ce qui aurait conduit à la mise en œuvre du programme d'actions sur l'intégralité de leur étendue), la DDT 72 a alors demandé au BRGM de compléter ses travaux en cartographiant et hiérarchisant cette vulnérabilité (y compris celle du BAC de Conlie), afin qu'elle puisse dans une phase ultérieure identifier les zones d'actions prioritaires.

Nous présentons dans ce rapport la délimitation des BAC réalisée par le BRGM et la cartographie de leur vulnérabilité.

2. Éléments de méthodologie

Les éléments qui suivent proviennent du rapport BRGM/RP-55332-FR (Vernoux *et al.*, 2007), auquel le lecteur pourra se référer pour plus de détails.

2.1. NOTION DE BASSIN D'ALIMENTATION D'UN CAPTAGE

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 (Castany et Margat, 1977).

À l'instar du bassin versant topographique, le bassin versant hydrogéologique correspond au domaine souterrain dans lequel les écoulements convergent vers un point bas appelé exutoire (la source, les captages). C'est donc à la surface de la nappe souterraine (surface piézométrique) que l'on se réfère pour calculer les pentes et le contour des bassins versants hydrogéologiques. Le bassin versant ainsi défini peut ne pas être confondu avec le bassin versant de surface. En effet, la forme de la surface piézométrique ne dépend pas seulement de la localisation des zones d'infiltration, mais également de la distribution des perméabilités, de la forme des couches imperméables qui constituent la base de la nappe pour les nappes libres et de la répartition des pressions (ou charge) pour les nappes captives ; le principe de base de l'écoulement souterrain est qu'il se dirige des charges les plus élevées vers les charges les plus faibles (*i.e.* dans le sens des potentiels décroissants).

Dans un bassin versant souterrain, on peut définir une portion de nappe d'eau souterraine alimentant le captage (PNAC) : elle représente l'ensemble des particules d'eau située en un endroit de la zone saturée qui termineront leur course dans le captage (premier schéma de l'illustration 2).

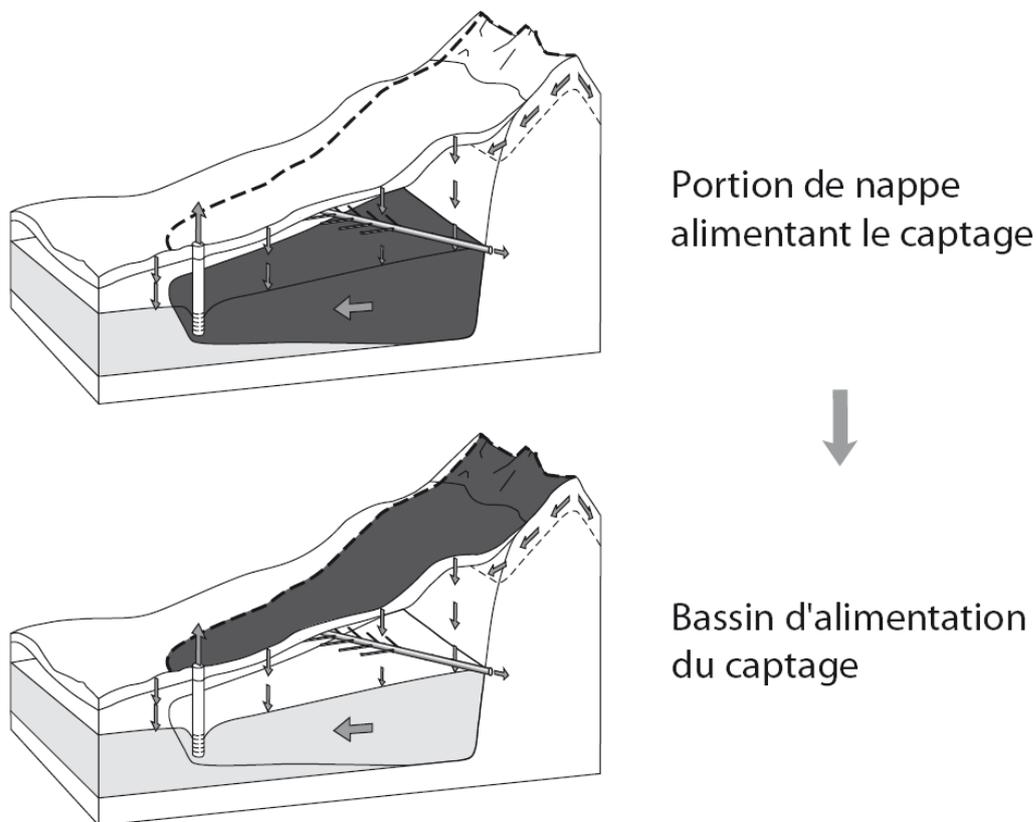


Illustration 2 : définition du bassin d'alimentation du captage (in Bussard, 2005)

Le bassin d'alimentation d'un captage (BAC) est le lieu des points de la surface du sol qui contribuent à l'alimentation du captage (second schéma de l'illustration 2). Dans les cas simples, le BAC concerne un seul aquifère et correspond à la projection en surface de la portion de nappe alimentant le captage. C'est ce que montre l'illustration 3, cette dernière présentant une surface infiltrante entre la crête topographique et la crête piézométrique. Si cette surface était imperméable, le BAC serait plus réduit et à l'inverse le bassin d'alimentation de la source serait plus étendu (Illustration 4). Dans la pratique une surface étant rarement totalement ruisselante ou infiltrante, la zone située entre la crête topographique et la crête piézométrique devrait être prise en compte pour les deux bassins, les deux BAC ayant alors une partie commune.

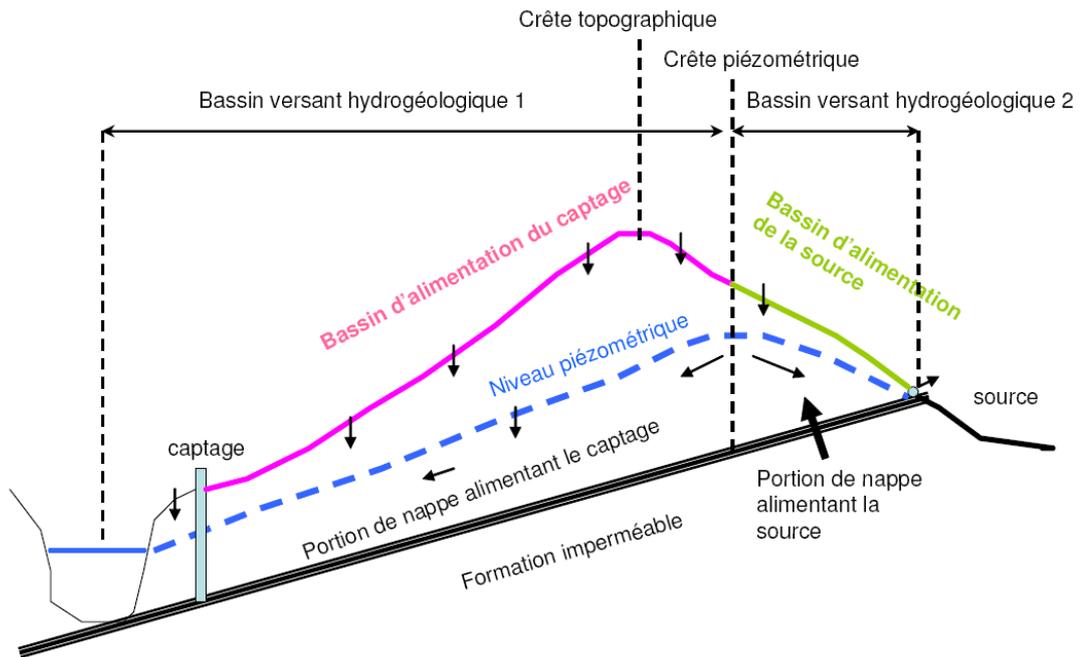


Illustration 3 : bassin hydrogéologique et bassin d'alimentation dans un cas simple (in Vernoux et al., BRGM/RP-55332-FR, 2007)

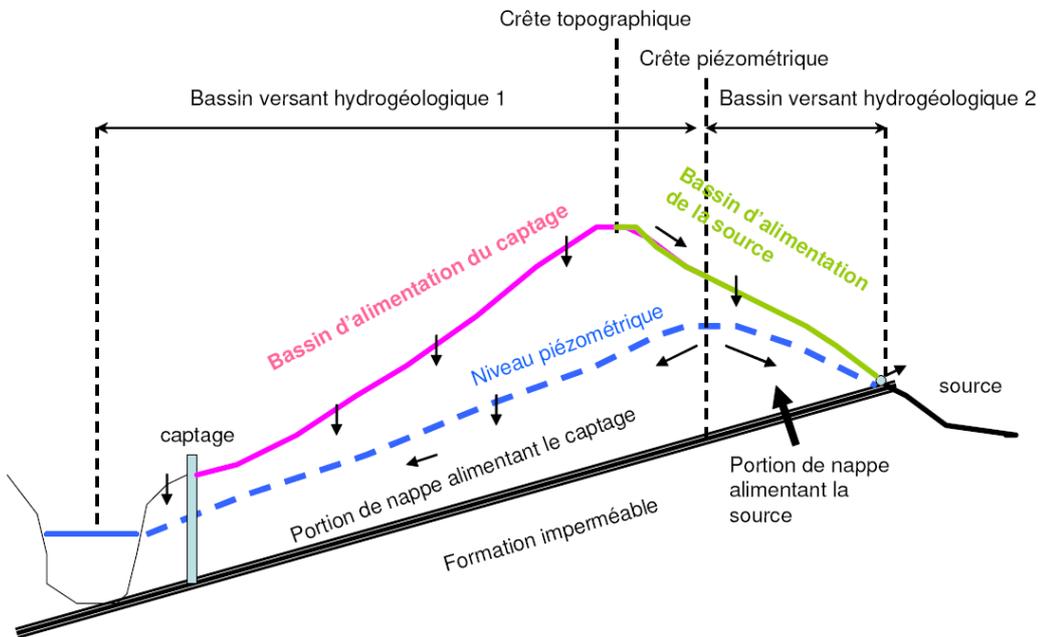


Illustration 4 : cas où la surface entre crêtes topo et piézo est imperméable (in Vernoux et al., BRGM/RP-55332-FR, 2007)

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.

Signalons que le BAC peut-être de dimension plus réduite que le bassin versant de surface si la nappe est captive (Illustration 5). Dans ce cas, il peut arriver qu'une zone à proximité du captage ne participe pas à son alimentation. Dans une telle situation, il est essentiel de s'assurer que l'homme n'a pas détérioré la bonne protection naturelle dont bénéficie la ressource en eau, au travers par exemple de forages de mauvaise conception.

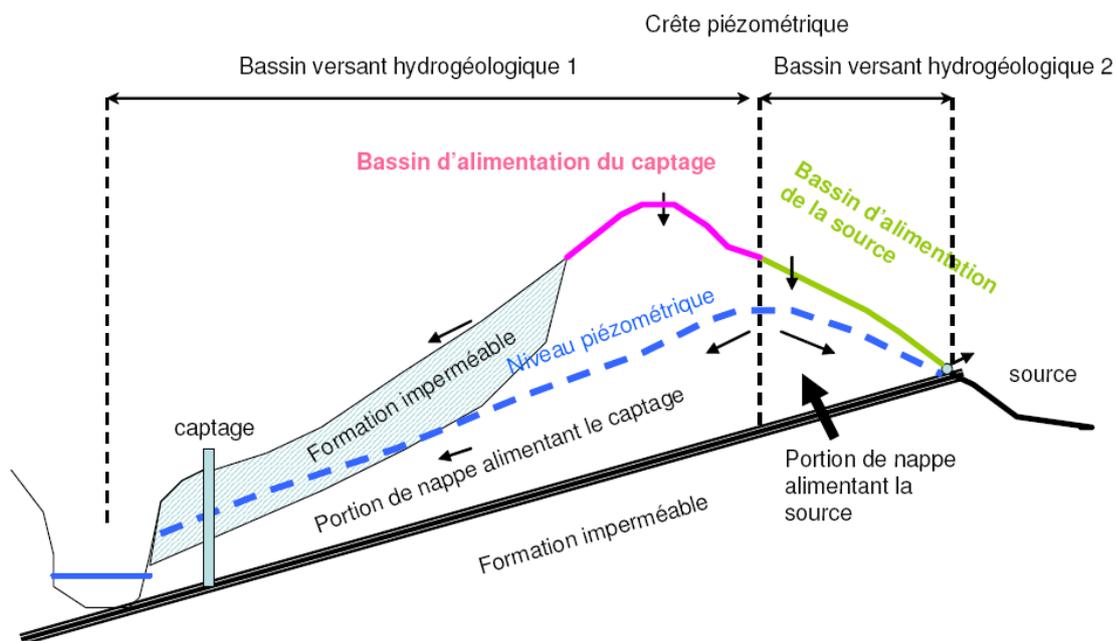


Illustration 5 : cas d'une nappe captive (in Vernoux et al., BRGM/RP-55332-FR, 2007)

2.2. NOTION D'AIRE D'ALIMENTATION DE CAPTAGE

Pour ce qui concerne les eaux souterraines, il convient de considérer que les notions de « bassin d'alimentation de captages » et d'aires d'alimentation de captages » sont équivalentes.

2.3. OUTIL POUR LA DÉTERMINATION DES COURBES ENVELOPPES DE LA PORTION DE NAPPE ALIMENTANT LE CAPTAGE

Ces courbes enveloppes sont générées à partir d'une approche statistique – dite de Monte-Carlo – basée sur un grand nombre de valeurs pour le jeu de paramètres considérés dans le calcul de la PNAC. L'approche est basée sur un écoulement unidirectionnel en domaine captif. L'équation analytique utilisée découle de celles de Bear et Jacob.

L'outil calcule 5000 valeurs de transmissivité (T) de façon aléatoire entre deux bornes fixées par l'utilisateur. À partir de là, il calcule les coordonnées des points de la courbe enveloppe (X, Y et R pour différentes valeur de θ) pour chaque T, à partir de la localisation du captage AEP (dont les coordonnées sont fournies par l'utilisateur). La direction de l'écoulement régional est introduite et les résultats sont fournis sous forme de points de coordonnées métriques.

Les données à fournir par l'utilisateur sont :

- les bornes mini et maxi de la transmissivité ;
- le gradient hydraulique en régime naturel ;
- la valeur du débit de pompage (en $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$) ;
- l'angle fait par l'écoulement régional avec un axe est-ouest ;
- les coordonnées cartésiennes métriques du captage d'eau potable ;
- le cas échéant, le coefficient de dispersion pris en compte ;
- les angles θ pour lesquels les coordonnées des points des courbes enveloppes sont calculées.

La zone d'appel d'extension maximale est obtenue pour le débit de pompage maximal et la transmissivité minimale.

2.4. COHÉRENCE AVEC LES PÉRIMÈTRES DE PROTECTION

Il importe d'assurer la cohérence entre la délimitation du BAC et la délimitation des périmètres de protection. Ces derniers, y compris le périmètre de protection éloigné, doivent être inclus dans le BAC.

2.5. 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. 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. S'agissant des résultats présentés ici, la méthode de travail proposée par la DDT72 comprenait la formation d'un groupe de travail constitué de l'AELB, du CG72, du BRGM et de la DDT72. Les principaux résultats du travail réalisé par le BRGM (méthodologie, délimitation du BAC, cartographie de la vulnérabilité) ont été présentés à ce groupe de travail à mesure que l'étude avançait et ont fait l'objet de discussions avant d'aboutir à la validation des résultats en mai 2011.

3. Captages des Basses Vallées et du Taillis des Chevilleries à Domfront-en-Champagne (SIAEP de Conlie)

3.1. DOCUMENTS CONSULTÉS

Les documents consultés pour établir la délimitation du bassin d'alimentation du captage de Conlie et hiérarchiser sa vulnérabilité sont les suivants :

- Cartes géologiques au 1/50 000 (et notices associées) de Sillé-le-Guillaume, Loué et Beaumont-sur-Sarthe
- Carte géologique harmonisée du département de la Sarthe
- Cartes topographiques au 1 /25 000 (© IGN)
- Données de la Banque du Sous-Sol (BSS)
- Guide méthodologique national pour la délimitation des bassins d'alimentation des captages et cartographie de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses (rapport BRGM/RP-55874-FR, sept. 2007)
- Syndicat intercommunal d'alimentation en eau potable (SIAEP) de la région de Conlie. Protection des points de prélèvements d'eau destinée à la consommation humaine. Mémoire explicatif et descriptif. Forage les Basses Vallées et le Taillis de Chevilleries, commune de Domfront-en-Champagne (rapport SAFEGE 3367, janv. 2006)
- Avis de l'hydrogéologue agréé en matière d'hygiène publique sur la définition des périmètres de protection des captages des Basses Vallées et le Taillis de Chevilleries à Domfront-en-Champagne (M. Y. FORET, oct. 2003).
- SIAEP de la région de Conlie. Forages les Basses Vallées et le Taillis de Chevilleries. Études préalables à la définition des périmètres de protection. Tomes 1&2 (rapport Pivette ingénieur-conseil 315/00/Ra.169, août 2002).
- SIAEP de la région de Conlie. Forages les Basses Vallées et le Taillis de Chevilleries. Domfront-en-Champagne. Étude d'environnement (rapport du bureau d'études ASTER E061, mars 2002).

3.2. CONTEXTES

3.2.1. Hydrographie

La Sarthe coule à une quinzaine de kilomètres à l'est de Conlie. La Vègre coule à 5 km à l'ouest. Plusieurs cours d'eau de moindre importance coulent plus près :

- le ruisseau de la Serruère (affluent de la Vègre ; il porte le nom de « Gironde » dans sa partie amont), à Conlie (cf. Illustration 6).
- les ruisseaux du Gué Gris et de Vrai qui s'unissent pour former le ruisseau de la Courbe (affluent de la Sarthe), à l'est de Domfront-en-Champagne.

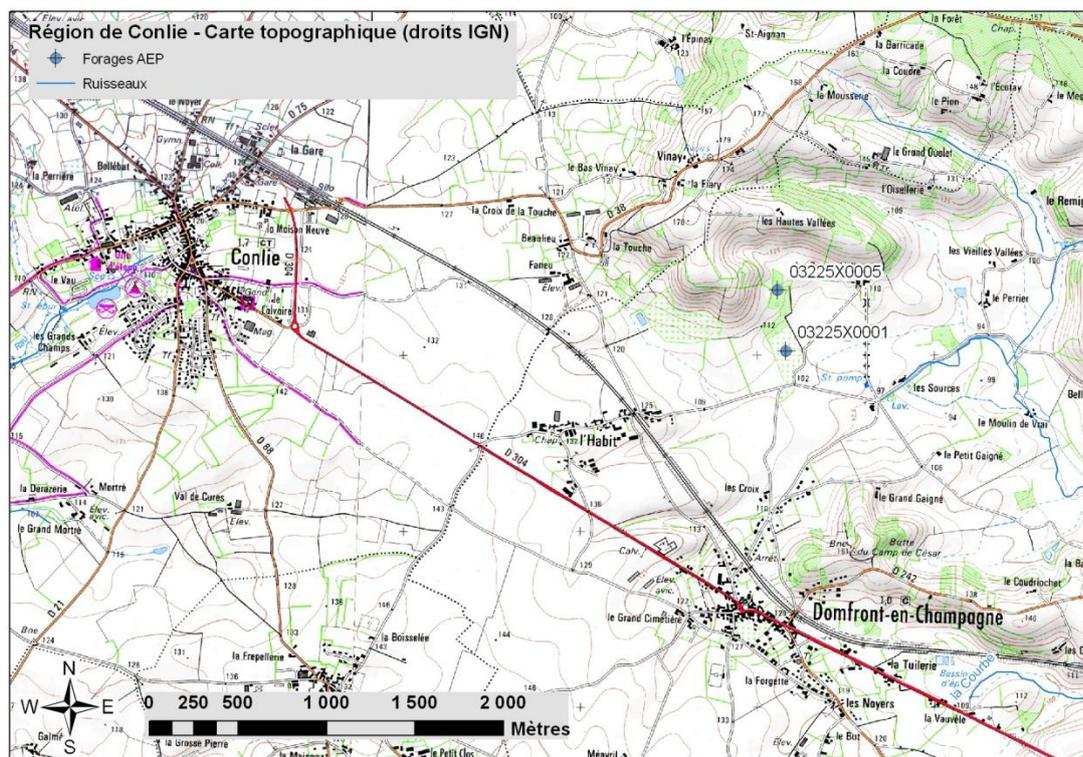


Illustration 6 : carte topographique de la région de Conlie (© IGN)

3.2.2. Hydrogéologie

Les formations géologiques qui affleurent dans la région de Conlie s'étagent du Toarcien inférieur (Jurassique inférieur) au Cénomanién (Crétacé supérieur). Cette série sédimentaire renferme deux aquifères : les calcaires du Dogger et les sables et grès du Maine. Les forages concernés par cette étude exploitent les calcaires du Dogger.

Etage	Lithologie	Epaisseur	Nappe ?
Cénomaniens supérieur	Sables et Grès du Perche	placages	aquifère
Cénomaniens moyen	Sables et Grès du Maine	10-15 m	
Cénomaniens inférieur	Argile glauconieuse à minéral de fer et Marnes de Ballon indifférenciées	10-15 m	aquitard
Calloviens inférieur et moyen	Argile sableuse et Oolithe ferrugineuse de l'Antonnière indifférenciées	15 m	
	Marnes et Calcaires sableux d'Assé le Riboul		
Calloviens inférieur	Marnes du Chevain, Marnes de Domfront en Champagne	40-45 m	
Bathoniens supérieur	Oolithe ferrugineuse à Montlivaultia	< 1 m	aquifère du Dogger (+ sommet du Lias)
	Calcaire à Montlivaultia	1-1,5 m	
Bajociens et Bathoniens moyen	Calcaire du Saosnois, Calcaire de la Champagne de Conlie	30-35 m	
Bajociens supérieur-Bathoniens moyen	Calcaire à bivalves de Conlie		
	Oolithe sableuse blanche		
Toarciens inférieur	Sables et calcaires de Vaurouin, argile et sable	15 m?	

Illustration 7 : série lithostratigraphique des terrains jurassiques et crétacés présent à Domfront-en-Champagne

A la base du Toarcien inférieur, les sables de Vaurouin sont trop fins pour constituer un bon aquifère (ils sont néanmoins exploités par quelques puits particuliers). Le Toarcien inférieur devient calcaire à son sommet (calcaires de Vaurouin) et constitue alors la base de l'aquifère du Dogger, aquifère d'importance régionale. Ces formations calcaires sont fracturées et présentent une bonne perméabilité, notamment dans les horizons superficiels et lorsque la nappe est libre. Des phénomènes karstiques sont parfois signalés mais cela ne semble pas être le cas dans le secteur de Conlie.

Dans sa partie libre, la surface piézométrique est en général proche de la surface et la faible épaisseur de la zone non saturée rend cet aquifère vulnérable aux pollutions. Vers le nord-est la nappe devient captive sous les Marnes calloviennes qui constituent alors une bonne protection.

A l'est, le sommet des buttes est occupé par des terrains sableux cénomaniens (sables et grès du Maine, sables et grès du Perche), aquifères quoique peu étendus, et qui n'offrent que des réserves modestes dans le secteur. Celles-ci peuvent être à l'origine de sources de débordement qui forment alors des ruisseaux temporaires de faibles débits.

La nappe s'écoule en direction du nord-est (la piézométrie de la nappe représentée sur l'illustration 9 est issue d'une campagne de mesure réalisée par le bureau d'études Pivette au printemps 2001). Le gradient hydraulique est modéré, avec une pente de 1% sur la zone. La surface de la nappe épouse le relief topographique en en atténuant les variations brusques.

Le piézomètre 03218X0022 implanté à Conlie enregistre les variations du niveau de la nappe des calcaires du Dogger depuis 1995. L'illustration 8 montre que les variations présentent un cycle annuel bien marqué (et probablement un cycle pluriannuel, mais

on manque de recul pour l'affirmer avec certitude). L'amplitude des fluctuations annuelles est faible, de l'ordre de 1,5 m en moyenne.

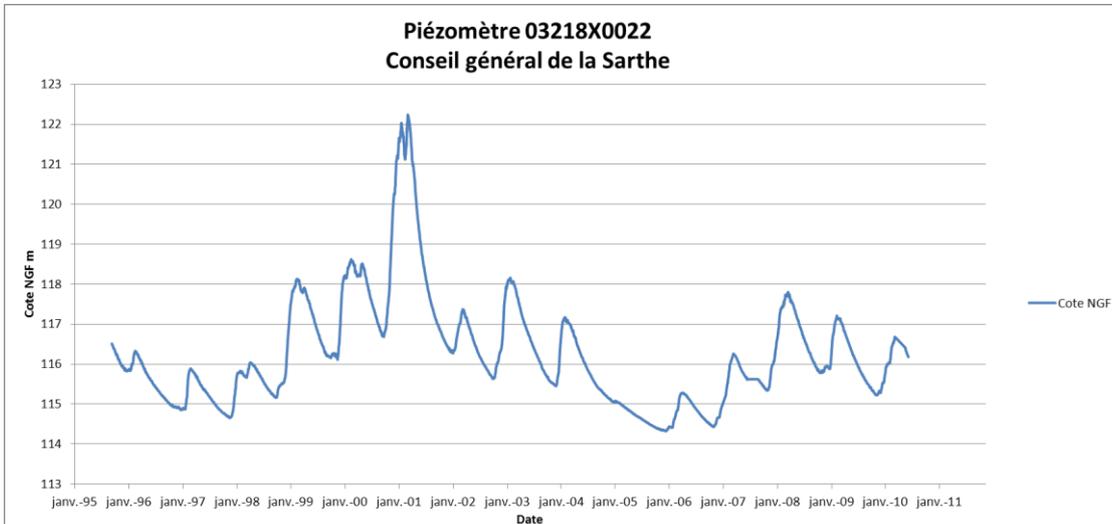
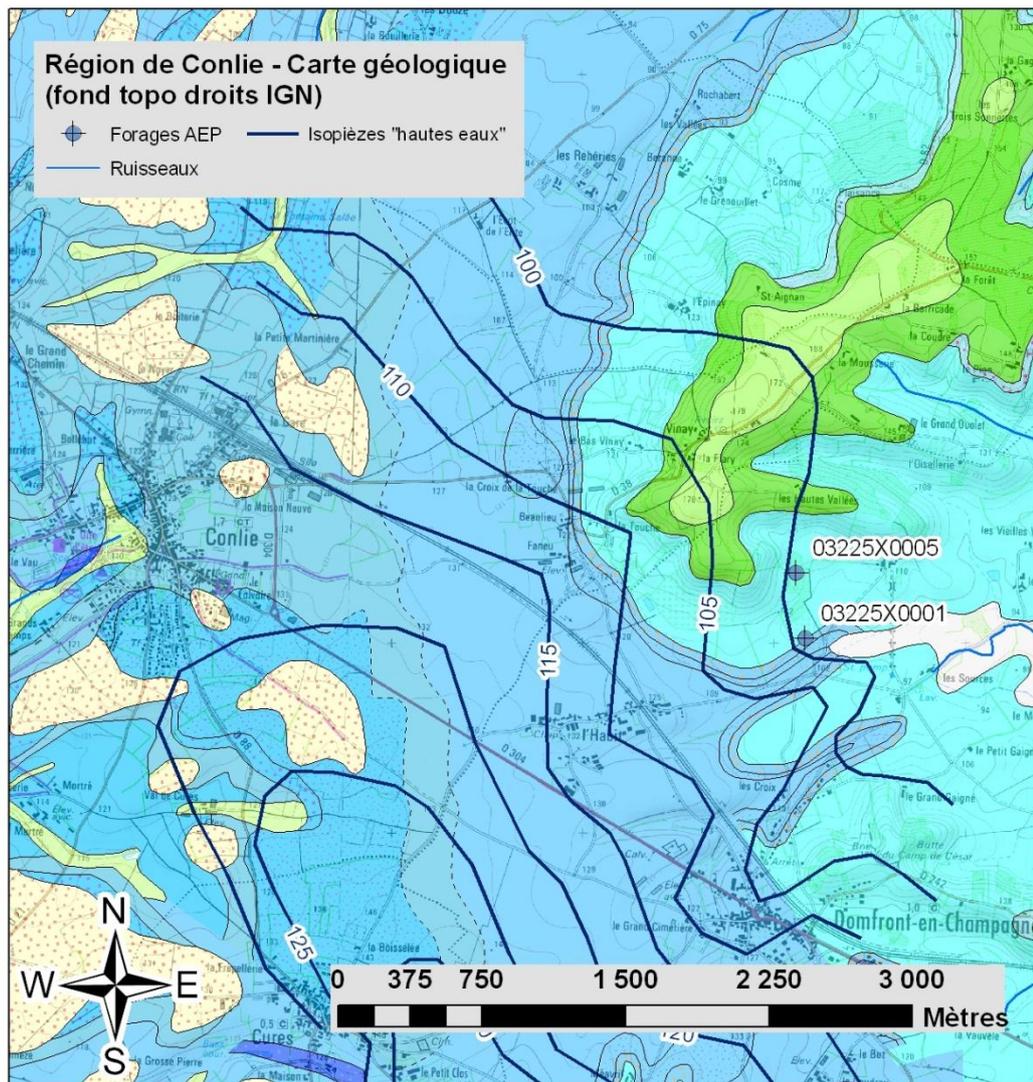


Illustration 8 : variations piézométriques de la nappe des calcaires du Dogger à Conlie

La transmissivité de l'aquifère du Dogger et son coefficient d'emmagasinement ont été calculés par pompage d'essai longue durée sur les forages AEP. Il en ressort que la transmissivité est de l'ordre de $10^{-2} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ et le coefficient d'emmagasinement $2,5 \times 10^{-3}$, ce dernier coefficient rendant compte d'un aquifère semi-captif.



Formations géologiques

- Limons des plateaux
- Sables et Grès du Maine (Cénomaniens moyen)
- Argile glauconieuse à minéral de fer et Marnes de Ballon indifférenciées (Cénomaniens inférieur)
- Argile sableuse et Oolithe ferrugineuse de l'Antonnière indifférenciées (Calloviens inférieur et moyen)
- Marnes et calcaires sableux d'Assé le Riboul (Calloviens inférieur à moyen)
- Marnes du Chevain, Marnes de Domfront en Champagne (Calloviens inférieur)
- Oolithe ferrugineuse à Montlivaultia (Bathonien supérieur)
- Calcaire à Montlivaultia (Bathonien supérieur)
- Calcaire du Saosnois, Calcaires de la Champagne de Conlie (Bajociens et Bathoniens moyen)
- Calcaires à bivalves de Conlie (Bajociens supérieur-Bathonien moyen)
- Oolithe sableuse blanche (Bajociens supérieur, Bathonien moyen)
- Sables et calcaires de Vauroin, argile et sable (Toarciens inférieur)

Illustration 9 : carte géologique de la région de Conlie

3.3. DESCRIPTION DES OUVRAGES DE PRODUCTION D'EAU POTABLE

La coupe technique des deux forages figure en Annexe 1. Ils sont distants de 350 m (Illustration 6). Seul le forage des Basses Vallées a été identifié comme captage prioritaire « Grenelle ».

3.3.1. Forage « les Basses Vallées » 03225X0001

Ce forage exploite depuis 1965 la nappe des calcaires du Dogger (calcaires de la Champagne de Conlie) et s'enfonce jusque dans le Pliensbachien (Lias). Au droit du forage, les marnes calloviennes présentent une épaisseur de 15 m.

Le forage atteint une profondeur de 36,7 m d'après sa coupe technique et est équipé de deux pompes de débit nominal de $35 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ dont une sert de pompe de secours. Le débit spécifique du forage est de $3 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$.

3.3.2. Forage « le Taillis des Chevilleries » 03225X0005

Il s'agit d'un sondage de reconnaissance réalisé en 1995 puis transformé en ouvrage de pompage, qui exploite la nappe des calcaires du Dogger (calcaires de la Champagne de Conlie). Au droit du forage, les marnes calloviennes présentent une épaisseur de 10 m.

Profond de 37 m, le forage est équipé d'une pompe immergée d'un débit nominal de $54 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Le débit spécifique du forage est de $6 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$.

3.4. DÉLIMITATION DU BASSIN D'ALIMENTATION DU CAPTAGE.

Compte-tenu de la proximité des deux captages, on décide de délimiter un seul BAC valable pour les deux forages.

3.4.1. Détermination des cônes d'appel des captages

Les courbes enveloppes de la portion de nappe alimentant le captage ont été déterminées grâce à l'outil décrit dans le § 2.3. Leur intérêt principal est de déterminer l'influence des captages à l'aval des pompages et de pouvoir déterminer ainsi la limite aval du BAC.

Les zones d'appel des forages sont données à titre indicatif sur l'illustration 10. La méthode employée ne permet pas de déterminer l'influence cumulée des deux forages (du fait de leur proximité) ; chaque pompage est donc supposé indépendant, ce qui n'est pas le cas en réalité.

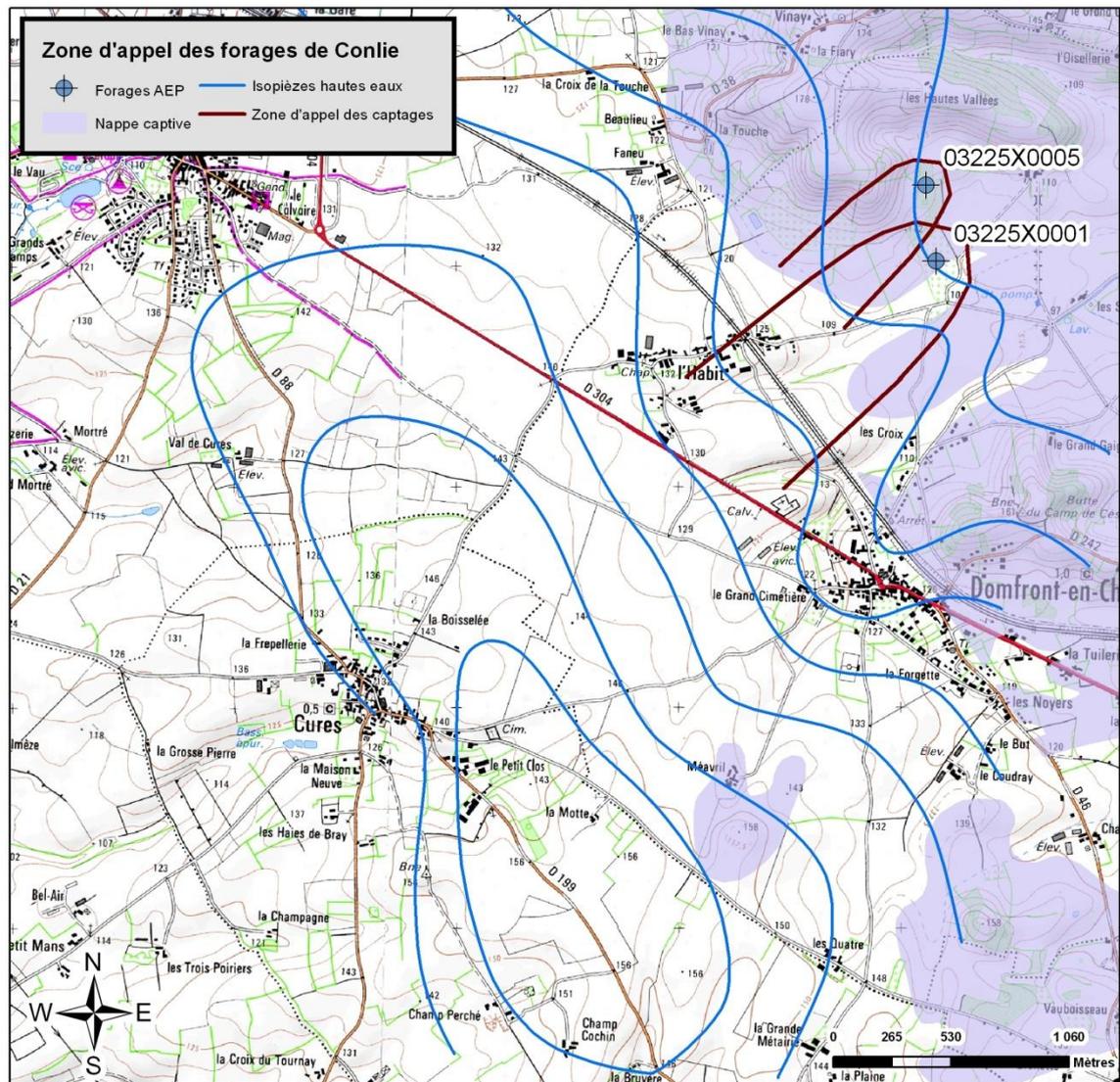


Illustration 10 : zones d'appel des forages de Conlie

3.4.2. Crêtes piézométriques

La carte piézométrique « hautes eaux » de la nappe des calcaires du Dogger d'avril-mai 2001 (Pivette, 2002) définit les crêtes piézométriques du secteur. Cette crête piézométrique délimite le BAC des captages du SIAEP de Conlie :

- au sud-ouest, dans la partie amont du bassin versant, depuis le lieu-dit « la Motte » (Cures) jusque « la Bosselée » (crête piézométrique et crête topographique sont ici confondues),
- puis de la Bosselée vers le nord-est, jusqu'au lieu-dit « la Touche » (la nappe devient alors captive)

La crête piézométrique bien marquée qui va du « Petit Clos » à l'ancienne station de pompage en passant au sud du hameau « l'Habit » n'est pas retenue comme limite méridionale du BAC car la zone d'appel du pompage 03225X0001 (« le Taillis de Chevilleries ») déborde la crête (lire § 3.4.1 et Illustration 10).

3.4.3. Crêtes topographiques

Là où la nappe des calcaires du Dogger est captive, on s'intéresse aux sens des écoulements superficiels. S'ils se produisent vers la partie libre de la nappe en amont des captages, on intègre cette partie au BAC. Dans le cas contraire, on l'exclut.

Entre « la Touche » et les « Hautes Vallées », la crête topographique délimite le BAC. Entre « les Croix » et « la Motte » la crête topographique délimite le BAC.

3.4.4. Cohérence avec les périmètres de protection des captages

La limite aval du BAC (« les Basses Vallées ») et la limite dans entre le cimetière et « les Croix » ont été étendues au-delà de la zone d'appel des captages pour coïncider avec le périmètre de protection éloigné des captages.

La limite septentrionale du BAC dans le secteur des fermes Beaulieu, Faneu et la Touche a également été étendue pour être conforme au périmètre de protection éloigné.

L'Illustration 11 présente la délimitation du bassin d'alimentation des captages de Conlie. Le BAC proposé a une superficie de 5,40 km² (540 ha).

Le BAC ainsi délimité comporte une part de son territoire sur lequel des formations très peu perméables limitent considérablement l'infiltration (secteur Hautes Vallées / La Touche notamment). Dans ces secteurs, c'est au travers de leur capacité de ruissellement que les terrains présentent potentiellement un risque de contamination pour le captage d'eau potable.

Pour mémoire, la station de pompage indiquée sur la carte IGN à l'ESE du captage des Basses Vallées n'est plus en activité.

