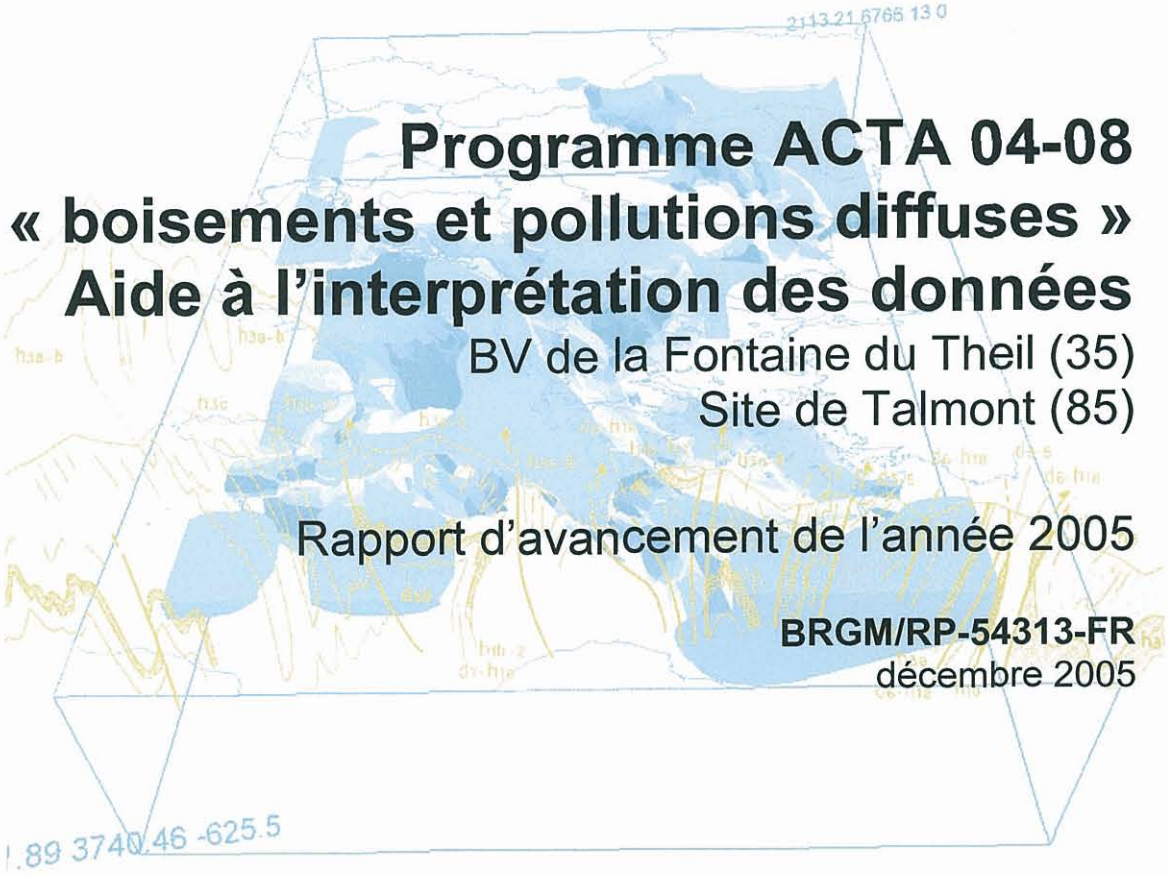
Document public



Programme ACTA 04-08
« boisements et pollutions diffuses »
Aide à l'interprétation des données

BV de la Fontaine du Theil (35)
Site de Talmont (85)

Rapport d'avancement de l'année 2005

BRGM/RP-54313-FR
décembre 2005

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Document public

Programme ACTA 04-08
« boisements et pollutions diffuses »
Aide à l'interprétation des données

BV de la Fontaine du Theil (35)
Site de Talmont (85)

Rapport d'avancement de l'année 2005

BRGM/RP-54313-FR
décembre 2005

Étude réalisée dans le cadre des projets
de Service public du BRGM 2005 EAU A14

B. Mougin
Avec la collaboration de
E. Thomas

M 003 - AVRIL 05

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Mots clés : eau souterraine, piézomètres, analyses chimiques, boisements et pollutions diffuses, hydrogéologie, Ille-et-Vilaine, Bretagne, Vendée, Pays de Loire.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante : B. MOUGIN avec la collaboration de E. THOMAS (2005) - Programme ACTA 04-08 « boisements et pollutions diffuses » - Aide à l'interprétation des données - BV de la Fontaine du Theil (35) - Site de Talmont (85) - Rapport d'avancement de l'année 2005 - BRGM/RP-54313-FR - 44 p., 7 tabl., 17 fig., 4 ann.

© BRGM, 2005, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

L'Institut pour le Développement Forestier (IDF) pilote depuis février 2004 un programme de recherches inter-instituts, subventionné par l'ACTA (Association de Coordination Technique Agricole), intitulé : « Boisements et Pollutions Diffuses - Rôle protecteur ou épurateur des boisements linéaires ou en plein à l'égard des pollutions diffuses » (ACTA 04-08). Le BRGM a été sollicité par l'IDF pour être prestataire de service dans ce programme subventionné par l'ACTA.

Le travail demandé porte sur différents services associés à la caractérisation géologique et hydrogéologique de deux zones d'étude : le bassin versant de la Fontaine du Theil en Ille-et-Vilaine, et le site de Talmont-Saint-Hilaire en Vendée.

Le travail sur le site de Talmont a été mené en 3 étapes :

- description géologique de 3 fosses creusées à la pelle mécanique (existence d'altérites et profondeur de la roche saine) ;
- interprétation géologique des terrains traversés par 11 forages ;
- identification de l'existence d'écoulements souterrains et estimation de la profondeur de la nappe en hautes eaux.

Au niveau du bassin versant de la Fontaine du Theil, l'étude hydrogéologique, qui s'est notamment appuyée sur des données existantes du CEMAGREF (chimie et piézométrie), a montré que :

- la formation géologique (schistes briovérien métamorphiques) est assez favorable aux écoulements souterrains ;
- les altérites sont très présentes sur tout le bassin versant (au moins 6 m près de la vallée) ;
- des coupes piézométriques ont été réalisées au droit de deux transects (Centre et Sud du bassin) en représentant les niveaux les plus hauts et les plus bas. Ces coupes ont mis en évidence que la rivière draine la nappe car les écoulements souterrains se font des plateaux vers la vallée ;
- les teneurs en nitrates des eaux souterraines ont tendance à augmenter en hiver et à diminuer en été. Ceci s'explique par deux aquifères superposés en relation : en hiver la nappe des altérites chargée en nitrates se remplit (environ 80 mg/l), tandis qu'à l'étiage l'influence du milieu fissuré sous-jacent devient prépondérante (une dénitrification supposée entraînerait des teneurs plus faibles : 10-30 mg/l).

Les conclusions de cette étude seront étoffées et précisées au cours de l'année 2006.

Sommaire

1. Contexte et objectifs 7

1.1. CONTEXTE DE L'ETUDE 7

1.2. OBJECTIFS 7

2. Site de Talmont (85) 9

2.1. LOCALISATION ET GEOLOGIE DU SITE 9

2.2. SUIVI DE LA REALISATION DES FORAGES 14

2.3. NATURE ET IMPORTANCE DES ECOULEMENTS SOUTERRAINS 14

2.4. REMARQUE 15

3. Bassin versant de la Fontaine du Theil (35) 17

3.1. LOCALISATION ET GEOLOGIE DU BASSIN VERSANT 17

3.2. INVENTAIRE DES FORAGES EXISTANTS ET ANALYSE DES DONNEES 20

3.3. EQUIPEMENT DU SITE PAR L'IDF 27

3.4. CAMPAGNES DE RECUPERATION DES DONNEES PIEZOMETRIQUES 30

3.5. ANALYSE DES CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES ET CHIMIQUES DE L'ETUDE 35

3.6. PARTICIPATION AUX REUNIONS D'AVANCEMENT DU PROJET 43

4. Conclusion 44

Liste des illustrations

Figure 1 - Localisation du site de « la Baudouinière » 10

Figure 2 - Localisation des équipements sur le site de « la Baudouinière » 10

Figure 3 - Carte géologique du site de « la Baudouinière » 11

Figure 4 - Bloc diagramme schématique de la géologie du site de « la Baudouinière » 13

Figure 5 - Localisation du bassin versant de la Fontaine du Theil 18
Figure 6 - Contexte géologique du bassin versant de la Fontaine du Theil 19
Figure 7 - Localisation des forages recensés aux alentours du bassin versant de la Fontaine du Theil 21
Figure 8 - Modèle conceptuel des altérations supergènes en domaine granitique (Wyns, 1998) 26
Figure 9 - Localisation des transects de piézomètres proposés 28
Figure 10 - Aperçu d'une sonde de pression MADOFIL 30
Figure 11 - Suivi piézométrique sur le bassin versant de la Fontaine du Theil 34
Figure 12 - Suivi piézométrique manuel du CEMAGREF à St-Léger 36
Figure 13 - Coupe piézométrique des 2 transects de piézomètres 38
Figure 14 - Concentrations en nitrate en mg/l à l'exutoire et aux sources du bassin versant de la Fontaine du Theil (données CEMAGREF) 39
Figure 15 - Suivi des teneurs en nitrates du CEMAGREF à St-Léger 40
Figure 16 - Suivi des teneurs en nitrates et sulfates au niveau du piézomètre Pz2 42
Figure 17 - Evolution des teneurs en nitrates dans la rivière de la Fontaine du Theil en période d'étiage 43

Liste des tableaux

Tableau 1 - Niveau piézométrique mesuré dans le Pz1 après sa réalisation 14
Tableau 2 - Caractéristiques des piézomètres suivis par le CEMAGREF 22
Tableau 3 - Résultats de l'approche statistique sur la formation géologique du bassin versant de la Fontaine du Theil 24
Tableau 4 - Informations et relevés de la campagne piézométrique du 19 juillet 2005 31
Tableau 5 - Informations et relevés de la campagne piézométrique du 19 octobre 2005 33
Tableau 6 - Battement de la nappe au niveau des 9 piézomètres 36
Tableau 7 - Teneurs moyennes en nitrates des eaux souterraines 40

Liste des annexes

Annexe 1 - Description géologique des fosses du site de Talmont (85)
Annexe 2 - Coupes géologiques et techniques des ouvrages du site de Talmont (85)
Annexe 3 - Photographies des 9 piézomètres suivis par le CEMAGREF
Annexe 4 - Localisation des 16 piézomètres d'IDF - Coupes géologiques et techniques de 4 ouvrages

1. Contexte et objectifs

1.1. CONTEXTE DE L'ETUDE

L'Institut pour le Développement Forestier (IDF) pilote depuis février 2004 un programme de recherches inter-instituts, subventionné par l'ACTA (Association de Coordination Technique Agricole), et nommé : « Boisements et Pollutions Diffuses - Rôle protecteur ou épurateur des boisements linéaires ou en plein à l'égard des pollutions diffuses » (ACTA 04-08).

Dans le cadre de ce programme, le Service Géologique Régional Bretagne du BRGM a été sollicité par l'Institut de Développement Forestier pour être prestataire de service.

Les prestations demandées se déroulent sur deux secteurs :

- bassin versant de la Fontaine du Theil en Ille-et-Vilaine (Bretagne),
- le site de Talmont-Saint-Hilaire en Vendée (Pays de Loire).

Le travail demandé porte sur différents services associés à la caractérisation géologique et hydrogéologique des deux zones d'étude.

Les missions se dérouleront sur 3 ans (2004-2006) avec une réalisation de la moitié du travail la première année, et un suivi technique du projet sur les deux années suivantes.

1.2. OBJECTIFS

Un contrat d'entreprise a été signé le 30 avril 2004 entre l'IDF et le BRGM afin de formaliser les termes et conditions par lesquels le BRGM s'engageait à réaliser le travail suivant sur le secteur du BV de la Fontaine du Theil (35) :

- recherches dans la banque des données du sous-sol des sondages et piézomètres existants dans le bassin versant ou à proximité ; analyse des données existantes pour la même formation géologique ;
- aide à l'implantation de 36 piézomètres (6 forages prévus sur 6 sites) ,
- interprétation géologique des terrains traversés par ces forages (2 à 4 m de profondeur) ;
- analyse des chroniques piézométriques et chimiques de l'étude ;
- participation aux réunions d'avancement du projet.

Suite à des changements d'organisation territoriale survenus à l'IDF en 2004, le BRGM et l'IDF ont été amenés, lors d'une réunion le lundi 14 mars 2005 à Orléans, à redéfinir le contenu technique de la prestation, pour l'adapter à la nouvelle situation.

En conséquence, la prestation demandée au BRGM a été décrite de la façon suivante dans un courrier en date du 31 mars 2005 :

- BV de la Fontaine du Theil (35) : récupération des dernières données du Cemagref (piézométrie et chimie), interprétation et mise à jour d'une note technique ;
- Site de Talmont (85) : aide à l'interprétation des données ;
- Participation aux réunions d'avancement du projet ACTA et présentation des résultats BRGM ;
- Rapport d'avancement de l'étude à fin 2005.

Ce rapport présente donc le travail accompli sur les deux secteurs d'étude à fin 2005.

2. Site de Talmont (85)

Dans le cadre du projet ACTA 04-08, l'IDF a décidé d'équiper le site de « la Baudouinière » afin d'analyser l'influence d'une haie, située en haut d'un talus à proximité d'une rivière, sur l'épuration des pollutions diffuses (azotées et pesticides). Ces travaux ont été réalisés les 3 et 4 novembre 2004.

Ce chapitre constitue un compte-rendu du travail de terrain réalisé le mercredi 3 novembre 2004 par le BRGM sur le site d'étude :

- description géologique de 3 fosses creusées à la pelle mécanique (existence d'altérites et profondeur de la roche saine),
- interprétation géologique des terrains traversés par 11 forages : 1 forage à 10 m de profondeur et 10 piézomètres de 1 m de profondeur (2 transects de 5 ouvrages réalisés à l'aval de la haie),
- identification de l'existence d'écoulements souterrains et de leurs profondeurs.

2.1. LOCALISATION ET GEOLOGIE DU SITE

2.1.1. Localisation

Le site de « la Baudouinière » est localisé au Sud-Ouest de la Vendée sur la commune de Talmont-Saint-Hilaire (cf. figure 1).

Le site d'étude est basé en rive droite d'un affluent de la rivière du Gué Chatenay.

Suite aux travaux menés les 3 et 4 novembre, le site, composé d'une haie orientée Nord-Sud perpendiculairement au sens de la pente du talus, est équipé par :

- 3 fosses creusées à la pelle mécanique,
- 1 forage « profond » à 10 m de profondeur,
- 2 transects de 10 piézomètres « peu profonds » à 1 m de profondeur (5 ouvrages réalisés à l'amont de la haie et 5 à l'aval, pour chaque transect).

Ces équipements sont reportés sur la figure 2.

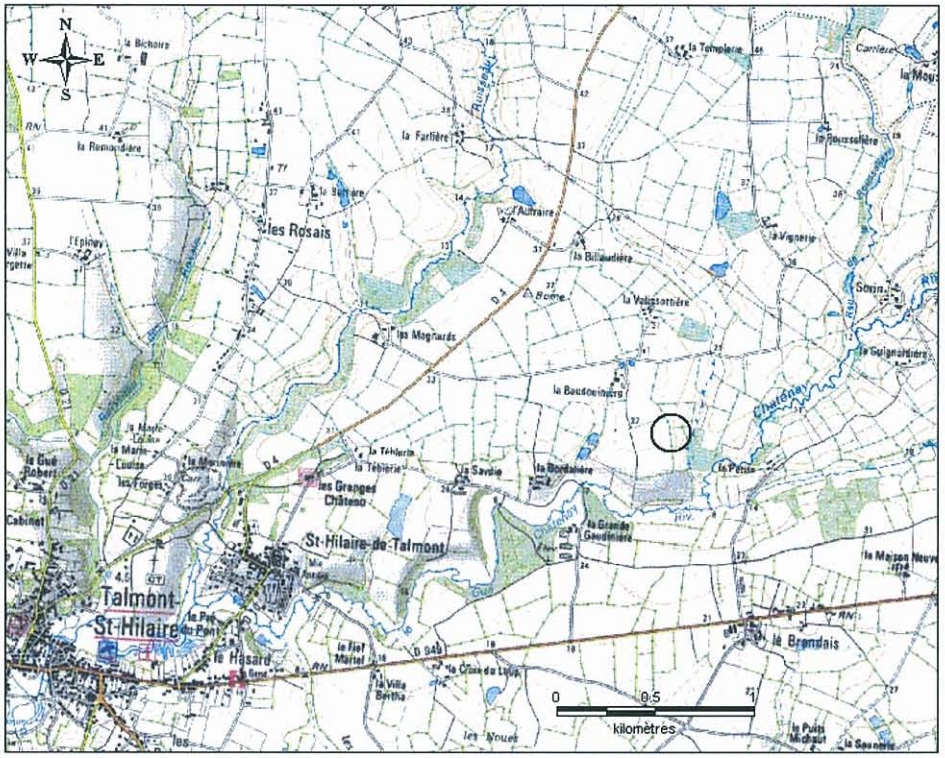


Figure 1 - Localisation du site de « la Baudouinière »

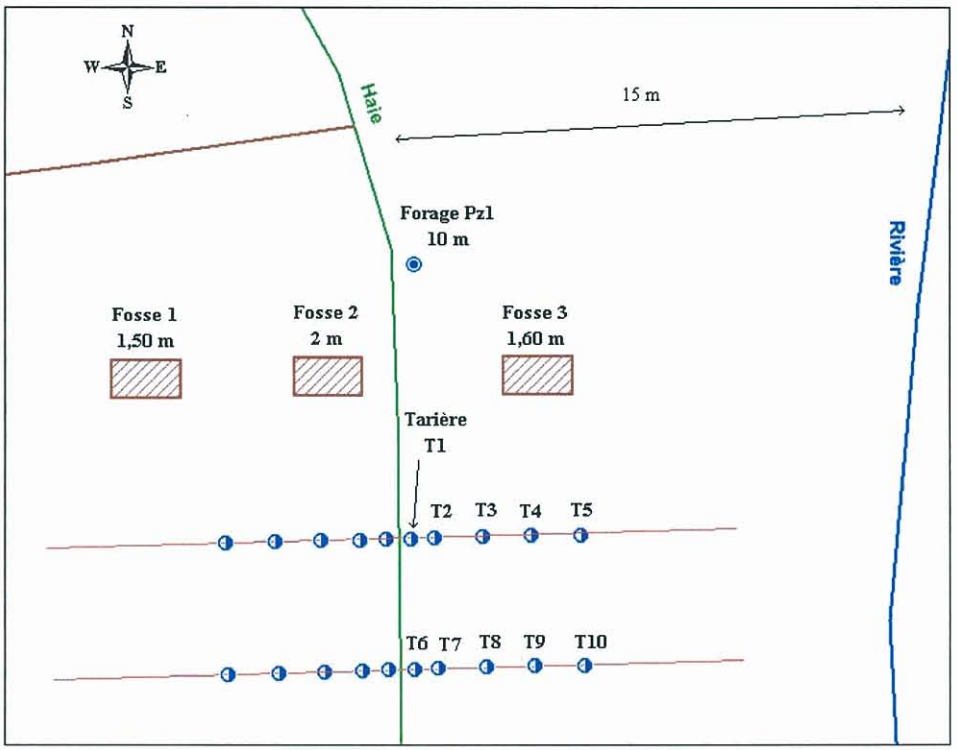


Figure 2 - Localisation des équipements sur le site de « la Baudouinière »

2.1.2. Contexte géologique

Le contexte géologique du site est présenté sur la figure 3.