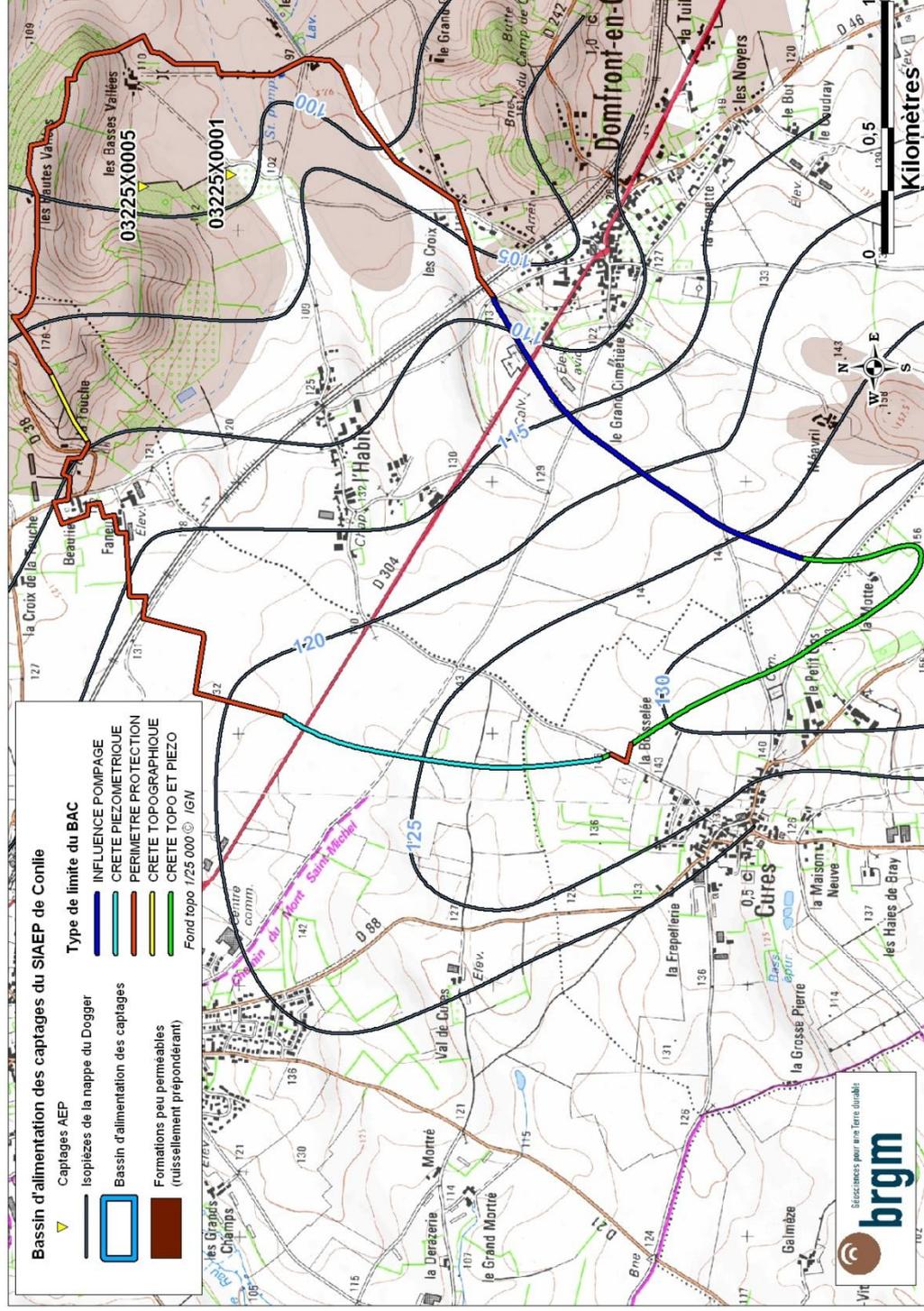


Illustration 11 : bassin d'alimentation des captages du SIAEP de Conlie

3.5. CHOIX DE LA MÉTHODE DE CALCUL DE LA VULNÉRABILITÉ

3.5.1. Type d'aquifère

- La perméabilité des calcaires de la Champagne de Conlie est assurée essentiellement par les fissures dans la roche (porosité de fissures) et dans une moindre mesure par l'interconnexion des pores (porosité d'interstices). Les fissures/fractures/diaclases de la roche sont réputées être réparties de façon homogène ; 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. On considère donc que le milieu est « fissuré homogène » ;
- Aucune connaissance de phénomènes karstiques sur la zone (pertes, dolines...);
- La surface piézométrique est relativement plane.

Ces éléments nous conduisent à considérer la nappe des calcaires du Dogger à Conlie comme un **système aquifère continu**.

3.5.2. Paramètres pris en compte

Les paramètres pris en compte pour un système aquifère continu 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

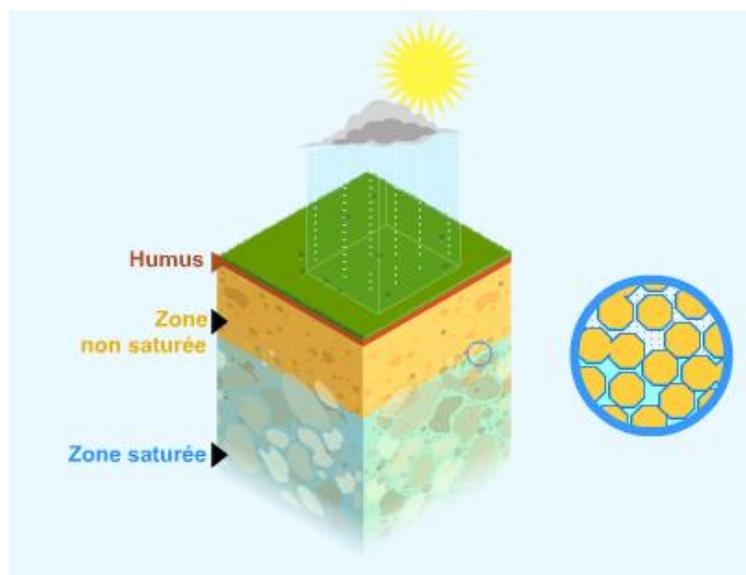


Illustration 12 : zone non saturée d'un aquifère

3.6. 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 ZNS (m)	Perméabilité (m/s)
4	> 300	0-400	< 2	$> 10^{-3}$
3	200-300	400-800	02-mai	$10^{-4} - 10^{-3}$
2	100-200	800-1200	mai-20	$10^{-5} - 10^{-4}$
1	50-100	1200-1600	20-50	$10^{-7} - 10^{-5}$
0	< 50	1600-2000	> 50	$< 10^{-7}$

Tableau 2 : classification des paramètres pour le calcul de la vulnérabilité d'un système aquifère continu (in Guide méthodologique BRGM/RP-55874-FR)

La classification du critère sol (couverture pédologique) dépend de sa texture, de sa teneur en caillou, et de son épaisseur (Tableau 3).

Caractéristiques				Caractéristiques				Indice
Sol sur matrice nue ou avec un horizon géologique faiblement protecteur (éboulis, alluvions)				Sol sur horizon géologique important de faible conductivité hydraulique (argiles, argiles marneuses, conglomérats et brèches massifs)				
Nature du sol inconnue	Nature de sol connue			Nature du sol inconnue	Nature de sol connue			
	1	2	3		1	2	3	
	-	-	-	Couverture protectrice > 5m (avec sol ou non)				0
Epaisseur > 100cm	Epaisseur > 100cm	-	-	Couverture protectrice 1-5m ou > 1m avec un sol de texture inconnue ou de type 1 > 20cm				1
Epaisseur 20-100cm	Epaisseur 20-100cm	Epaisseur > 100cm	-	Epaisseur 0-20cm	Epaisseur 0-20cm	Epaisseur 20-100cm	-	2
Epaisseur 0-20cm	Epaisseur 0-20cm	Epaisseur 20-100cm	Epaisseur > 100cm	Absence totale de sol	Absence totale de sol	Epaisseur 20-100cm	Epaisseur 0-100cm	3
Absence totale de sol	Absence totale de sol	Epaisseur 0-20cm	Epaisseur 0-100cm	-	-	-	-	4

Tableau 3 : classification du critère sol (in Guide méthodologique BRGM/RP-55874-FR)

La discrétisation du bassin d'alimentation des captages est obtenu au moyen d'un maillage carré de pas d'espace 100 m.

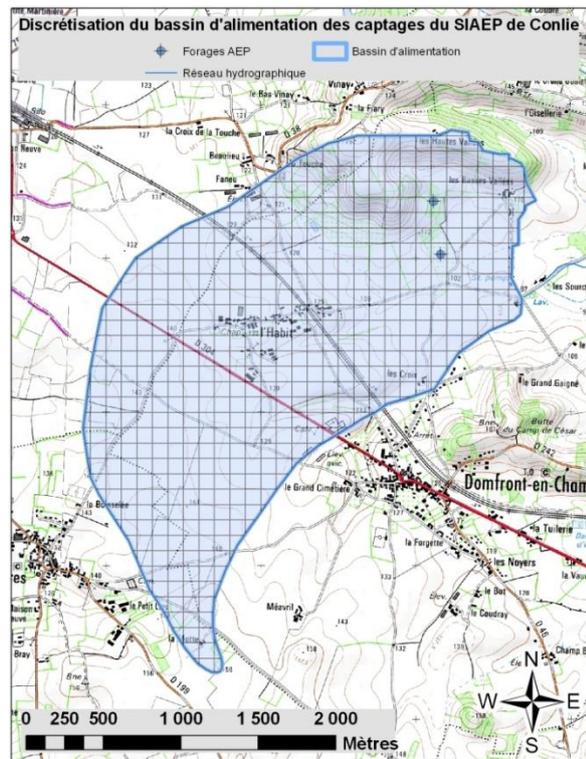


Illustration 13 : discrétisation du BAC de Conlie

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

3.6.1. Pluies efficaces

Compte-tenu de la taille du BAC, les pluies efficaces sont réputées homogènes : ce paramètre n'est pas discrétisé. La bibliographie indique une valeur moyenne de 230 mm pour les pluies efficaces. **La note 3 est attribuée à toutes les mailles du BAC.**

3.6.2. Couverture pédologique protectrice

L'étude environnementale ASTER réalisée en 2002 comprend une typologie des sols présents sur la zone. Les sols sont répartis en cinq catégories, pour lesquelles une note a été attribuée :

1. Sol sur marne, argileux et peu filtrant → **note 1**
2. Sol colluvial, généralement caillouteux et engorgé, peu filtrant, à potentiel agronomique plutôt faible → **note 1**
3. Sol épais sur calcaire, à haut potentiel agronomique, plus ou moins battant, à RU et à pouvoir alimentaire élevé → **note 2**
4. Sol moyennement épais sur calcaire, à bon potentiel agronomique. Sol assez séchant (RU moyenne) et filtrant → **note 3**
5. Sol peu épais sur calcaire, à potentiel agronomique moyen à faible. Sol séchant, souvent caillouteux, très filtrant → **note 4**

La cartographie de ce paramètre figure en Annexe 2.

3.6.3. 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, une valeur moyenne de l'IDPR est calculée pour chaque formation géologique de la carte géologique harmonisée de la Sarthe (une unité géologique y étant représentée sous forme d'un polygone), à l'exception des mailles où les marnes calloviennes (Marnes du Chevain, voir Illustration 9) sont présentes, pour lesquelles la note 0 est attribuée.

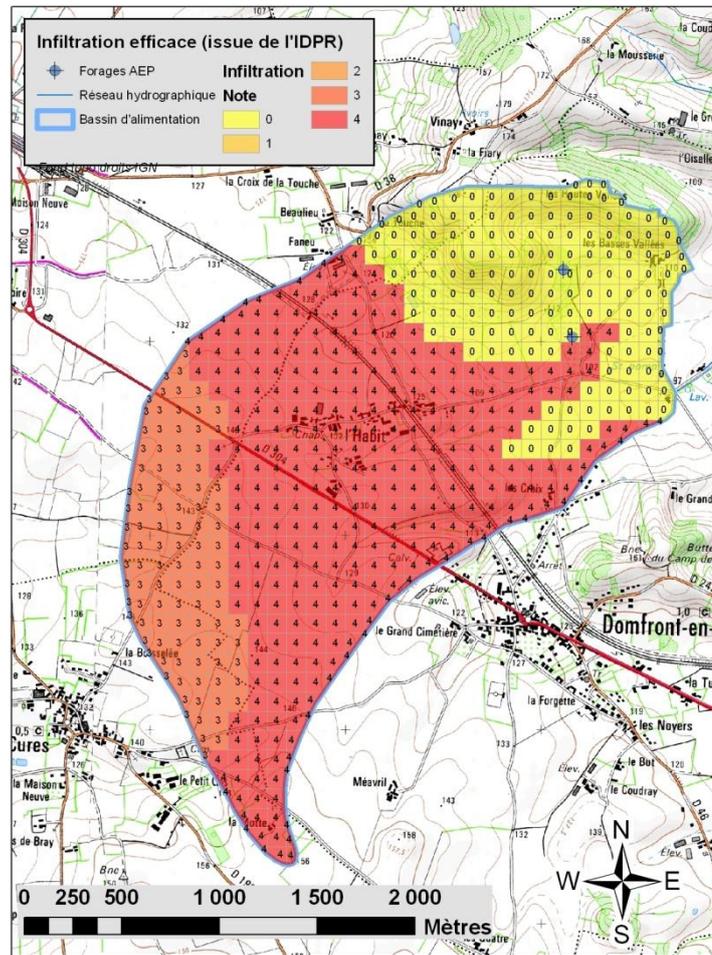


Illustration 14 : valeur moyenne de l'IDPR par entité géologique sur le BAC de Conlie

Le Tableau 2 donne la clef de répartition des notes pour ce paramètre. La cartographie qui en résulte figure sur l'illustration 14 et en Annexe 2.

3.6.4. Épaisseur de la zone non saturée (ZNS)

Pour calculer la note du paramètre H on se place dans le cas le plus défavorable : nappe en situation de hautes eaux (ZNS minimale → note de vulnérabilité maximale). Les isopièzes hautes eaux (Pivette) ont d'abord été interpolées au pas d'espace 25 m (Illustration 15). Dans chaque maille du BAC est ensuite calculée la moyenne des cotes piézométriques.

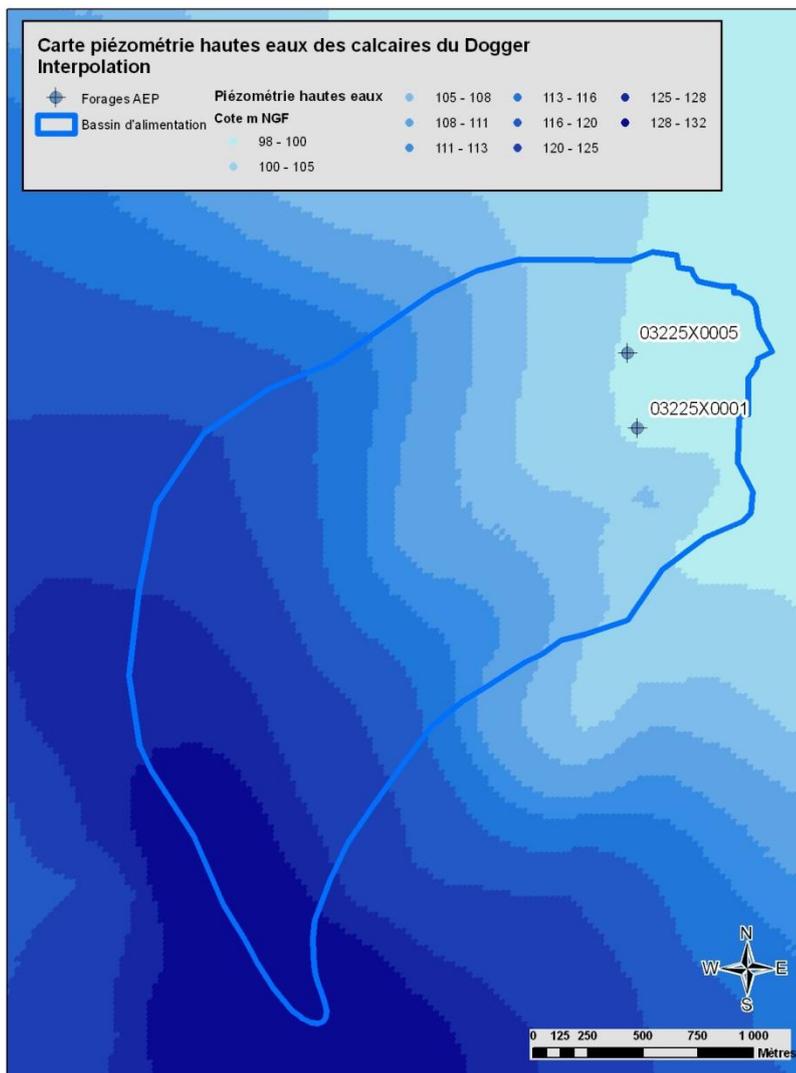


Illustration 15 : interpolation des isopièzes hautes eaux de la nappe du Dogger (d'après Pivette, 2002)

Le Modèle Numérique de Terrain (MNT) de l'IGN au pas de 50 m est utilisé pour calculer l'altitude au sol moyenne de chaque maille.

L'épaisseur de la ZNS est obtenue dans chaque maille en soustrayant à la cote topographique la cote piézométrique de la nappe. La cartographie qui en résulte figure en Annexe 2.

3.6.5. Perméabilité

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

La fissuration/fracturation des calcaires du Dogger étant le critère essentiel déterminant la perméabilité de la roche², on a différencié les zones d'affleurement (**note 3**) des zones sous couverture (où les calcaires sous-jacents sont moins exposés à l'altération, et donc moins perméables → **note 1**) grâce à la carte géologique harmonisée de la Sarthe.

La cartographie qui en résulte figure en Annexe 2.

3.7. ANALYSE MULTICRITÈRES – NOTE DE VULNÉRABILITÉ

La note de vulnérabilité dans chaque maille du BAC 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)

« Forçage » de la note de vulnérabilité

Compte tenu de l'existence de zones prises en compte pour leur capacité à contribuer à l'alimentation de l'aquifère *via* des phénomènes de ruissellement, la note finale de vulnérabilité a été modifiée dans ces zones par rapport au résultat obtenu par la résolution de l'équation ci-dessus (cf. Illustration 16)

- La zone en aval de la zone d'appel des captages devrait être en dehors du BAC mais a été intégrée pour assurer la cohérence avec les périmètres de protection éloignés des captages. Une note de vulnérabilité de 0,25 (« très faible ») a été attribuée aux mailles concernées.
- Zone de ruissellement sur les marnes de Chevain :
 - si les écoulements superficiels (ruissellement) se font vers une zone d'affleurement des calcaires aquifères (zone d'infiltration), la note 1,85 (classe « modérée ») est attribuée à la vulnérabilité.
 - dans le cas contraire (ruissellement vers l'aval et sortie du BAC sans possibilité d'infiltration), la note de vulnérabilité attribuée est 0,25. On rappelle pour mémoire que cette zone n'est habituellement pas prise en compte au sein du BAC puisqu'elle ne participe pas à la réalimentation de l'aquifère capté.

L'illustration 17 présente la cartographie de la vulnérabilité du bassin d'alimentation des captages du SIAEP de Conlie.

² Notice de la carte géologique n°357 de Loué (Sarthe)

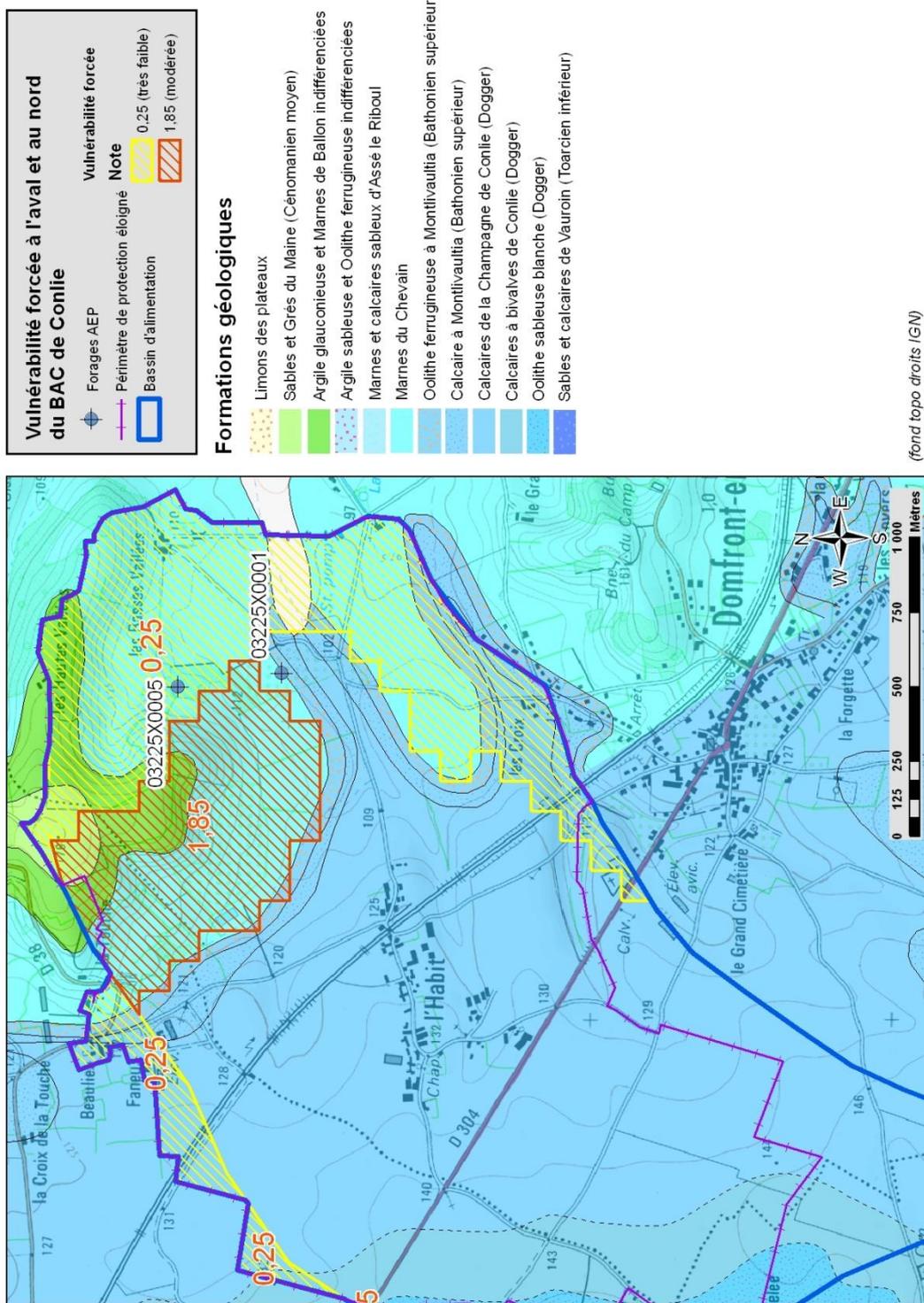


Illustration 16 : forçage de la note de vulnérabilité à l'aval des captages et sur les marnes de Chevain

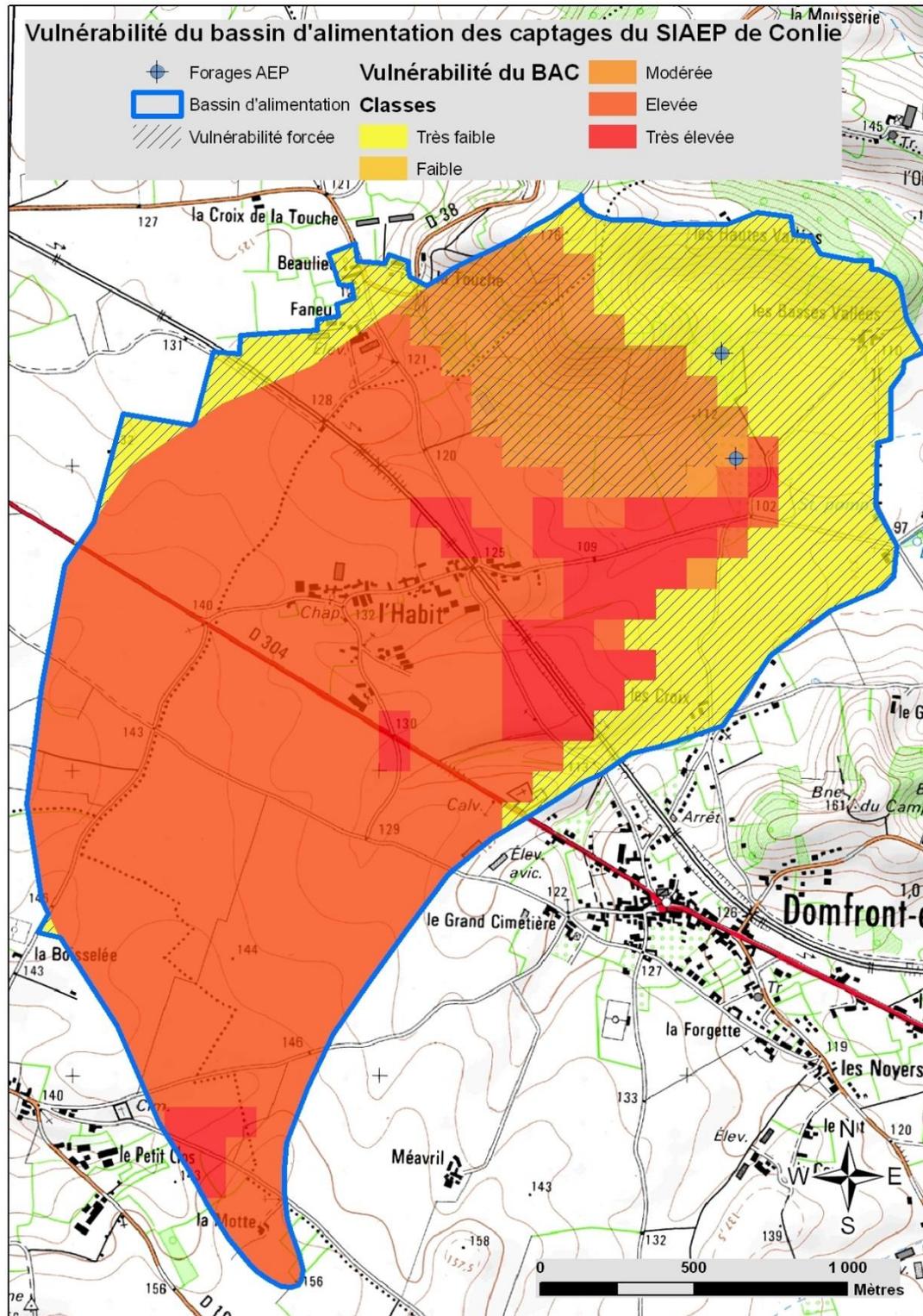


Illustration 17 : cartographie de la vulnérabilité du BAC de Conlie

4. Captages des Moutonnières et de Villeneuve (SIAEP de Rouessé-Fontaine)

4.1. DOCUMENTS CONSULTÉS

Les documents consultés pour établir la délimitation des bassins d'alimentation des captages de Rouessé-Fontaine et cartographier leur vulnérabilité sont les suivants :

- Carte géologique au 1/50 000 (et notice associée) de Fresnay- sur-Sarthe
- Carte géologique harmonisée du département de la Sarthe
- Cartes topographiques au 1 /25 000 (© IGN)
- Données de la Banque du Sous-Sol (BSS)
- Guide méthodologique national pour la délimitation des bassins d'alimentation des captages et cartographie de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses (rapport BRGM/RP-55874-FR, sept. 2007)
- Études préalables à la définition des périmètres de protection – Volet hydrogéologie. Pivette Consultant, réf. 491/07/Ra.317, avril 2008
- Étude agro-pédologique (captage des Moutonnières). Chambre d'agriculture de la Sarthe, mai 1996.
- Rapport de l'hydrogéologue agréé en matière d'eau et d'hygiène publique pour la mise en place des périmètres de protection des captages/forages AEP, août 2008.

4.2. CONTEXTES

4.2.1. Hydrographie

Deux rivières traversent le secteur de Rouessé-Fontaine (Illustration 18) :

- la Semelle prend sa source dans la forêt domaniale de Perseigne au-dessus d'Ancinnes puis coule en direction du sud-ouest. Elle passe à proximité de Rouessé-Fontaine, et rejoint la Bienne à Piacé (affluent de la Sarthe)
- le Rosay-Nord prend aussi sa source dans la forêt domaniale de Perseigne, puis coule en direction du sud. Il passe à proximité de Bourg-le-Roi et se jette dans la Sarthe à Piacé.

Le rapport Pivette 491/07/Ra.317 d'avril 2008 indique qu'à l'aval du lieu-dit la Gandelée, la Semelle est déconnectée de la nappe et le reste jusqu'à l'amont de Brestel. L'analyse de Pivette se fonde sur les différences de niveau entre la surface piézométrique et le fond de la rivière.

Le rapport mentionne également que le Rosay-Nord est un cours d'eau principalement drainant (pas de réalimentation de la nappe par le cours d'eau d'après des résultats de modélisation), contrairement à la Semelle dont les échanges nappe-rivière sont

importants dans les deux sens (hormis sur le tronçon Gandelée-Brestel où les échanges sont nuls).

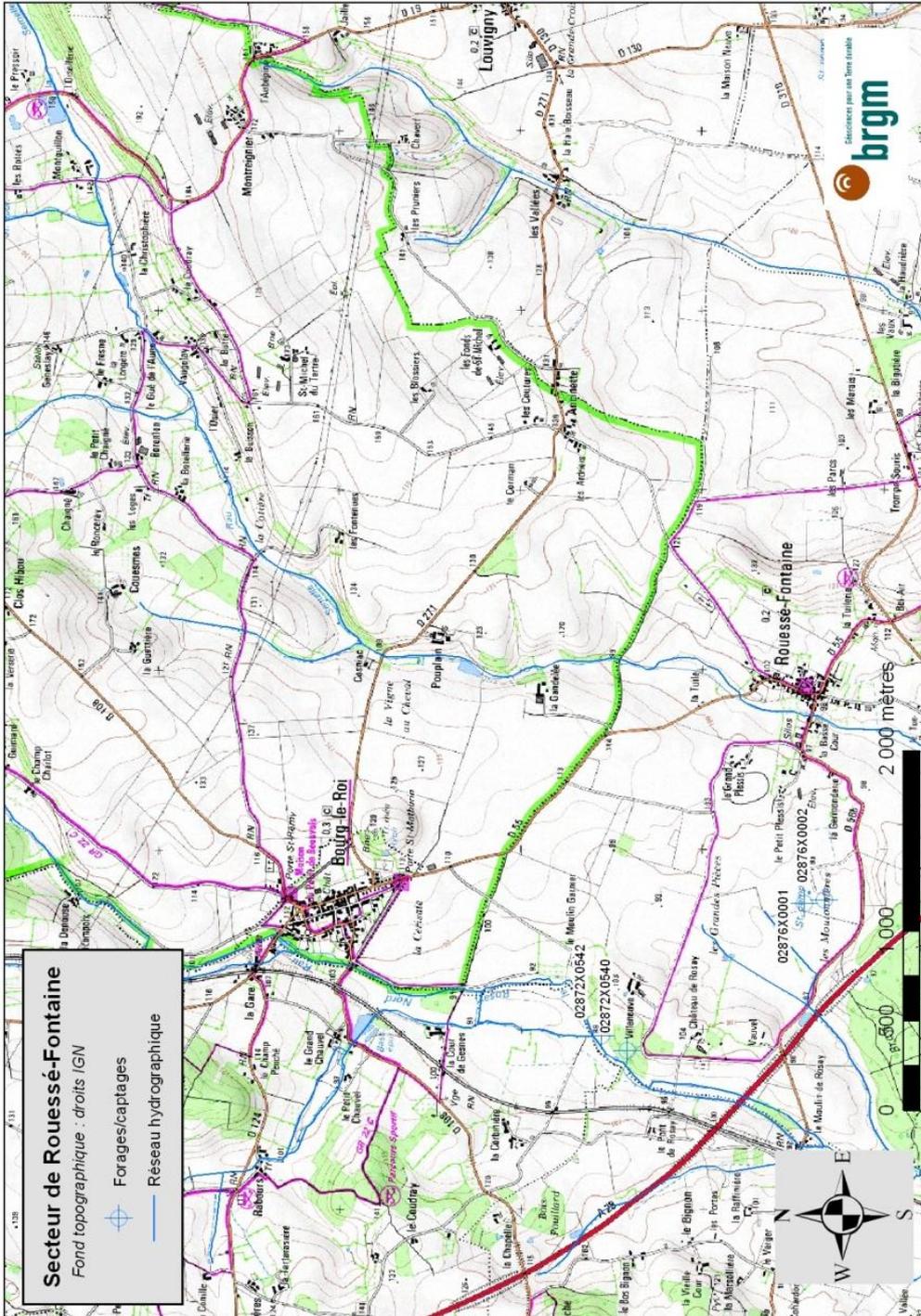


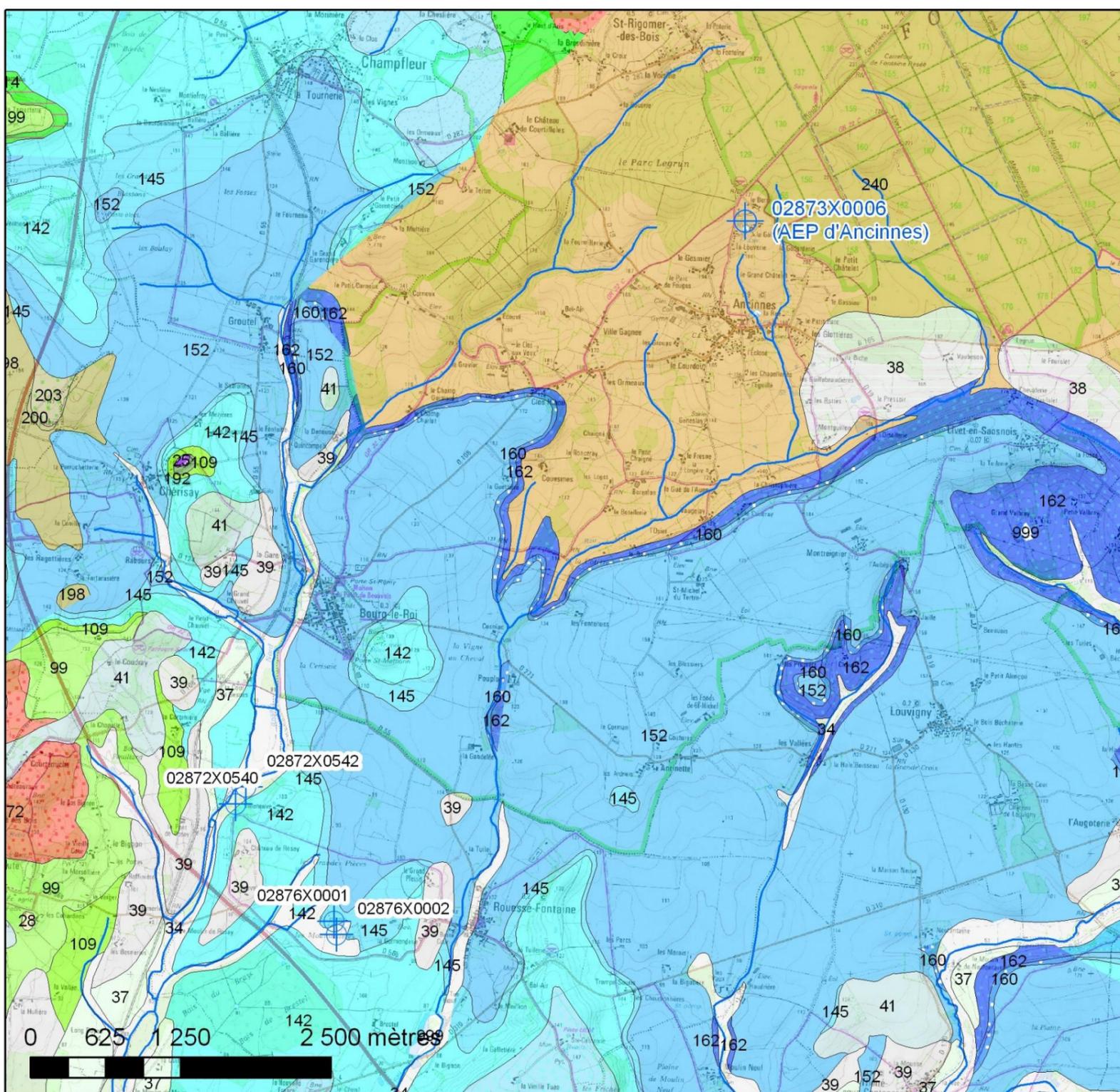
Illustration 18 : carte topographique du secteur de Rouessé-Fontaine (© IGN)

4.2.2. Hydrogéologie

Les formations géologiques qui affleurent dans la région de Rouessé-Fontaine (Illustration 19) s'étagent du Briovérien (Précambrien) au Bartonien (Éocène moyen). Les formations quaternaires sont également représentées, notamment par les alluvions fluviales. Plusieurs formations géologiques sont aquifères, et contiennent des nappes d'importance variable. Les forages concernés par cette étude exploitent les calcaires du Dogger (Bajo-Bathonien) et éventuellement les sables du Toarcien/Aalénien sous-jacents (l'ensemble ne formant qu'un seul aquifère bicouche).

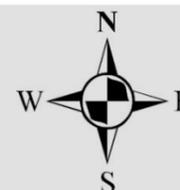
Formations du socle

Le Briovérien (grauwacke) affleure au nord de la zone d'étude, et constitue le substratum des formations sédimentaires jurassiques. Le grauwacke est une roche au grain fin dont le caractère perméable est assuré par la fissuration et le développement d'un réseau de diaclases, lorsqu'ils existent. En effet, dans ce type de roche, pour permettre un écoulement significatif de l'eau souterraine, la fracturation doit être suffisamment importante et ne pas être le siège du dépôt intense d'altérites argileuses colmatant ces fractures. Les débits obtenus dans ces formations sont faibles, compris entre 5 et 10 m³.h⁻¹. La commune d'Ancinnes, limitrophe de Rouessé-Fontaine au nord-est, dispose d'un forage AEP dans cette formation (02873X0006, cf. Illustration 19). Un débit de 10 m³.h⁻¹ a été atteint lors du pompage d'essai.



Géologie du secteur de Rouessé-Fontaine

⊕ Forages/captages — Réseau hydrographique



Formations géologiques

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> 25 - Formations de pente issues du remaniement des altérites de socle paléozoïque à cadomien 28 - Limons des plateaux, d'origine éolienne pour la plupart, parfois sableux, parfois altérés et plus argileux 34 - Alluvions récentes indifférenciées 37 - Alluvions anciennes de moyenne terrasses 38 - Alluvions anciennes de terrasse intermédiaire 39 - Alluvions anciennes de haute terrasse 41 - Alluvions anciennes de très haute terrasse 69 - Marnes et calcaires lacustres de Fyé (et autres grabens sarthois) supérieurs (Bartonien) 71 - Marnes et calcaires lacustres de Fyé (et autres grabens sarthois) inférieurs (Bartonien) 72 - Sables et grès inférieurs, plus ou moins résiduels (attribués au Bartonien) 99 - Sables et Grès du Maine (Cénomaniens moyen) 109 - Marnes de Ballon (Cénomaniens inférieur) 112 - Glauconie de base du Crétacé (Albien supérieur passant au Cénomaniens inférieur) 138 - Marnes et calcaires sableux d'Assé le Riboul (Calloviens inférieur à moyen) 142 - Marnes du Chevain, Marnes de Domfront en Champagne (Calloviens inférieur) 145 - Marnes de Bourg Le Roi (Bathonien supérieur) | <ul style="list-style-type: none"> 151 - Calcaires sublithographiques de Valframbert (Bathonien moyen) 152 - Calcaire du Saosnois, Calcaires de la Champagne de Conlie (Bajocien et Bathonien moyen) 156 - Calcaire oolithique de Damigny, Oolithe de Villaines-la-Carelle (Bajocien supérieur) 160 - Arkose d'Alençon (gravier, sables et grès), Sables et graviers de Tessé (Aalénien) 162 - Sables et calcaires de Saint Rémy du Val et de Vauvain, argile et sable (Toarciens inférieur) 163 - Calcaires du Moulin de Jupilles et Calcaires de Buchaille (Pliensbachien supérieur) 192 - Schistes du Pont-de-Caen (Caradoc inférieur) 198 - Grès armoricain indifférencié (Arénig) 200 - Grès armoricain, conglomérat de base (Arénig) 202 - Psammites de Sillé (Cambrien moyen - Trémadoc ?) 203 - Psammites de Sillé et Grès de Blandouët indifférenciés (Cambrien moyen à Trémadoc) 205 - Formation des Grès de Sainte-Suzanne ou suprarhyolitiques (Cambrien moyen) 207 - Complexe volcanique interstratifié dans les sédiments cambriens (Cambrien) 222 - Formation des Schistes et calcaires (Cambrien inférieur) 240 - Flysch terrigène : grauwackes (Briovériens supérieur) |
|--|--|

Illustration 19 : carte géologique du secteur de Rouessé-Fontaine

Formations du Jurassique

- Les calcaires du Pliensbachien supérieurs sont peu représentés à l'affleurement. Leur faible puissance (2 m dans le forage F1 de Villeneuve) les rend peu transmissifs.
- Les sables et calcaires de Saint-Rémy-du-Val affleurent sur les pentes de la cuesta qui domine la dépression du Briovérien (remplie par les formations sédimentaires). Ils sont constitués de sables fins toarciens qui peuvent constituer un réservoir aquifère de qualité médiocre et sont surmontés par l'arkose d'Alençon (grès, Aalénien).
- Au-dessus, les calcaires du Bajocien et Bathonien indifférenciés, appelés localement calcaires du Saosnois, constituent un aquifère d'importance régionale. Les considérations du § 3.2.2 portant sur les calcaires du Dogger à Conlie sont également valables à Rouessé-Fontaine. Dans le secteur de Rouessé-Fontaine, l'aquifère est généralement libre, mais il devient captif vers le sud sous les marnes calloviennes.
- L'ensemble « calcaires du Toarcien / calcaires du Bajo-Bathonien » forme un seul système aquifère qu'on appellera souvent ci-après pour plus de commodités « calcaires du Dogger ». La nappe que ces formations contiennent est exploitée par les puits des Moutonnières et les forages de Villeneuve.
- Les marnes du Callovien (Marnes de Bourg-le-Roi, Marnes du Chevain) affleurent vers le sud de la zone d'étude. Elles sont présentes au droit des captages de Villeneuve et des Moutonnières.

Formations du Crétacé

- Les marnes calloviennes forment un ensemble peu perméable qui est en continuité avec les marnes de Ballon du Cénomaniens inférieur.
- Les sables et grès du Maine (Cénomaniens moyen) constituent un aquifère d'importance régionale, mais d'étendue limitée dans le secteur d'étude.

Formations de l'Éocène

Des placages de sables résiduels issus de grès bartoniens surmontent la butte crétacée à l'ouest du secteur. Ces placages peuvent être le siège d'une nappe perchée d'étendue restreinte, produisant des débits faibles.

4.2.3. Géologie structurale

Le fossé de Fyé est un important décrochement hercynien présentant une composante verticale sensible au niveau de la couverture. Le tronçon Fresnay-sur-Sarthe-Fyé-Cherisay (direction N 20° à N 60° E) montre un affaissement du compartiment oriental (cf. Illustration 21). Cet accident est doublé vers l'est par la faille de Villette, puis un peu plus à l'écart par la faille et la flexure du Rosay-Nord qui ont un jeu inverse. Dans le couloir ainsi délimité se trouve conservée une série composite Jurassique moyen/Albo-

Cénomaniens ; au Sud de Fyé, entre la faille de Fyé et celle de Villette, s'individualise un fossé d'effondrement (direction N 20°-N 30° E) dont le remplissage Bartonien dépasse 50 m d'épaisseur.

L'accident a pour effet de scinder les calcaires du Dogger de part et d'autre de la faille de Fyé-la-Route en deux compartiments est et ouest déconnectés (Illustration 20).

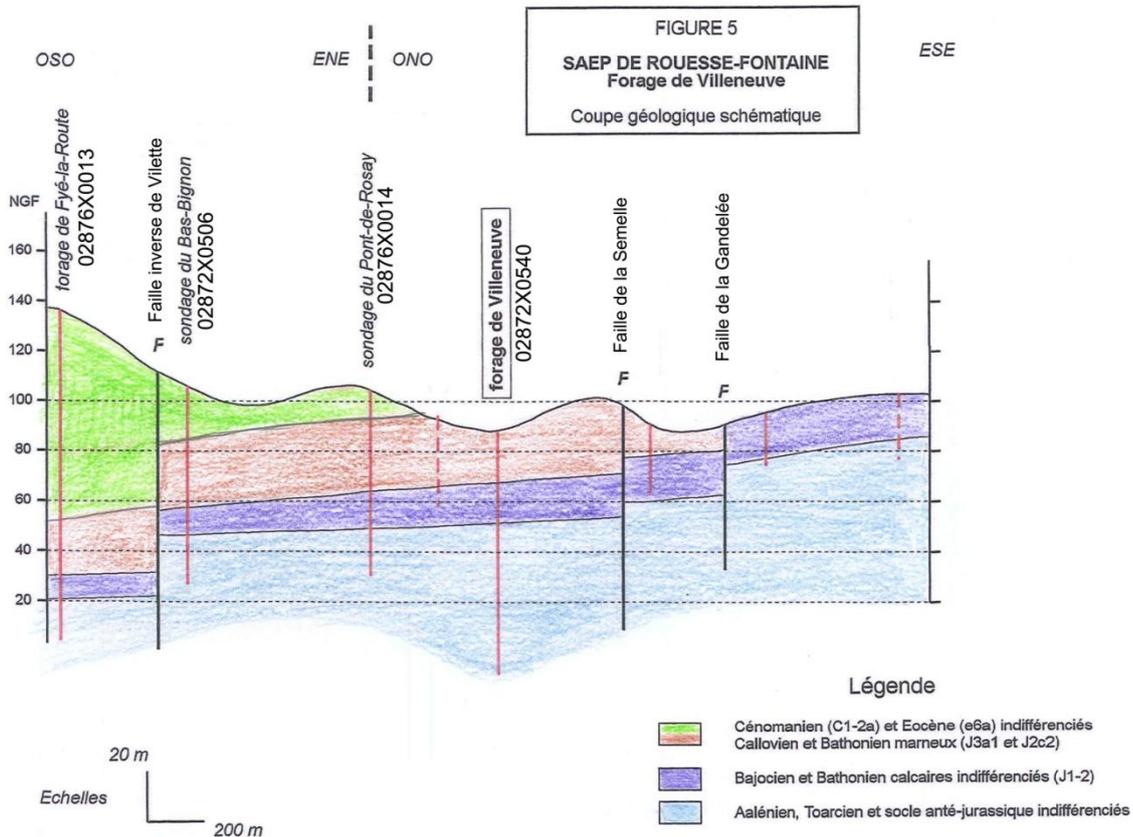


Illustration 20 : coupe géologique schématique du secteur de Rouessé-Fontaine (in Pivette, 2008)

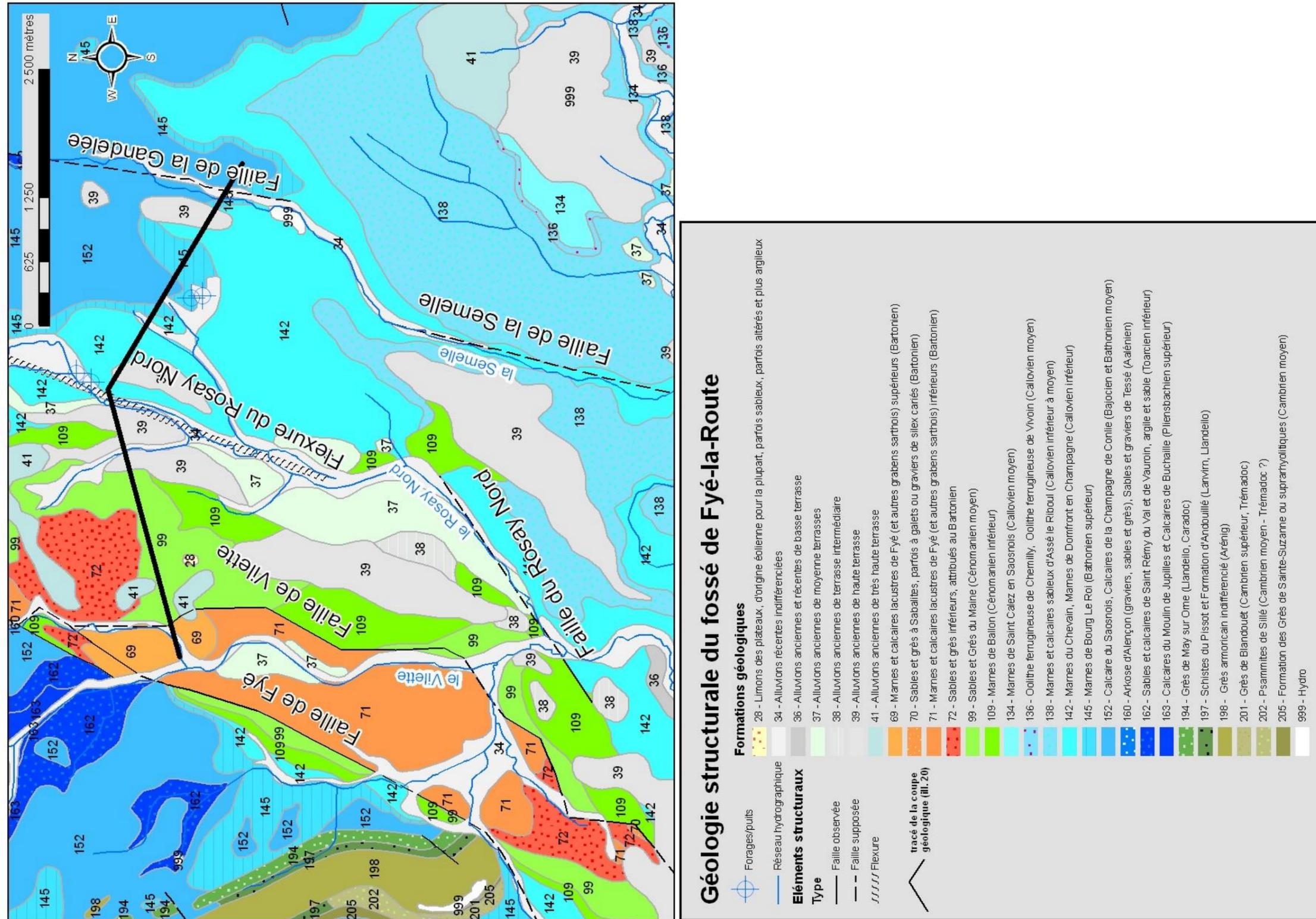


Illustration 21 : géologie structurale du fossé de Fyé, à l'ouest des captages

4.3. DESCRIPTION DES OUVRAGES DE PRODUCTION D'EAU POTABLE

Quatre ouvrages sont concernés par l'étude. Seul le puits P2 des Moutonnières (indice BSS 02876X0002/P2) est identifié comme captage prioritaire « Grenelle ».

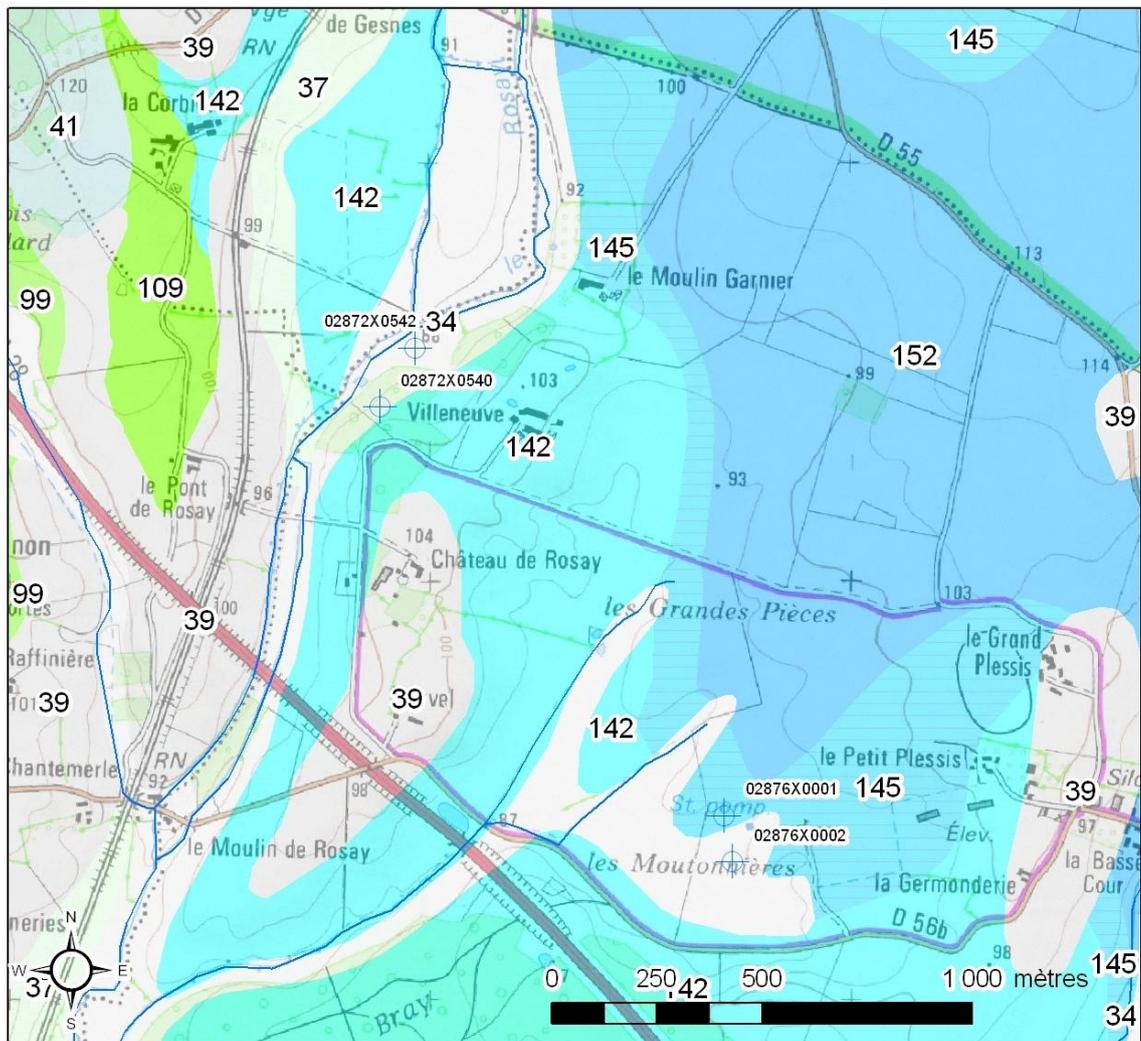


Illustration 22 : localisation des ouvrages de production d'eau du SAEP de Rouessé-Fontaine

4.3.1. Puits des Moutonnières : 02876X0001/P1 et 02876X0002/P2

Les deux puits sont distants d'une centaine de mètres. Ils captent les calcaires du Dogger.

Puits 02876X0001/P1

Le puits P1, creusé en 1951, atteint 9,60 m de profondeur. Il traverse les marnes calloviennes sur une épaisseur de 1,40 m. Le puits est constitué d'un cuvelage en béton de 2 mètres de diamètre intérieur, sans barbacane selon la coupe technique (dont nous ne disposons pas, mais ces indications figurent dans le rapport Pivette 491/07/Ra.317 d'avril 2008). La coupe géologique indique la succession suivante des formations géologiques traversées :

- 0 – 0,8 m : terre végétale
- 0,8 – 2,2 m : argile (probablement plutôt des marnes calloviennes)
- 2,2 – 3 m : sable oolithique
- 3 – 4 m : calcaire oolithique
- 4 – 9,6 m : calcaires avec efflorescences noirâtres

Puits 02876X0002/P2

Le puits P2, creusé en 1965, atteint une profondeur de 11,20 m. Il est constitué d'un cuvelage en béton, sans barbacanes d'après la coupe technique de l'ouvrage (Annexe 3). La coupe géologique indique la succession suivante des formations géologiques traversées :

- 0 – 0,65 m : terre végétale
- 0,65 – 2,95 m : argile (probablement plutôt des marnes calloviennes)
- 2,95 – 4,9 m : sables et blocs calcaires
- 4,9 – 10,6 m : calcaire fissuré
- 10,6 – 11,2 m : calcaire dur

Sur la coupe technique sont mentionnés plusieurs débits de pompage correspondant à différents rabattements, probablement les résultats d'un pompage d'essai, mais dont on ne connaît pas les temps de pompage. Un débit maximal de $300 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ aurait été obtenu, soit un débit spécifique d'environ $40 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ (quatre fois supérieurs à celui du puits P1).

Conditions d'exploitation

En 2011 les puits P1 et P2 sont encore exploités tous les deux, à un débit total de $60 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ (essentiellement dans P2). Il est prévu que l'exploitation de P1 soit arrêtée lorsque le forage de Villeneuve 02872X0542/FREC04, désigné F2, sera mis en service. La production journalière de la station des Moutonnières est de l'ordre de $1\,000 \text{ m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$.

4.3.2. Forages de Villeneuve : 02872X0540/AEP et 02872X0542/FREC04

Les deux forages sont distants de 150 m environ. Ils ne sont pas identifiés comme captage prioritaires « Grenelle » mais la DDT de la Sarthe a souhaité que le travail porte sur ces forages également.

Forage 02872X0540/AEP, désigné F1

Il s'agit d'un forage réalisé en juillet 1997, profond de 100 m. Sa coupe technique figure en Annexe 3. Le forage traverse les formations suivantes :

- jusqu'à 24,2 m de profondeur : marnes calloviennes
- 24,2 – 37 m : calcaires du Dogger (Bajocien-Bathonien)
- 37 – 69 m : grès et calcaires du Toarcien-Aalénien
- 69 – 71 m : calcaires du Pliensbachien supérieur
- au-delà de 71 m de profondeur : grauwacke (grès gris) du Briovérien

Le forage est cimenté sur la hauteur des marnes calloviennes, puis laissé nu jusque dans le grauwacke du Briovérien.

La coupe technique du forage indique que les venues d'eau sont progressives : elles augmentent relativement rapidement dans les calcaires du Dogger (15 L.s⁻¹), puis moins vite à mesure qu'on s'enfonce dans les grès aaléniens et toarciens. Il n'y aurait pas de venue d'eau significative dans les formations du Pliensbachien et du socle (Briovérien), et on fait donc l'hypothèse que seul le système aquifère Dogger (+Toarcien) est capté par le forage, en dépit du fait que celui-ci descende jusque dans le Briovérien.

Forage 02872X0542/FREC04, désigné F2

Il a été réalisé en 2004 et atteint une profondeur de 46 m. Sa coupe technique figure en Annexe 3. Il traverse les formations suivantes :

- jusqu'à 22,3 m : marnes du Callovien
- 22,3 – 40 m : calcaires du Bajocien/Bathonien
- 40 – 42,5 m : faciès marno-calcaire du Toarcien/Aalénien
- 42,5 – 46 m : faciès gréseux du Toarcien/Aalénien

Le forage est tubé plein et cimenté sur l'épaisseur des marnes calloviennes, puis laissé nu.

Conditions d'exploitation

Le forage F1 est exploité à un débit compris entre 60 et 70 m³.h⁻¹, pendant 17 à 20 h par jour. Fin 2010 le forage F2 n'était pas encore mis en service pour l'alimentation en

eau potable. Il a vocation à remplacer le puits P1 des Moutonnières. Son débit d'exploitation prévisionnel devrait avoisiner $60 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

La production journalière de la station de Villeneuve est de l'ordre de $1\,250 \text{ m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$.

4.3.3. Détermination des cônes d'appel des champs captant

Les courbes enveloppes de la portion de nappe alimentant le captage ont été déterminées grâce à l'outil décrit dans le § 2.3. Leur principal intérêt est de déterminer l'influence des captages à l'aval des pompages et de pouvoir déterminer ainsi la limite aval du BAC.

Les zones d'appel des forages sont données à titre indicatif sur l'illustration 23. La méthode employée ne permet pas de déterminer l'influence cumulée des deux forages (du fait de leur proximité) ; on a considéré ici le seul forage F1 à Villeneuve, de débit $65 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, et un seul puits aux Moutonnières, fonctionnant à un débit de $60 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ (cumul des deux puits).

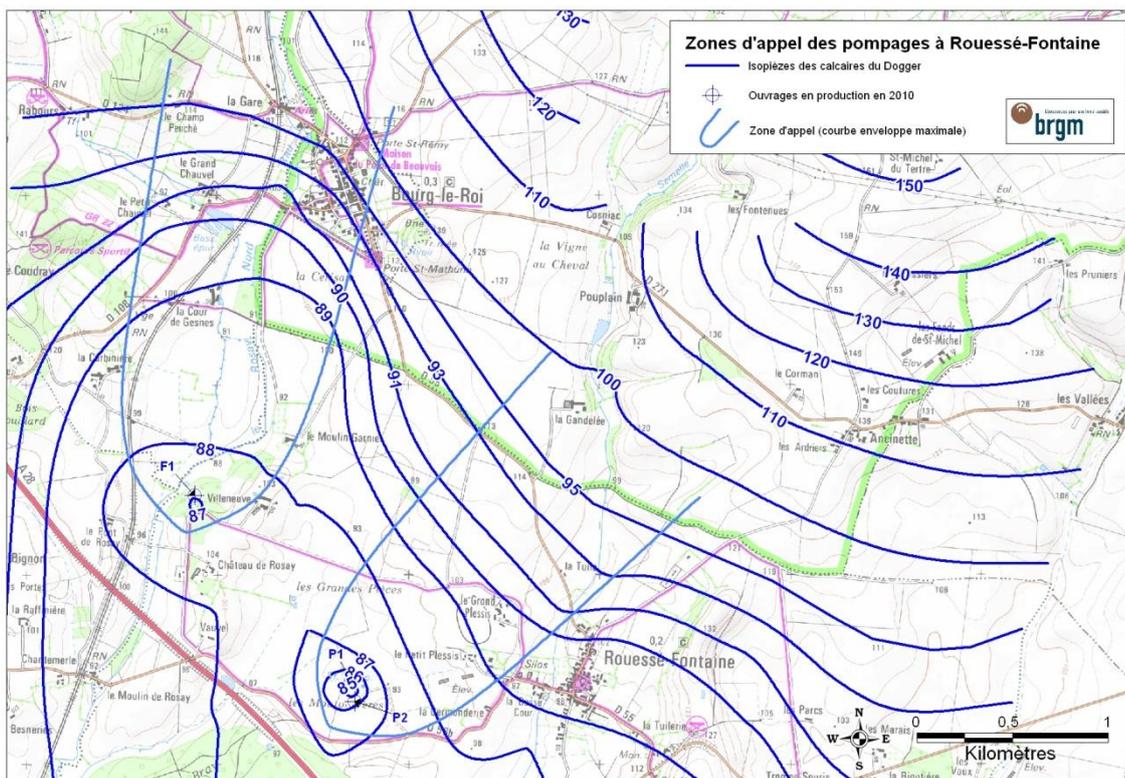


Illustration 23 : zones d'appel des ouvrages du SAEP de Rouessé-Fontaine

4.4. DÉLIMITATION DES BASSINS D'ALIMENTATION DES CAPTAGES

La modélisation réalisée par Pivette Consultant en 2002 a permis de dresser une carte piézométrique des calcaires du Dogger (Illustration 23), et de déterminer les crêtes piézométriques (lignes de partage des eaux souterraines) et les lignes de courant lorsque les puits P1 & P2 et le forage F1 sont en exploitation (Annexe 4). On peut ainsi tirer plusieurs enseignements à la lecture de la carte :

- une source située au lieu-dit « les Grandes Pièces » - entre les forages et les puits - capte un sous-bassin versant souterrain dont les eaux échappent aux pompages ;
- les lignes de partage des eaux souterraines permettent de délimiter latéralement les bassins versants souterrains.

Pour délimiter le bassin d'alimentation des captages des Moutonnières et celui des captages de Villeneuve, on considère que les marnes calloviennes et les grauwackes briovériens sont imperméables. Autrement dit, on néglige l'infiltration d'eau superficielle sur les marnes calloviennes et le Briovérien. Parallèlement, on fait l'hypothèse que les calcaires du Dogger sont en revanche totalement perméables (on néglige le ruissellement d'eau superficielle sur les calcaires du Dogger).

Ainsi, dans les zones où les marnes calloviennes et le Briovérien affleurent, ce sont les écoulements superficiels (topographie) qui contrôlent les limites des BAC, tandis que ce sont les écoulements souterrains (piézométrie) qui contrôlent les limites des BAC là où les calcaires du Dogger affleurent.

4.4.1. BAC des Moutonnières

La modélisation réalisée par le bureau d'études Pivette permet de déterminer les limites du BAC des Moutonnières grâce aux lignes de partage des eaux souterraines qui en sont issues (Annexe 4). La connaissance des échanges nappe-rivière (Semelle) prend également toute son importance : bien qu'une réalimentation de la nappe par la rivière soit possible en amont de la Gandelée (lire § 4.2.1), cette éventuelle réalimentation n'affectera pas les puits des Moutonnières compte-tenu du sens d'écoulement de la nappe en amont de la Gandelée (on se situe hors du bassin versant souterrain alimentant les puits). En aval de la Gandelée la Semelle est déconnectée de la nappe. On peut donc exclure toute la partie du bassin versant de surface en amont de la Gandelée.

Limite aval du BAC

Le forage P1 est implanté sur les marnes calloviennes réputées imperméables (pas d'infiltration vers la nappe). Le forage P2 est implanté sur des alluvions récentes qui surmontent ces mêmes marnes calloviennes. La pente topographique sur ces marnes (les Moutonnières, la Germonderie) favorisant l'évacuation de l'eau vers l'aval des pompages sans possibilité d'infiltration vers les calcaires du Dogger, ce secteur est dans un premier temps exclu du BAC (lire § 4.4.4).

En revanche au Grand Plessis, où les marnes calloviennes affleurent également, les écoulements superficiels se font en direction des calcaires aquifères et s'y infiltrent (au niveau des Grandes Pièces).

La limite aval du BAC correspond donc à la ligne topographique qui sépare les écoulements de surface sur les marnes en direction des calcaires et les écoulements de surface sur les marnes qui n'atteignent pas ces calcaires et sont évacués vers le ruisseau temporaire affluent du Rosay-Nord.

Limite orientale du BAC, entre le bourg de Rouessé-Fontaine et le hameau de St-Michel-du-Tertre

À partir du quartier « la Basse-Cour » de Rouessé-Fontaine, la limite orientale du BAC est la ligne de partage des eaux souterraines issue de la modélisation Pivette, qui se poursuit en direction du nord-est jusqu'au contact entre les calcaires bajo-bathoniens et l'Aalénien à St-Michel-du-Tertre.

Limite occidentale du BAC, de St-Michel-du-Tertre aux Moutonnières

À partir de St-Michel-du-Tertre, la limite occidentale du BAC est ligne de partage des eaux souterraines issue de la modélisation Pivette, qui se poursuit en direction du sud-ouest jusqu'à la limite aval du BAC (les Grandes Pièces).

4.4.2. BAC de Villeneuve

Les forages sont implantés sur des alluvions modernes qui surmontent les marnes calloviennes réputées imperméables (pas d'infiltration vers la nappe). La pente topographique sur ces marnes favorisant l'évacuation de l'eau vers l'aval des pompes en dehors de leur influence, ce secteur est dans un premier temps exclu du BAC (lire § 4.4.4).

Au sud-est, du Moulin Garnier au lieu-dit « Cosniac »

La limite du BAC suit une ligne de partage des eaux souterraines, définie par la modélisation Pivette.

À l'est, de Cosniac au lieu-dit « Clos-Hibou »

La limite du BAC suit la limite d'affleurement des calcaires du Saosnois, au contact des sables aaléniens. En effet, le ruissellement sur les sables aaléniens et toarciens et sur les grauwackes briovériens (tous réputés peu perméables) se fait en direction de la Semelle en dehors du bassin versant topographique des forages de Villeneuve.

Au nord, du Clos-Hibou au lieu-dit « la Fourerie » (Groutel)

La limite du BAC suit la limite d'affleurement des calcaires du Saosnois, au contact des sables aaléniens. En effet, le ruissellement sur les sables aaléniens et toarciens et sur les grauwackes briovériens est collecté ici par le Rosay Nord, qui est déconnecté de la nappe (pas de réalimentation de la nappe par le ruisseau, lire § 4.2.1).

Au nord-est, de la Fourerie au Château de Courtilloles

Sur les grauwackes briovériens peu perméables, la limite du BAC suit la crête topographique qui partage d'une part à l'est les eaux superficielles qui ruissellent vers le Rosay Nord et échappent aux forages (pas de réalimentation de la nappe par le ruisseau, lire § 4.2.1), d'autre part à l'ouest les eaux superficielles qui ruissellent vers les calcaires du Saosnois (Bathonien-Bajocien) via les marnes du Callovien et du Bathonien supérieur.

Au nord-ouest, du Château de Courtilloles au lieu-dit « Les Mézières » (Chérisay)

Bien qu'ici les calcaires du Saosnois affleurent, en l'absence de courbes piézométriques on se base sur la topographie. La limite nord-ouest du BAC suit la crête topographique.

À l'ouest, de Chérisay au lieu-dit « le Grand Chauvel » (Bourg-le-Roi)

Les calcaires du Saosnois sont ici protégés par les marnes du Callovien et Bathonien supérieur, peu perméables. La crête topographique marque la limite du BAC (ruissellement des eaux superficielles vers les calcaires qui affleurent à l'ouest de Bourg-le-Roi).

Au sud-ouest, du Grand Chauvel au Moulin Garnier

La limite d'affleurement des calcaires du Saosnois au contact des marnes du Bathonien supérieur marque la limite du BAC (car le ruissellement sur les marnes évacue les eaux météoriques à l'aval des forages, en dehors du BAC).

4.4.3. Comparaison entre volume d'eau potable produit et ressource renouvelable (pluie efficace)

Il est important que la superficie du BAC proposé soit supérieure à l'aire d'alimentation minimale (dans le cas contraire il y aurait surexploitation de la nappe, ce qui n'est pas constaté à Rouessé-Fontaine).

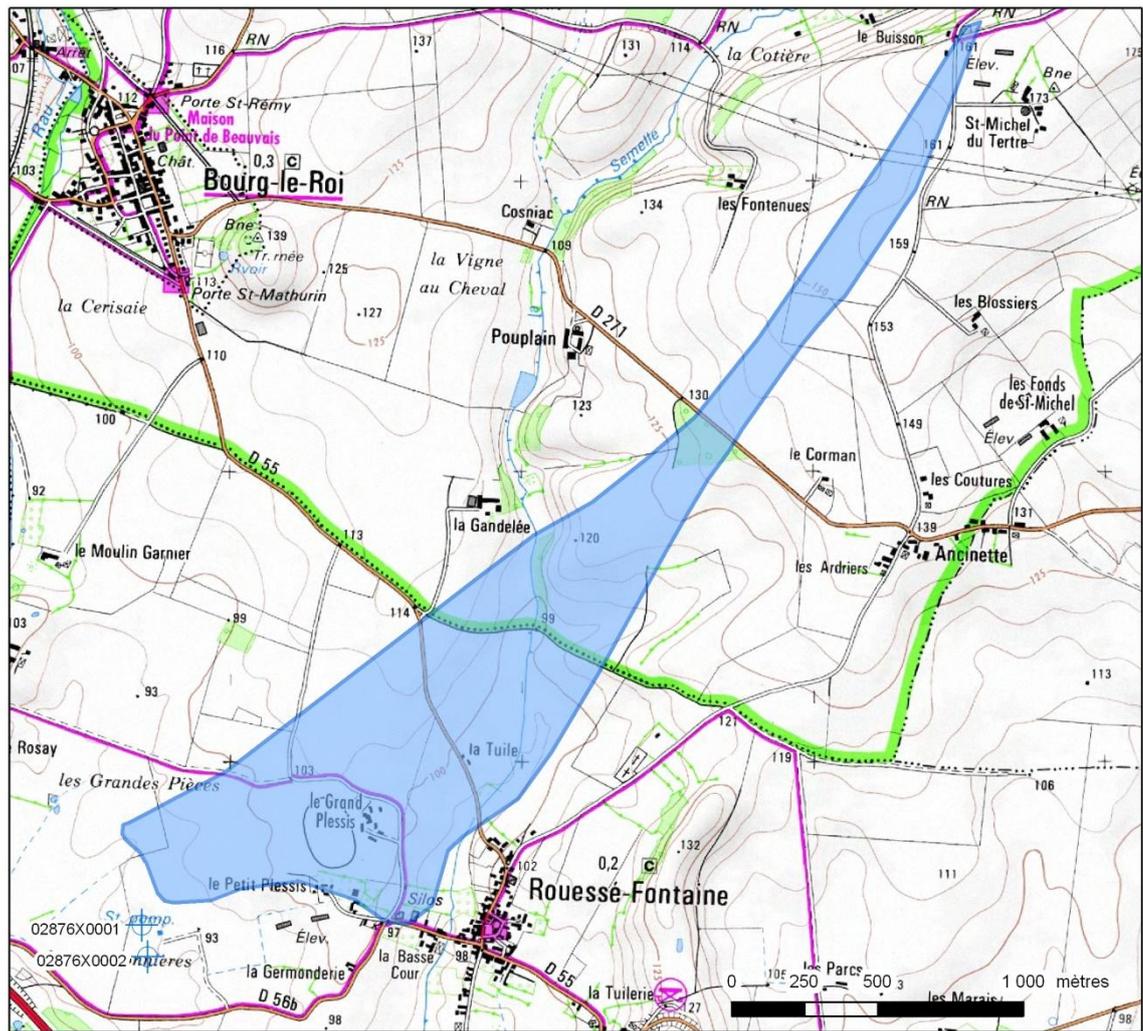
BAC des Moutonnières

Le rapport Pivette 491/07/Ra.317 d'avril 2008 indique que les pluies efficaces moyennes sur la période 1973-2006 sont de l'ordre de 260 mm (ruissellement + infiltration) dans le secteur. Cette lame d'eau écoulee correspond à un flux moyen annuel de $8 \text{ L.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$. Le bassin d'alimentation des captages des Moutonnières que nous proposons (Illustration 24) a une superficie de $1,46 \text{ km}^2$ (145,6 ha), et donc la ressource renouvelable moyenne sur le BAC est de $12,0 \text{ L.s}^{-1}$.

Les captages des Moutonnières exploitent la nappe à un débit proche de $1\,000 \text{ m}^3.\text{j}^{-1}$, soit $11,6 \text{ L.s}^{-1}$, ce qui correspond à une aire d'alimentation minimale de 140,5 ha (comparable à la superficie du BAC). Pour mémoire, cette aire correspond à la surface minimale permettant d'équilibrer sur un cycle annuel la réalimentation de l'aquifère avec les prélèvements effectués au niveau des captages. Cela suppose qu'aucun déséquilibre piézométrique n'est constaté sur le bassin versant hydrogéologique des captages.

BAC de Villeneuve

La station de Villeneuve exploite la nappe à un débit proche de $1\,250 \text{ m}^3.\text{j}^{-1}$. La superficie du BAC proposé (Illustration 25) est de $12,78 \text{ km}^2$ et excède largement l'aire d'alimentation minimale ($1,75 \text{ km}^2$).



Rouessé-Fontaine
Bassin d'alimentation des captages des Moutonnières

 Forages/puits

 BAC des captages des Moutonnières

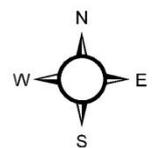
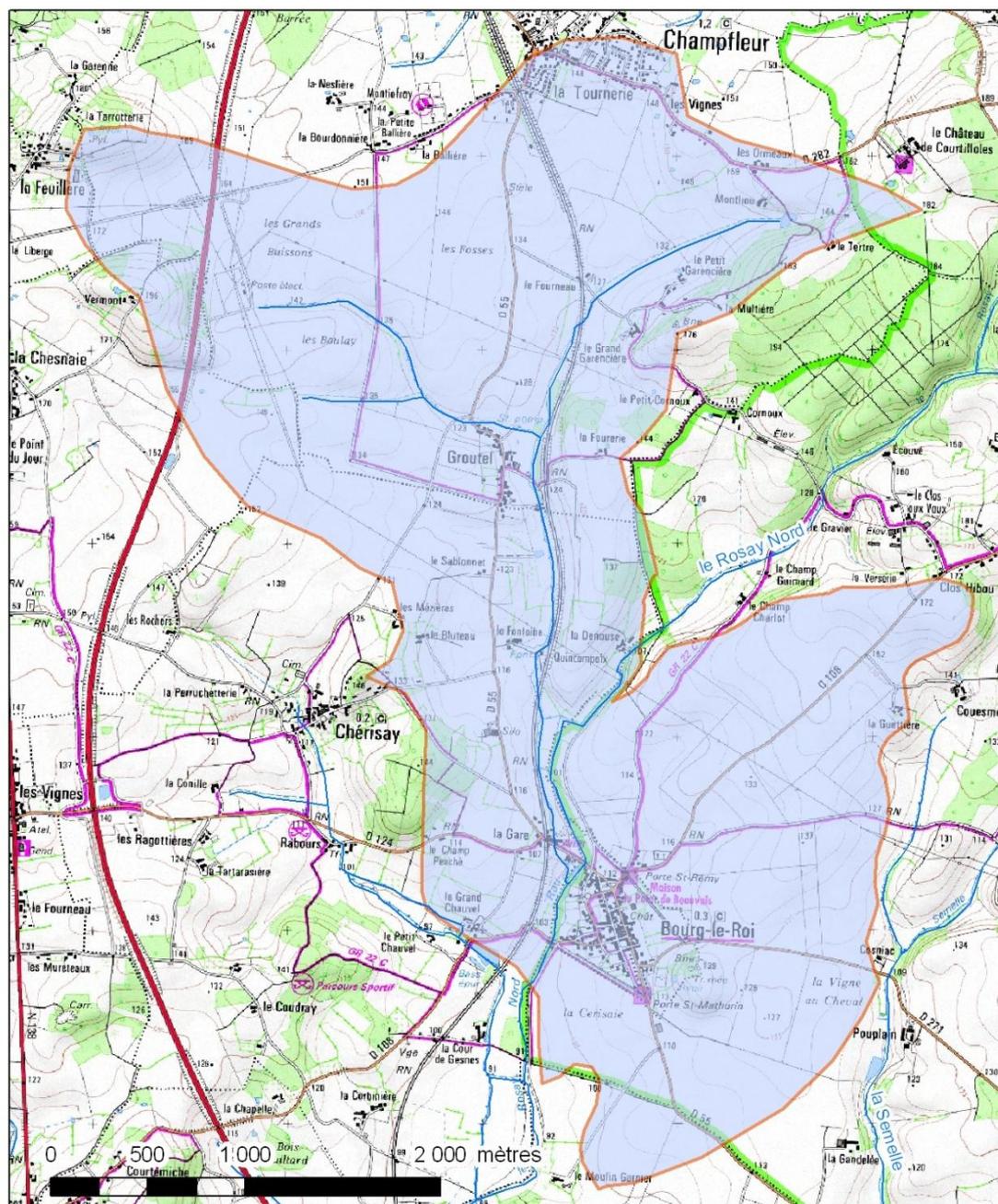


Illustration 24 : bassin d'alimentation des captages des Moutonnières (Rouessé-Fontaine)



**SIAEP de Rouessé-Fontaine
Bassin d'alimentation des forages de Villeneuve**

- Forages/puits
- BAC des forages de Villeneuve
- Réseau hydrographique

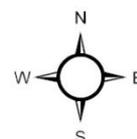


Illustration 25 : bassin d'alimentation des forages de Villeneuve (Rouessé-Fontaine)

4.4.4. Cohérence avec les périmètres de protection des captages

Les BAC de Villeneuve et des Moutonnières ont été étendus pour coïncider avec le périmètre de protection éloigné des captages, en particulier dans le secteur entre les deux champs captant où les marnes du Callovien et du Bathonien supérieur affleurent.

Sur l'illustration 26 est représentée l'extension des BAC pour assurer la cohérence avec les périmètres de protection des captages (PPC). La carte de l'illustration 27, quant à elle, présente les deux bassins d'alimentation des ouvrages de production de Rouessé-Fontaine avec « l'extension PPC », d'une superficie totale de 16,2 km².