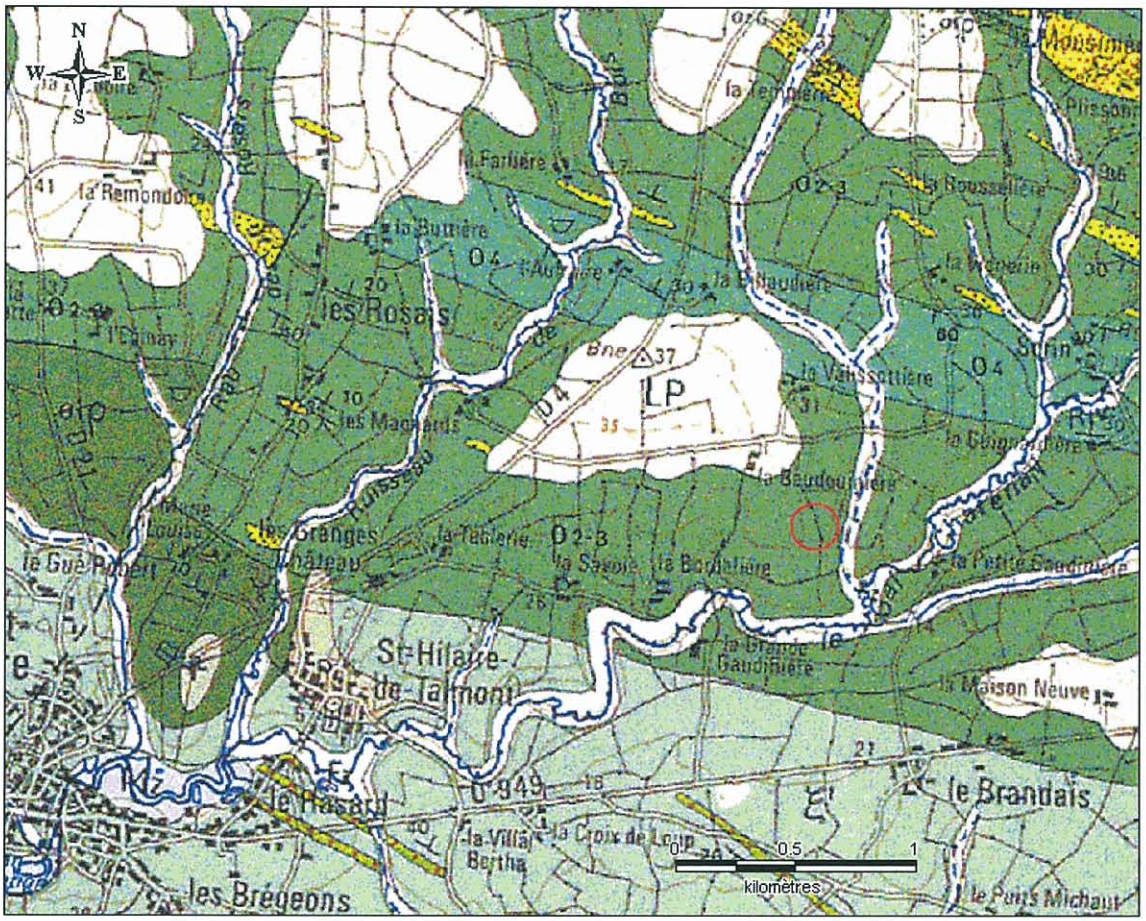


Figure 3 - Carte géologique du site de « la Baudouinière »

- Roche saine :

Si l'on se réfère à la carte géologique 1/50 000 des Sables d'Olonne (n°584), les tranchées et sondages se trouvent entièrement localisés dans une formation attribuée à l'Ordovicien inférieur à moyen (Arénig à Llanvirn). Il s'agit, à l'échelle régionale, de la Formation indicée O_{2-3}, constituée d'alternances de grès et de pélites à intercalations quartzitiques. Sur la zone d'impact du projet, seul le pole pélitique semble être représenté. Sensiblement homogène sur l'ensemble du terrain, il se compose en profondeur (au delà de 1.5 m) de schistes sériciteux subardoisiers lustrés, à très fins micas blancs. De couleur sombre (gris foncé à noir), leur débit planaire est facile et ils admettent des amygdales de quartz amorphe, d'origine hydrothermale (cf. photographie n°5 en annexe 1).

Ces roches ont subi au moins deux épisodes de déformation : le premier s'est traduit par une transposition complète de la stratification So dans une schistosité S1 : sur le terrain, la stratification originelle des couches sédimentaires n'est donc plus visible. L'état de la roche traduit un épisode ultérieur de métamorphisme régional fort (limite mésozone - épizone), comptemporain d'une déformation poussée se traduisant ici par une crénulation asymétrique de S0-1, l'aplatissement des lentilles de quartz dans le plan de compression avec développement d'ombres de pression en queue de comète dans le plan de l'allongement. Le pendage général des schistes (S0-1) est de l'ordre de 40° vers l'ENE, de l'ordre de 30° au niveau de la fosse n°2 (en bordure de haie, cf. figure 2) ce qui traduit une ondulation locale attribuable soit à la déformation d'origine, soit à un épisode de réajustement postérieur.

- Filons de quartz :

Les schistes sont parcourus de nombreux filons de quartz tardifs, le plus souvent concordant avec les plans de glissement des schistes (plans de schistosité primaire - cf. photographie n°4 en annexe 1). Néanmoins, la première fosse montre des filons peu épais (20-30 cm au maximum), orientés E-W, sécants sur les structures antérieures. L'âge de cet épisode de développement filonien n'est pas connu.

- Loess (« limons des plateaux ») :

Des limons sommitaux ont été cartographiés à la limite de la zone d'étude, au niveau de l'exploitation de la Baudouinière. Ces limons n'ont pas été observés au-dessus des schistes dans les tranchées ni dans les sondages. Régionalement, il s'agit de limons blancs très sableux à grains éolisés enrobant de nombreux galets de quartz jaunis remaniés des fragments arrachés aux filons sous-jacents et aux amygdales quartzeuses présentes dans les schistes. Par érosion des sols, ces limons forment une grosse partie du colmatage flandrien des fonds de vallées. L'âge de ces limons peut être rapproché de celui de la régression würmienne, pendant les épisodes de grande sécheresse où les vents violents venant de l'Ouest et du Nord-Ouest ont refoulés sur le continent des sables qui tapissaient le plateau continental exondé jusqu'à une centaine de mètres en contrebas du niveau marin actuel.

- Alluvions récentes :

Le petit ruisseau situé à l'Est de la Baudouinière coule dans une zone alluviale très restreinte au niveau du secteur d'étude mais qui s'élargit vers le Sud, lors de sa rencontre avec le ruisseau du Gué Chatonay. Les alluvions récentes sont peu représentées au droit des transects où le cours d'eau semble plutôt s'enfoncer dans des dépôts de versant issus du remaniement des formations géologiques et des sols situés topographiquement plus en amont. Plus au Sud, là où la zone alluviale s'élargit, les alluvions sont représentées par un niveau de base de sables et graviers synchrone du creusement du lit majeur au-dessus duquel se sont déposées des alluvions fines (argiles sableuses, limons éoliens ruisselés) qui forment le fond plat des vallées, souvent humifères voire tourbeux.

- Altérites :

L'observation des 3 fosses creusées à la pelle mécanique a permis d'effectuer une caractérisation géologique des premiers mètres sous le sol et notamment de préciser la nature altérée ou non des schistes métamorphiques.

Pour l'ensemble des fosses étudiées, même celle située sur le plateau, la tranche supérieure des profils est caractérisée par une altération très modérée des schistes sous-jacents. Cette altération se traduit par un délitage des schistes qui deviennent friables et se cassent très facilement à la main (cf. photographie n°1 en annexe 1). L'enrichissement en argile, très graduel depuis le niveau considéré comme « sain », situé vers 1.5 m de profondeur, est néanmoins très perceptible dans les premiers 50 cm situés sous le sol alors que les plaquettes deviennent de moins en moins nombreuses et de plus petites dimensions (cf. photographie n°2 en annexe 1). Localement cependant, l'ordre peu être modifié avec des zones argilisées qui s'individualisent sous des tranches plus « saines » (cf. photographie n°3 en annexe 1). Le sommet du profil est caractérisé par des argiles ocres emballant de nombreuses lentilles de quartz résistantes. Sur l'ensemble du secteur, comme le montre la carrière située à la sortie de Talmont-St-Hilaire, sur la D4, où comme le suggèrent les affleurements situés à Talmont-St-Hilaire même, les saprolites sont absentes.

La figure 4 représente une coupe géologique schématique du talus Ouest-Est perpendiculaire à la haie.

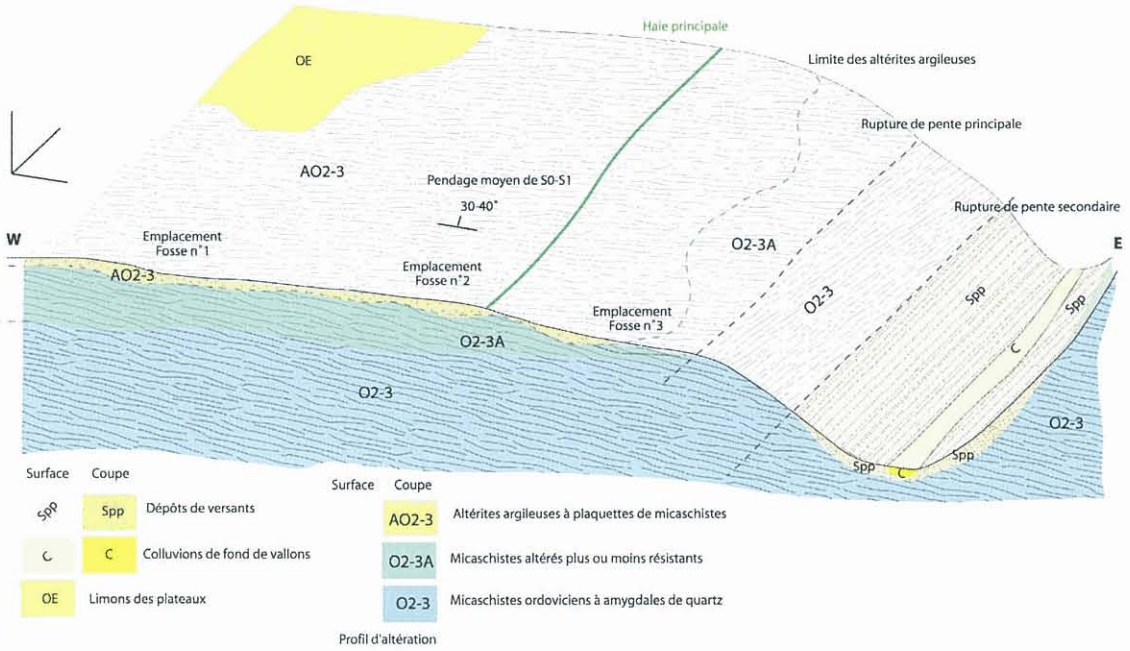


Figure 4 - Bloc diagramme schématique de la géologie du site de « la Baudouinière »

2.2. SUIVI DE LA REALISATION DES FORAGES

L'entreprise GEOCENTRE a réalisé des piézomètres avec une sondeuse montée sur un tracteur. La foreuse étant de type mixte : rotary avec un trilame (diamètre 89 mm) et avec une tarière hélicoïdale (diamètre 63 mm).

Deux types de forages étaient prévus :

- 1 forage à 10 m de profondeur effectué en rotary avec un trilame alimenté par de l'eau,
- 20 piézomètres de 1 m de profondeur réalisés à la tarière.

Le forage de 10 m (nommé Pz1) a été équipé avec du tubage PVC plein en diamètre 51-60 mm (intérieur-extérieur) sur les 2 premiers mètres puis crépinés sur les 8 m restants.

Les tarières (T1 à T20) ont été équipés avec du tubage PVC crépiné en diamètre 45-50 mm.

Le BRGM a analysé le contenu des sacs à échantillons, prélevés par l'entreprise de forage tous les mètres lors de la réalisation du forage Pz1, puis le BRGM a suivi la réalisation des 10 premières tarières (T1 à T10).

Les coupes géologiques et techniques de ces ouvrages sont présentées en annexe 2.

La présence de sol et le contact altérites / milieu fissuré ont notamment été identifiés.

Les tarières effectuées le long de 2 transects à l'aval de la haie montrent que le sol a une épaisseur très limitée (de 0 à 20 cm) et que la roche fracturée affleure rapidement puisque les altérites ont une faible épaisseur (30 à 70 cm).

2.3. NATURE ET IMPORTANCE DES ECOULEMENTS SOUTERRAINS

Les terrains observés dans les 10 tarières réalisées le 3 novembre 2004 (entre 0,9 et 2 m de profondeur) sont tous secs. Le niveau de nappe phréatique n'a pas été recoupé.

Le forage a recoupé une arrivée d'eau dans les schistes fracturés et le niveau piézométrique a pu être mesuré dans l'après-midi après avoir retiré une partie de l'eau utilisée lors de la foration. Les mesures sont rassemblées dans le tableau ci-dessous :

Date	Heure	Niveau nappe / sol (m)
03/11	15h30	6.48
03/11	16h50	6.14
03/11	17h30	5.85

Tableau 1 - Niveau piézométrique mesuré dans le Pz1 après sa réalisation

La remontée du niveau piézométrique indique : la présence d'écoulements souterrains en profondeur (vraisemblablement entre 4 et 10 m), et que le niveau n'était pas encore à l'équilibre à 17h30.

Selon l'IDF, le niveau piézométrique se situait vers 5.50 m de profondeur le lendemain matin. Ce niveau correspond à un niveau stabilisé.

Par ailleurs, le propriétaire de l'exploitation agricole de « la Baudouinière » possède 2 puits à 6 et 8 m de profondeur. En période d'étiage, ces puits étant à sec, le niveau piézométrique descend en dessous de 8 m.

La quasi-absence de schistes altérés et le pendage assez horizontal des schistes fracturés favorisent le ruissellement de l'eau de pluie et la présence d'un niveau piézométrique assez profond : 4-5 m en début de période de hautes eaux et > 8 m en période de basses eaux.

Les tarières réalisées ne permettront donc pas de prélever de l'eau de la nappe mais serviront à prélever de l'eau de surface s'écoulant par ruissellement.

2.4. REMARQUE

Le BRGM participe à un projet Européen nommé CYCLEAU mené sur 11 bassins versants (2 en France, 8 en Angleterre et 1 en Irlande). Le projet, qui se déroule sur 3 ans, est financé par un programme INTERREG IIIB ENO. Il s'appui sur une approche multidisciplinaire grâce à une équipe de 14 partenaires Français, Anglais et Irlandais.

Les objectifs du programme CYCLEAU sont les suivants :

- identifier de nouvelles méthodes de gestion en vue d'améliorer la qualité de l'eau,
- favoriser l'échange de savoirs et d'expériences en matière de gestion de l'eau,
- et renforcer la participation locale dans la gestion des bassins versants.

Dans le cadre de ce projet, le BRGM a principalement en charge de contribuer à la caractérisation des deux bassins versants français (celui du Belon en Bretagne d'une superficie de 96 km^2, et celui du Payré en Pays de Loire sur 154 km^2).

Le site de « la Baudouinière » est situé sur le bassin versant de la rivière du Gué Chatenay, lui même inscrit dans le bassin versant du Payré.

Dans le cadre de l'étude menée sur le bassin versant du Payré, des campagnes de relevé de profondeur de nappe (suivi piézométrique) ont été menées sur les ouvrages souterrains du bassin permettant cette mesure. La première campagne a eu lieu entre le 9 et le 14 avril 2004 c'est à dire à la fin de la période des hautes eaux, la seconde et la troisième ont quant à elles eu lieu pendant l'été les 7 et 8 juin et les 17 et 18 août en

période d'étiage. Les résultats de ces campagnes sont consignés dans le rapport BRGM/RP-53520-FR[1] de décembre 2004.

Les ouvrages les plus proches du site de « la Baudouinière » sont situés entre 2 et 3 km : un forage à Talmont Saint Hilaire (pas de n° BSS), un forage au Nord à « la Templerie » (05847X0027) et un forage à l'Est à « Tortereau » sur la commune de Poiroux (05847X0026).

Les mesures effectuées en avril 2004 (hautes eaux) donnaient les résultats suivants : -1,60 m/sol (Tortereau) -1,57 m/sol (la Templerie) et -2.21 m/sol (Talmont).

On peut donc supposer qu'en période de hautes eaux le forage Pz1 du site de « la Baudouinière » aura un niveau de nappe situé entre -1,50 et -2 m/sol.

[1] B. MOUGIN et C. LE GUERN collaboration M. LECLERCQ, P. CONIL, E. THOMAS et J-P. JEGOU (2004) - Projet CYCLEAU - Caractérisation initiale des bassins versants du Belon et du Payré (France) - Rapport d'avancement de l'année 2004 - BRGM/RP-53520-FR - 76 p., 16 tab., 30 fig., 1 annexe.

3. Bassin versant de la Fontaine du Theil (35)

Les prestations portent sur différents services associés à la caractérisation hydrogéologique du bassin du Theil :

- recherches dans la banque des données du sous-sol des sondages et piézomètres existants dans le bassin versant ou à proximité ; analyse des données existantes pour la même formation géologique ;
- aide à l'implantation de piézomètres destinés à équiper le bassin versant ,
- interprétation géologique des terrains traversés par ces forages (2 à 4 m de profondeur),
- récupération des données piézométriques enregistrées sur les forages du bassin versant (anciennement suivis par le CEMAGREF),
- analyse des chroniques piézométriques et chimiques de l'étude,
- participation aux réunions d'avancement du projet.

3.1. LOCALISATION ET GEOLOGIE DU BASSIN VERSANT

3.1.1. Localisation du bassin versant

Le bassin versant de la Fontaine du Theil est situé au Nord de l'Ille-et-Vilaine, à l'Est de la ville de Combourg.