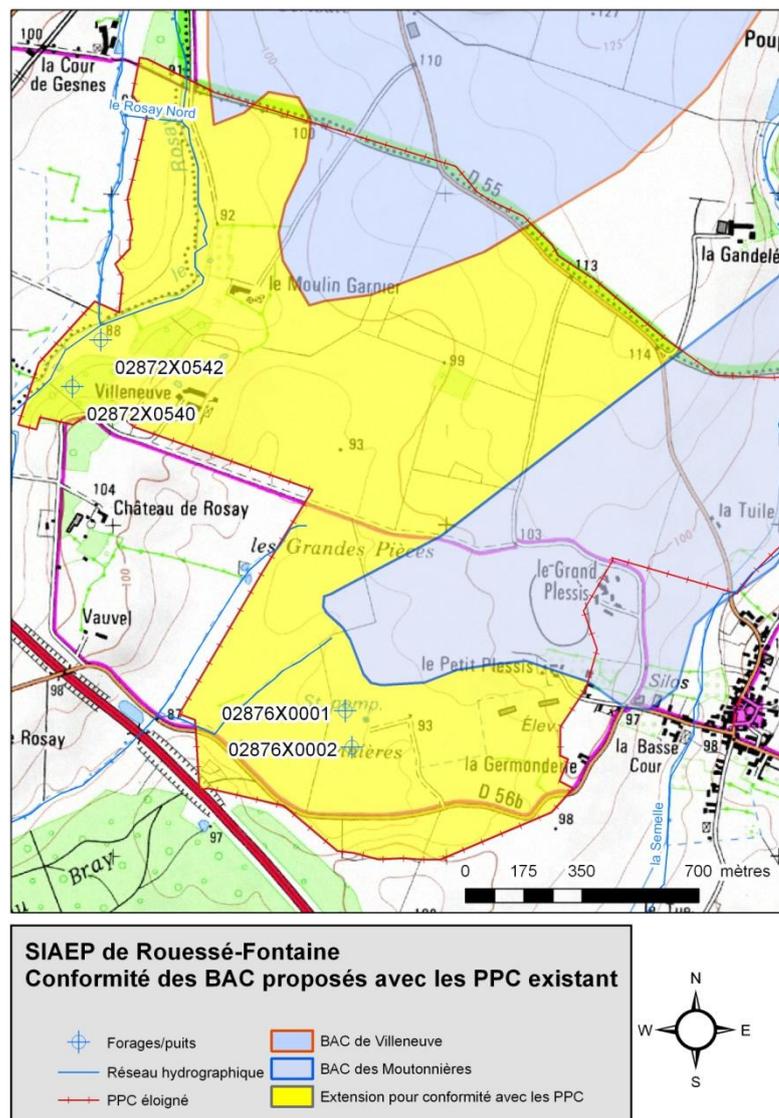
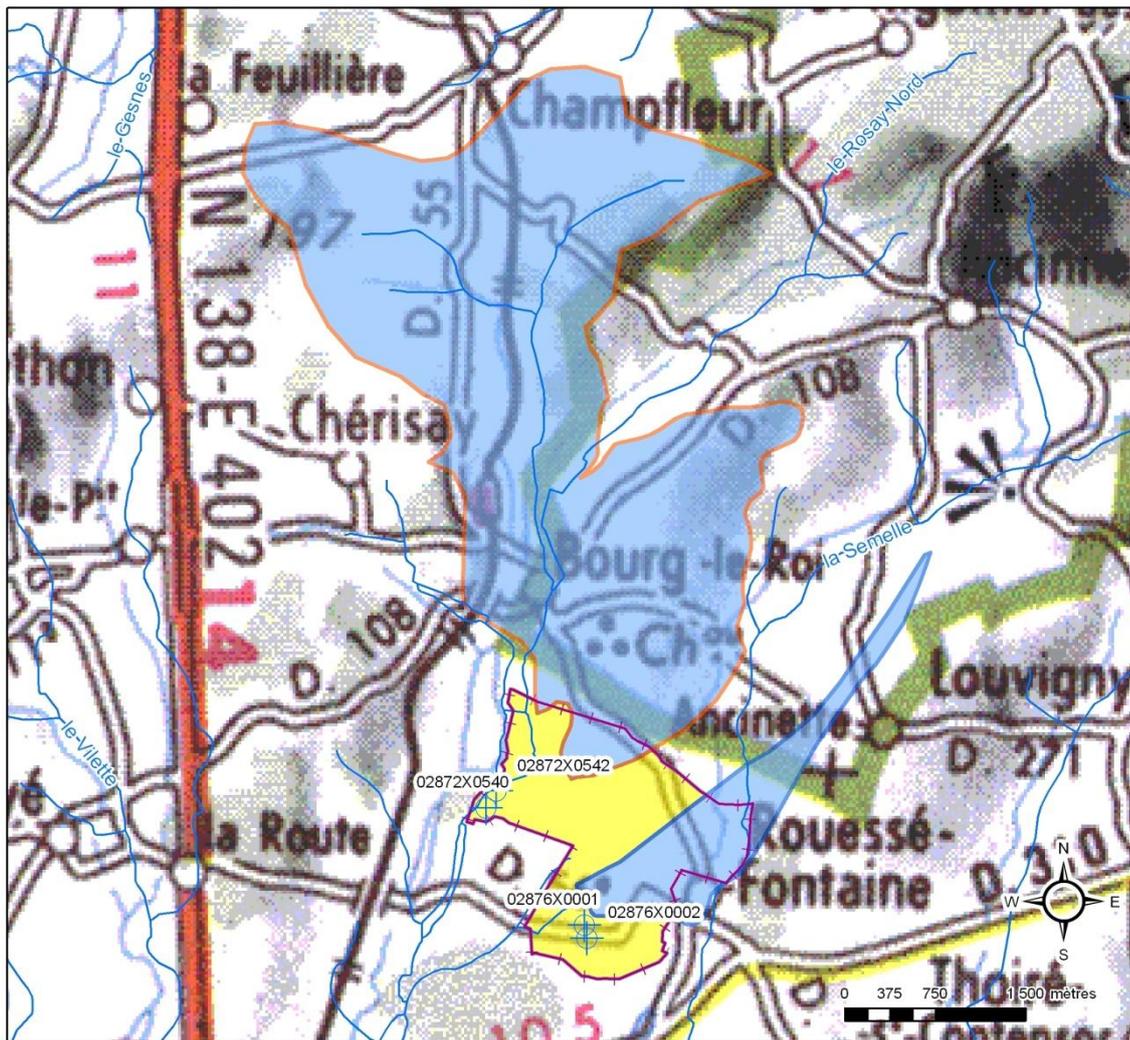


Illustration 26 : extension des BAC de Rouessé-Fontaine pour assurer la conformité avec les périmètres de protection existants



Bassin d'alimentation des captages du SIAEP de Rouessé-Fontaine

Forages/captages	BAC des Moutonnières
Périmètre de protection éloigné	BAC de Villeneuve
Réseau hydrographique	Extension pour conformité avec les PPC

Illustration 27 : bassins d'alimentation des ouvrages de production de Rouessé-Fontaine

4.5. CHOIX DE LA MÉTHODE DE CALCUL DE LA VULNÉRABILITÉ

4.5.1. Type d'aquifère

- La perméabilité des calcaires du Saosnois est essentiellement assurée par les fissures dans la roche (porosité de fissures) et dans une moindre mesure par l'interconnexion des pores (porosité d'interstices). Les fissures/fractures/diaclases de la roche sont réputées être réparties de façon homogène ; 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. On considère donc que le milieu est « fissuré homogène » ;
- Aucune connaissance de phénomènes karstiques sur la zone (pertes, dolines...);
- La surface piézométrique est relativement plane.

Ces éléments nous conduisent à considérer la nappe des calcaires du Saosnois à Rouessé-Fontaine comme un **système aquifère continu**.

4.5.2. Paramètres pris en compte

Les paramètres pris en compte pour un système aquifère continu figurent dans le Tableau 1 (cf. § 3.5.2).

4.6. CLASSIFICATION DES PARAMÈTRES

La classification des paramètres a été réalisée simultanément pour les deux BAC, en appliquant la même méthodologie. La classe de vulnérabilité du territoire ajouté aux deux BAC pour assurer la cohérence avec les périmètres de protection des captages est fixée à très faible. La classification des paramètres est présentée dans le Tableau 2 et le Tableau 3 (cf. § 3.6).

4.6.1. Pluies efficaces

Compte-tenu de la taille des BAC, les pluies efficaces sont réputées homogènes : ce paramètre n'est pas discrétisé. La bibliographie indique une valeur moyenne de 260 mm pour les pluies efficaces. **La note 3 est attribuée à toutes les mailles du BAC.**

4.6.2. Couverture pédologique protectrice

L'étude agro-pédologique réalisée en 1996 par la Chambre d'agriculture de la Sarthe comprend une typologie des sols présents sur la zone, notamment selon la dynamique de l'eau dans les sols, que nous utilisons ici. Sur cette carte, les sols sont répartis en quatre catégories, pour lesquelles une note a été attribuée :

1. Circulation verticale (risque d'infiltration), sols à faible réserve utile → **note 2**
2. Circulation latérale (risque de ruissellement), sols lourds → **sols situés en dehors des deux BAC**
3. Circulation latérale dominante probable (risque de ruissellement), sols lourds sur substrat plus ou moins imperméable → **note 0**
4. Risque faible pour le milieu, sols à texture équilibrée, profonds → **note 1**

Là où les marnes du Callovien ou du Bathonien supérieur affleurent (et protègent l'aquifère des calcaires), la **note 0** a été attribuée.

La carte utilisée ne couvre que partiellement le BAC de Villeneuve, et les sols pour lesquels on ne dispose pas d'informations dans l'étude agro-pédologique ont été classés de la façon suivante :

1. Là où affleurent les calcaires exploités par les forages de Villeneuve, la **note 1** est attribuée.
2. Ailleurs, la **note 0** a été attribuée.

La cartographie de ce paramètre figure en Annexe 5.

4.6.3. 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, une valeur moyenne de l'IDPR est calculée pour chaque polygone de chaque formation géologique de la carte géologique harmonisée de la Sarthe.

Le Tableau 2 (cf. § 3.6) donne la clef de répartition des notes pour ce paramètre. La cartographie qui en résulte figure sur l'illustration 28 et en Annexe 5.

Délimitation des bassins d'alimentation des captages Grenelle de la Sarthe et cartographie de leur vulnérabilité

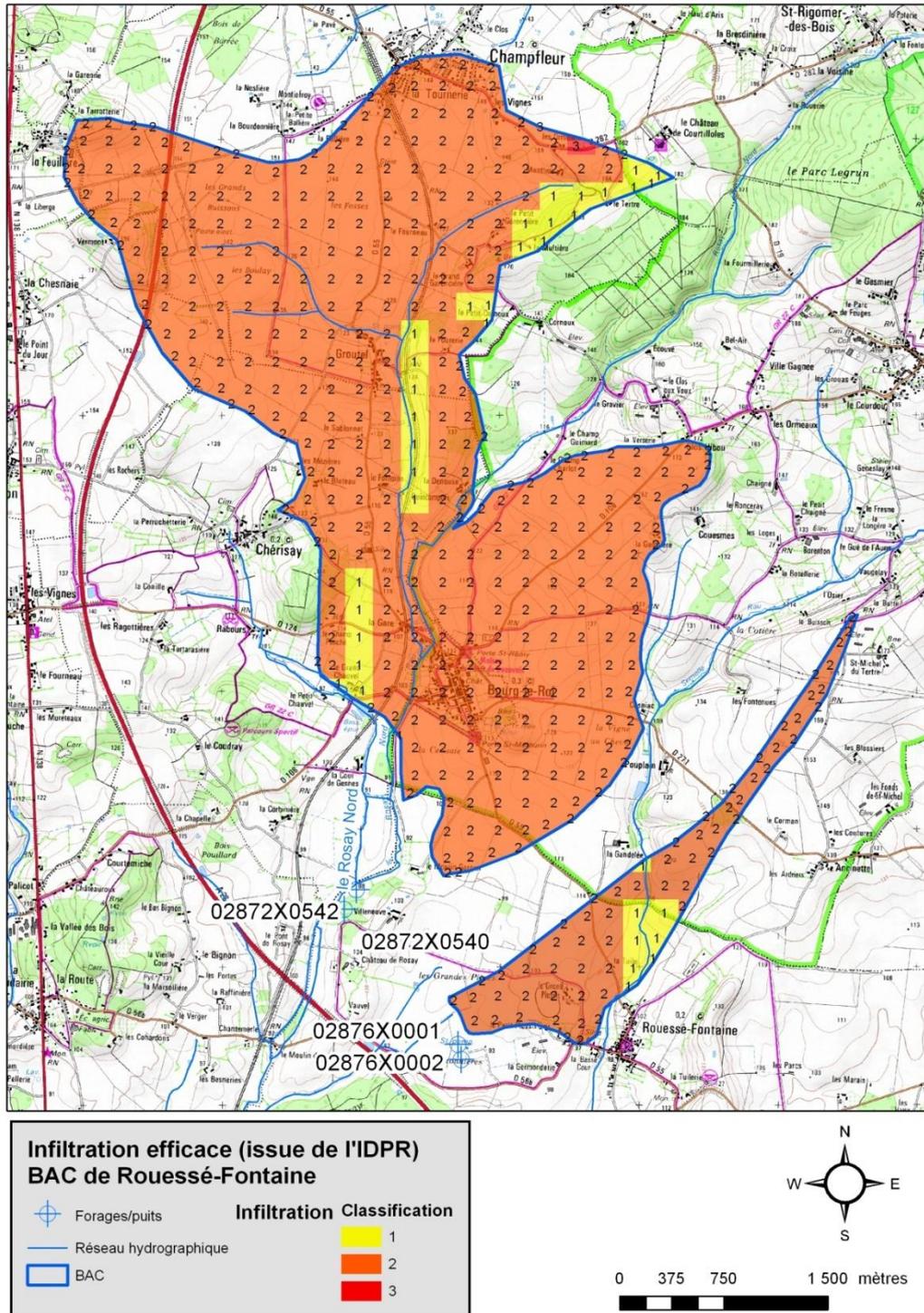


Illustration 28 : valeur moyenne de l'indice IDPR par entité géologique dans le secteur d'étude

4.6.4. Épaisseur de la zone non saturée (ZNS)

A Rouessé-Fontaine, on ne dispose pas de carte piézométrique « réelle », élaborée au moyen de mesures piézométriques obtenues sur le terrain, mais seulement de la carte piézométrique « moyennes eaux » issue de la modélisation Pivette. Les isopièzes ont d'abord été interpolées au pas d'espace 25 m (Illustration 29). Dans chaque maille du BAC est ensuite calculée la moyenne des cotes piézométriques.

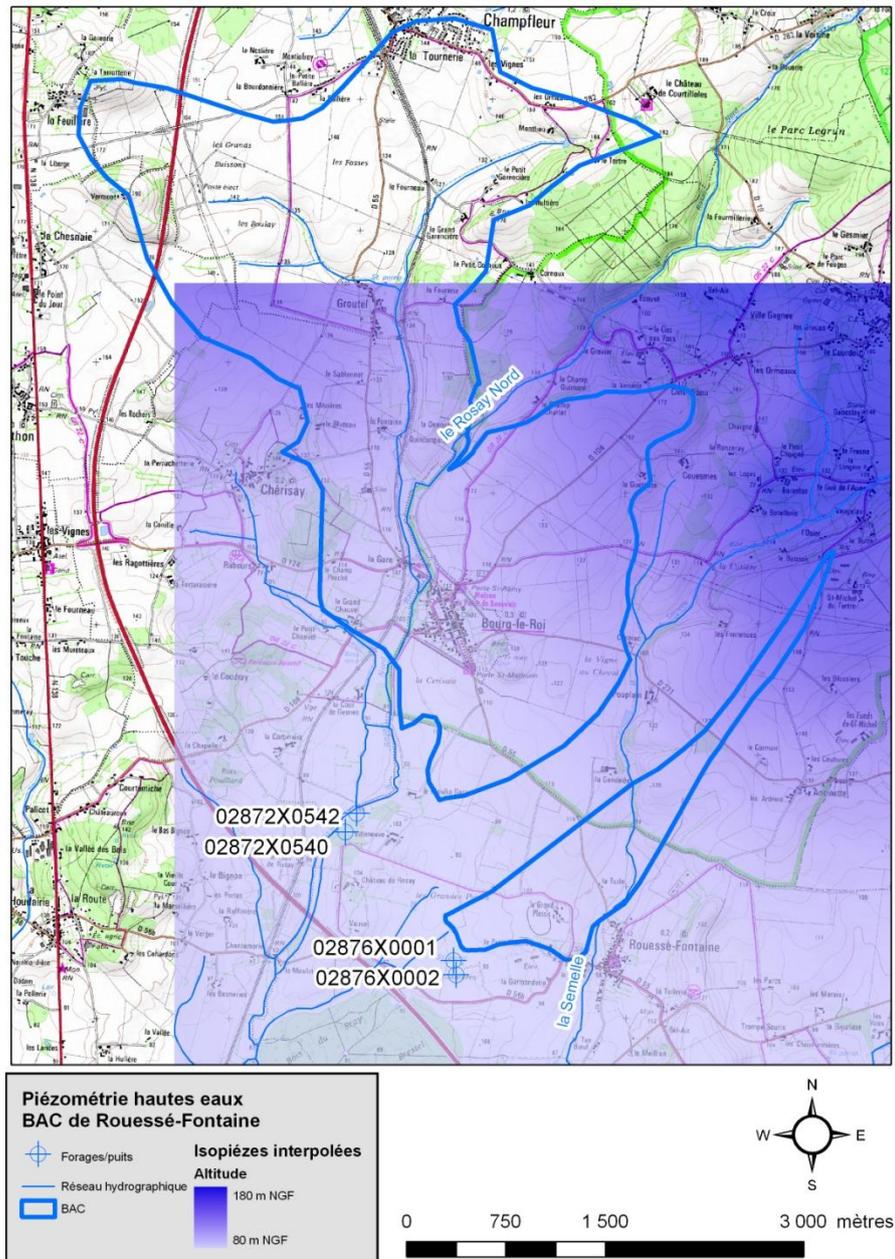


Illustration 29 : interpolation des isopièzes hautes eaux de la nappe du Dogger (d'après Pivette, 2002)

La carte piézométrique obtenue par modélisation ne couvre que partiellement l'étendue du BAC de Villeneuve.

Le Modèle Numérique de Terrain (MNT) de l'IGN au pas de 50 m est utilisé pour évaluer l'altitude au sol moyenne de chaque maille. L'épaisseur de la ZNS est ensuite calculée dans chaque maille en soustrayant à la cote topographique la cote piézométrique de la nappe. Dans les mailles qui ne sont pas couvertes par la modélisation, on a estimé la cote piézométrique sur la base de données ponctuelles dans la BSS et à dire d'expert. Dans les mailles où la nappe des calcaires n'est pas présente (limite nord-est du BAC de Villeneuve), on a attribué la valeur arbitraire -99 comme cote piézométrique et la note 0 comme classification (Illustration 30).

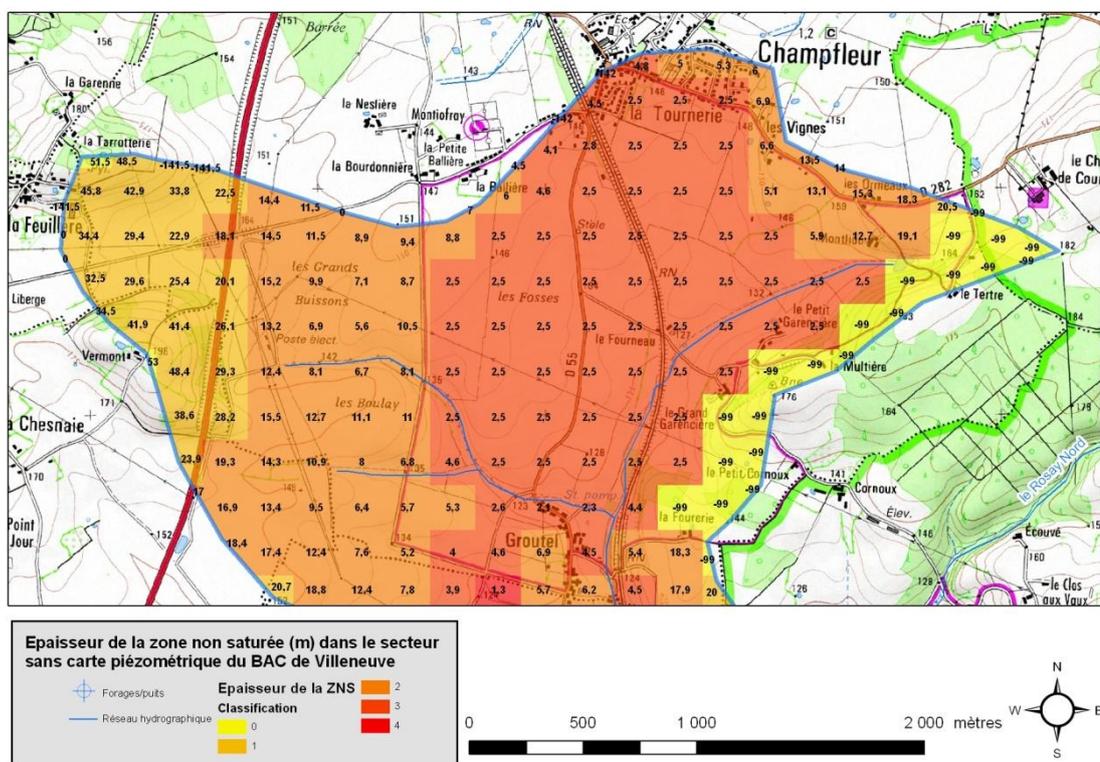


Illustration 30 : épaisseur de la zone non saturée dans le nord-est du BAC de Villeneuve

La cartographie du paramètre « ZNS » qui résulte de ces calculs figure en Annexe 5.

4.6.5. Perméabilité

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

La fissuration/fracturation des calcaires du Saosnois (Dogger) étant le critère essentiel déterminant la perméabilité de la roche, on a différencié les zones d'affleurement (**note**

4) des zones sous couverture (où les calcaires sous-jacents sont moins exposés à l'altération, et donc moins perméables) :

- **note 2** là où les marnes calloviennes ou bathoniennes sont présentes
- **note 0** là où la nappe des calcaires n'est pas présente (affleurement des sables aaléniens/toarciens ou des grauwackes briovériens)

La cartographie qui en résulte figure en Annexe 5.

4.7. ANALYSE MULTICRITÈRES – NOTE DE VULNÉRABILITÉ

La note de vulnérabilité dans chaque maille du BAC 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)

« Forçage » de la note de vulnérabilité

L'étendue des BAC de Rouessé-Fontaine a été augmentée pour que le territoire proposé soit conforme aux périmètres de protection existants (lire § 4.4.4). Dans cette extension, la vulnérabilité est réputée très faible (« forçage » de la note).

Par ailleurs, une partie du BAC des Moutonnières (secteur où les marnes affleurent, entre le Grand Plessis et l'autoroute A28) est prise en compte pour sa capacité à ruisseler vers des zones infiltrantes. Comme pour Conlie, ces zones ont été traitées de façon différente (la méthodologie classique ne s'appliquant pas de façon satisfaisante), en forçant la note de vulnérabilité – le résultat de la formule ci-dessus donnerait dans ce secteur une classe de vulnérabilité modérée.

L'eau météorique qui ruisselle sur cette partie du BAC étant acheminée vers une zone infiltrante de vulnérabilité élevée, la classe de vulnérabilité forcée sur ce secteur est réputée « élevée » également.

L'illustration 31 présente la cartographie de la vulnérabilité du bassin d'alimentation des captages et forages de Rouessé-Fontaine. La classe de vulnérabilité « très élevée » n'est pas rencontrée.

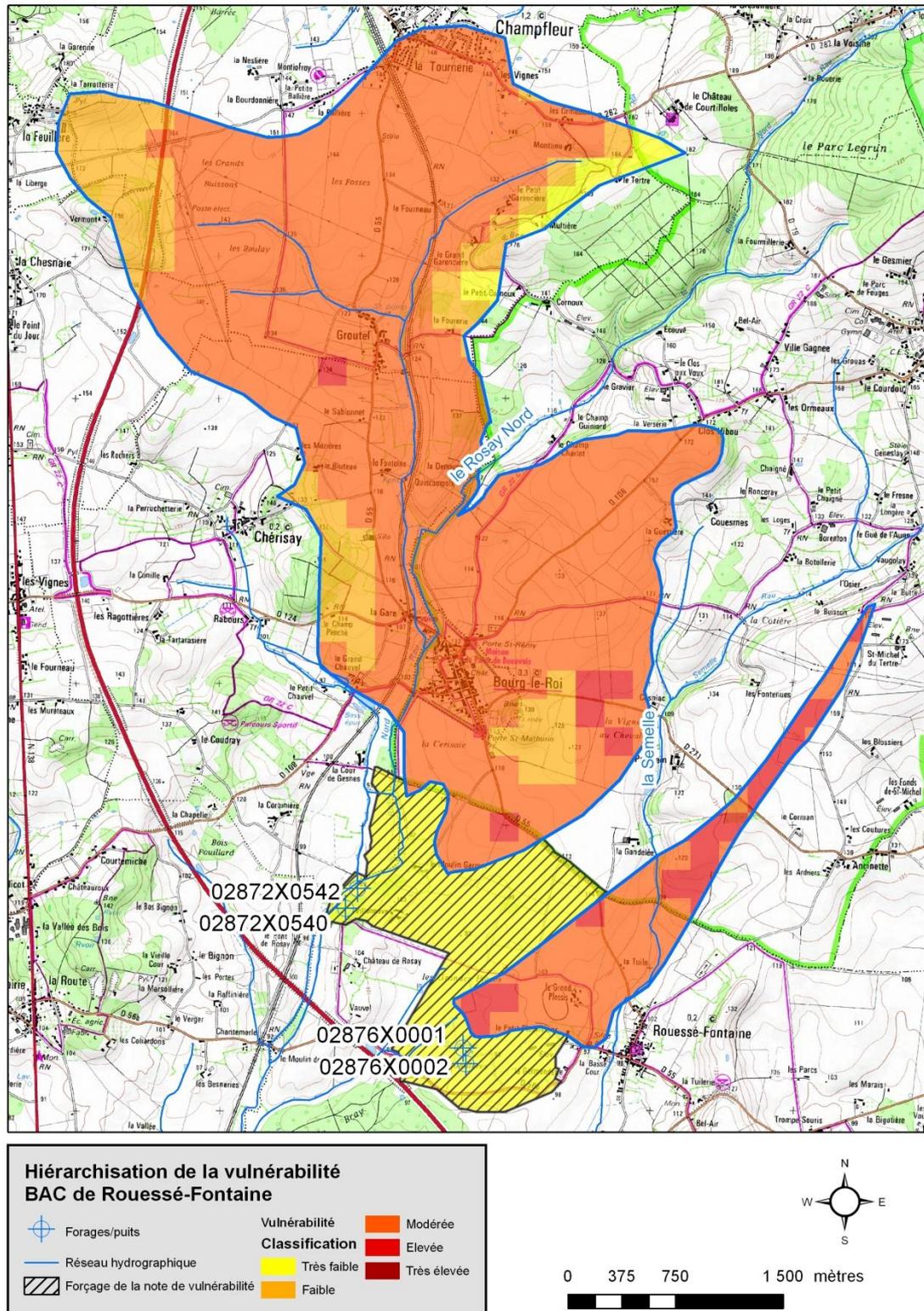


Illustration 31 : cartographie de la vulnérabilité des BAC de Rouessé-Fontaine

5. Captages du Theil et de la Touche (SIAEP de Chantenay-Villedieu)

5.1. DOCUMENTS CONSULTÉS

Les documents consultés pour établir la délimitation des bassins d'alimentation des captages de Chantenay-Villedieu et cartographier leur vulnérabilité sont les suivants :

- Carte géologique n°357 au 1/50 000 (et notice associée) de Loué
- Carte géologique harmonisée du département de la Sarthe
- Cartes topographiques au 1 /25 000 (© IGN)
- Données de la Banque du Sous-Sol (BSS)
- Guide méthodologique national pour la délimitation des bassins d'alimentation des captages et cartographie de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses (rapport BRGM/RP-55874-FR, sept. 2007)
- Rapport Calligée N09-72205. Notice d'incidence pour des prélèvements d'eau. Captages de la Touche et du Theil, janvier 2010.
- Rapport de l'hydrogéologue agréé en matière d'eau et d'hygiène publique pour la mise en place des périmètres de protection des forages AEP, mise à jour de décembre 2009 (G. MARY).
- Doerfliger N., Mouvet C. (2000) – Contamination des eaux souterraines et superficielles par les phytosanitaires dans le bassin de la Chiquetière (Sarthe), rapport BRGM RP-50221-FR, 64 p., 21 fig., 4 ann.
- Rapport Calligée 9-72002. Études hydrogéologiques préalables des captages de la Touche et du Theil – Synthèse générale, janvier 1999.
- Rapport Calligée 7-72152. Étude géologique et hydrogéologique pour la mise en place des périmètres de protection du S.I.A.E.P. de Chantenay-Villedieu, août 1997.
- Étude agro-pédologique (captage de Chantenay-Villedieu). Chambre d'agriculture de la Sarthe, date inconnue.

5.2. CONTEXTES

5.2.1. Hydrographie

La région de Chantenay-Villedieu, au sud-ouest du Mans, se trouve sur le flanc nord du bassin de la rivière Sarthe, dont l'écoulement local est orienté de l'est vers l'ouest. Le réseau hydrographique secondaire de la région de Chantenay-Villedieu se développe ainsi principalement autour des affluents de la Sarthe, selon des axes nord-sud (notamment la Vègre à l'ouest et la Gée à l'est).

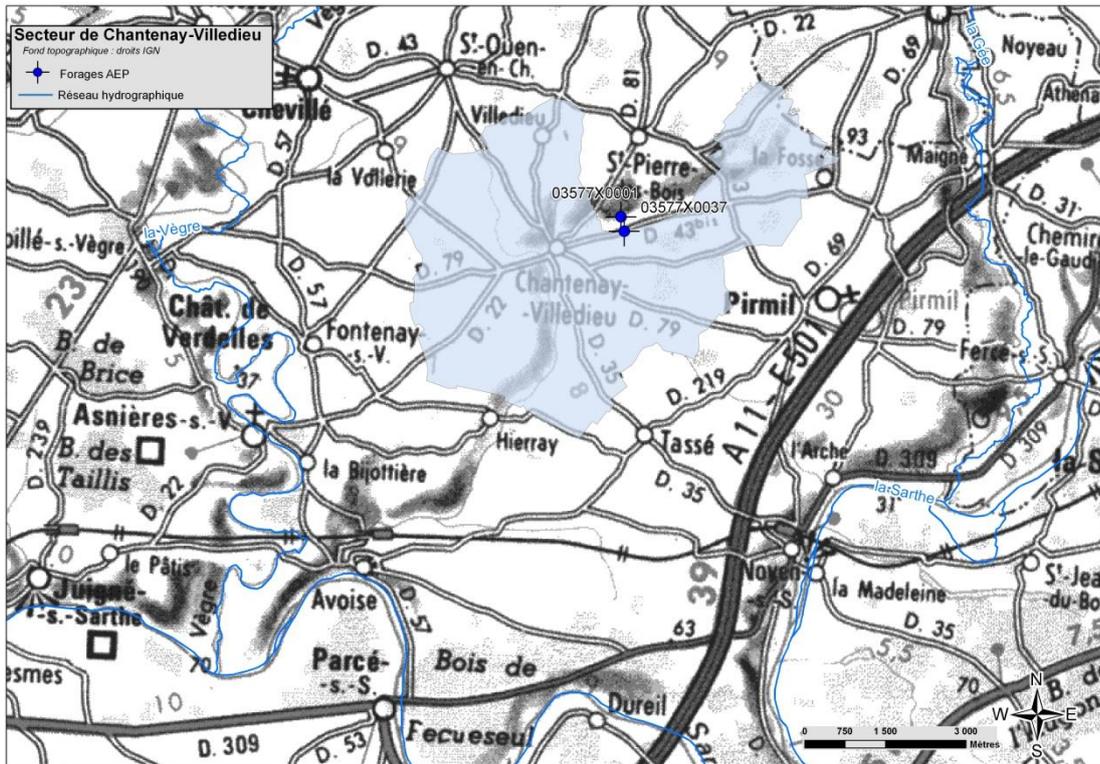


Illustration 32 : le réseau hydrographique des affluents de la Sarthe se développe dans la région de Chantenay-Villedieu selon des axes nord-sud

Plus localement (cf. Illustration 33), le ruisseau temporaire de la Morinière coule en amont de Chantenay-Villedieu et rejoint le ruisseau des Deux-Fonts au lieu-dit « la Chiquetière ». Celui-ci se jette dans la Sarthe à Avoise, 7 km plus au sud. Le ruisseau des Deux-Fonts n'est pérenne qu'à partir Saint-Pierre-des-Bois : ses affluents et son tronçon amont ne sont le siège que d'écoulements temporaires qui n'apparaissent qu'en période de précipitations abondantes. C'est une caractéristique de l'ensemble du plateau calcaire (Dogger) qui se développe entre la Végre et la Gée (Calligée, 2010).

Les captages du Theil et de la Touche sont localisés à proximité de la confluence entre le ruisseau des Deux-Fonts et le ruisseau de la Morinière. Comme dit précédemment, ce dernier n'est pas pérenne et ne coule qu'à la faveur de précipitations abondantes en hiver. C'est aussi le cas du ruisseau des Deux-Fonts en amont du lieu-dit « la Culotterie ». Il faut des précipitations exceptionnelles pour que l'écoulement atteigne le bourg de Saint-Pierre-des-Bois (Calligée, 2010).

Plusieurs jaugeages réalisés en 1997 sur les Deux-Fonts et sur un de ses affluents, le ruisseau pérenne « Claire-Onde », ont montré que le ruisseau des Deux-Fonts draine la nappe des calcaires du Bajo-Bathonien.

Des pertes karstiques sont répertoriées par Calligée dans le linéaire des différents cours d'eau du bassin :

- de manière diffuse en plusieurs zones sur un linéaire d'environ 1,5 km entre la Culotterie et la Galopinière,
- au lieu-dit « la Plissonnière »,
- aux lieux-dits « le Point-du-Jour » et « les Bois ».

5.2.2. Hydrogéologie

Les formations géologiques rencontrées à l'affleurement dans le secteur de Chantenay-Villedieu s'étagent du Toarcien (Jurassique) au Cénomaniens moyen (Crétacé). Les formations quaternaires sont également représentées, notamment par les alluvions fluviales. Plusieurs formations géologiques sont aquifères, et contiennent des nappes d'importance variable. Les forages AEP concernés par cette étude exploitent les calcaires du Dogger (Bajo-Bathonien, localement désignés comme « calcaires de la Champagne de Conlie »).

Formations du Jurassique

- Les calcaires marneux du Toarcien et les argiles grises de l'Aalénien n'affleurent pas dans le secteur proche de Chantenay-Villedieu mais constituent le substratum des formations aquifères des calcaires du Dogger.
- Au-dessus, les calcaires de l'Aalénien-Bajocien indifférenciés (localement désignés sous le terme calcaires de la Champagne de Conlie) et l'oolithe ferrugineuse du Bathonien supérieur constituent un aquifère d'importance régionale. Les considérations du § 3.2.2 portant sur les calcaires du Dogger à Conlie sont également valables à Chantenay-Villedieu. Les circulations souterraines dans les calcaires du Dogger à Chantenay-Villedieu sont en outre favorisées localement par le développement d'une fracturation significative liée au karst (lire ci-après le § 5.2.3 concernant les phénomènes karstiques). Dans le secteur de Chantenay-Villedieu, l'aquifère est généralement captif, mais il devient libre au droit des ruisseaux, qui entaillent les marnes sous-jacentes.