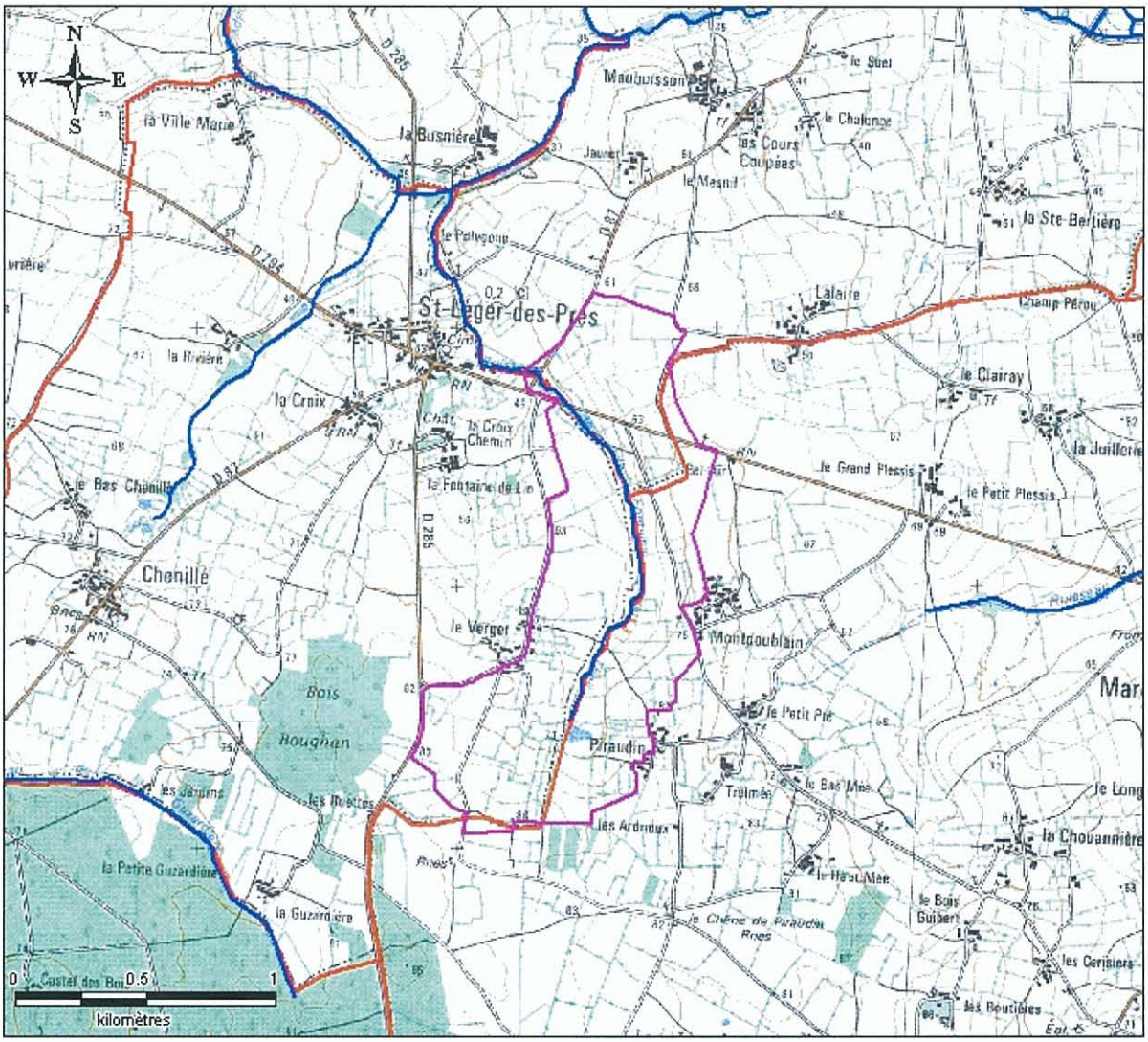
Ce bassin, d'une superficie de 1.28 km^2 (cf. figure 5 page suivante), s'étend sur les communes de Saint-Léger-des-Prés (à l'Ouest), Marcillé-Raoul (à l'Est), Noyal-sous-Bazouges (au Nord).

La zone d'étude fait partie du bassin versant du Couesnon (J013) de la Tamout (incluse) à Loisance (exclue).

Elle bénéficie d'infrastructures existantes (station limnimétrique, station météorologique, piézomètres) et de 5 années de mesures.

3.1.2. Contexte géologique

Le contexte géologique du bassin versant est précisé sur la figure 6.



Légende

- Bassin versant
- Limite de communes
- Réseau hydrographique

Figure 5 - Localisation du bassin versant de la Fontaine du Theil

Figure 6 - Contexte géologique du bassin versant de la Fontaine du Theil

Les informations suivantes sont extraites de la notice géologique de la carte au 1/50 000 de Combourg (n°282)

- Roche saine : (Formation de type Normand) alternances argilites, siltites et wackes (dépend de la grosseur des grains et des proportions grain/matrice). Les argilites sont tendre, gris sombre, parfois massives, et beiges à l'altération. Les siltites sont plus claires et peuvent être aussi massives. Les wackes sont rugueuses et massives, gris clair à verdâtre ou brunâtre.
- Roche métamorphique : schistes tachetés à biotite verte, cordiérite ; thermométamorphisme : briovérien métamorphisé au contact des granitoïdes cadomiens
- Loess (limons des plateaux)
- filons de dolérites (lieux-dits : Jaunel, La Croix Chemin, Montdoublain)
- alluvions récentes : sables limoneux en fond de vallée
- zone faillée au Sud-Ouest du bassin versant

3.2. INVENTAIRE DES FORAGES EXISTANTS ET ANALYSE DES DONNEES

3.2.1. Recherche de données dans la Banque de données du Sous-Sol

En application du Code Minier (articles 131 et 132, titre VIII du Livre I), environ 17 000 forages sont connus en Bretagne. Une partie de ces forages (environ 10 000) possèdent une localisation géographique suffisamment précise pour qu'ils soient numérotés (affectation d'un numéro BSS : Banque de données du Sous-Sol) et rassemblés dans un fichier informatique.

Après extraction des données présentes dans ce fichier, 82 forages d'eau ont été recensés sur les 9 communes situées sur les alentours du bassin versant (Combourg, Cuguen, Bazouges-la-Pérouse, Noyal-sous-Bazouges, Lanrigan, Saint-Léger-des-Prés, Marcillé-Raoul, Saint-Remy-du-Plain et Dingé).

La figure 7 localise 10 de ces 82 forages situés à proximité immédiate du bassin versant.

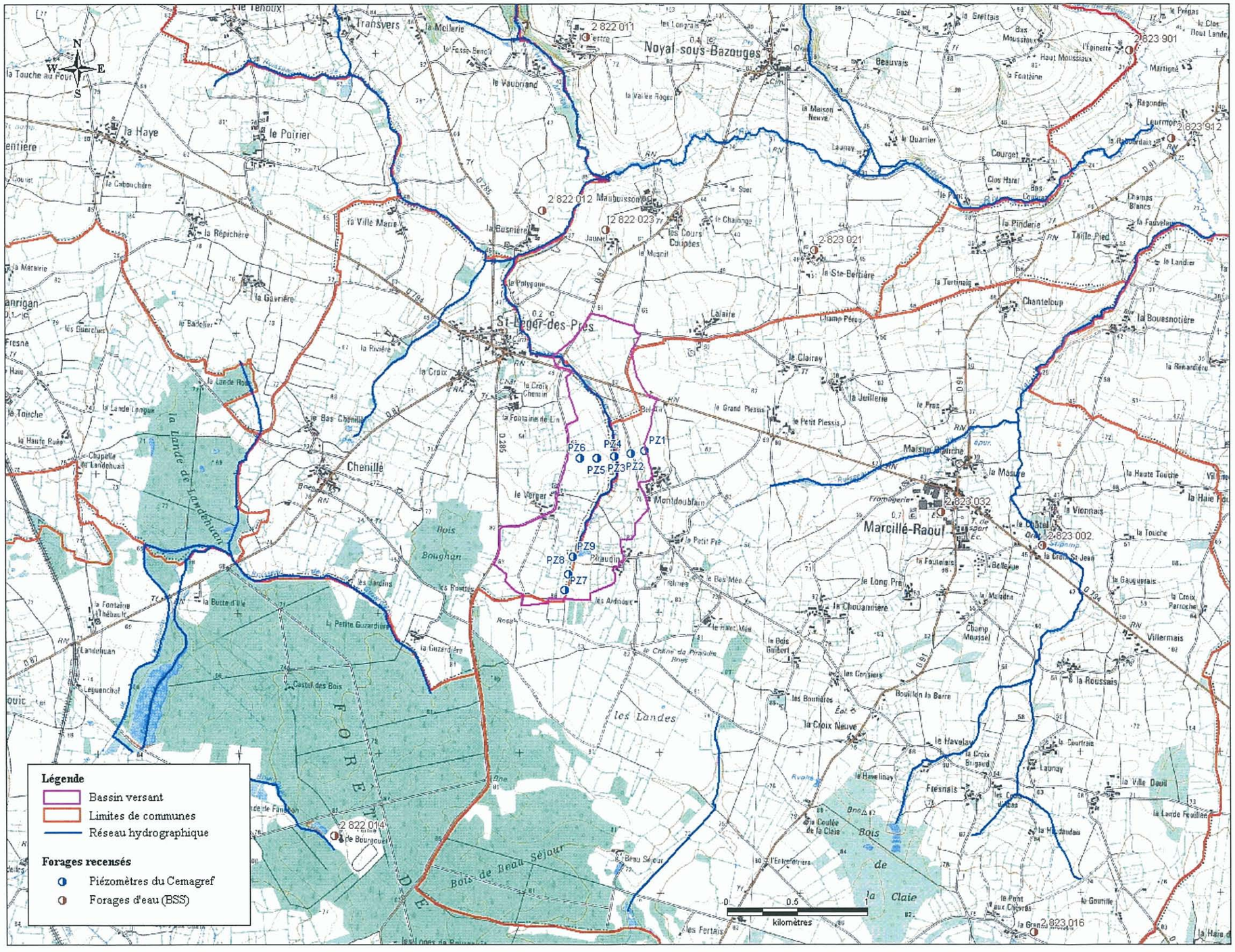


Figure 7 - Localisation des forages recensés aux alentours du bassin versant de la Fontaine du Theil

3.2.2. Equipement en place en début d'année 2004

Le CEMAGREF a suivi la réalisation de 6 piézomètres en février 2001, puis de 3 ouvrages supplémentaires en octobre 2003 (cf. photographies en annexe 3). Leurs caractéristiques sont rassemblées dans le tableau 2 ci-dessous :

Nom	X (m)	Y (m)	Profondeur (m)	Diam foration (mm)	Diam tubage (mm)	Diam prétubage (mm)
PZ1	305839	2384051	13	100	63	200 PVC
PZ2	305740	2384029	12	100	63	200 PVC
PZ3	305627	2384009	7	100	63	200 PVC
PZ4	305619	2384010	6	100	63	200 PVC
PZ5	305492	2384001	12	100	63	200 PVC
PZ6	305371	2383998	7	100	63	200 PVC
PZ7	305318	2383298	15	115	90	200 acier
PZ8	305285	2383169	10	115	90	200 acier
PZ9	305262	2383058	4	115	90	200 acier

Tableau 2 - Caractéristiques des piézomètres suivis par le CEMAGREF

La figure 7 montre la localisation de ces 9 piézomètres.