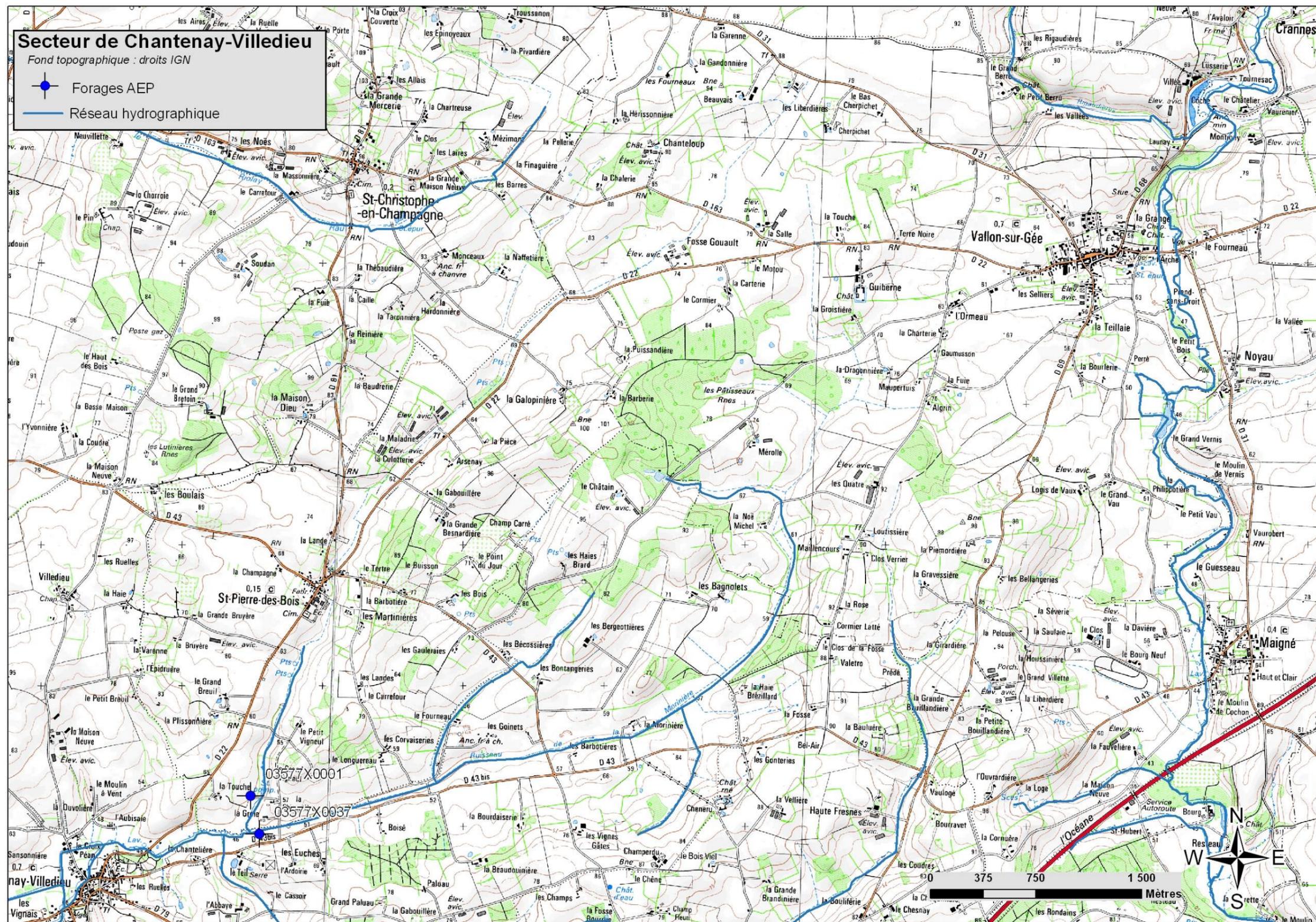


Illustration 33 : carte topographique du secteur de Chantenay-Villedieu

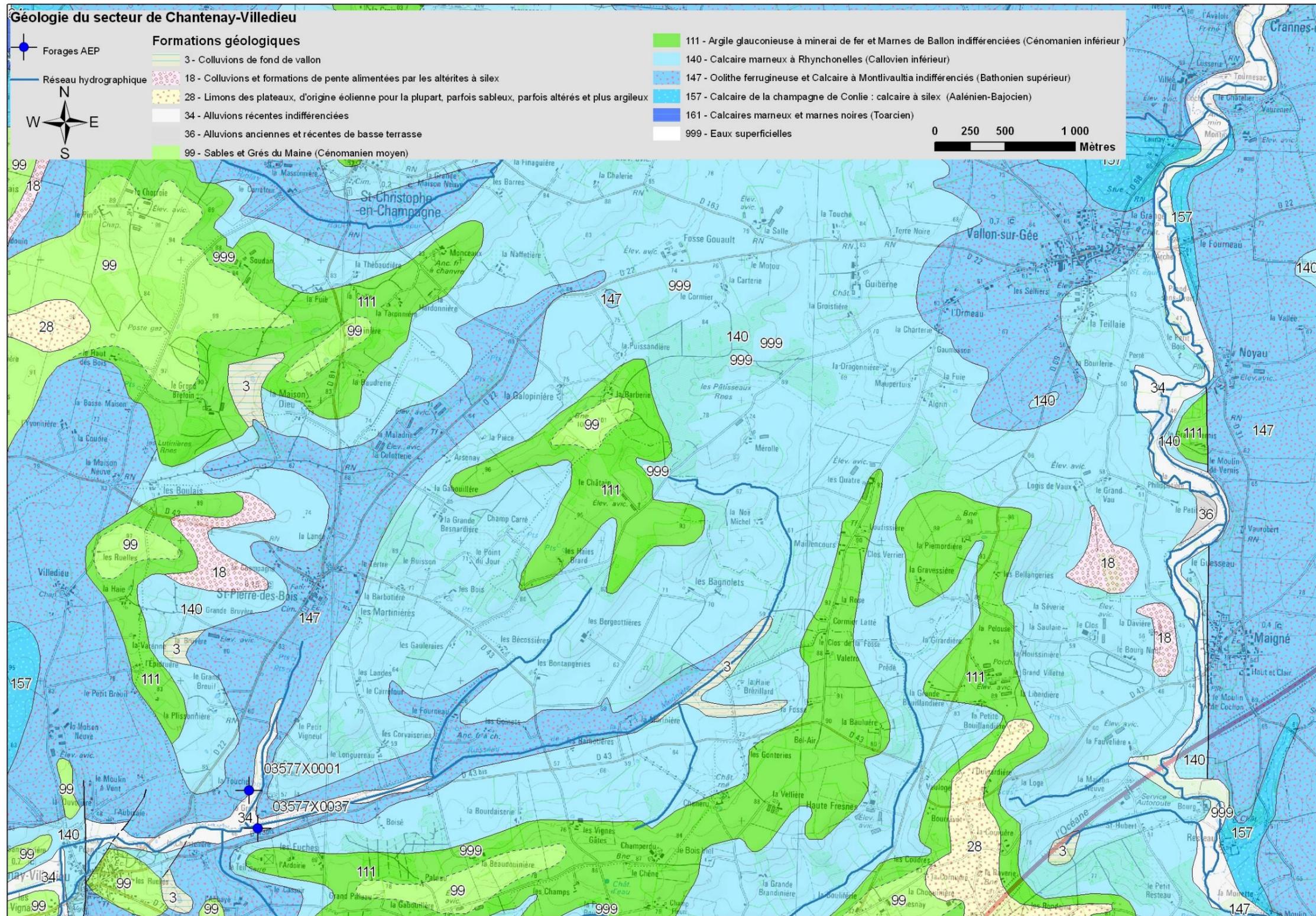


Illustration 34 : carte géologique du secteur de Chantenay-Villedieu

- L'ensemble calcaire qui va de l'Aalénien au Bathonien forme un seul système aquifère qu'on appellera souvent ci-après pour plus de commodités « calcaires du Dogger ». Son épaisseur maximale est de l'ordre de 25 m. La nappe que ces roches contiennent est exploitée par les forages du Theil et de la Touche.
- Les calcaires marneux du Callovien inférieur affleurent sur la majeure partie de la zone d'étude. Leur épaisseur n'excède pas 15 m. Ils ne sont présents au droit des captages du Theil et de la Touche.

Formations du Crétacé

- Les marnes calloviennes forment un ensemble peu perméable avec les argiles glauconieuses du Cénomaniens inférieur.
- Les sables et grès du Maine (Cénomaniens moyen) constituent un aquifère d'importance régionale, mais d'étendue limitée dans le secteur d'étude (placages résiduels aux sommets de buttes).

5.2.3. Phénomènes karstiques dans les calcaires du Dogger

Le rapport Calligée 9-72002 de janvier 1999 présente les résultats d'un multi-traçage destiné à préciser les relations entre les écoulements superficiels et les eaux souterraines de l'aquifère capté via le réseau karstique. Un suivi de la conductivité des eaux des captages et de la source des Deux-Fonts (exutoire naturel de l'aquifère) vient compléter ces résultats. Nous citons ici le rapport :

*« Sur le bassin des Deux-Fonts des indices de karstification existent : écoulements temporaires des ruisseaux, zones de pertes diffuses susceptibles d'absorber un débit important, pertes ponctuelles, effondrements, dolines. **Des axes privilégiées de circulation souterraine se mettent en place**, ainsi que le prouvent certains résultats de traçage. Cependant **les vitesses de circulations mises en évidence ne témoignent pas d'une karstification très poussée.** »*

*« La faible amplitude des variations de la conductivité au cours du cycle hydrologique étudié atteste que l'aquifère exploité n'est pas un aquifère très karstifié. En effet le développement de la karstification favorise – en fonction des conditions hydrologiques (crues, étiages) – l'arrivée à l'exutoire, en l'occurrence ici la source des Deux-Fonts, d'eaux à temps de séjour très différents qui sont caractérisés par des conductivités contrastées. Tel n'est pas le cas ici : une certaine homogénéisation des eaux à temps de séjour différent se produit au sein de l'aquifère, ce qui est caractéristique d'un **aquifère peu ou pas karstifié possédant généralement des réserves importantes.** (...) L'aquifère bajo-bathonien des Deux-Fonts n'a pas le comportement d'un aquifère bien karstifié. **Son comportement hydrodynamique et hydrochimique s'apparente beaucoup plus à celui d'un aquifère poreux.** »*

« Les variations piézométriques constatées tant sur les captages que sur les piézomètres demeurent faibles et restent dans la gamme des variations

piézométriques d'un aquifère poreux. Elles indiquent surtout une très grande inertie vis-à-vis des précipitations (...). »

« Tous ces éléments indiquent que le fonctionnement de l'aquifère capté s'apparente plutôt à celui d'un aquifère poreux, même si localement des circulations préférentielles existent. »

Par ailleurs, le rapport BRGM/RP-50221-FR de juin 2000 formule des conclusions similaires quant au degré de karstification du bassin :

*« Ce système [aquifère de la Chiquetière] se développe dans des formations aquifères calcaires dont la **karstification est peu importante** comme en témoignent d'une part l'inertie du système, que ce soit à la source ou sur des piézomètres, les faibles variations de la conductivité de l'eau, les vitesses de transit (observées lors d'essais de traçage) peu importantes, et d'autre part un modelé topographique faiblement marqué par des objets karstiques tels que doline, gouffres, lapiez. »*

5.2.4. Géologie structurale

Le pendage des couches jurassiques du secteur d'étude est de l'ordre de 5% vers le SSE (Dugué O., 1990). Bien qu'aucune faille n'ait été cartographiée à l'échelle de la zone étudiée et que la faille indiquée sur la carte géologique au 1/50 000 de Loué qui passe à Chantenay-Villedieu n'ait pu être prolongée, le pendage des couches laisse penser que le secteur de Saint-Pierre-des-Bois est situé dans un grand couloir faillé (rapport BRGM/RP-50221-FR).

5.3. DESCRIPTION DES OUVRAGES DE PRODUCTION D'EAU POTABLE

Seul le forage du Theil (indice BSS 03577X0037) est identifié comme captage prioritaire « Grenelle ». Les deux ouvrages sont distants de 300 m environ (Illustration 35). Les coupes techniques des deux ouvrages sont présentées dans l'Annexe 6.

5.3.1. Le Theil 03577X0037

Le forage du Theil a été mis en service en 1991. Il s'agit d'un forage réalisé au rotary puis marteau fond de trou et équipé d'une crépine PVC. Bien que la coupe technique du forage indique une profondeur de 21,55 m, sa profondeur réelle serait de 25 m (Calligée, 2010). Une crépine a été mise en place à partir de -2 m par rapport au sol mais les premiers 4,60 m de crépine sont isolés de l'encaissant par un tubage acier plein : l'ouvrage est donc réellement crépiné à partir de -6,60 m.

Le log géologique du forage indique que les calcaires du Dogger sont atteints à partir de 2,3 m. A partir de 13 m, et d'après les résultats d'une diagraphie gamma ray, la proportion d'argile devient plus forte (Toarcien ?).

Le forage du Theil est exploité à un débit de 120 m³.h⁻¹.

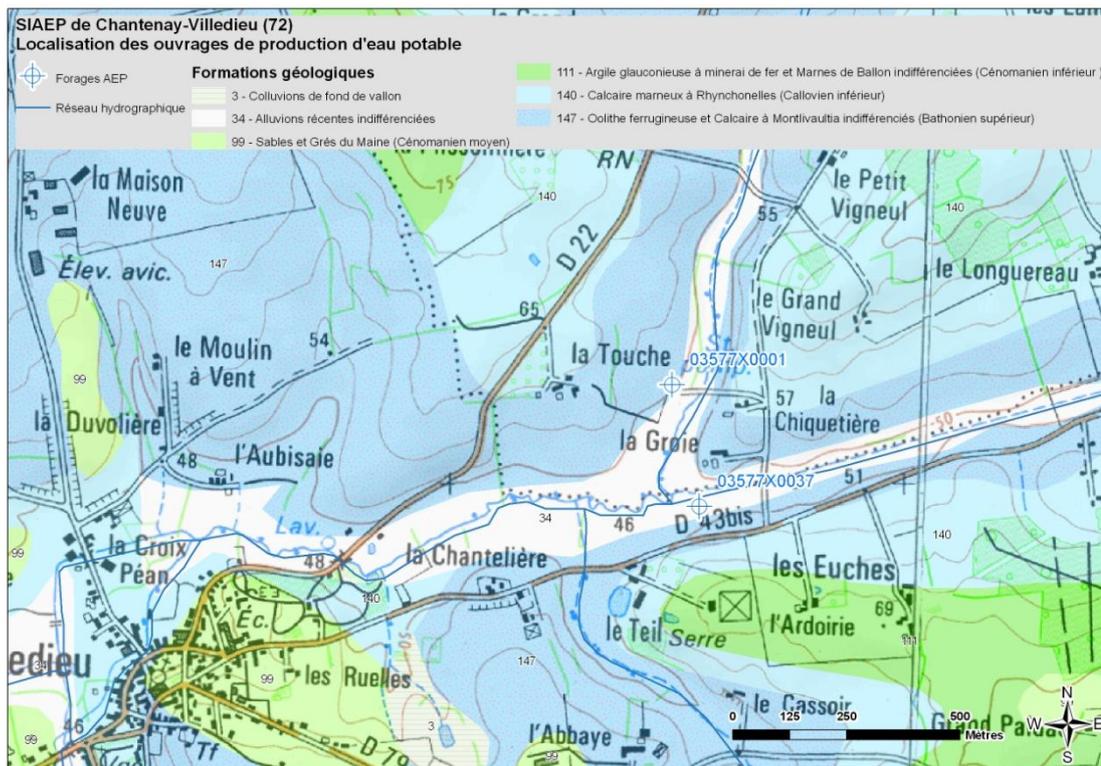


Illustration 35 : implantation des forages de la Touche et du Theil (Chantenay-Villedieu)

5.3.2. La Touche 03577X0001

Le puits de la Touche a été creusé en 1969. D'une profondeur de 9 m et d'un diamètre de 1,5 m, il est exploité de façon intermittente (seulement en cas de période de pointe de consommation) à un débit de $80 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Il atteint les calcaires du Dogger à 1,5 m de profondeur.

Il est prévu d'abandonner ce puits au profit de nouveaux forages (car la teneur en nitrates, supérieure à $40 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, a à plusieurs reprises dépassé la norme de $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ dans le passé).

5.4. BASSINS D'ALIMENTATION DES CAPTAGES

La délimitation du bassin d'alimentation des captages de Chantenay-Villedieu (indifférenciés) a été réalisée dans les années 2000 et elle n'a pas été amendée dans le cadre de cette étude. Le contour du BAC est détaillé dans les rapports Calligée 9-72002 (janvier 1999) et BRGM/RP-50221-FR (juin 2000). Le BAC reprend les contours du bassin versant de surface, augmenté de 25 ha vers l'ouest de la Touche jusqu'à la faille N150 qui part de la Haie (Villedieu) et se prolonge jusque la Chantelière : elle jouerait un rôle hydraulique (Calligée, 1999). Pour assurer la cohérence du BAC avec les périmètres de protection, le BAC a été étendu vers le sud-ouest.

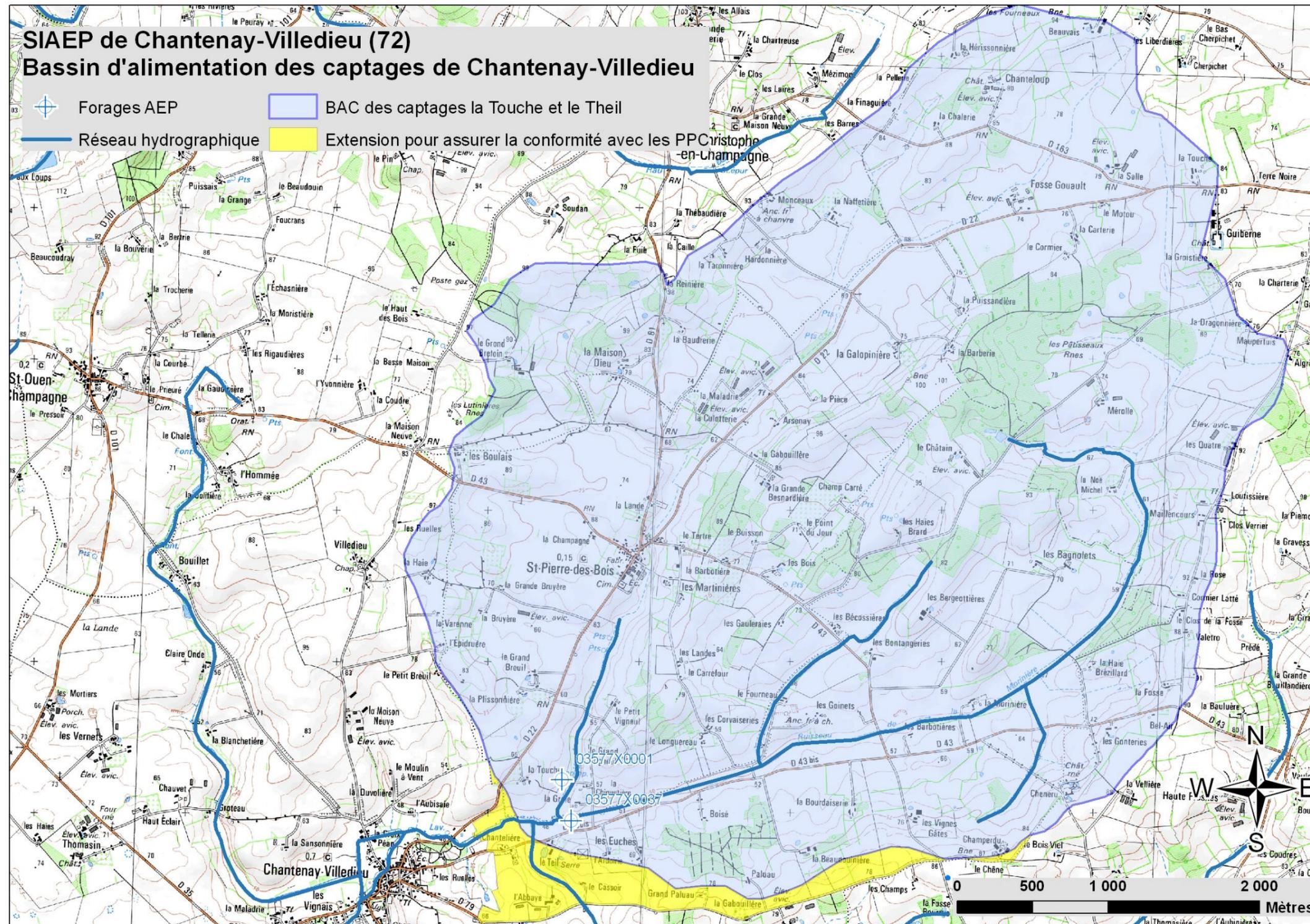


Illustration 36 : BAC de Chantenay-Villedieu

Le BAC dans sa globalité figure sur l'illustration 36, et le détail à plus grande échelle est présenté dans l'Annexe 7. Sa superficie atteint 23,68 km² (2 368 ha).

5.5. CHOIX DE LA MÉTHODE DE CALCUL DE LA VULNÉRABILITÉ

5.5.1. Type d'aquifère

La karstification des calcaires du Dogger à Chantenay-Villedieu est avérée, mais nous avons vu (§ 5.2.2) qu'elle était peu développée et que l'aquifère s'apparentait plutôt à un aquifère poreux. Il est donc plus pertinent de classer l'aquifère dans la catégorie des **aquifères discontinus fissurés**.

5.5.2. Paramètres pris en compte

Les paramètres pris en compte pour un système aquifère continu figurent dans le Tableau 4.

Paramètres		Coefficient de pondération
discontinuités	D	50%
infiltration	I	30%
Sol - couverture protectrice	S	20%

Tableau 4 : paramètres pris en compte dans le calcul de la note de vulnérabilité d'un système aquifère discontinu fissuré

Pour le critère « discontinuités », il s'agit d'identifier les zones caractérisées par des contrastes de conductivité hydraulique au sein de l'aquifère, se matérialisant par la présence de failles régionales, des zones plus ou moins fracturées, des fractures plus ou moins ouvertes. L'existence (ou l'absence) de connexions rapides entre un endroit du BAC et le captage est déterminée à l'aide de traçages.

5.6. CLASSIFICATION DES PARAMÈTRES

5.6.1. Discontinuités

Classe	Description
0	Roche saine non altérée et non fracturée. Absence de connexion hydraulique préférentielle avec le captage
1	Secteur avec connexion hydraulique lente au captage (> 10 jours). Phénomène d'atténuation (étalement du pic de restitution du traceur). Zone de fractures dans roche saine.
2	Secteur avec faible et lente connexion hydraulique au captage (entre 3 et 10 jours). Discontinuité sans connexion hydraulique rapide avec le captage.
3	Zone de discontinuités bien connectées au captage avec atténuation limitée (réponse rapide et concentrée du pic de traceur, en moins de trois jours)
4	Zone de discontinuités connectées de manière rapide (10 à 24 heures). Pas d'atténuation significative du traceur.

Tableau 5 : description des classes du paramètre « discontinuités », adaptées du guide méthodologique national

Les résultats de traçage contenus dans l'étude Calligée 9-72002 de janvier 1999 (cf. Illustration 37) ont permis de cartographier ce paramètre (Annexe 8). Les traçages avaient pour principal objectif de déterminer les vitesses de transit des eaux souterraines au sein de l'aquifère calcaire, et de préciser le degré de relation entre des zones de perte bien identifiées et les captages.

Les axes de circulation souterraine prouvée par traçage et les axes de drainage principaux reportés sur l'illustration 37 (Calligée, 1999) sont réputés correspondre aux zones de fracturation préférentielles. La vitesse de transit maximale calculée par Calligée grâce aux résultats des traçages est de $12,7 \text{ m.h}^{-1}$ dans les fractures de la partie méridionale du BAC (sous-bassin du ruisseau de la Morinière, traçage à l'éosine) tandis que celle calculée dans les fractures de la partie septentrionale (sous-bassin de Saint-Pierre-des-Bois, traçage à la rhodamine) n'est que de $9,5 \text{ m.h}^{-1}$. On calcule à partir de ces vitesses la distance parcourue en 3 et 10 jours (cf. Tableau 6) pour attribuer les notes correspondant au paramètre « discontinuités » selon le Tableau 5.

Sous-bassin	Vitesse du traceur (m/h)	Distance parcourue en 3 j	Distance parcourue en 10 j
Morinière	12,7	914	3 048
St-Pierre-des-Bois	9,5	684	2 280

Tableau 6 : distance parcourue par les traceurs en 3 et 10 jours

Si plusieurs zones de pertes sont effectivement bien identifiées dans le bassin de Chantenay-Villedieu (la Culotterie, le Point du Jour, le Fourneau, le Grand Bretoin, la Galopinière, le Grand Breuil), nous n'avons pas connaissance de travaux portant sur la recherche systématique de ces pertes, et le caractère exhaustif de cette liste n'est donc pas assuré. L'évaluation du paramètre « discontinuités » ne tient donc pas compte directement de la localisation des pertes, pour ne pas surévaluer la vulnérabilité au droit des pertes connues par rapport à la vulnérabilité au droit de celles qui existent sans doute ailleurs dans le bassin, mais ne sont pas recensées dans la bibliographie. Néanmoins, parce que cette information a son importance, les zones de pertes connues sont figurées sur la carte finale de vulnérabilité au moyen d'une surcouche hachurée (cf. Illustration 39).

5.6.2. Sol – Couverture pédologique protectrice

Le principe de classification du paramètre « sol » est détaillé dans le § 3.6 et le Tableau 3. A Chantenay-Villedieu, les sols ont été classés au moyen de la carte géologique harmonisée de la Sarthe au 1/50 000 et la carte des sols provenant d'une étude agro-pédologique de la Chambre d'agriculture :

1. **Note 0** sur argiles ou sables du Cénomaniens
2. **Note 1** sur marnes du Callovien
3. **Note 2** sur calcaires du Dogger avec couverture (alluvions ou colluvions)
4. **Note 3** sur calcaires du Dogger sans couverture protectrice

La cartographie de ce paramètre figure en Annexe 8.

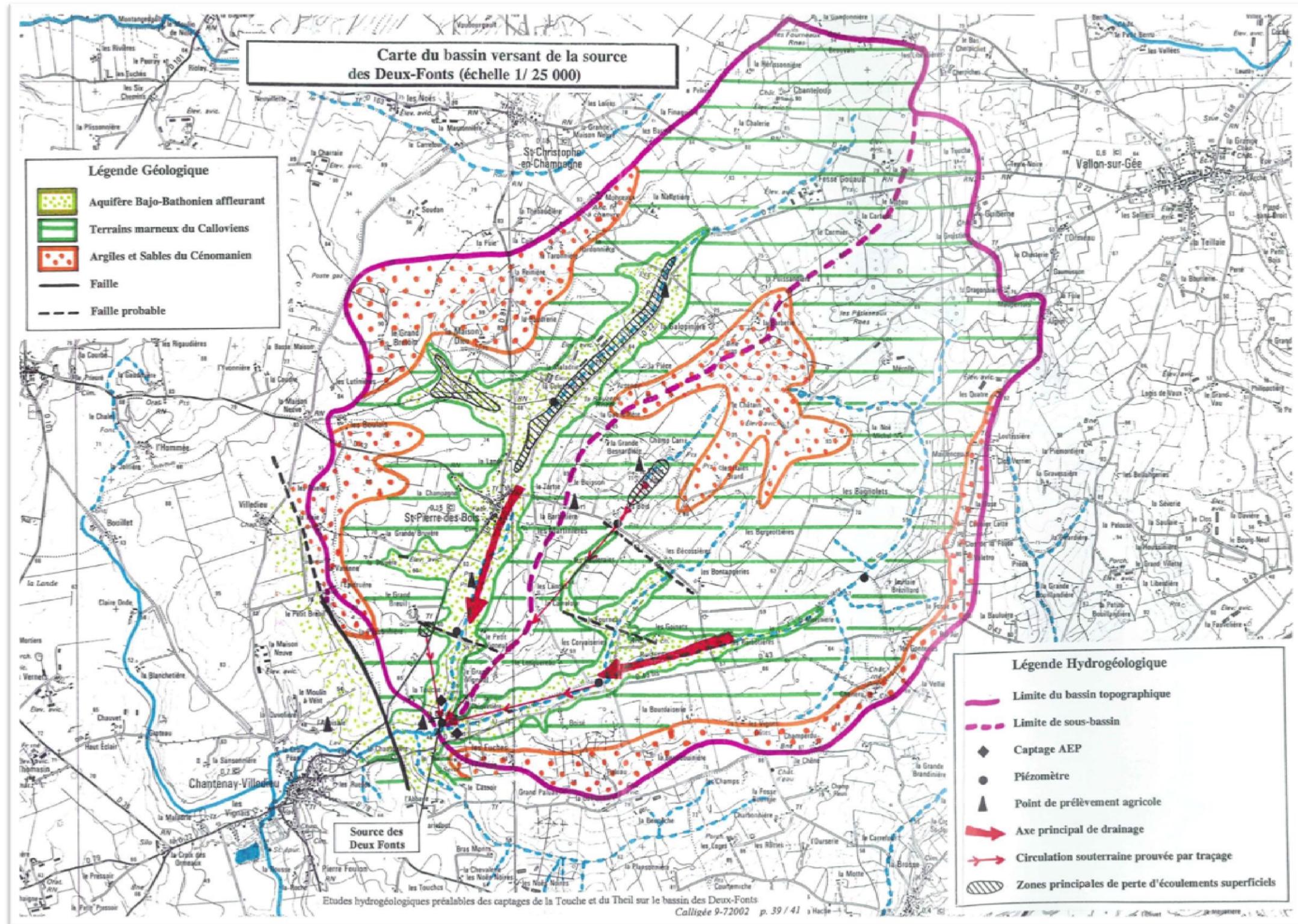


Illustration 37 : carte géologique simplifiée du bassin de Chantenay-Villedieu (Calligée, 1999) figurant les circulations souterraines prouvées par traçage

5.6.3. Infiltration (IDPR)

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, une valeur moyenne de l'IDPR est calculée pour chaque polygone de chaque formation géologique de la carte géologique harmonisée de la Sarthe.

Le Tableau 2 (cf. § 3.6) donne la clef de répartition des notes pour ce paramètre. La cartographie qui en résulte figure sur l'illustration 38 et en Annexe 8.

5.7. ANALYSE MULTICRITÈRES – NOTE DE VULNÉRABILITÉ

La note de vulnérabilité dans chaque maille du BAC est obtenue par la formule suivante :

$$\text{Vulnérabilité} = 0,5 D + 0,3 I + 0,2 S$$

(les lettres renvoient aux paramètres figurant dans le Tableau 4).

Forçage de la note de vulnérabilité

L'étendue des BAC de Chantenay-Villedieu a été augmentée pour que le territoire proposé soit conforme aux périmètres de protection existants (lire § 5.44.4.4). Dans cette extension, la vulnérabilité est réputée très faible.

L'illustration 39 et l'Annexe 9 présentent la cartographie de la vulnérabilité du bassin d'alimentation des captages de Chantenay-Villedieu. La classe de vulnérabilité « très élevée » n'est pas rencontrée.

Délimitation des bassins d'alimentation des captages Grenelle de la Sarthe et cartographie de leur vulnérabilité

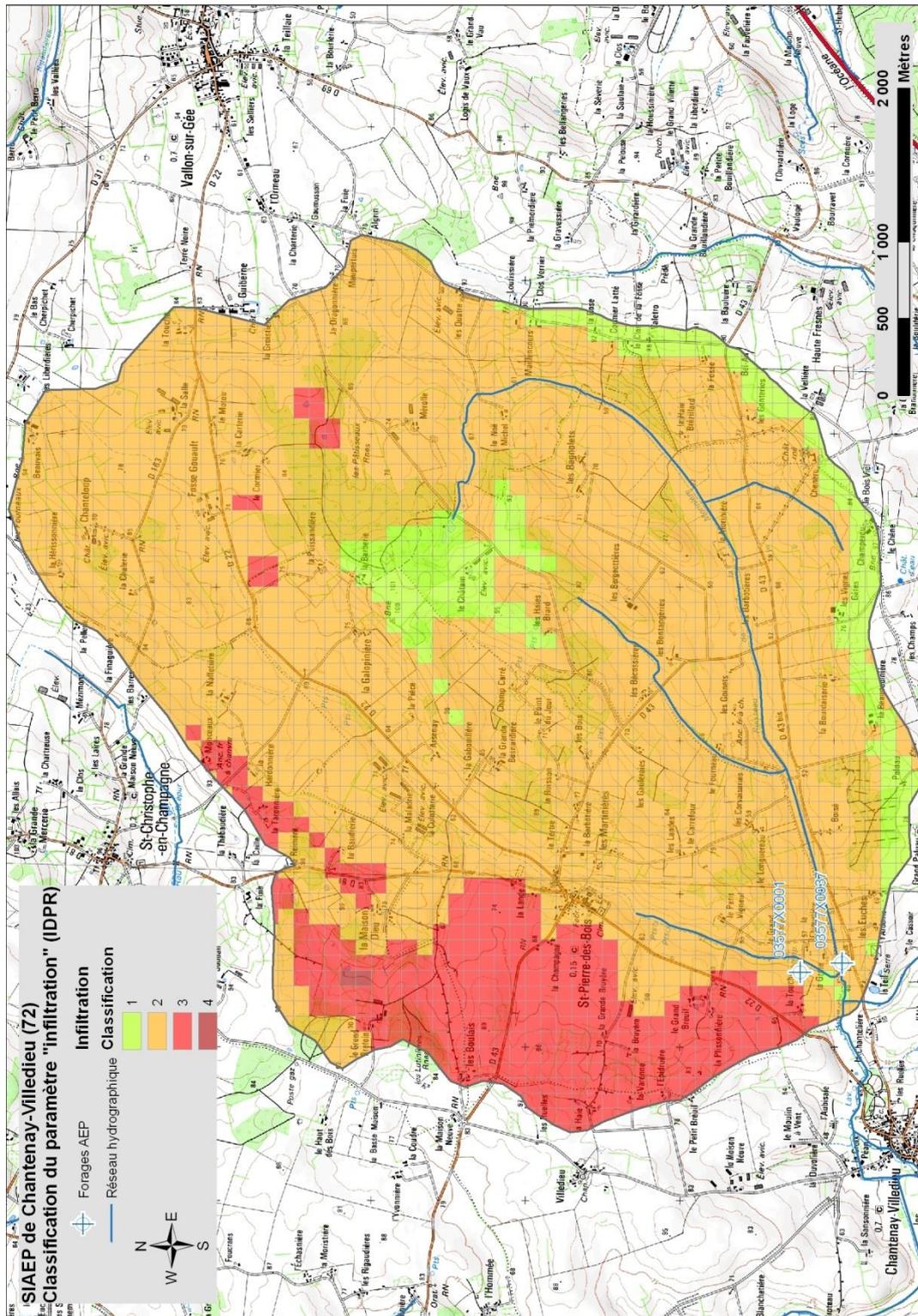


Illustration 38 : valeur moyenne de l'indice IDPR par entité géologique du BAC de Chantenay-Villedieu

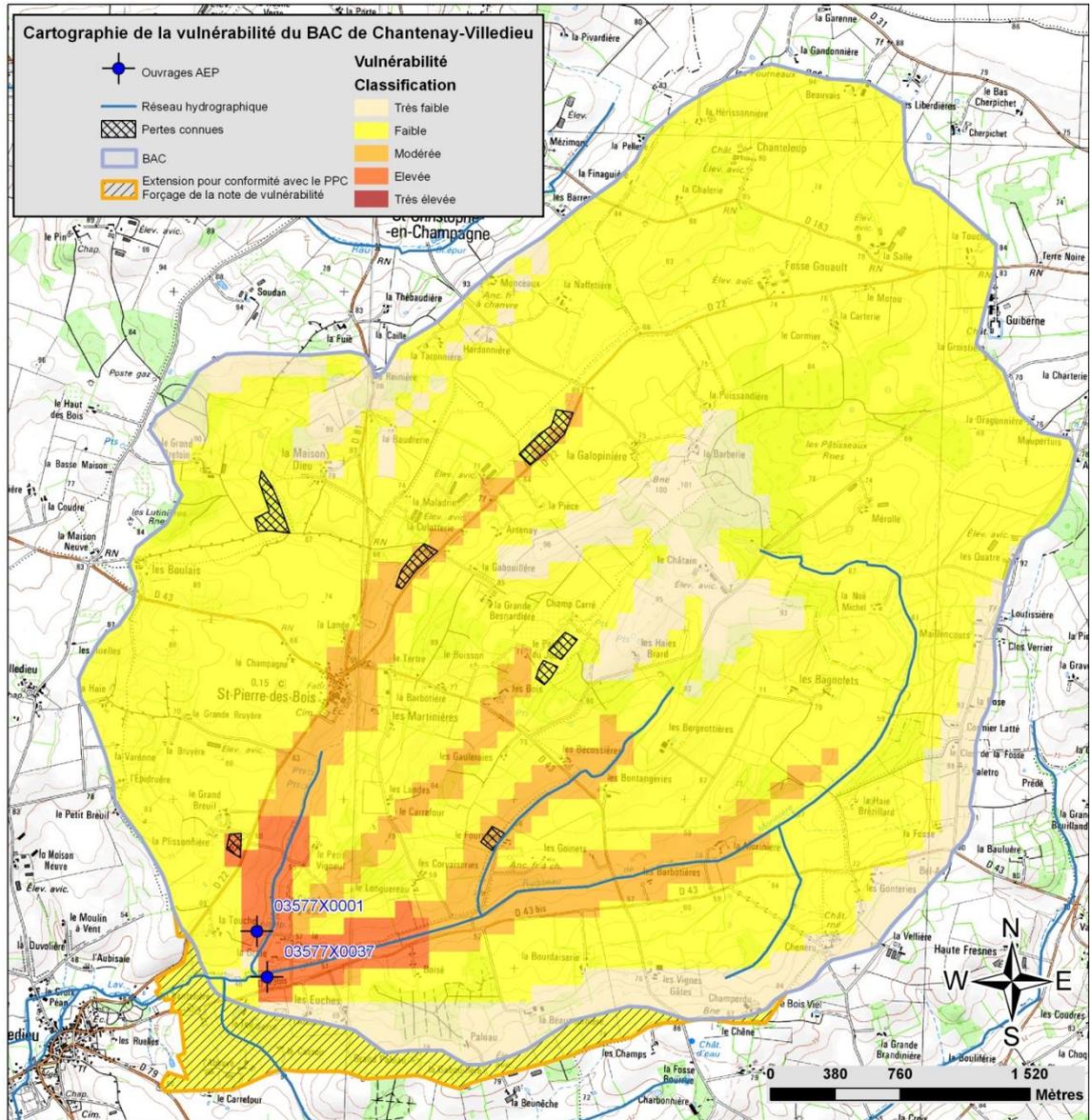


Illustration 39 : cartographie de la vulnérabilité du BAC de Chantenay-Villedieu

6. Conclusion

Trois captages prioritaires « Grenelle » de la Sarthe ont fait l'objet d'une étude de bassin d'alimentation de captage (BAC) en 2010-2011 par le BRGM : Conlie, Rouessé-Fontaine, et Chantenay-Villedieu. La tâche confiée au BRGM consistait à valider les BAC élaborés par la DDT72, mais dans deux cas (Rouessé-Fontaine et Chantenay-Villedieu) nous proposons des BAC plus vastes.

Selon la méthodologie décrite dans le guide BRGM/RP-55874-FR, l'étude de BAC se compose de plusieurs étapes : dans un premier temps, délimiter le bassin d'alimentation du captage, puis cartographier et hiérarchiser sa vulnérabilité intrinsèque.

Deux ouvrages sont exploités à Conlie pour l'alimentation en eau potable, trois à Rouessé-Fontaine et deux à Chantenay-Villedieu. Dans chaque cas, un seul ouvrage est identifié comme captage prioritaire « Grenelle ». Néanmoins, les BAC délimités ne se limitent pas au seul captage de Grenelle, mais sont valables pour l'ensemble des points de prélèvements.

L'aquifère capté à Conlie, Rouessé-Fontaine et Chantenay-Villedieu est celui des calcaires du Bajo-Bathonien (Dogger). Il est considéré comme un aquifère poreux continu à Conlie et Rouessé-Fontaine, et discontinu fissuré à Chantenay-Villedieu (du fait des phénomènes karstiques de faibles ampleurs qui y sont avérés).

- Le BAC de Conlie proposé par le BRGM a une superficie de 5,23 km² (523 ha). 8,5 % du BAC sont classés en vulnérabilité très élevée ; 61 % du BAC en vulnérabilité élevée ; 30 % du BAC en vulnérabilité très faible à faible.
- Le BAC de Rouessé-Fontaine proposé par le BRGM a une superficie de 16,27 km² (1 627 ha). 4 % du BAC ont une vulnérabilité élevée ; 71 % du BAC ont une vulnérabilité modérée ; 13 % du BAC ont une vulnérabilité faible ; 11% du BAC ont une vulnérabilité très faible.
- Le BAC de Chantenay-Villedieu proposé par le BRGM a une superficie de 22,89 km² (2 289 ha). 2 % du BAC ont une vulnérabilité élevée ; 6 % ont une vulnérabilité modérée ; 77 % ont une vulnérabilité faible ; 15 % ont une vulnérabilité très faible.

Une fois la cartographie de la vulnérabilité des BAC validée, le préfet pourra identifier, au sein du bassin d'alimentation du captage, la zone dans laquelle sera instauré le programme d'actions visant à protéger la ressource contre les pollutions diffuses. Ce programme d'actions est mis en œuvre sur une base volontaire par les agriculteurs et peut être financé pour partie les premières années. Le préfet peut ensuite le rendre obligatoire si les résultats attendus en termes de souscription par les agriculteurs ne sont pas obtenus.

7. Bibliographie

Vernoux J.F., Buchet R. (2010) – Améliorer la protection des captages d'eau souterraine destinée à la consommation humaine, éditions BRGM.

Vernoux J.F., Wulleumier A., Seguin J.J., Dörfliger N. (2007) – Méthodologie de délimitation des bassins d'alimentation des captages et leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses. Rapport intermédiaire : synthèse bibliographique et analyse des études réalisées sur le bassin Seine-Normandie, BRGM/RP-55332-FR, 128 pages, 125 illustrations, 8 annexes.

Vernoux J.F., Wulleumier A., Dörfliger N. (2007) – Délimitation des bassins d'alimentation des captages et de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses. Guide méthodologique, BRGM/RP-55874-FR, 75 pages, 14 illustrations.

Vernoux J.F., Wulleumier A., Dörfliger N. (2007) – Délimitation des bassins d'alimentation des captages et de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses. Application du guide méthodologique sur des bassins test, BRGM/RP-55875-FR, 172 pages, 113 illustrations, 7 annexes.

Bussard, T. (2005) – Méthodologie de dimensionnement des zones de protection des captages d'eaux souterraines contre les polluants chimiques persistants, thèse de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne, 162 p.

Pochon, A. & Zwahlen, F. (2003) – Délimitation des zones de protection des eaux souterraines en milieu fissuré – Guide pratique. L'environnement pratique. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Office fédéral des eaux et de la géologie, Berne, 83 p.