Ces ouvrages sont isolés hydrauliquement en surface : par un bouchon de bentonite et par une plaque de PVC de 0,5 x 0,5 mètres, à 5 cm sous la surface du sol. Par ailleurs, ils sont crépinés sur les 2/3 de leur hauteur et équipés d'un massif filtrant en silice. En surface, un tubage PVC ou acier est posé ou fixé sur le sol et recouvre ainsi le tubage du piézomètre (cf. annexe 3).

Dans ce bassin et dans le cadre du programme européen AGRI BMP Water et du Contrat de Plan Etat Région, le CEMAGREF a installé des centrales de mesures sur les 9 piézomètres propriété d'ARVALIS-Institut du végétal.

En janvier 2002, le CEMAGREF a équipé les 6 premiers piézomètres avec un capteur de pression (et température) et une centrale d'acquisition pour l'enregistrement en continu du niveau piézométrique. Les 3 derniers piézomètres ont été équipés en janvier 2004.

Ces ouvrages ne sont plus relevés depuis novembre 2004, suite à la restructuration de l'unité GERE du CEMAGREF.

Une convention a été signée en 2005 pour assurer la suite des relevés et mesures dans ces 9 piézomètres (cf. chapitre 3.4.2.).

3.2.3. Analyse des données des forages : intérêt hydrogéologique de la formation existante

Les forages d'eau enregistrés dans la BSS sont renseignés par les informations suivantes : numéro BSS du forage, commune, date de réalisation, entreprise réalisant, coordonnées et altitude, débit instantané, profondeur, diamètre, géologie rencontrée...

La géologie rencontrée est renseignée par un code géologique qui dépend de la formation recoupée par le forage. La principale formation géologique présente sur le bassin versant (schistes briovérien métamorphiques) est définie par les codes C004 et C006.

Les informations des forages d'eau permettent de caractériser l'intérêt hydrogéologique de cet aquifère de socle (présence et importance des écoulements souterrains, facilités de mobilisation des eaux souterraines) et le resituer par rapport aux formations bretonnes.

En raison du manque de forages implantés à proximité immédiate du bassin versant (6 forages dans un rayon de 2-3 km), une approche statistique a été menée sur la formation géologique présente (schistes briovérien métamorphiques), à deux niveaux d'échelle :

- sur le territoire des 9 communes autour du bassin versant,
- sur le département d'Ille-et-Vilaine.

Les résultats de cette approche statistique sont détaillés dans le tableau 3.

Département: ILLE-ET-VILAINE
BV de la Fontaine du Theil

FORAGES EXISTANTS : DONNEES & RESULTATS

Les débits annoncés sont des débits instantanés; les débits effectivement exploitables peuvent être plus faibles.

		Statistiques sur la formation géologique							
		Statistiques sur les alentours du BV				Statistiques sur le département 35			
Formation géologique	Code géologique	Nombre de forages	% de forages > 10 m3/h	Débit moyen du meilleur quartile (m3/h)	Indice global	Nombre de forages	% de forages > 10 m3/h	Débit moyen du meilleur quartile (m3/h)	Indice global
Schistes tachetés à biotite verte	C004-C006	25	60.0	36.7	22.0	71	54.9	52.0	28.5

Tableau 3 - Résultats de l'approche statistique sur la formation géologique du bassin versant de la Fontaine du Theil

Pour permettre une comparaison avec les autres formations géologiques bretonnes, un indice global a été calculé. Il prend en compte, en les multipliant l'un par l'autre (pour tenir compte de ce qu'un débit plus faible peut être compensé par des fréquences de réussite plus grandes, et vice-versa) :

- le pourcentage de forages ayant fourni un débit instantané au moins égal à 10 m^3/h : selon les formations et les zones géographiques en Bretagne, ce paramètre varie de façon très significative, de moins de 5 % à plus de 50 %. Ce critère peut être considéré comme une image des probabilités de succès (que des recherches cohérentes et organisées sont susceptibles d'améliorer fortement).
- le débit moyen du quartile supérieur : moyenne des débits des 25 % « meilleurs forages » de chaque population concernée. Ce paramètre varie également de façon très significative en Bretagne : de moins de 10 m^3/h à plus de 40 m^3/h. On peut considérer que cette valeur, atteinte par le quart des forages implantés au hasard, était suffisamment fréquente pour correspondre à des conditions aquifères d'une certaine extension (les débits exploitables devraient s'en rapprocher dans le cas de recherches conduites sur des bases scientifiques). Ce paramètre pourrait être représentatif de la perméabilité des axes de drainage souterrain.

Cinq classes d'intérêt, aux bornes conventionnelles, ont été définies par ordre décroissant :

- Classe 1 : indice global ≥ 10
- Classe 2 : $10 >$ indice global $\geq 7,5$
- Classe 3 : $7,5 >$ indice global ≥ 5
- Classe 4 : $5 >$ indice global $\geq 2,5$
- Classe 5 : $2,5 >$ indice global

Sur les formations géologiques bretonnes, cet indice varie actuellement entre 0 et 46.

Les schistes briovérien métamorphiques du bassin versant sont donc des roches favorisant les écoulements souterrains et où des débits favorables à l'exploitation des eaux souterraines peuvent être trouvés.

3.2.4. Rappel sur les aquifères de socle

Il n'existe pas en Bretagne de grands aquifères, mais une mosaïque de petits systèmes imbriqués (la surface au sol de chacun d'eux n'excède pas en général quelques dizaines d'hectares) indépendants les uns des autres, du moins dans les conditions actuelles des exploitations qui en sont faites. Un bassin versant, même lorsqu'il est homogène au plan géologique peut être constitué par plusieurs dizaines (centaines) de systèmes unitaires.

Un système aquifère, c'est à la fois un réservoir capable d'emmagasiner des volumes plus ou moins importants d'eau provenant des pluies infiltrées, et un conducteur

permettant les écoulements souterrains et la vidange progressive du réservoir vers ses exutoires naturels que sont les rivières. En milieu de socle, les deux fonctions sont le plus souvent séparées :

le rôle de réservoir (fonction « capacitive ») est assuré principalement par la partie altérée de la roche en place (altérites de la figure 8), développée depuis la surface sur, parfois, plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur,

tandis que l'eau circule surtout par le réseau de fissures et fractures existant plus bas, dans la roche fissurée ou moins atteinte par l'altération (cf. figure 8).

Ce concept où la fissuration et l'altération ont des fonctions spécifiques séparées doit parfois être largement modulé : l'emmagasinement des fissures le long desquelles peut se développer une altération importante n'est pas nul, il peut être notable dans le cas des réseaux denses. Les capacités conductrices des altérites ne sont pas négligeables, notamment lorsqu'il s'agit d'arènes sableuses.

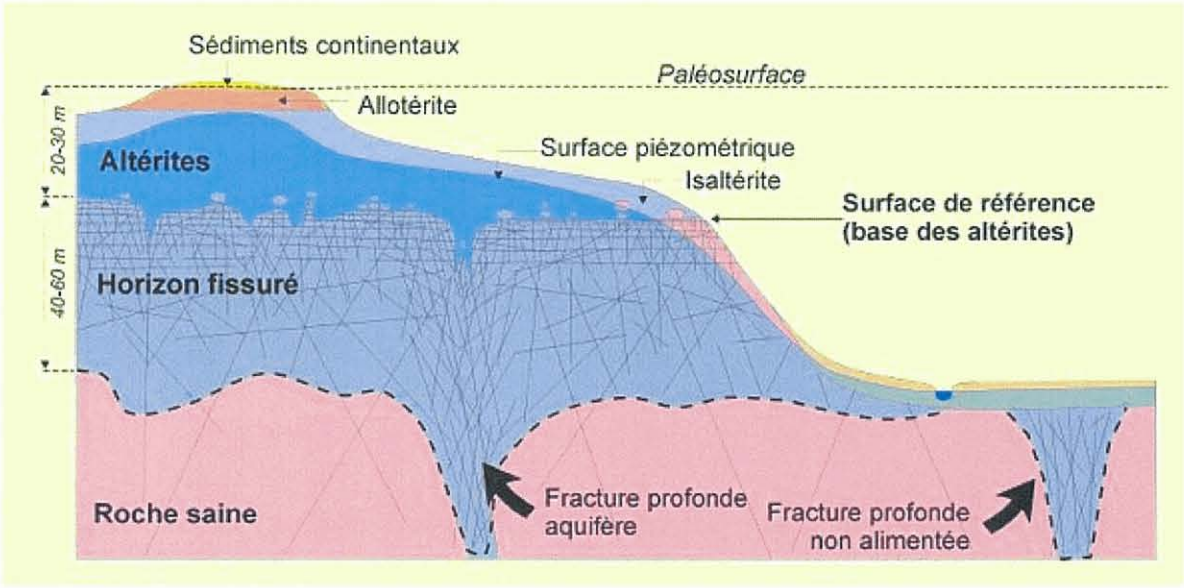


Figure 8 - Modèle conceptuel des altérations supergènes en domaine granitique (Wyns, 1998)

3.2.5. Analyse des données des forages : arrivées d'eau et niveaux piézométriques

Les forages situés à proximité immédiate du bassin versant, d'une profondeur de 34 à 130 m (moyenne de 62 m), montrent que les premières arrivées d'eau souterraine se situent vers 30 m de profondeur et que le débit instantané mesuré en fin de foration varie entre 5 et 76 m^3/h (moyenne de 20 m^3/h).