Annexe 1

Coupes techniques des forages du SIAEP de Conlie

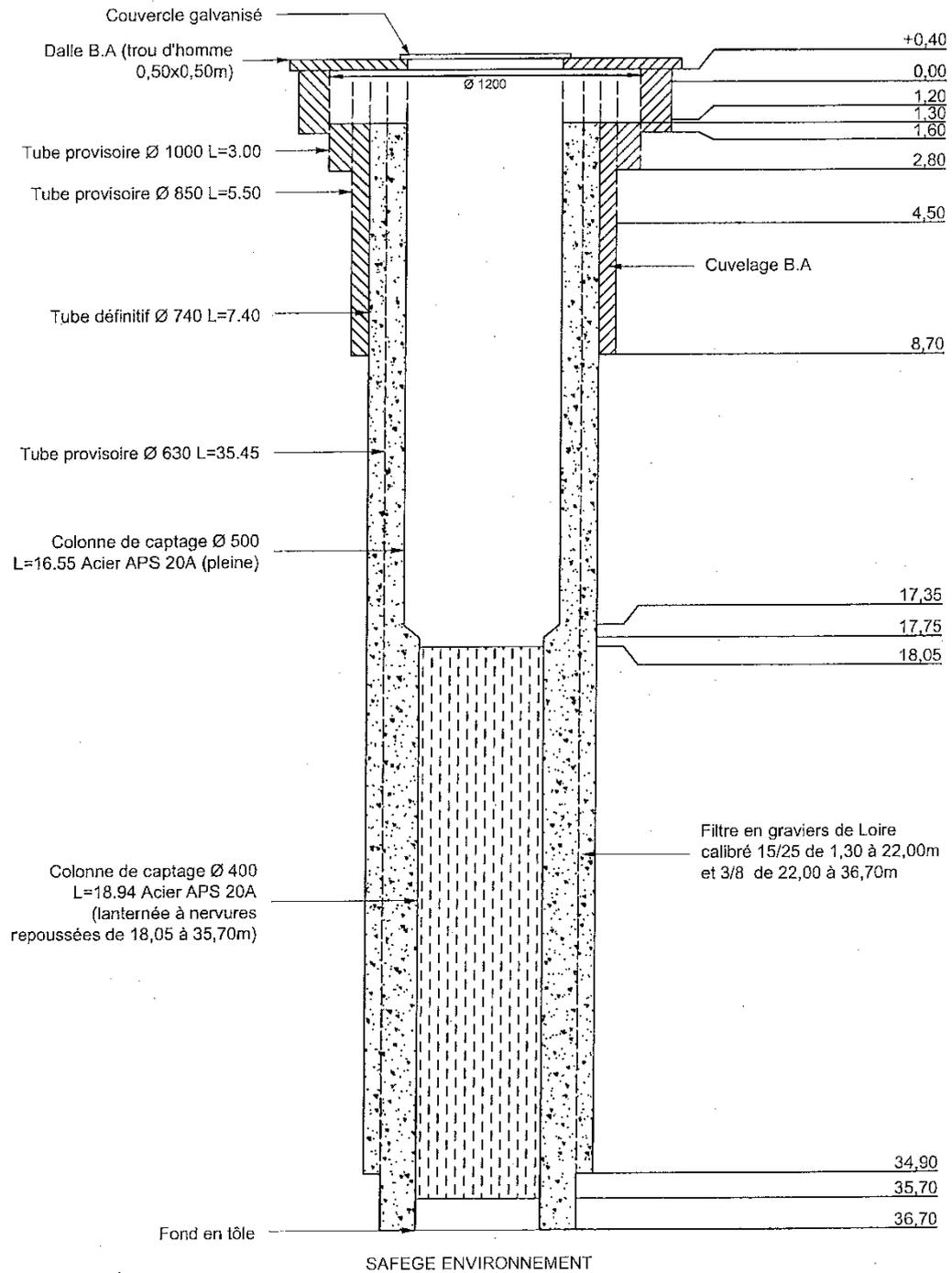
S.I.A.E.P. DE LA REGION DE CONLIE

Commune de Domfront en Champagne

Forage "Les Basses Vallées"

Coupe technique

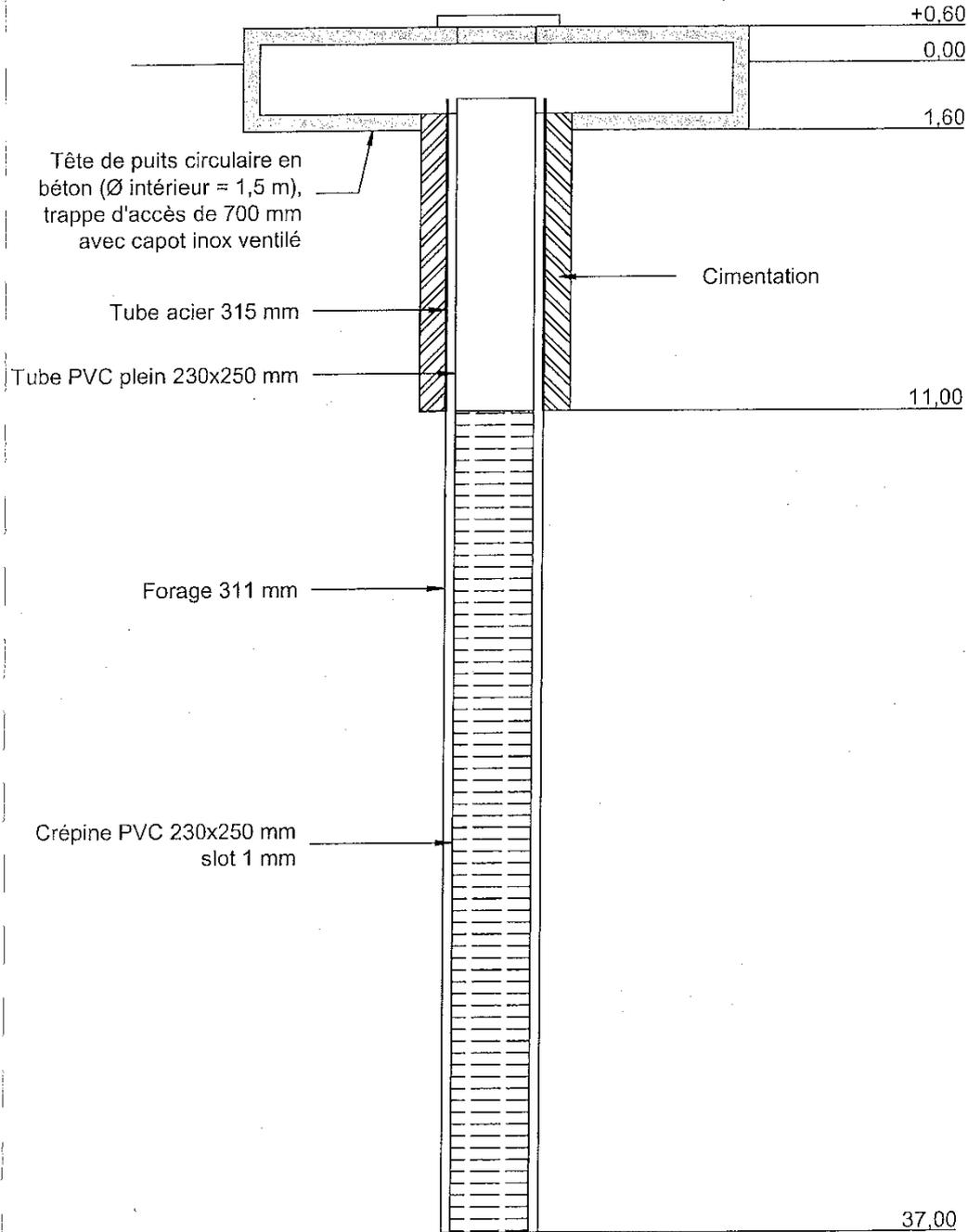
03225X0001



S.I.A.E.P. DE LA REGION DE CONLIE
Commune de Domfront en Champagne
Sondage du "Taillis des Chevilleries"

0322 5X0005

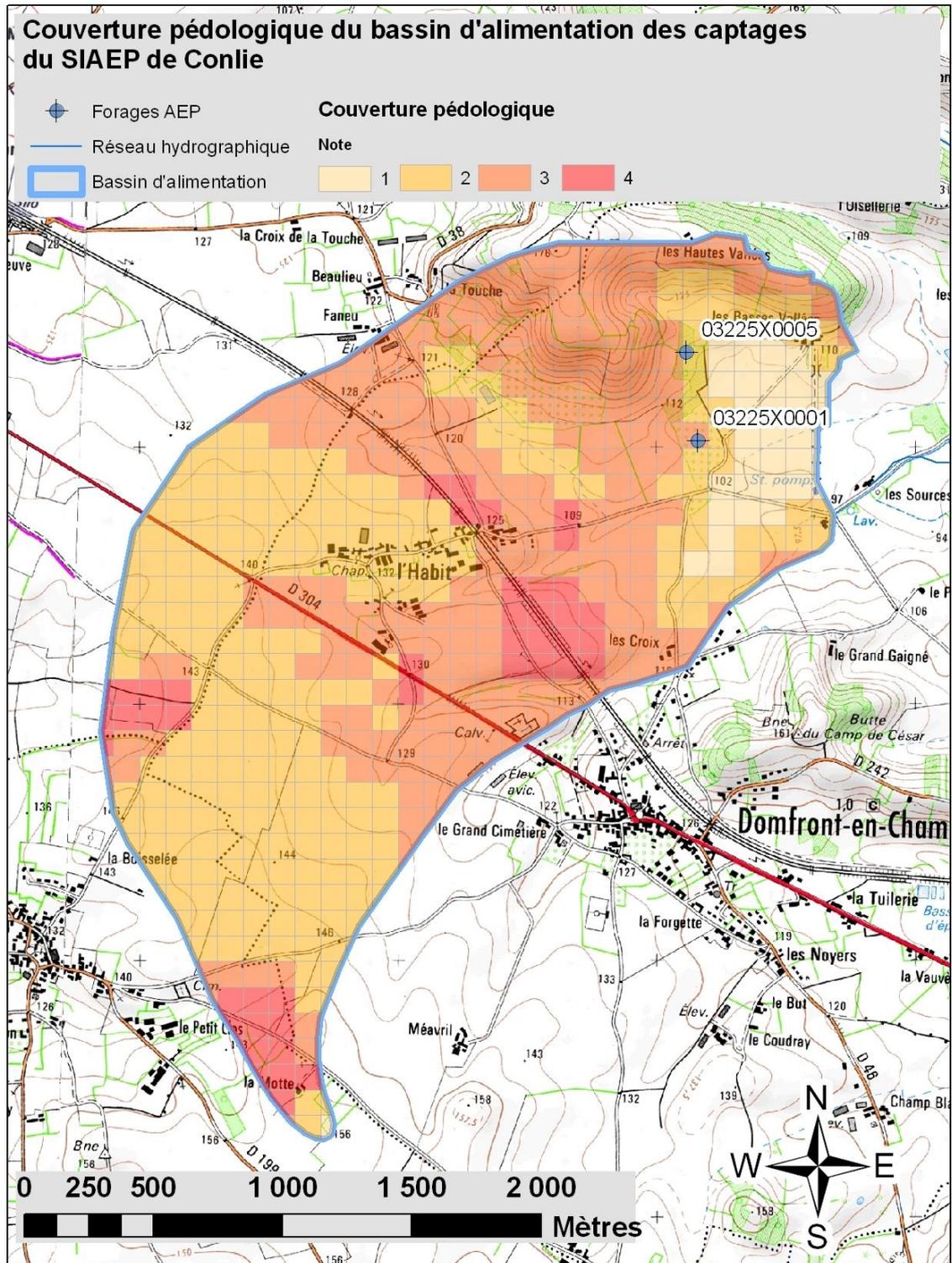
Coupe technique



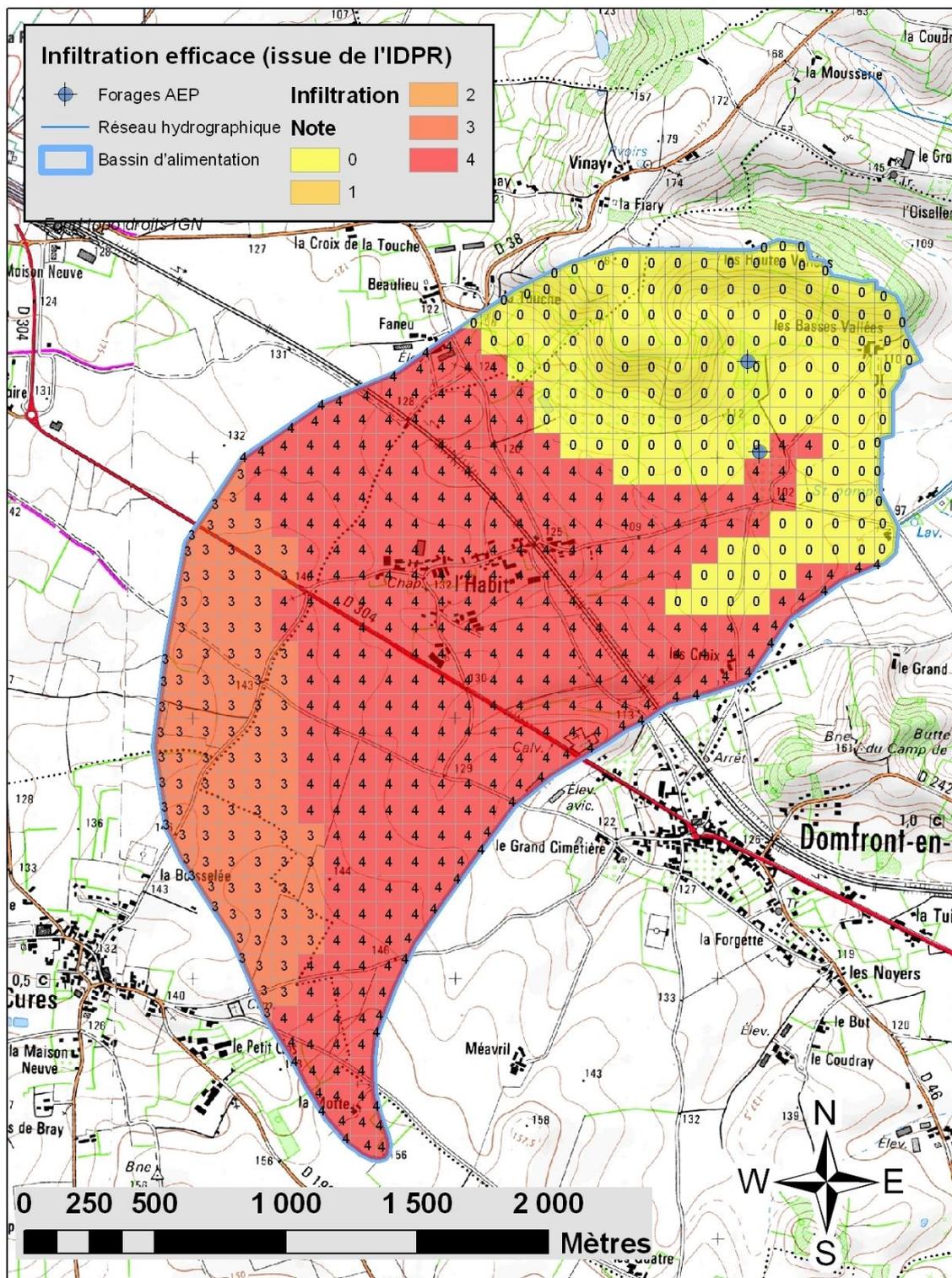
SAFEGE ENVIRONNEMENT

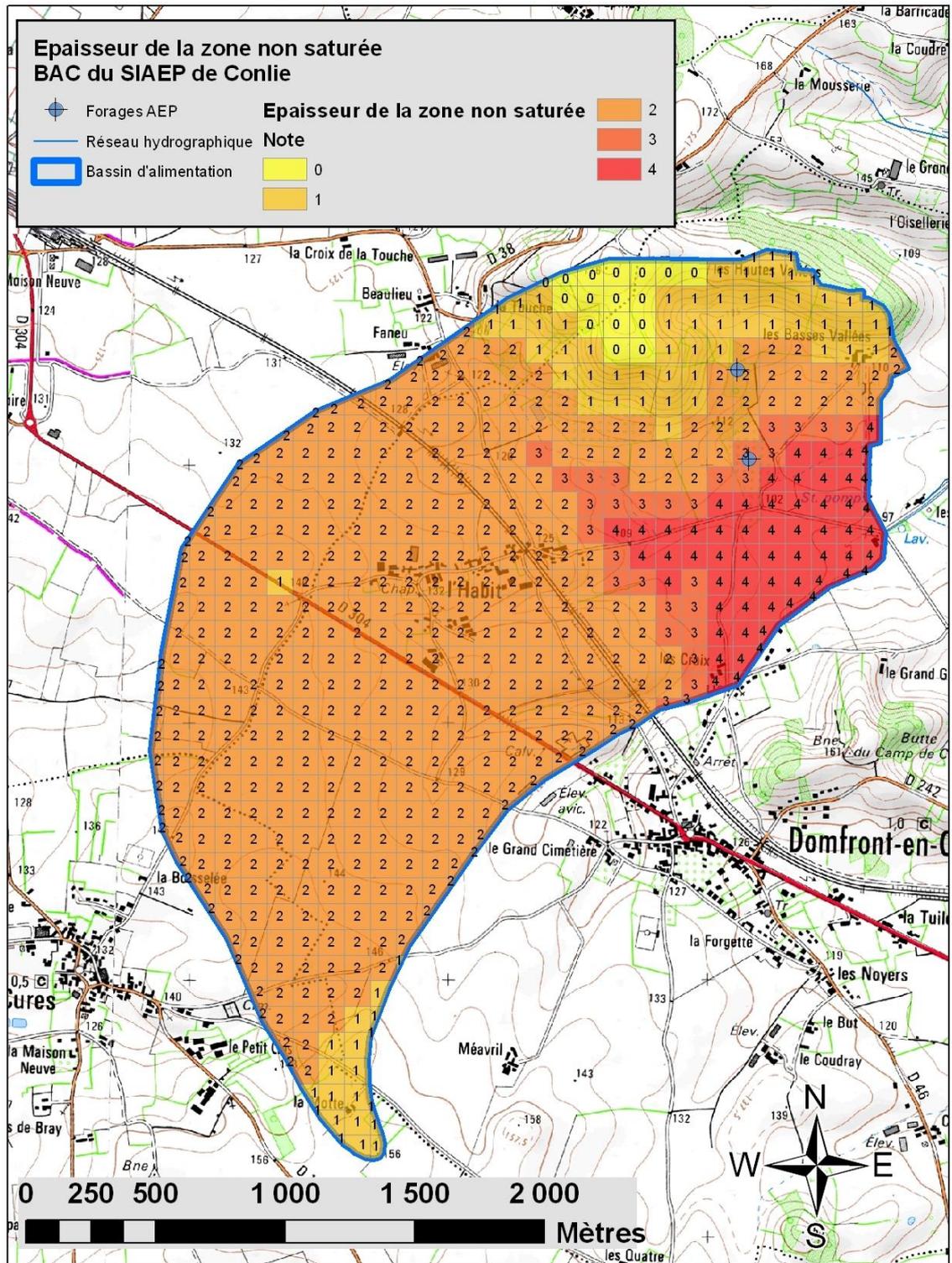
Annexe 2

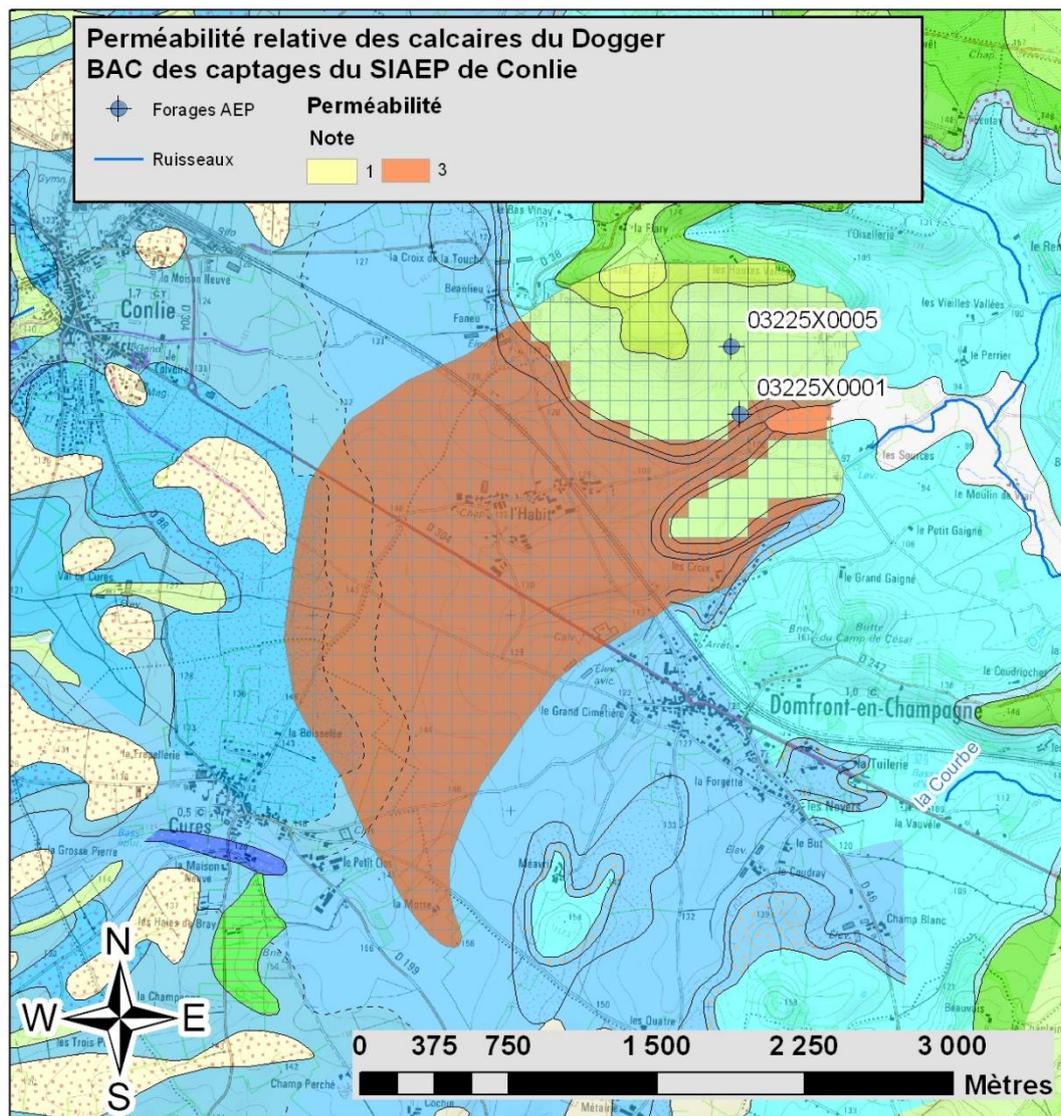
Notation des paramètres pris en compte pour le calcul de la vulnérabilité du BAC de Conlie



Délimitation des bassins d'alimentation des captages Grenelle de la Sarthe et cartographie de leur vulnérabilité





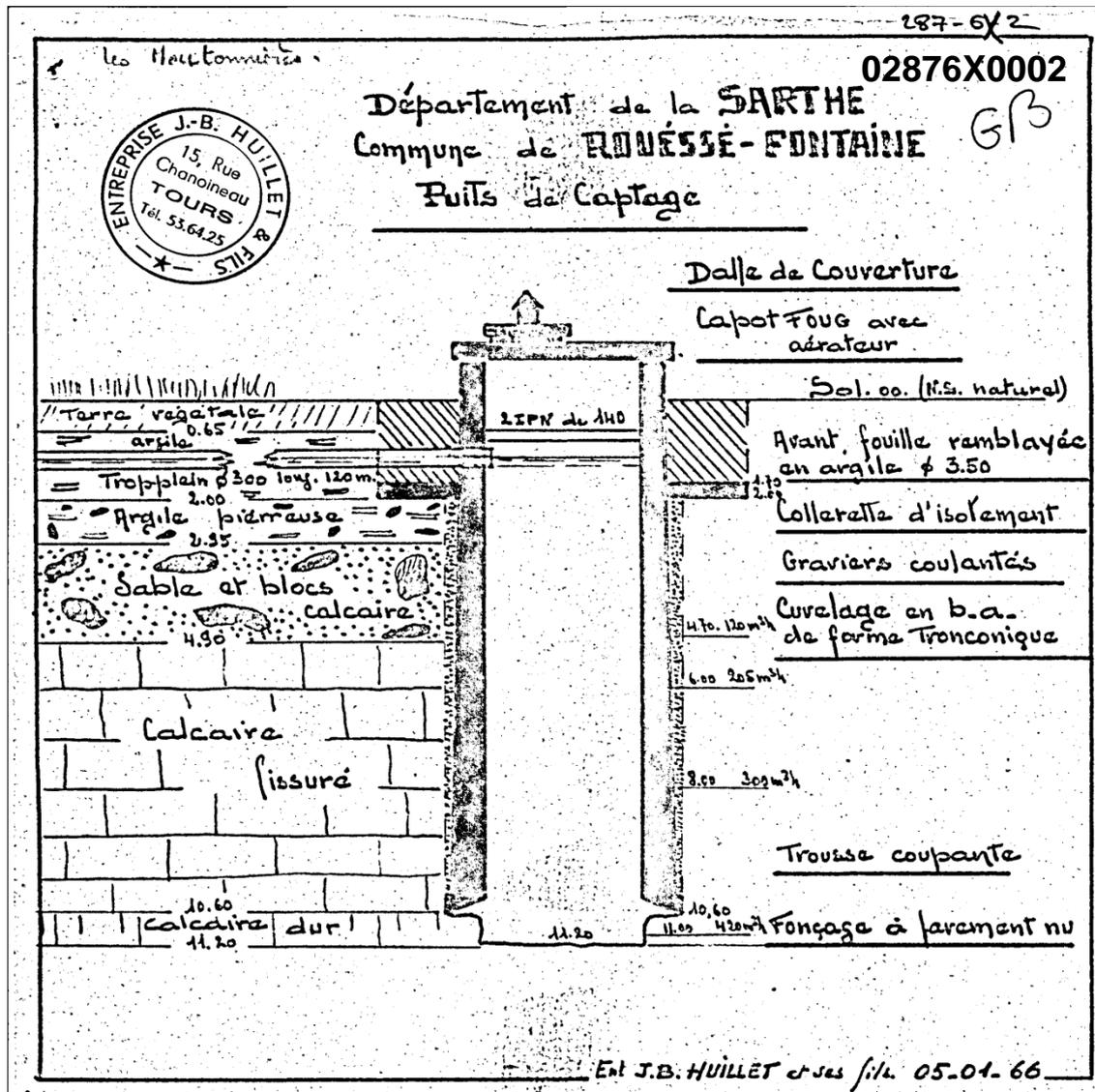


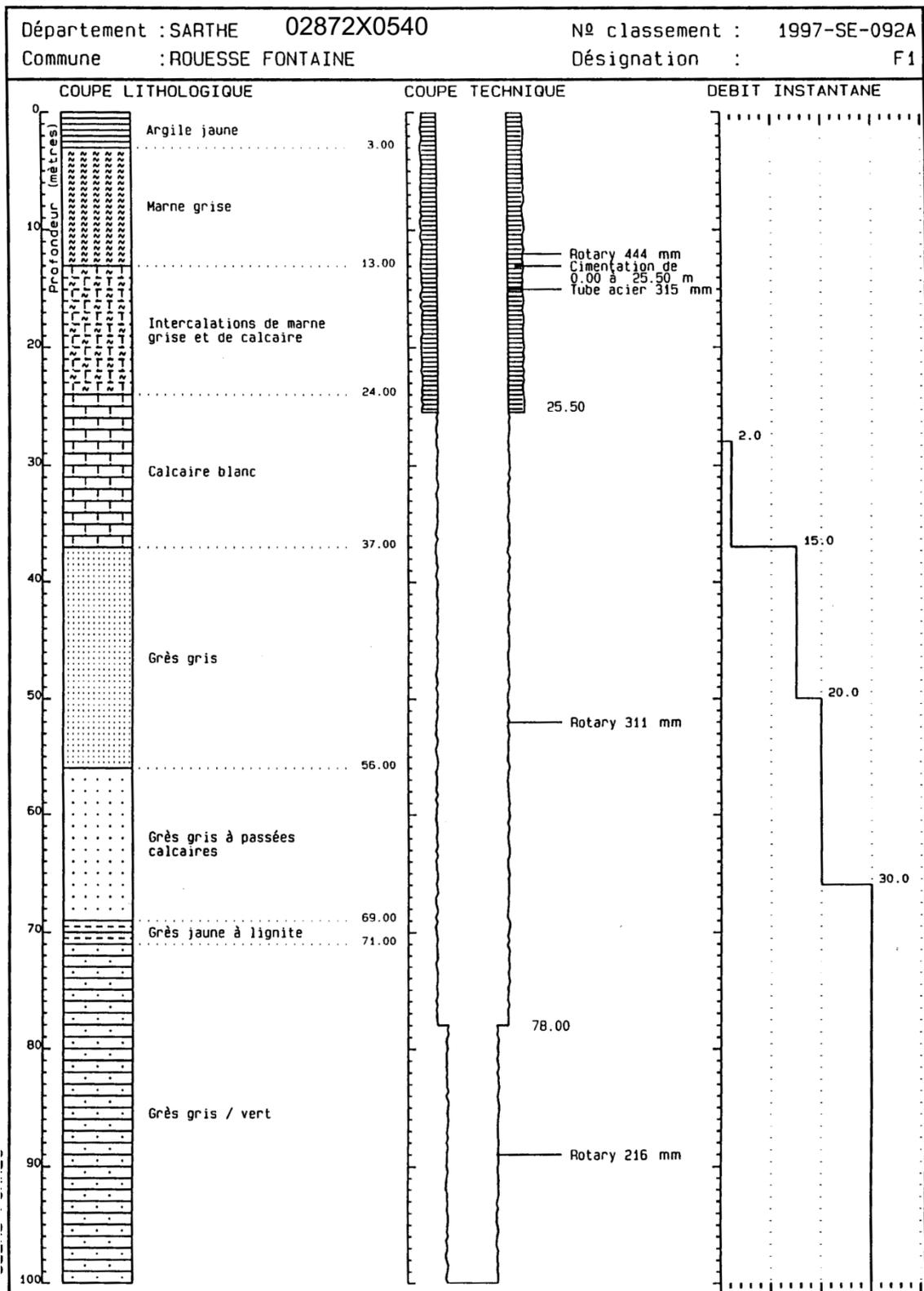
Formations géologiques

- Limons des plateaux
- Sables et Grès du Maine (Cénomaniens moyen)
- Argile glauconieuse à minéral de fer et Marnes de Ballon indifférenciées (Cénomaniens inférieur)
- Argile sableuse et Oolithe ferrugineuse de l'Antonnière indifférenciées (Calloviens inférieur et moyen)
- Marnes et calcaires sableux d'Assé le Riboul (Calloviens inférieur à moyen)
- Marnes du Chevain, Marnes de Domfront en Champagne (Calloviens inférieur)
- Oolithe ferrugineuse à Montlivaultia (Bathonien supérieur)
- Calcaire à Montlivaultia (Bathonien supérieur)
- Calcaire du Saosnois, Calcaires de la Champagne de Conlie (Bajociens et Bathoniens moyen)
- Calcaires à bivalves de Conlie (Bajociens supérieur-Bathonien moyen)
- Oolithe sableuse blanche (Bajociens supérieur, Bathoniens moyen)
- Sables et calcaires de Vauroin, argile et sable (Toarciens inférieur)

Annexe 3

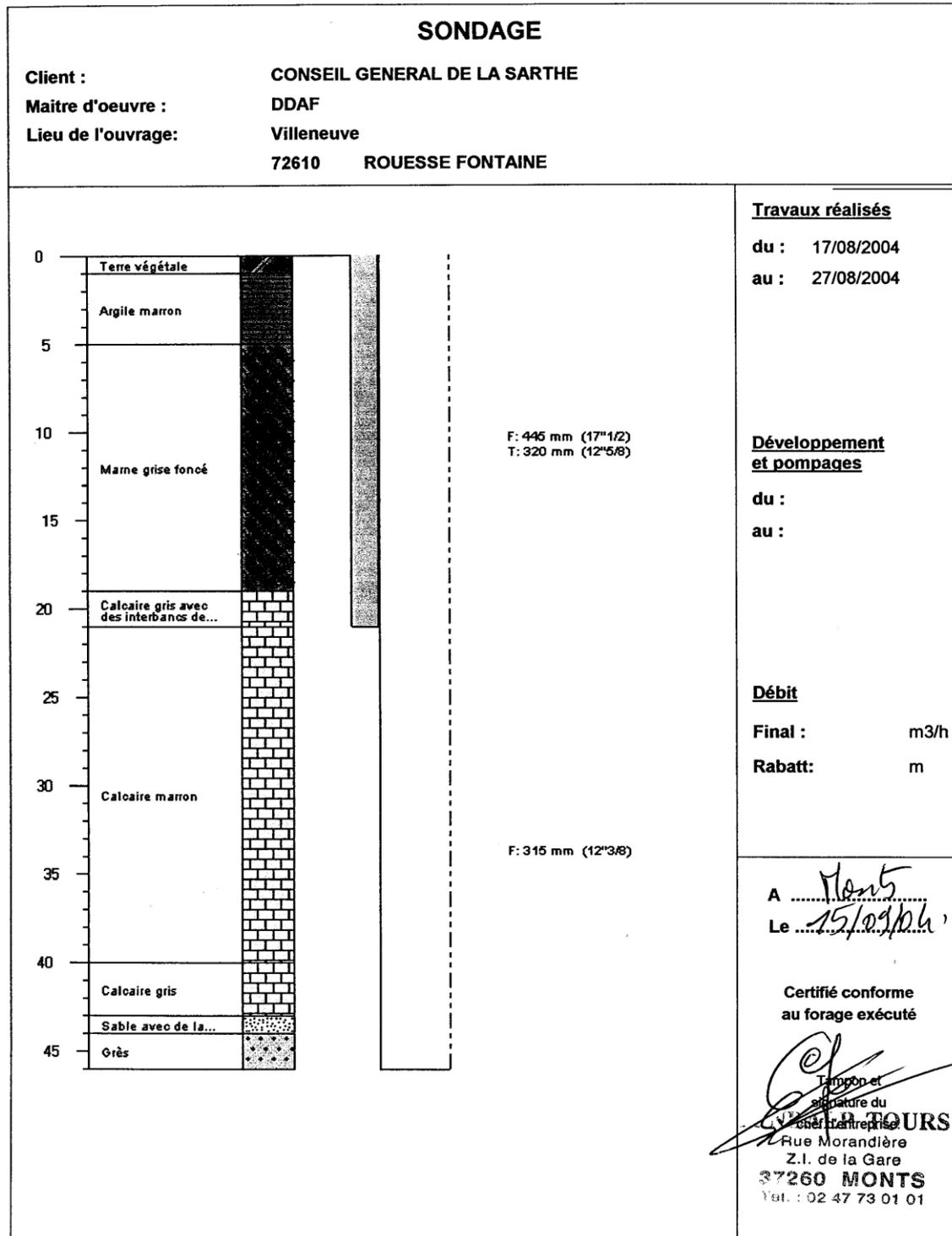
Coupes techniques des ouvrages de Rouessé- Fontaine





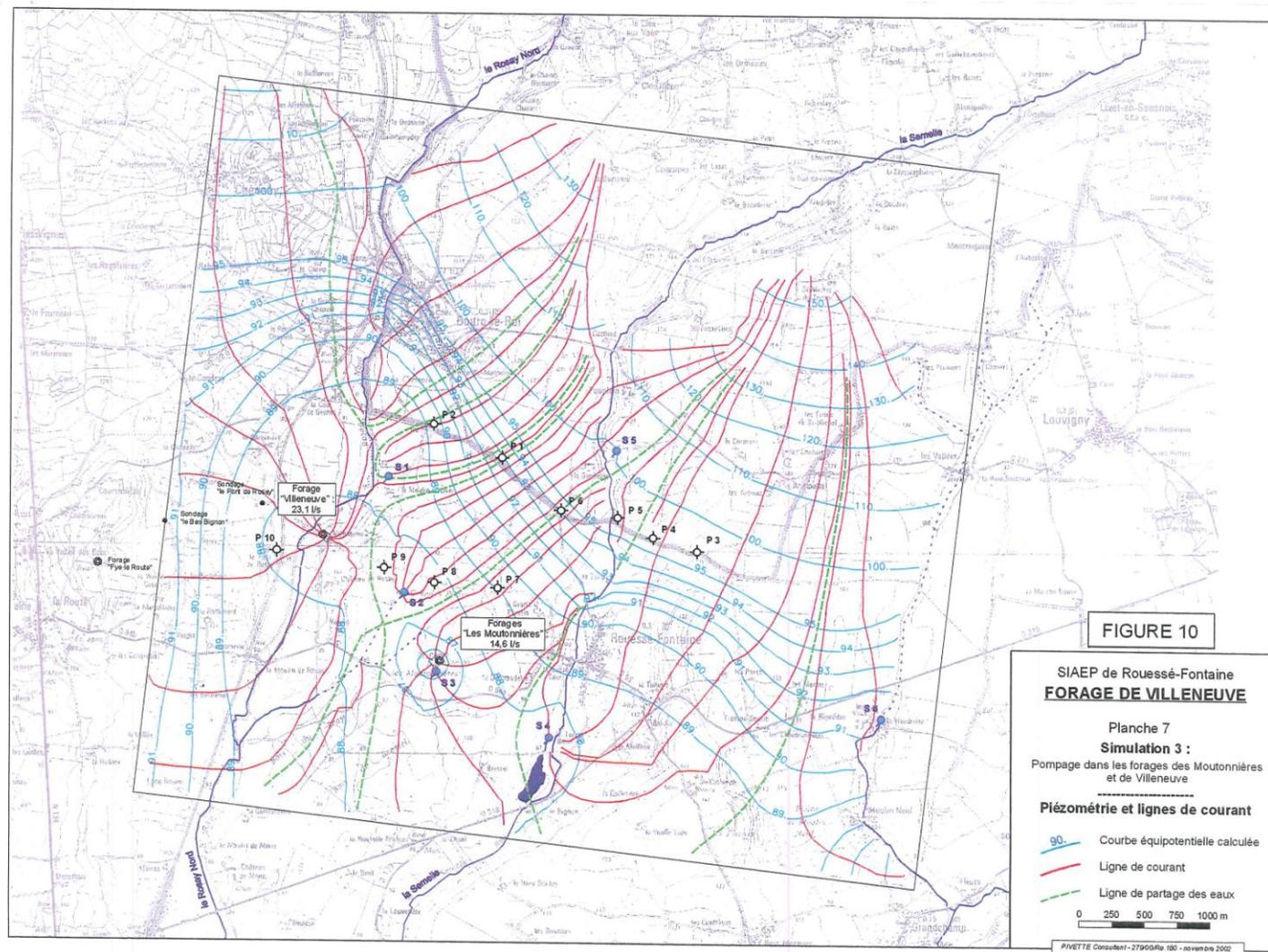
SONDALP TOURS

COUPE TECHNIQUE 02872X0542



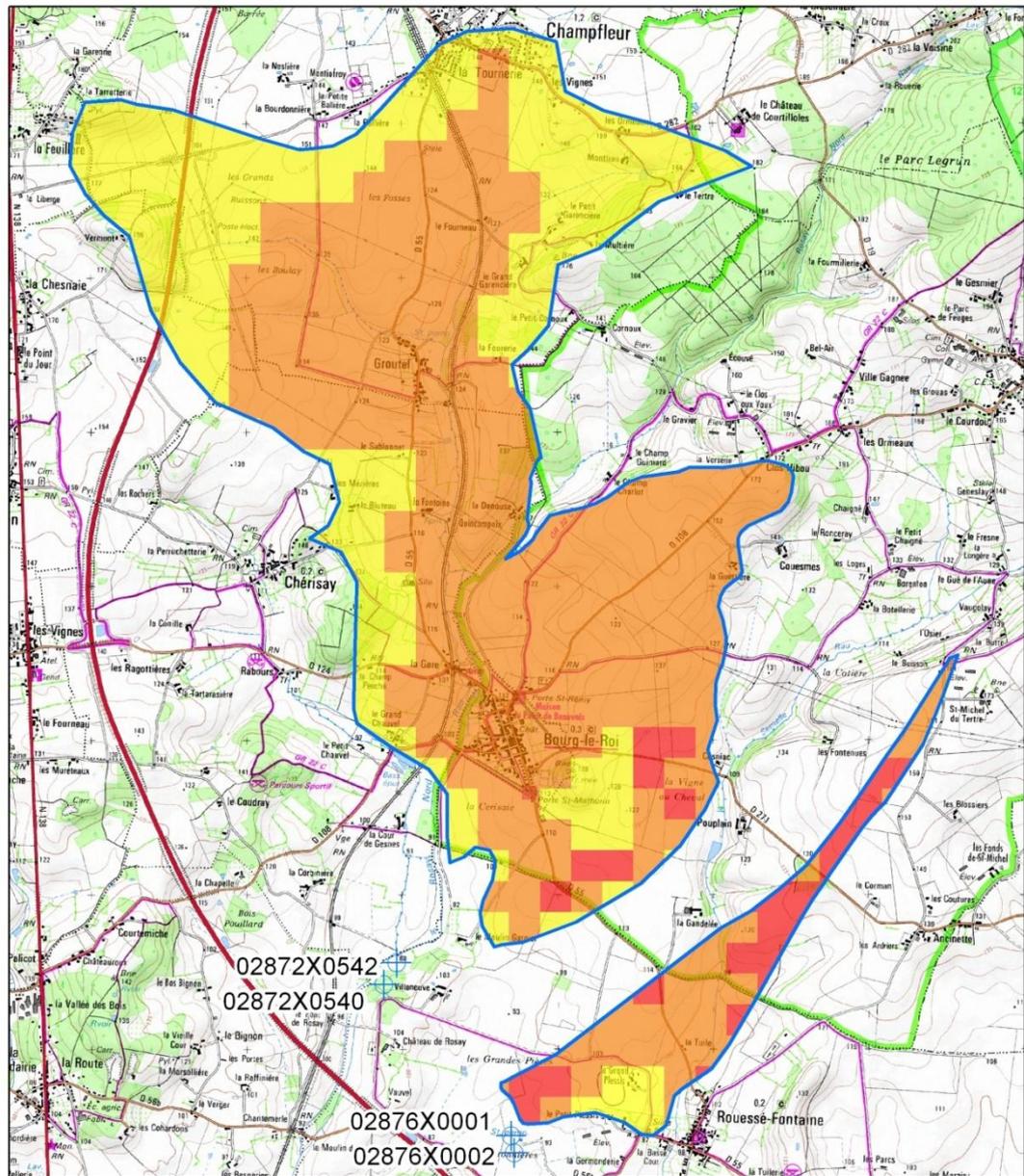
Annexe 4

Carte piézométrique et lignes de courant des calcaires du Dogger issues d'une modélisation réalisée par Pivette Consultant (in rapport 279/00/Ra.180, nov. 2002)



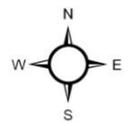
Annexe 5

Notation des paramètres pris en compte pour le calcul de la vulnérabilité des BAC de Rouessé- Fontaine

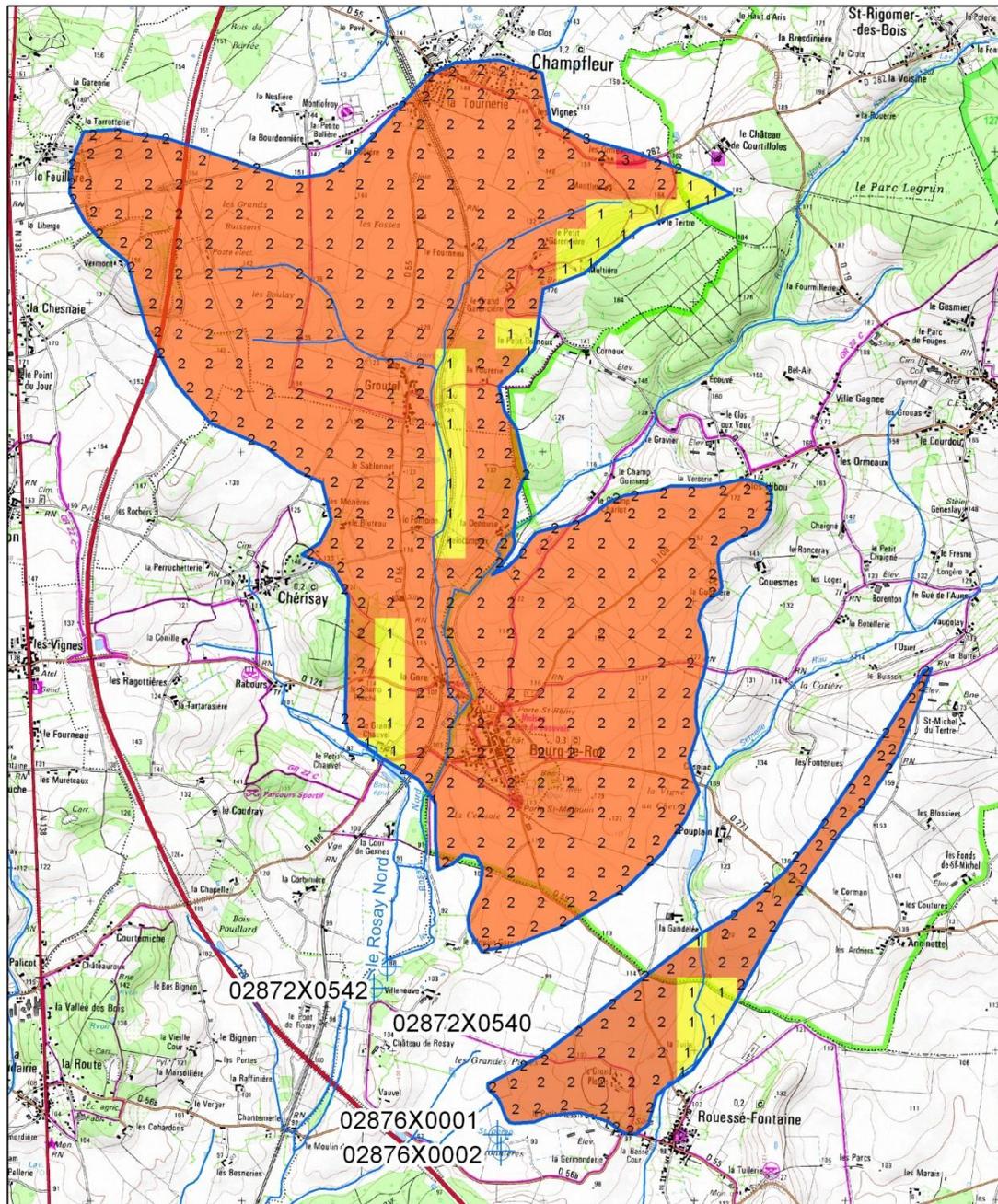


Vulnérabilité des BAC de Rouessé-Fontaine
Classification du paramètre "sol"

	Forages/puits	Couverture pédologique
	BAC	Classification
		 0
		 1
		 2



Délimitation des bassins d'alimentation des captages Grenelle de la Sarthe et cartographie de leur vulnérabilité

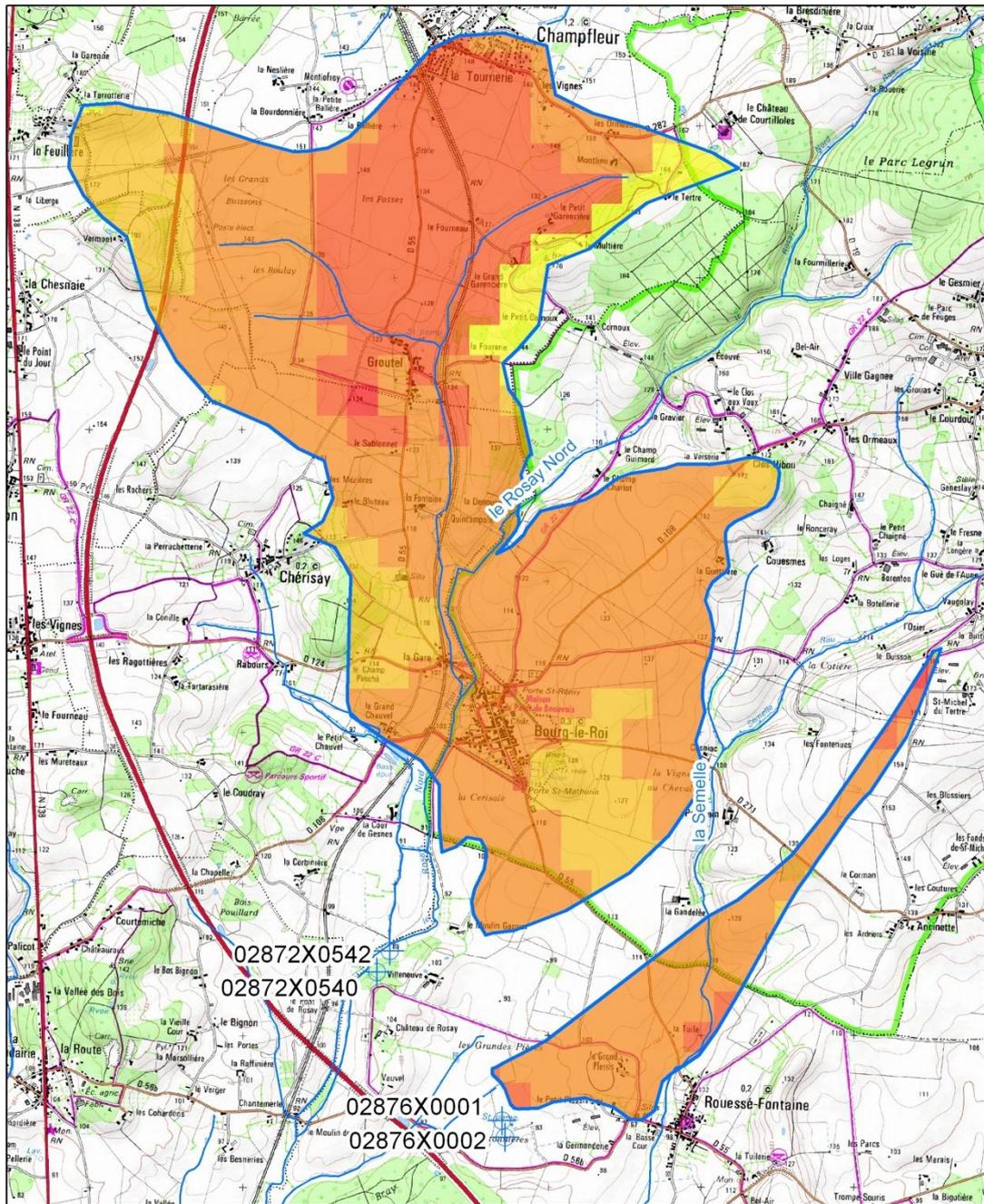


**Infiltration efficace (issue de l'IDPR)
BAC de Rouessé-Fontaine**

Forages/puits	Infiltration Classification
Réseau hydrographique	1
BAC	2
	3

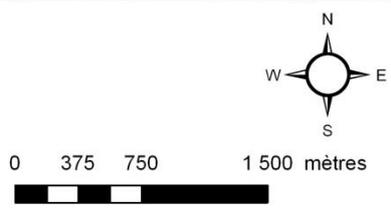
0 375 750 1 500 mètres

Délimitation des bassins d'alimentation des captages Grenelle de la Sarthe et cartographie de leur vulnérabilité

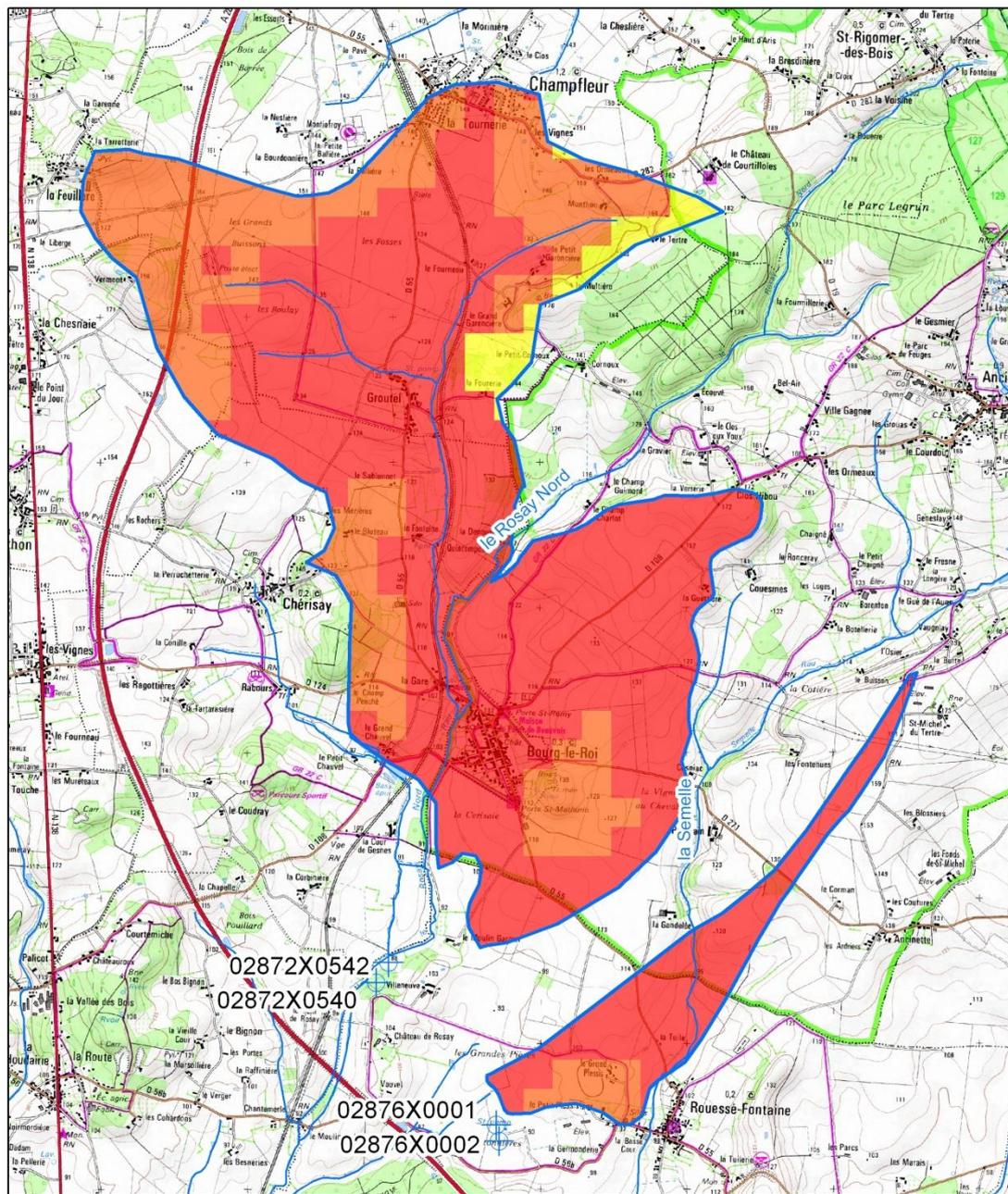


Épaisseur de la zone non saturée BAC de Rouessé-Fontaine

Forages/puits	Épaisseur de la ZNS	2
Réseau hydrographique	Classification	3
BAC	0	4
	1	



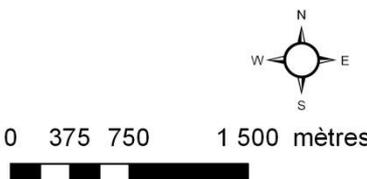
Délimitation des bassins d'alimentation des captages Grenelle de la Sarthe et cartographie de leur vulnérabilité



**Distribution des perméabilités
BAC de Rouessé-Fontaine**

 Forages/puits	Perméabilités Classification	 0
 Réseau hydrographique		 2
 BAC		 4

0 375 750 1 500 mètres



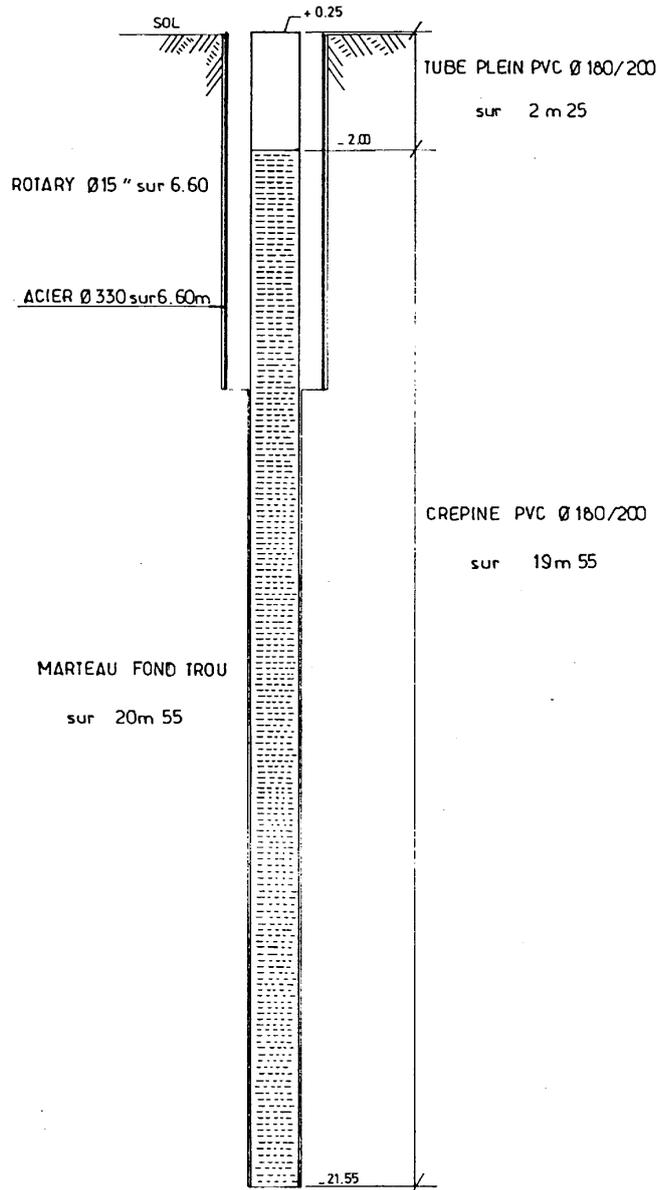
Annexe 6

Coupes techniques des ouvrages de Chantenay- Villedieu

FORAGE

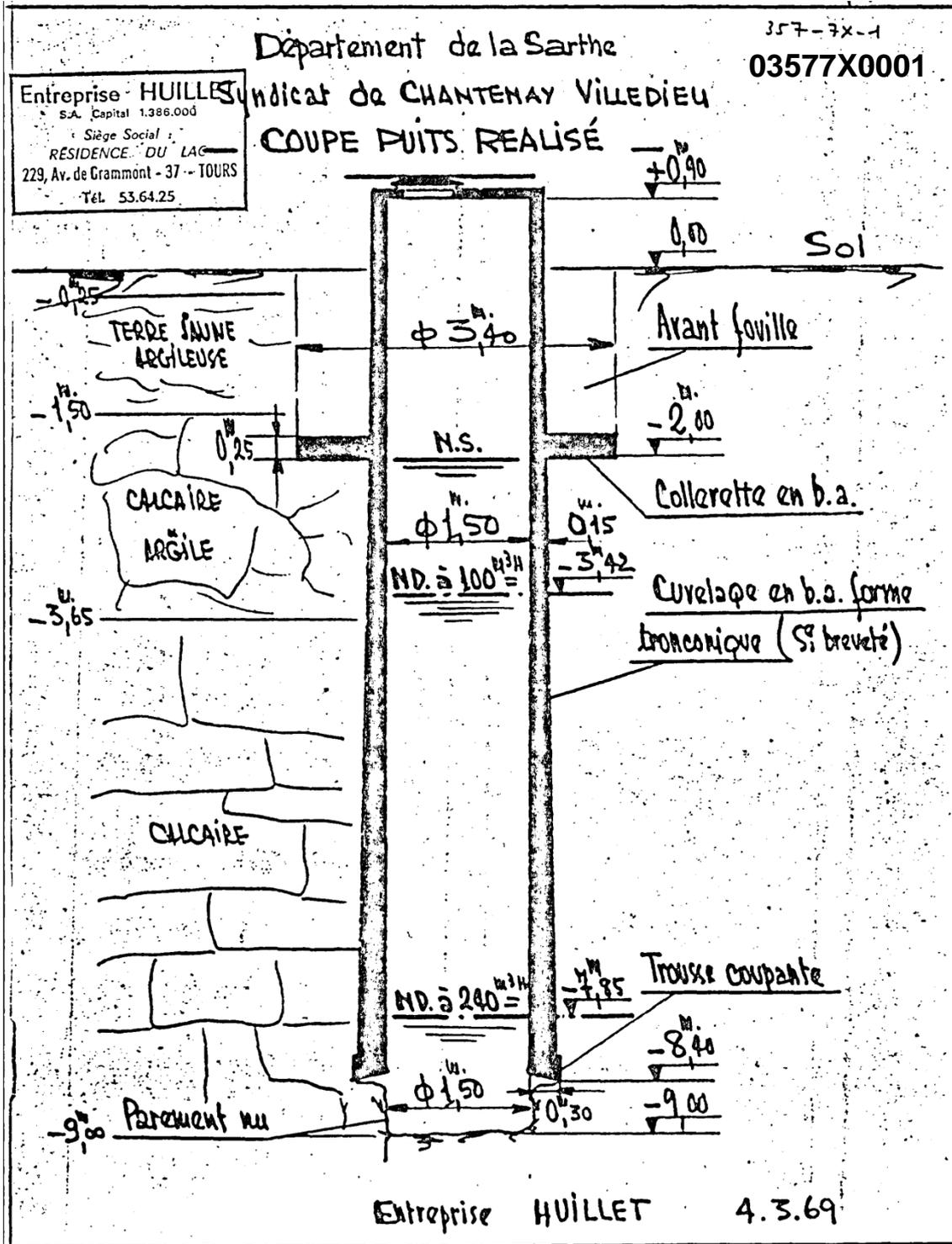
SONDAGE DE RECONNAISSANCE

CHANTENAY VILLEDIEU



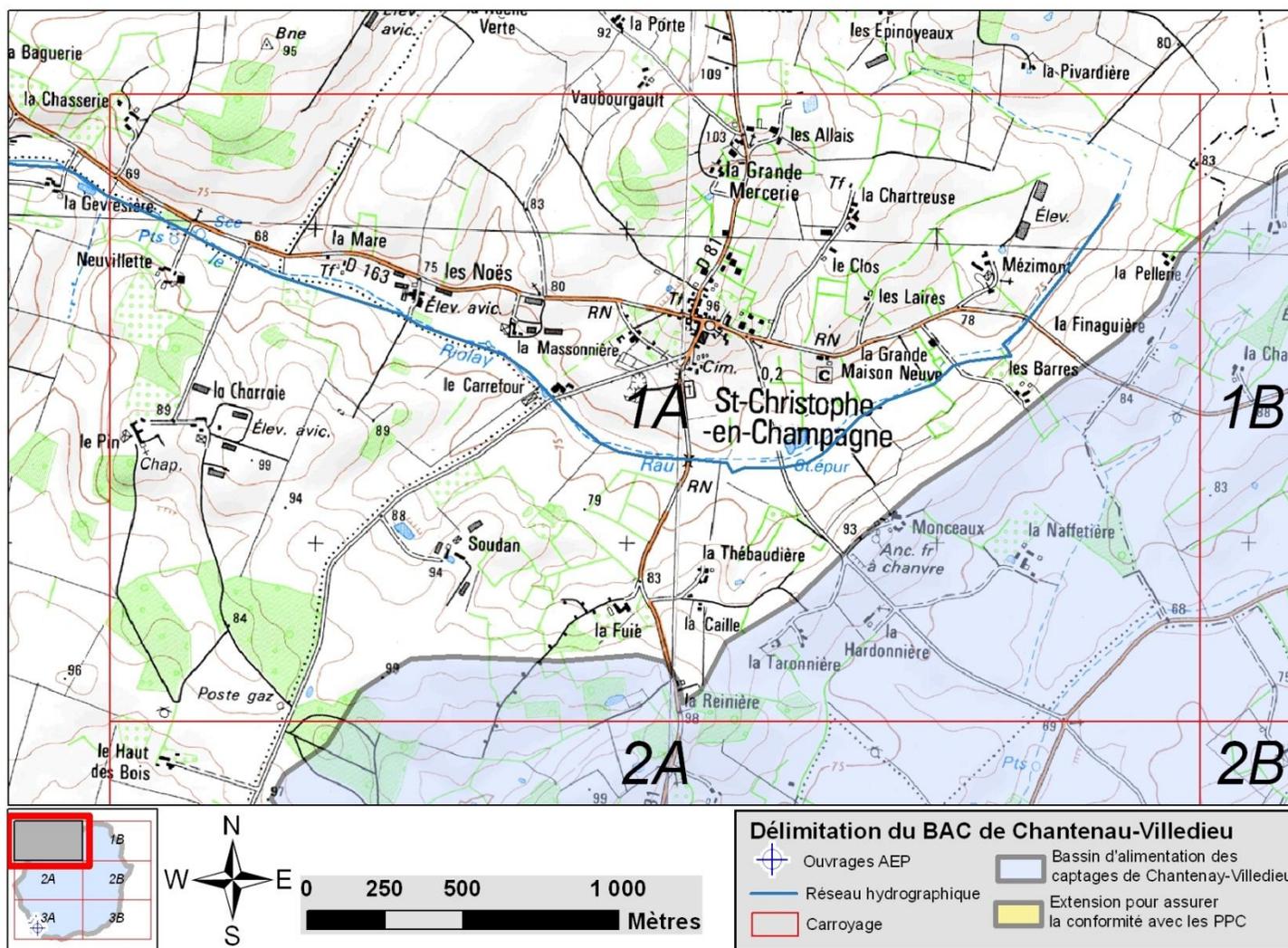
Date 9 juillet 1991

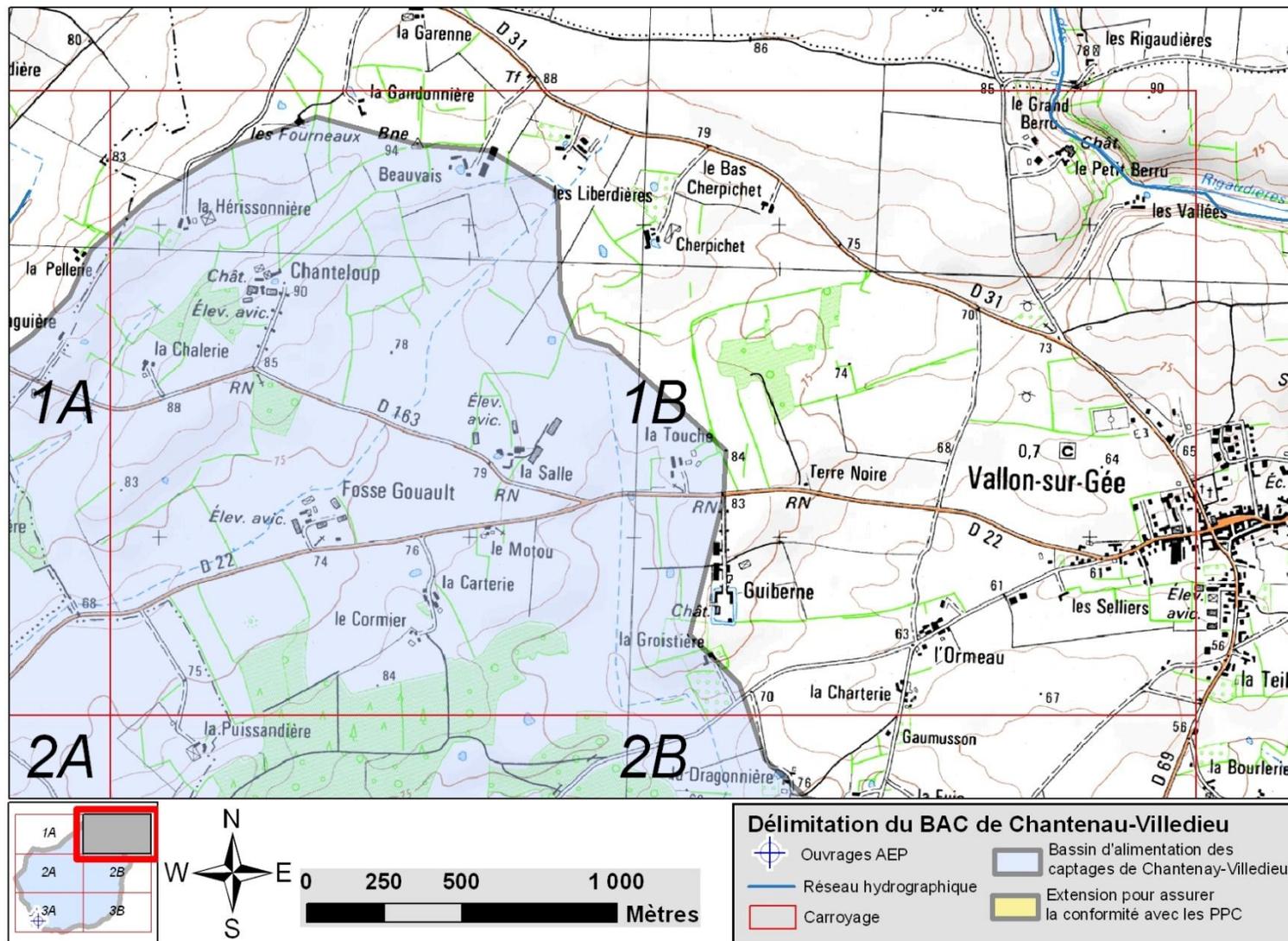
03577X0037/SECOURS/T

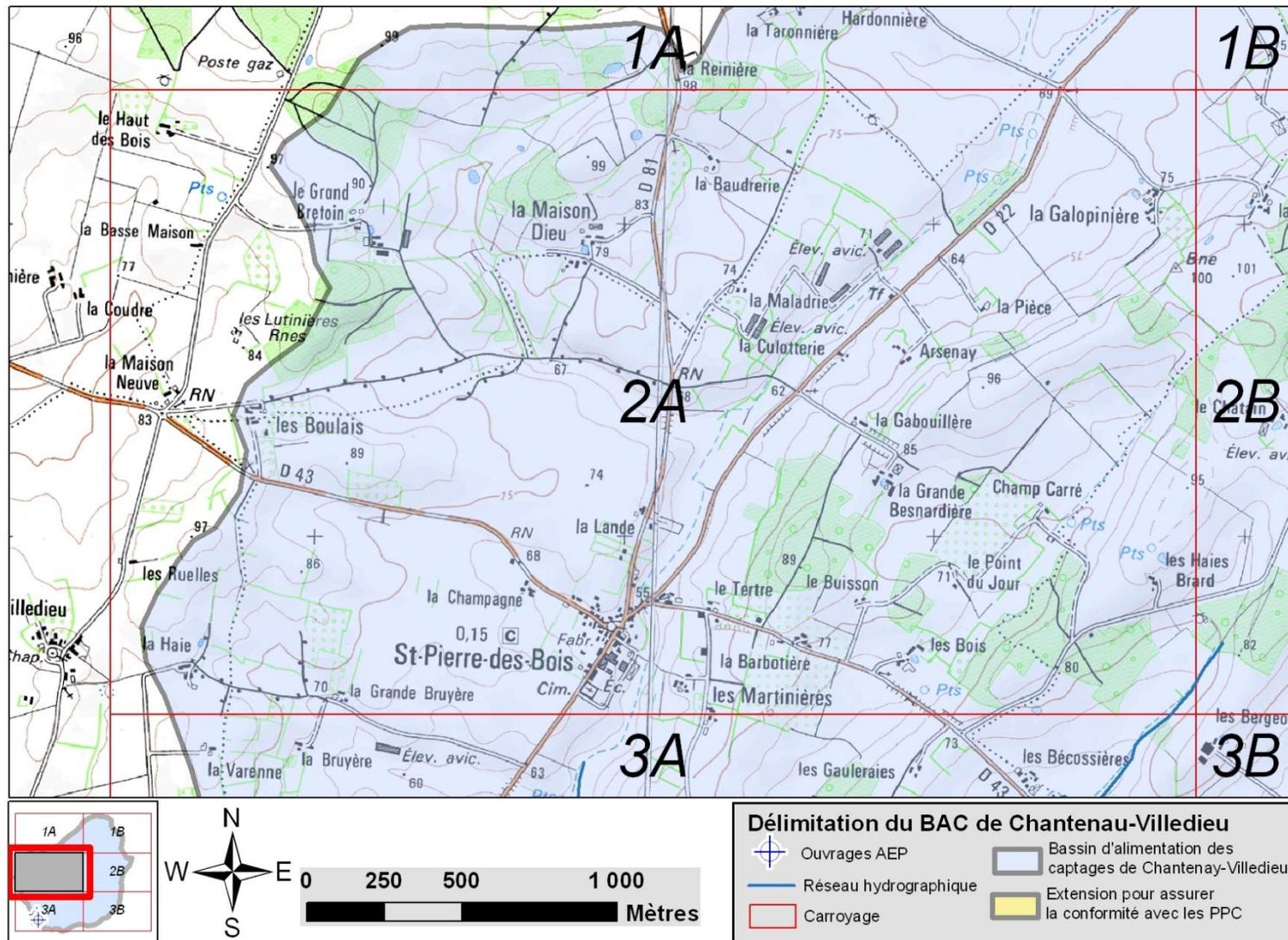


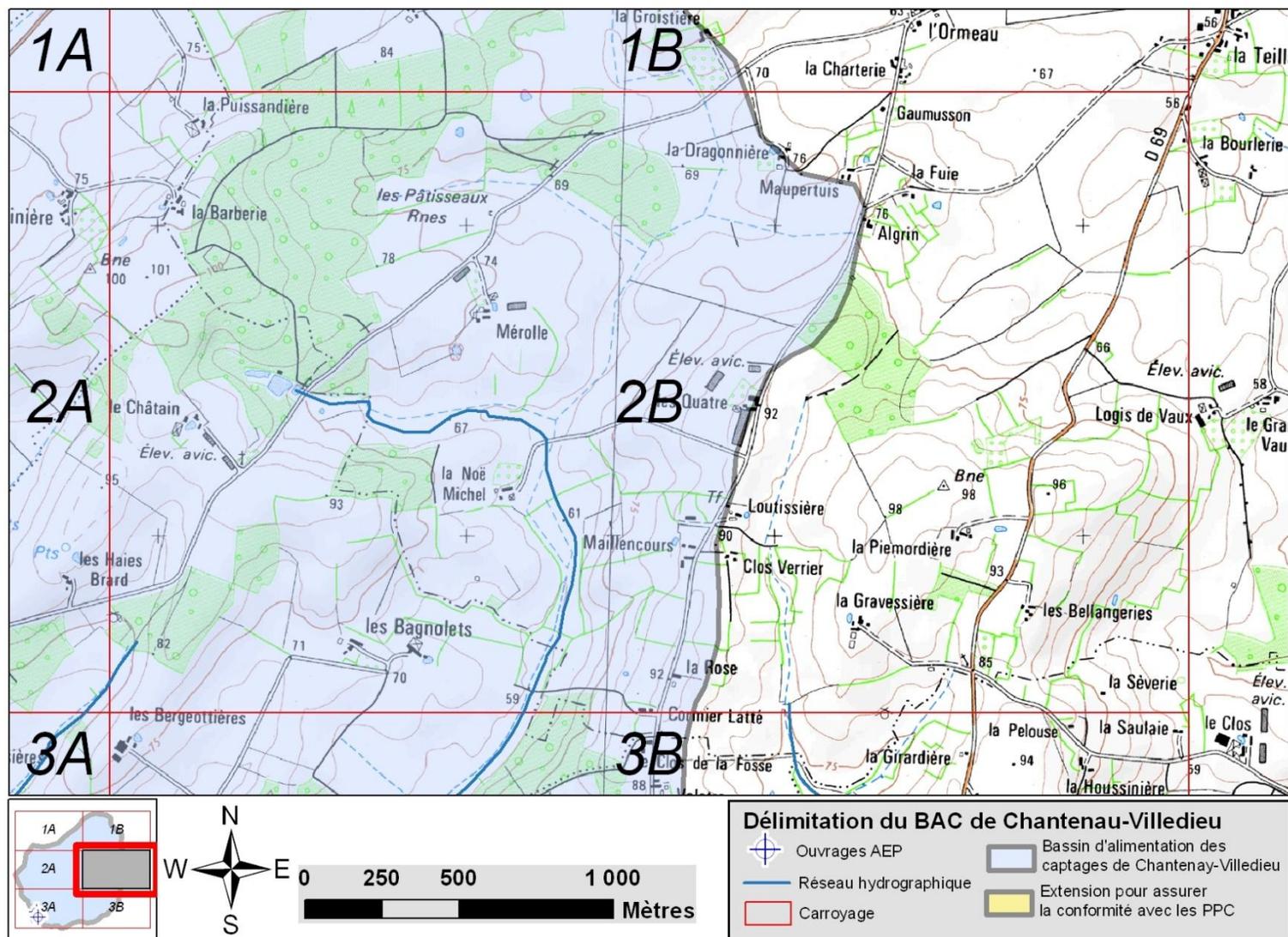
Annexe 7

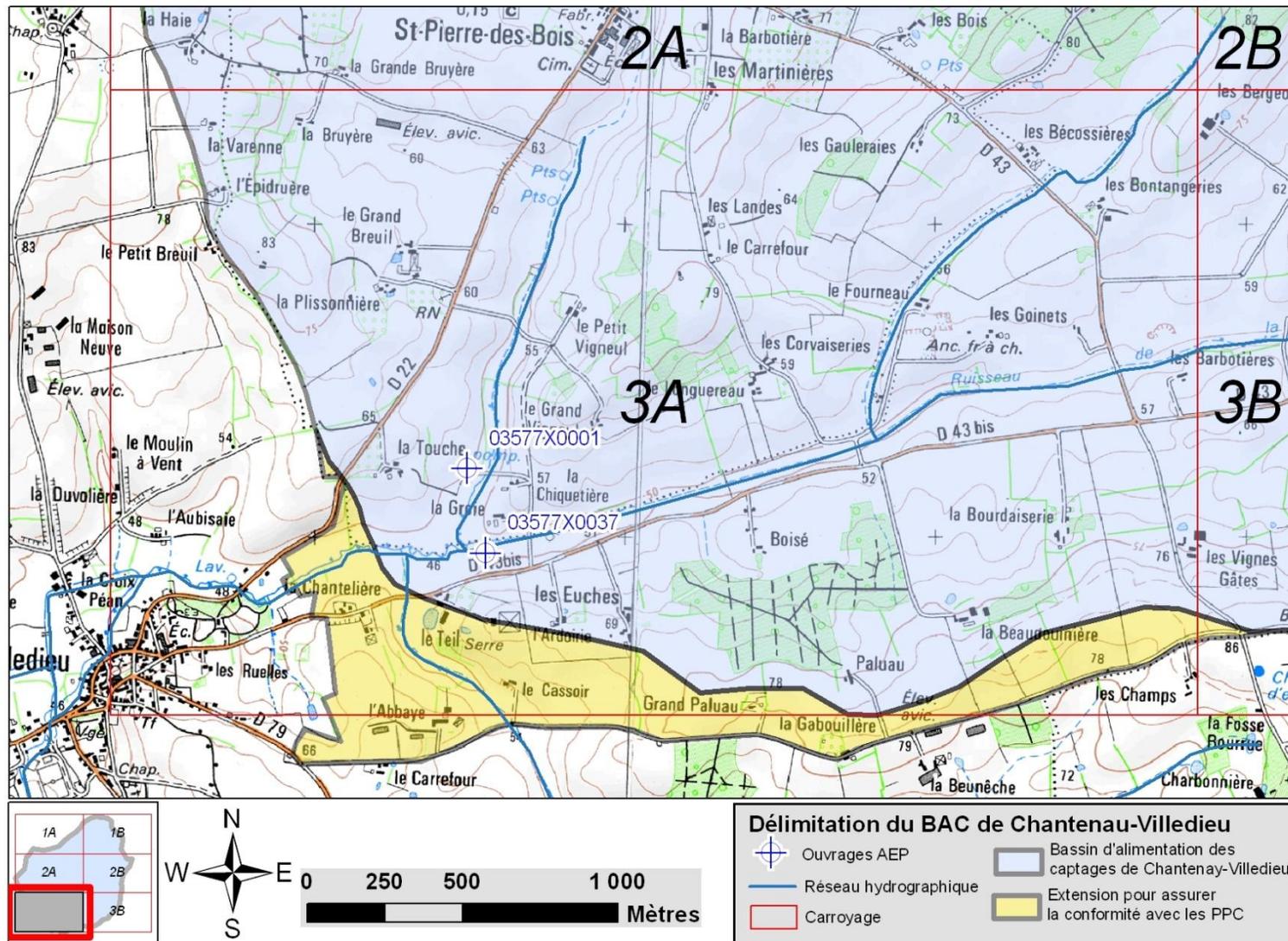
Bassin d'alimentation des captages de Chantenay-Villedieu