Ces arrivées d'eau sont fréquemment couplées avec le recoupement de fractures identifiées grâce à des veines de quartz dans les schistes.

Les eaux souterraines captées sont constituées par un mélange des eaux en provenance des altérites et de celles du milieu fissuré.

Le niveau piézométrique (ou altitude de la surface de la nappe) remonte ensuite dans le tubage pour se mettre en équilibre avec la pression de l'air. Les niveaux mesurés en forage varient entre 5 et 16 m (mesure sans doute effectuée avant remontée du niveau de nappe).

3.3. EQUIPEMENT DU SITE PAR L'IDF

3.3.1. Implantation de piézomètres

Lors d'une réunion qui a eu lieu à Rennes le 15 juin 2004, le BRGM a proposé à l'IDF le positionnement de 15 piézomètres « profonds » répartis le long de 3 transects (linéaires perpendiculaires au cours d'eau, cf. figure 9) de la façon suivante :

- au Nord du bassin le long de la route de Saint-Léger à Marcillé-Raoul : 3 piézomètres (plateau-pente-vallée sur le versant droit de la rivière),
- au milieu du bassin (Le Verger-Montdoublain) : 6 piézomètres (plateau-pente-vallée sur chaque versant de la rivière),
- au Sud du bassin (Bois Boughan-Piraudin) : 6 piézomètres (plateau-pente-vallée sur chaque versant de la rivière).

Ces linéaires de piézomètres s'ajouteront aux 2 transects existants suivis par le CEMAGREF (cf. figure 9) afin de compléter le suivi piézométrique et chimique des eaux souterraines du bassin versant.

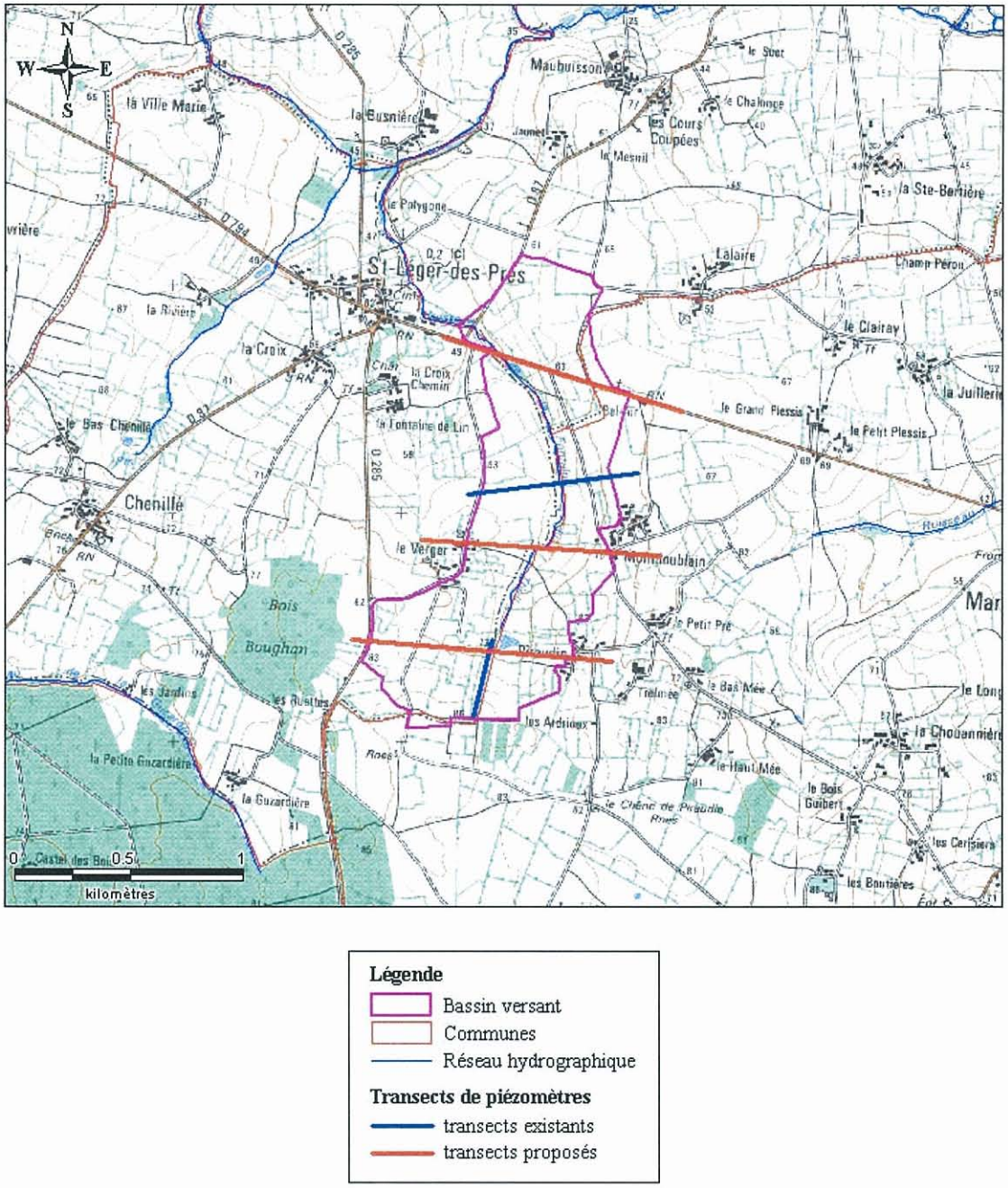


Figure 9 - Localisation des transects de piézomètres proposés

Au cours de l'année 2004, l'IDF prévoyait de travailler sur plusieurs sites de mesure où des piézomètres « peu profonds » (2-4 m de profondeur) seraient associés aux piézomètres « profonds ».

Sur chaque site de mesure, il était prévu d'équiper un forage avec une sonde de pression pour effectuer un suivi piézométrique régulier, et d'effectuer des traçages au NaCl ou KCl avec suivi de la conductivité.

Suite à la restructuration de l'unité GERE du CEMAGREF qui effectuait un suivi piézométrique régulier sur 9 ouvrages, et suite à des difficultés d'autorisation et d'accès aux sites pressentis, le programme de forage prévu sur le bassin versant n'a pas abouti et a été allégé avec la réalisation de 16 forages sur 1 site.

3.3.2. Réalisation de 16 piézomètres

La réalisation des piézomètres s'est déroulée du mardi 7 au mercredi 8 juin 2005 avec une sondeuse à la tarière de diamètre 63 mm de l'entreprise SACATRA.

L'objectif de ces piézomètres est le suivi du pouvoir épurateur des saules (nitrates notamment), situés sur la bande enherbée en bordure de la rivière.

Les piézomètres ont tous une profondeur de 6 m et ils ont été équipés avec du tubage PVC plein et crépiné en diamètre 51-60 mm (intérieur-extérieur) (crépines sur le dernier mètre).

Les forages ont été disposés au niveau de la bande enherbée en bordure de rivière (cf. plan de localisation en annexe 4).

Les forages ont été suivis par l'IDF et des échantillons ont été prélevés sur les forages 10, 13, 15 et I (cf. plan). Le piézomètre I a été rebouché.

Le BRGM a analysé les échantillons le 5 juillet 2005 afin de mettre au propre les coupes des piézomètres échantillonnés, et identifier le contact altérites / milieu fissuré. Les coupes géologiques et techniques des 4 ouvrages sont reportées en annexe 4.

Ces coupes montrent la présence d'altérites à proximité de la rivière (au moins 6 mètres). Des épaisseurs plus importantes doivent exister au niveau des plateaux en limite de bassin versant.

3.4. CAMPAGNES DE RECUPERATION DES DONNEES PIEZOMETRIQUES

3.4.1. Mission de terrain de juillet 2005

Les 9 piézomètres du bassin versant, initialement suivis par le CEMAGREF, ne sont plus relevés depuis novembre 2004.

Afin d'assurer la suite des relevés et mesures dans ces ouvrages, l'IDF a sollicité le 30 juin 2005 l'autorisation du CEMAGREF de Rennes pour que le BRGM prenne le relais des mesures (rapatriement des données en mémoire et reconfiguration des sondes).

Suite à l'accord de principe du CEMAGREF, des représentants du BRGM et du CEMAGREF se sont rendus sur le bassin le 19 juillet 2005 pour examiner la faisabilité du travail à mener, et récupérer les anciennes mesures.

Caractéristiques du matériel en place et utilisation

Sur chaque ouvrage, le matériel utilisé est un MADOFIL V2.0 : sondes de pression avec 15 m de câble, de chez IRIS Instrument (cf. figure 10).