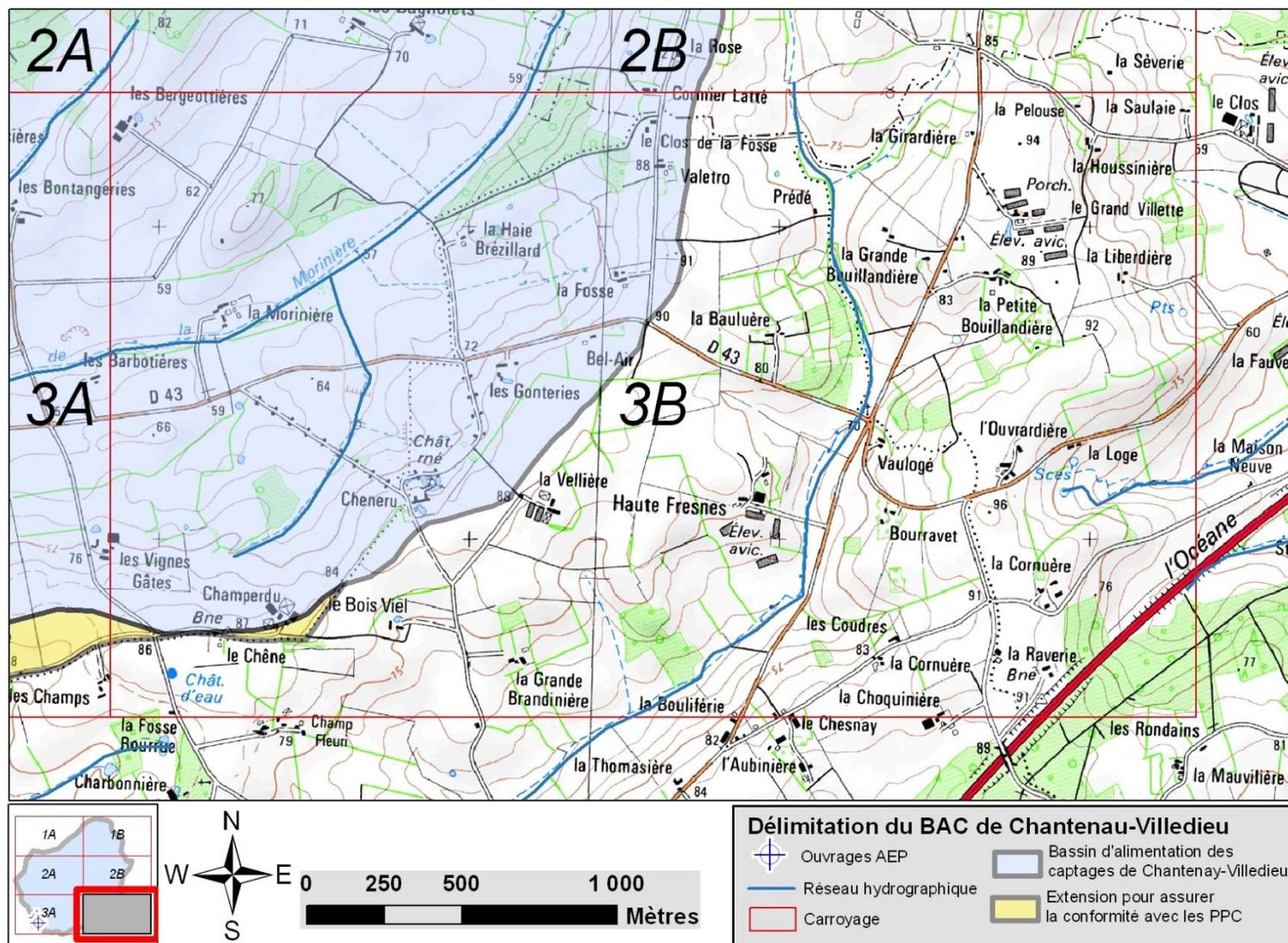






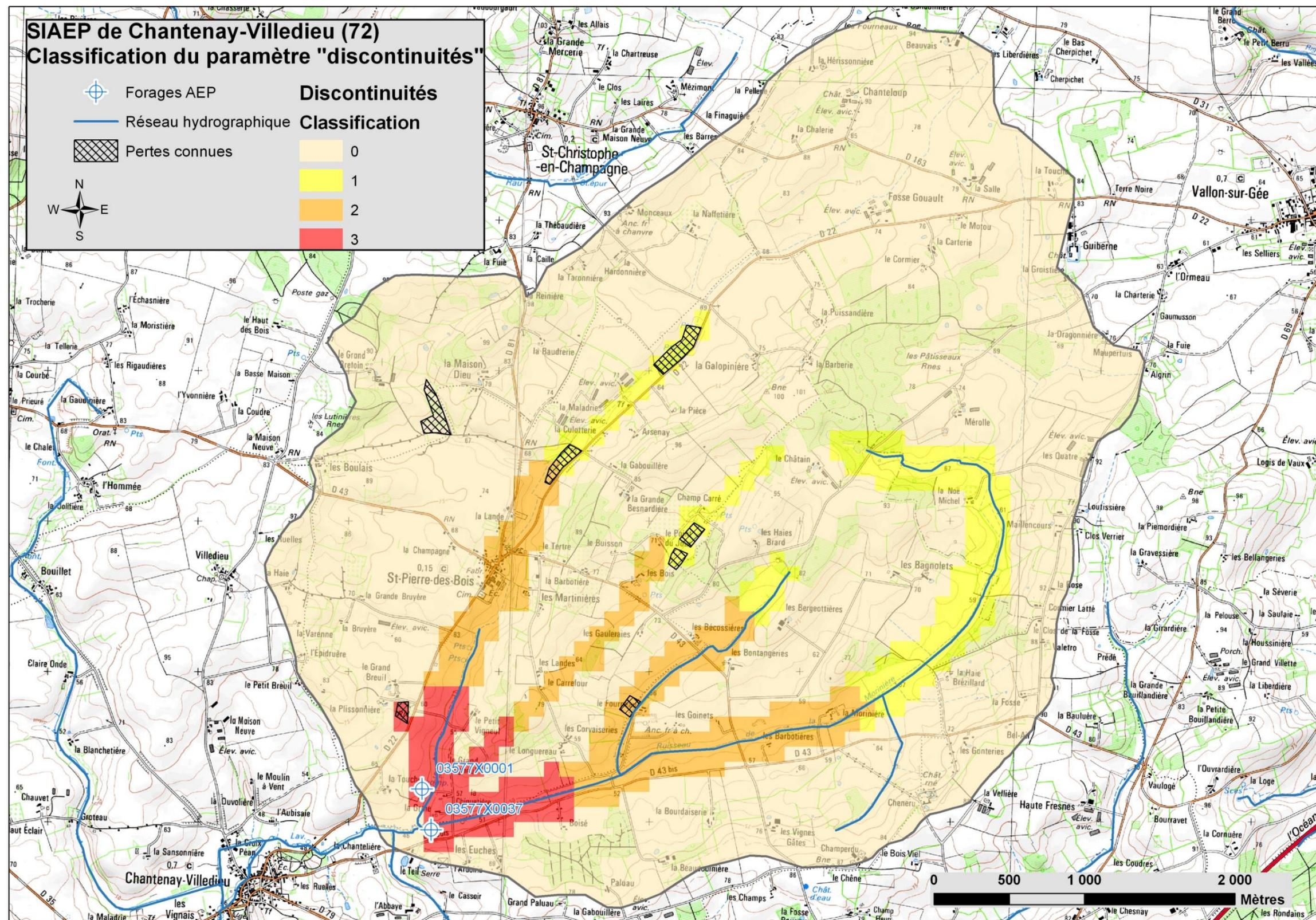


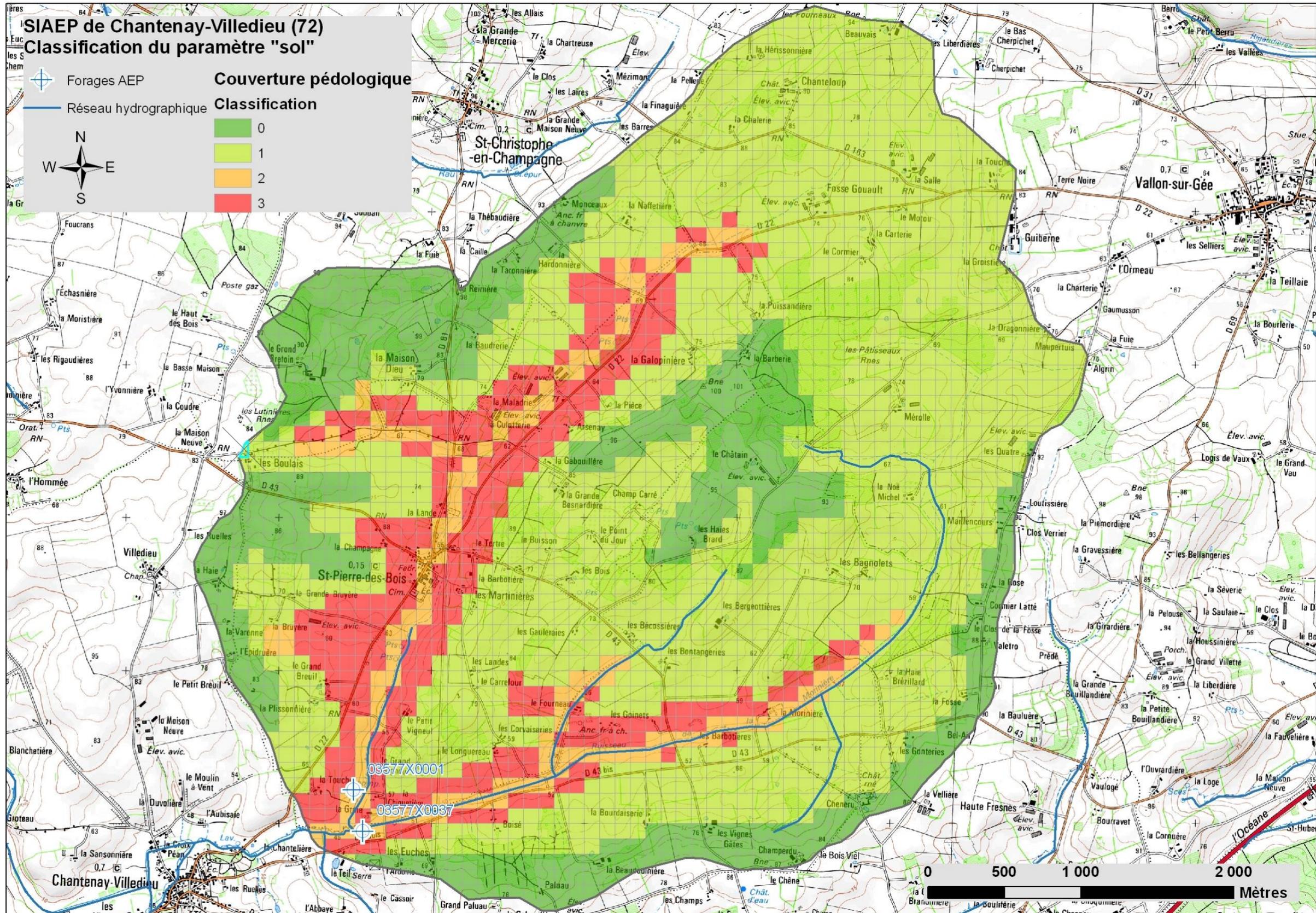


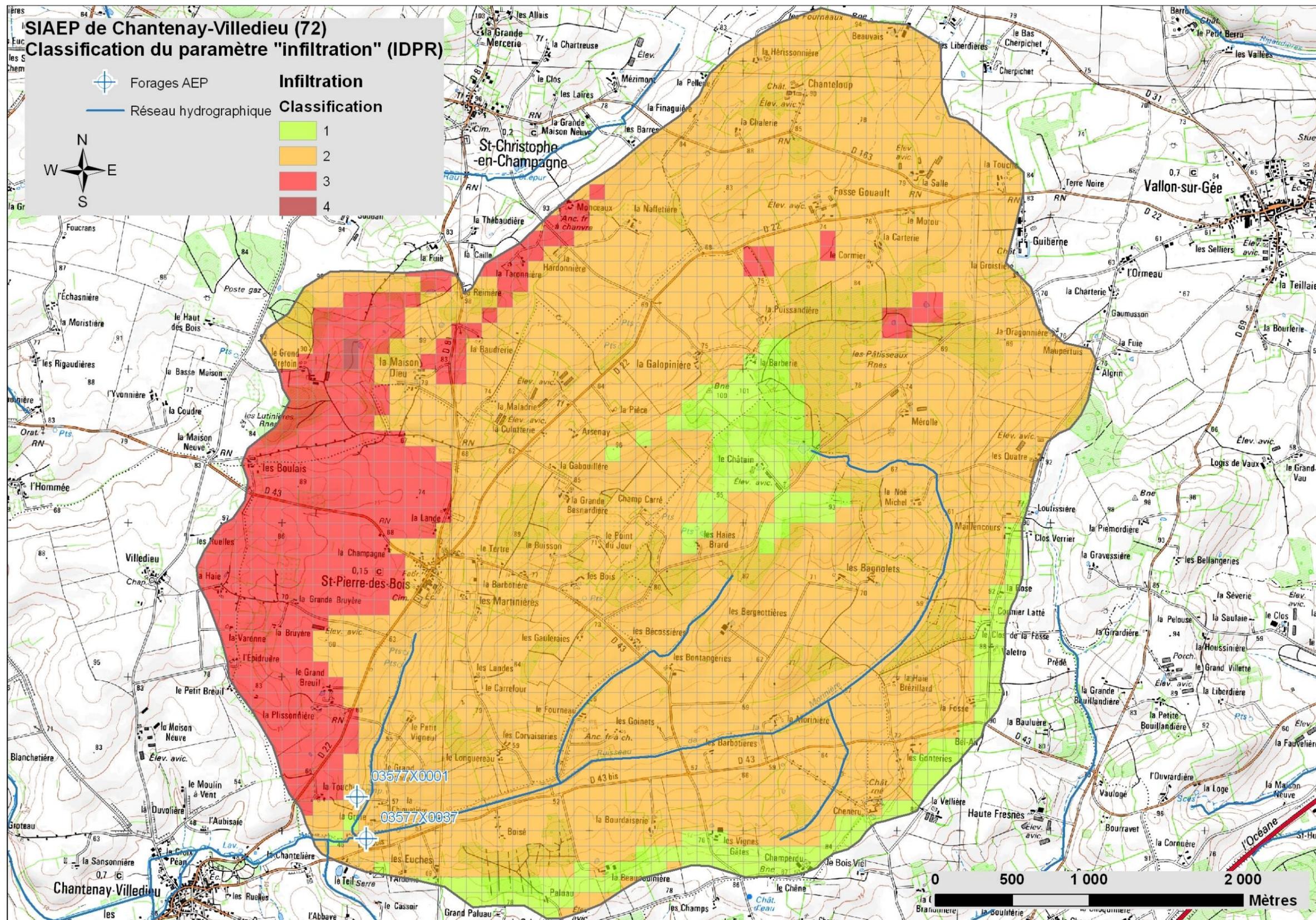


Annexe 8

Notation des paramètres pris en compte pour le calcul de la vulnérabilité des BAC de Chantenay- Villedieu

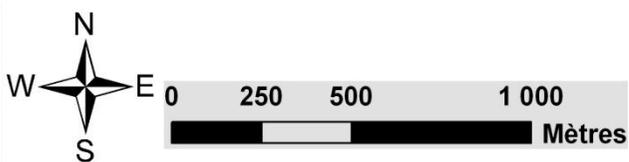
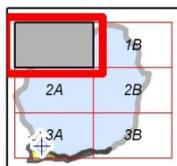
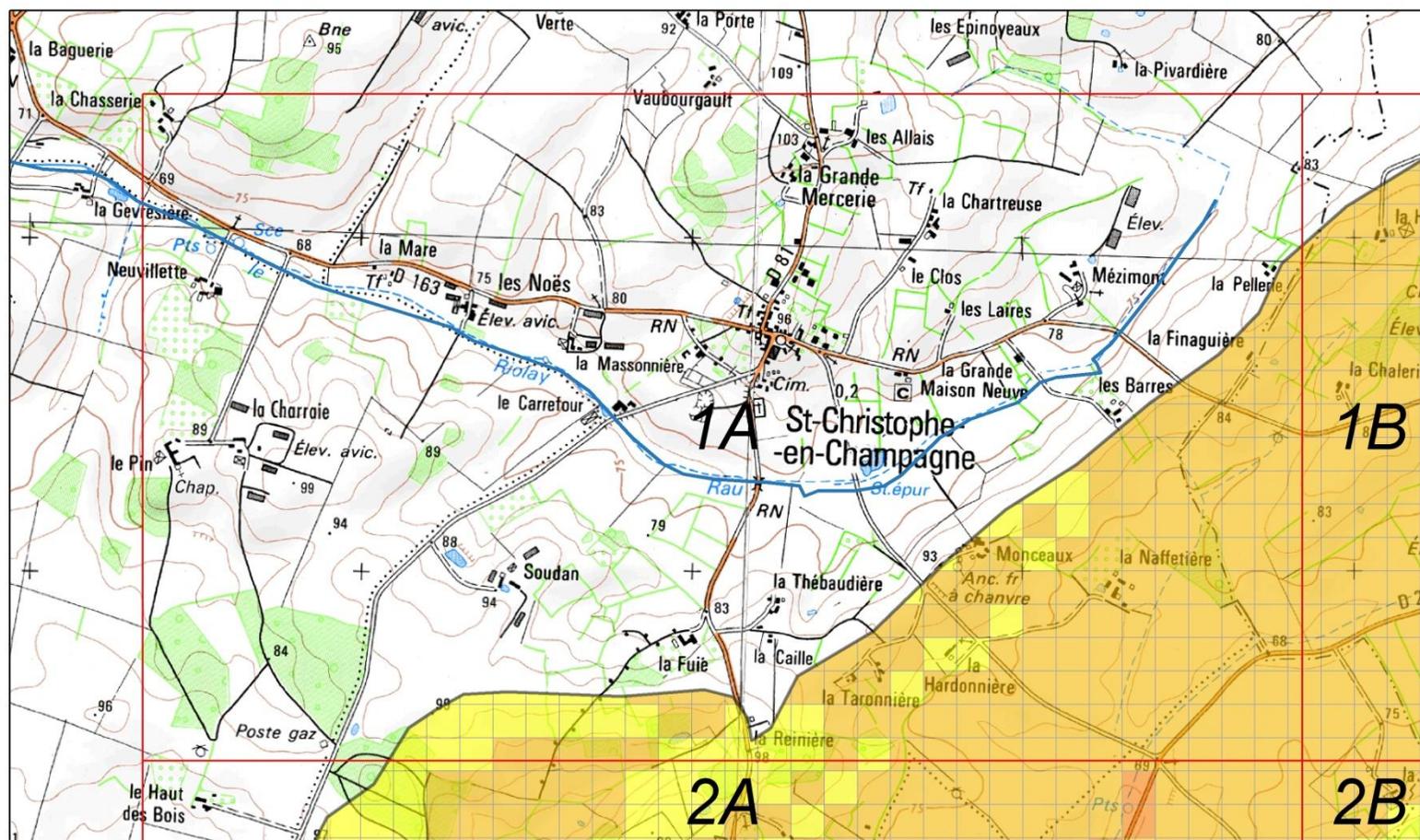


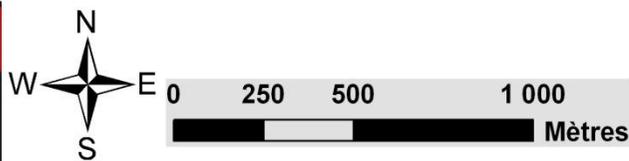
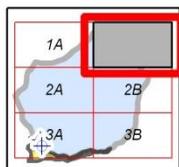
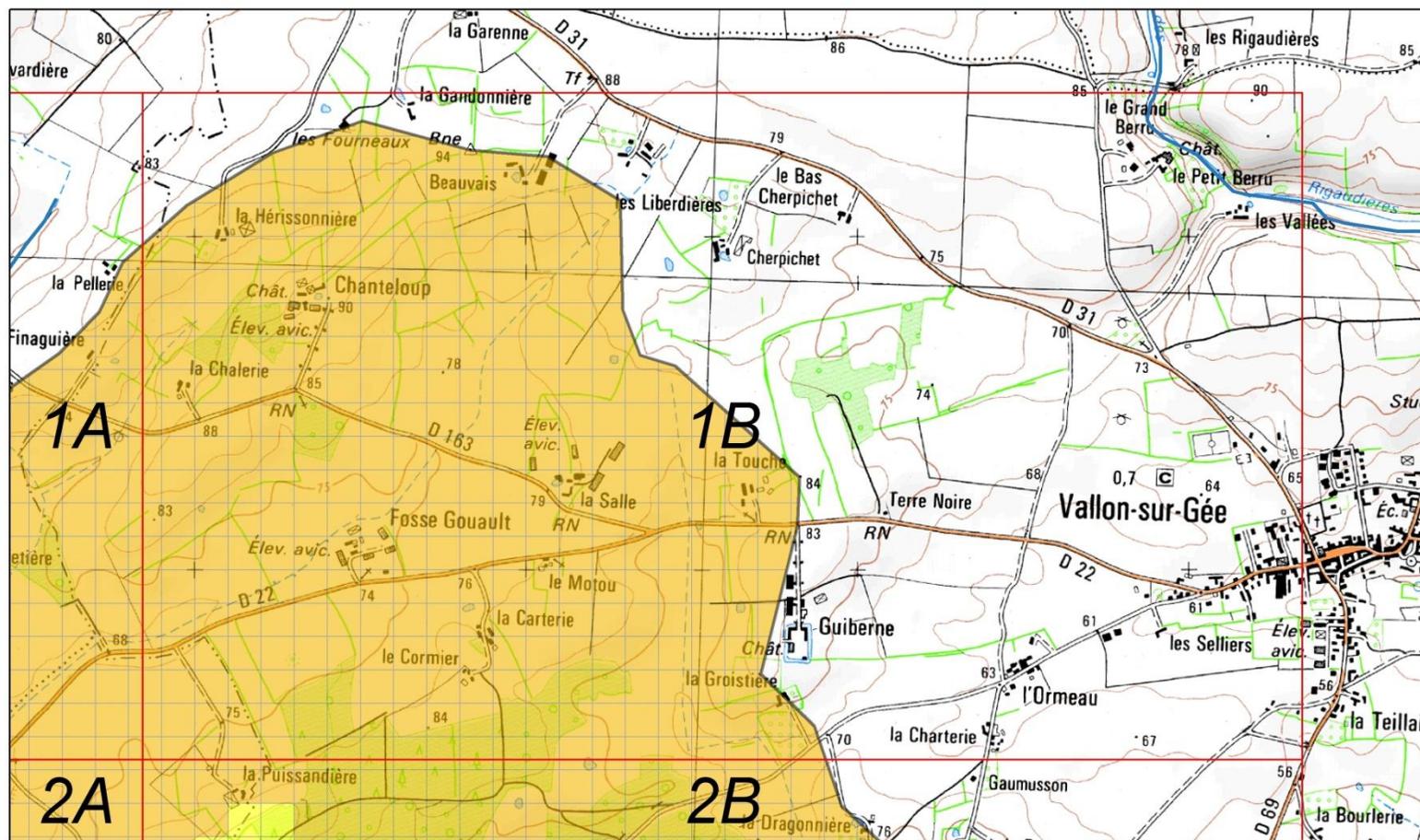


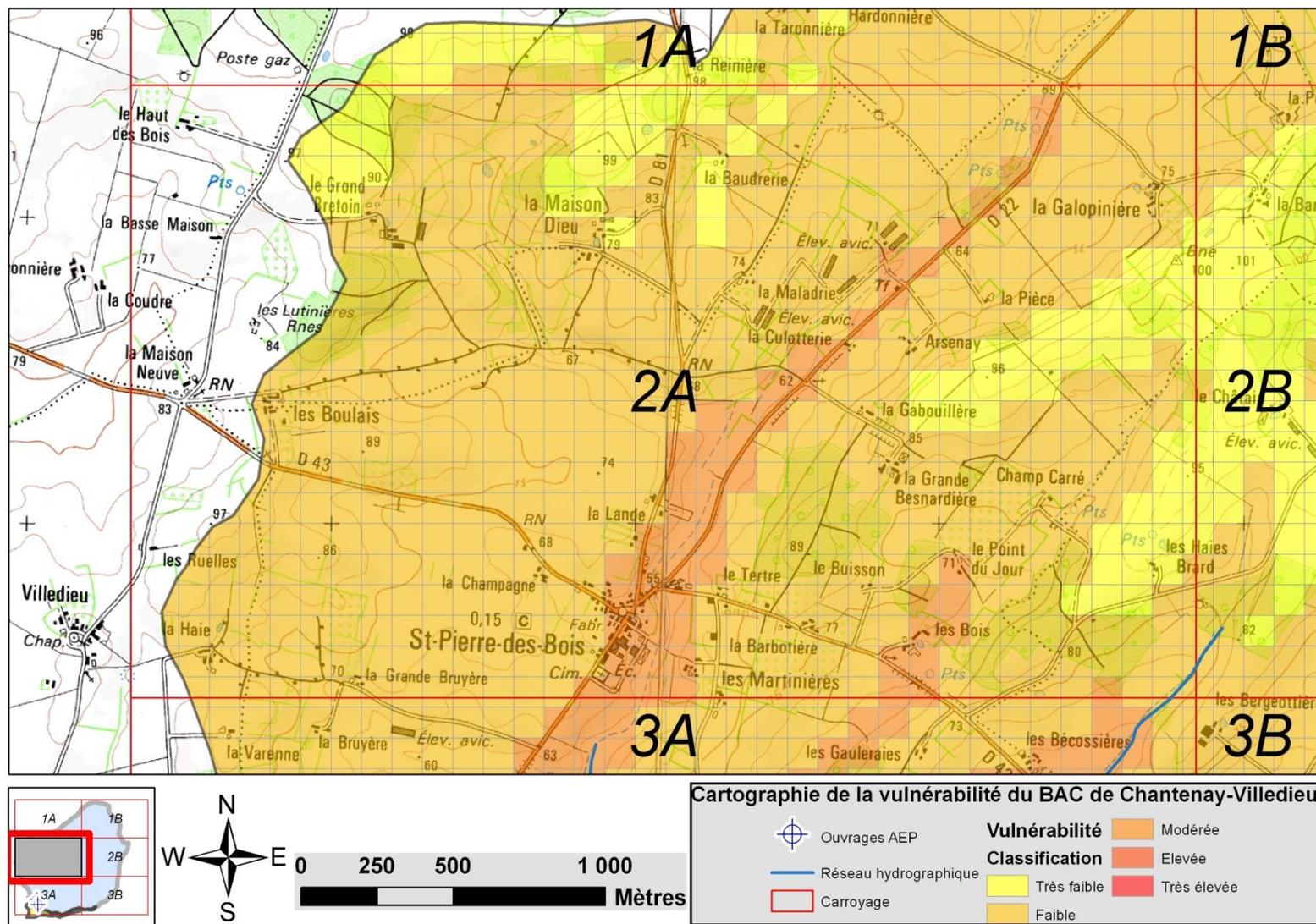


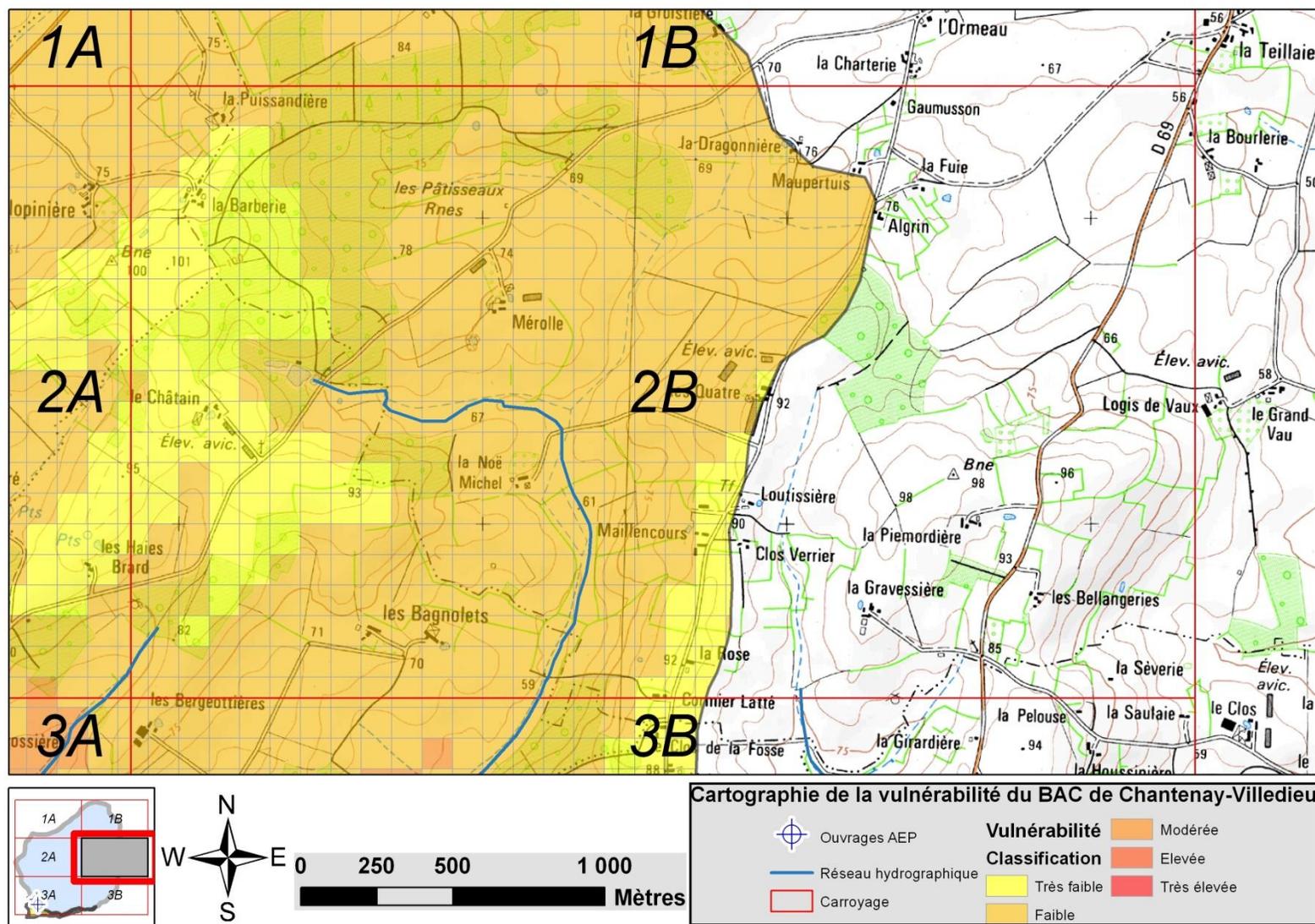
Annexe 9

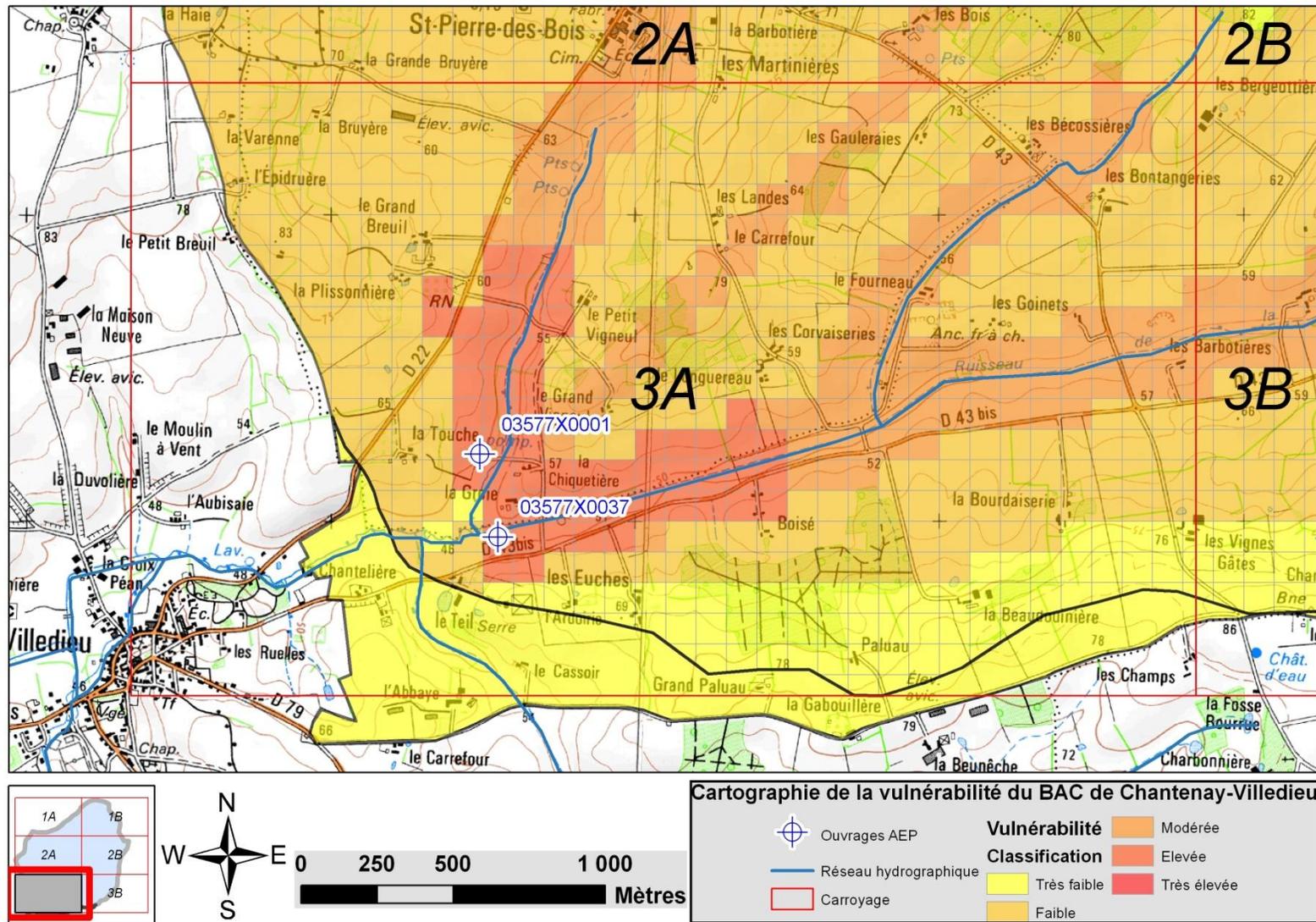
Cartographie de la vulnérabilité du BAC de Chantenay-Villedieu

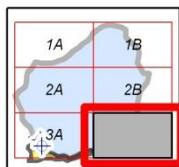
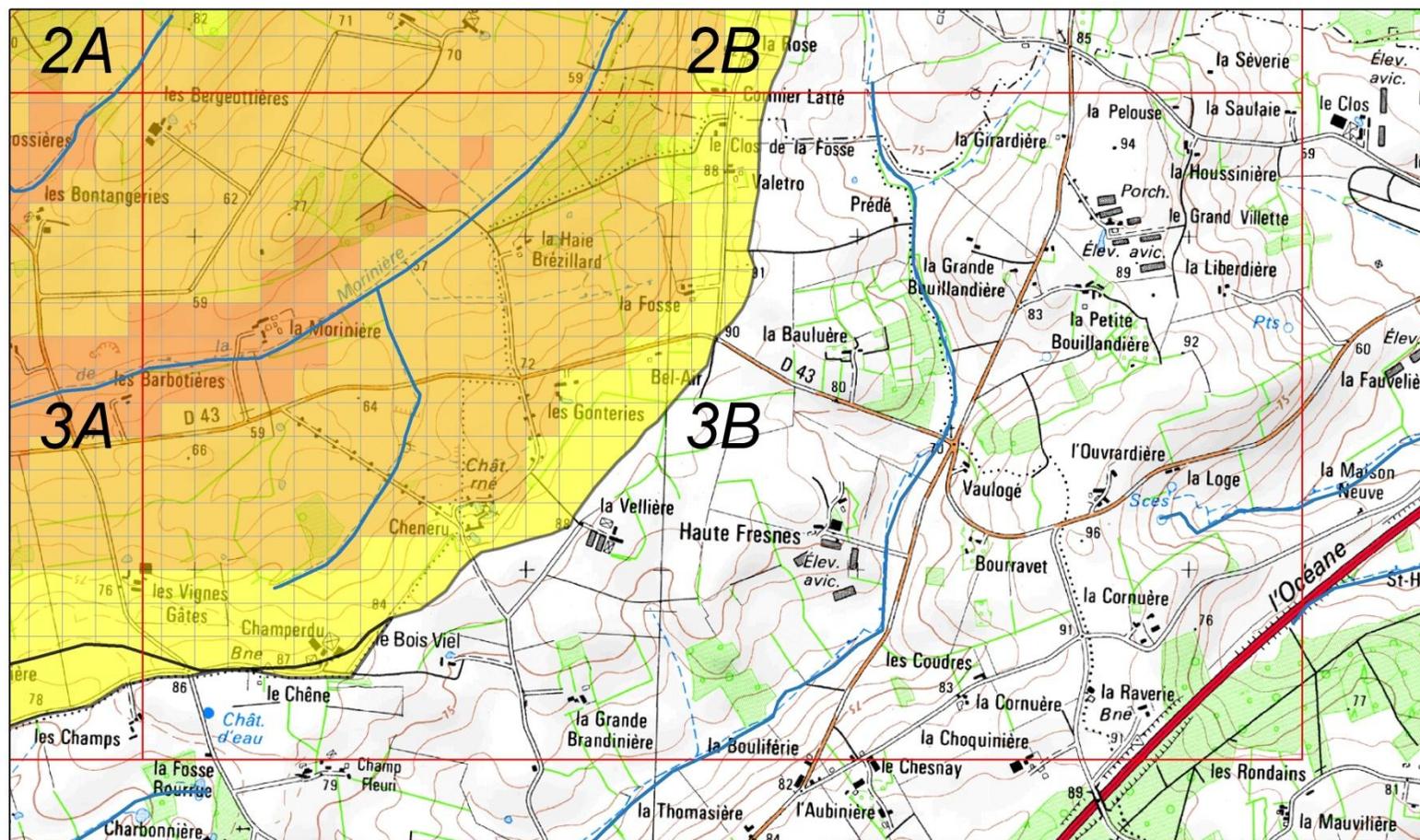












Cartographie de la vulnérabilité du BAC de Chantenay-Villedieu





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

Service géologique régional Pays-de-la-Loire
1 rue des Saumonières
BP 92342
44323 – Nantes cedex 3 - France
Tél. : 02 51 86 01 51