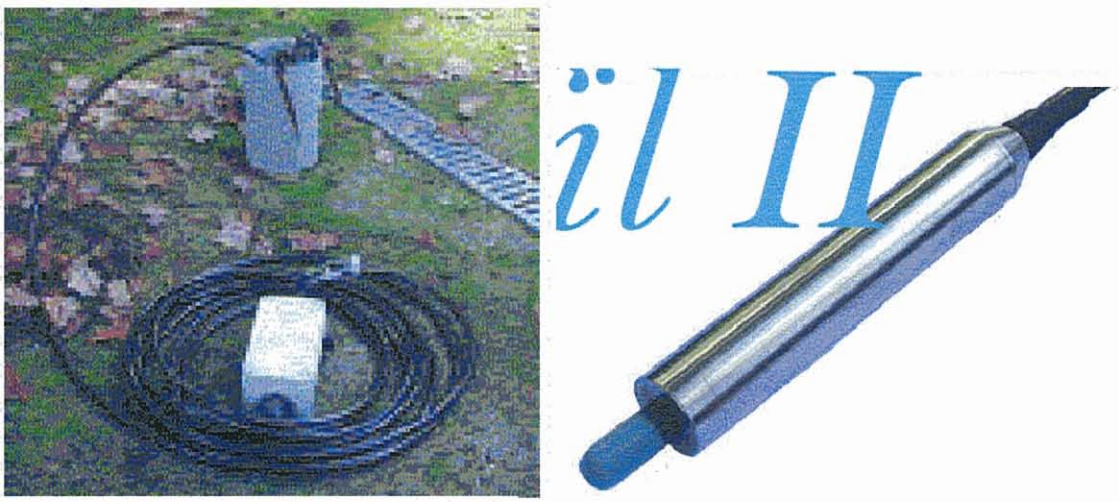


Figure 10 - Aperçu d'une sonde de pression MADOFIL

Le pas de temps d'acquisition était fixé à 1 mesure toutes les 10 minutes.

L'alimentation est assurée par un boîtier de 3 piles d'1.5V LR14 relié par un câble à la sonde. Ce boîtier est peu étanche pour les 6 premiers piézomètres (Pz1 à 6), et totalement étanche pour les 3 derniers (Pz7 à 9).

Le logiciel MADOSOFT PRO permet de communiquer avec les stations avec un ordinateur portable en reliant un câble de connexion, de vider les données mesurées et enfin de les re-paramétrer (heure et profondeur de la nappe mesurée à la sonde lumineuse).

Les données mesurées sont visibles sur un graphique avec le logiciel GRAPH32 qui permet un export du fichier au format TXT.

La sonde pression est sous l'eau de la nappe, le boîtier de piles est soit dans le prétubage (6 premiers piézomètres) soit à l'extérieur (3 derniers). L'intérieur du prétubage est accessible en permanence (bouchon de tête vissé ou capot acier qui coulisse). Les boîtiers de piles s'ouvrent avec un tournevis.

Récupération des données et paramétrage

Lors de la campagne du 19 juillet 2005, les 9 piézomètres du bassin ont été repérés. Pour 4 des 9 ouvrages (Pz2-3-4-7), une vidange des données et un re-paramétrage ont été opérés par le CEMAGREF. Comme convenu avec le BRGM, le pas de temps d'acquisition a été fixé à 1 mesure par heure.

Un relevé manuel des niveaux piézométriques des 9 ouvrages a été effectué à la sonde lumineuse, ceci a permis d'identifier une éventuelle dérive des matériels de mesure sur les 4 ouvrages vidangés.

Les informations relevées lors de cette campagne sont reportées dans le tableau 4.

Nom	Matériel	Tension piles (V)	N° de la station	N° dernières données	Date dernière mesure	Pas de temps
PZ1	MADOFIL					
PZ2	MADOFIL	4.3	481	pas de données enregistrées	13/01/2005 11h45	10'
PZ3	MADOFIL	3.8	484	Data 24	13/01/2005 12h00	10'
PZ4	MADOFIL	4.4	485	Data 29	13/01/2005 12h15	10'
PZ5	MADOFIL					
PZ6	MADOFIL					
PZ7	MADOFIL	4.2	529	Data 71	19/01/2005 11h25	10'
PZ8	MADOFIL					
PZ9	MADOFIL					

Nom	Profondeur (m)	NP/repère (m)	MADOFIL (m)	Dérive (m)	Date 1ère mesure	Pas de temps
PZ1	13	sec				
PZ2	12	10.56	10.504	0.056	19/07/2005 11h17	1h00
PZ3	7	4.13	4.147	-0.017	19/07/2005 11h41	1h00
PZ4	6	2.10	2.100	0.000	19/07/2005 12h08	1h00
PZ5	12	6.67				
PZ6	7	sec				
PZ7	15	11.11	10.421	0.689	19/07/2005 15h58	1h00
PZ8	10	6.86				
PZ9	4	2.06				

Tableau 4 - Informations et relevés de la campagne piézométrique du 19 juillet 2005

Le dernier paramétrage avait eu lieu en janvier 2005 (13 et 19 janvier). Au niveau du Pz2 aucune mesure n'a été récupérée en raison d'un problème de paramétrage.

Les piézomètres Pz1-5-6-8-9 n'ont pas pu être traités car l'ordinateur portable du CEMAGREF n'avait plus de batterie. Sur ces ouvrages, le niveau n'est pas enregistré depuis mai 2005 en raison d'une saturation de la mémoire des centrales de mesure.

Une dérive a été observée au niveau du Pz7 (environ 69 cm).

En raison d'un niveau de nappe situé topographiquement en-dessous du niveau de base de la rivière, cette dernière était à sec au droit du transect des Pz1 à 6.

3.4.2. Mise en place d'une convention

De janvier 2002 à novembre 2004, le CEMAGREF a assuré le suivi piézométrique en continu des piézomètres Pz1 à 6 du bassin versant, et de janvier à novembre 2004 celui des ouvrages Pz 7 à 9.

Une convention a été signée fin 2005 pour assurer la suite des relevés et mesures dans ces 9 piézomètres (cf. chapitre 3.4.2.).

La convention, signée entre l'IDF, le CEMAGREF et le BRGM, intitulée « Convention pour une mise à disposition de matériel technique sur le bassin versant de la Fontaine du Theil à Saint-Léger-des-Près (35) » a été rédigée en novembre 2005.

Cette convention a pour objet de fixer les règles d'une mise à disposition par le CEMAGREF et ARVALIS-Institut du végétal (propriétaire des forages) à l'IDF, jusqu'au 31 décembre 2006, de ces 9 piézomètres, des centrales de mesures et du matériel afférent, ainsi que les modalités de leur exploitation par le BRGM, pour le compte de l'IDF. Cette mise à disposition ne fait l'objet d'aucune contrepartie financière.

3.4.3. Mission de terrain d'octobre 2005

Le 7 octobre 2005, les piles de tous les matériels ont été changées (3 piles 1.5V LR14) par le BRGM, à l'exception du Pz3 où les câbles sont soudés aux piles.

Le 19 octobre 2005, le BRGM a mené une campagne de vidange des données et re-paramétrage de toutes les stations. Les informations recueillies sont précisées dans le tableau 5. Au niveau des ouvrages qui n'ont pas été traités en juillet 2005 (Pz1-5-6-8-9), le pas de temps d'acquisition a été fixé à 1 mesure par heure.

Un relevé manuel des niveaux piézométriques des 9 ouvrages a été effectué à la sonde lumineuse.

Nom	Matériel	Tension piles (V)	N° de la station	N° dernières données	Date dernière mesure	Pas de temps
PZ1	MADOFIL	4.7	482	pas de données enregistrées	13/01/2005 11h30	10'
PZ2	MADOFIL	4.6	481	Data 1	19/07/2005 11h17	1h00
PZ3	MADOFIL	3.4	484	Data 1	19/07/2005 11h41	1h00
PZ4	MADOFIL	4.6	485	Data 1	19/07/2005 12h08	1h00
PZ5	MADOFIL	4.7	480	Data 1	13/01/2005 12h30	10'
PZ6	MADOFIL	4.7	483	Data 1	13/01/2005 12h45	10'
PZ7	MADOFIL	4.7	529	Data 1	19/07/2005 15h58	1h00
PZ8	MADOFIL	4.7	658	Data 2	19/01/2005 11h37	10'
PZ9	MADOFIL	4.8	526	Data 1	19/01/2005 11h49	10'

Nom	Profondeur (m)	NP/repère (m)	MADOFIL (m)	Dérive (m)	Date 1ère mesure	Pas de temps
PZ1	13	> 13	13.136	?	19/10/2005 10h03	1h00
PZ2	12	11.27	11.267	0.003	19/10/2005 10h16	1h00
PZ3	7	5.55	5.681	-0.131	19/10/2005 10h26	1h00
PZ4	6	3.52	3.996	-0.476	19/10/2005 10h36	1h00
PZ5	12	8.07	8.113	-0.043	19/10/2005 10h48	1h00
PZ6	7	> 7	7.097	?	19/10/2005 11h06	1h00
PZ7	15	13.50	10.979	2.521	19/10/2005 9h05	1h00
PZ8	10	9.07	9.018	0.052	19/10/2005 9h22	1h00
PZ9	4	3.03	2.781	0.249	19/10/2005 9h40	1h00

Tableau 5 - Informations et relevés de la campagne piézométrique du 19 octobre 2005

Le dernier paramétrage avait eu lieu en janvier 2005 (13 et 19 janvier) pour les piézomètres qui n'avaient pas été vidangés en juillet (Pz1-5-6-8-9). Au niveau du Pz1 aucune mesure n'a été récupérée en raison d'un problème de paramétrage.

Sur les piézomètres Pz5-6-8-9 le niveau n'est pas enregistré depuis mai 2005 en raison d'une saturation de la mémoire des centrales de mesure (ancien pas de temps : 10 minutes).

Des dérives ont été observées au niveau du Pz4 et du Pz7 (environ 48 cm et 2.5 m).

En raison d'un niveau de nappe plus bas qu'en juillet 2005, la rivière était de nouveau à sec au droit du transect des Pz1 à 6.

Les données enregistrées ont ensuite été traitées et regroupées sur un même graphique (cf. figure 11). Les niveaux mesurés par rapport aux repères (haut des tubages) ont été ramenés par rapport au sol, puis en cote NGF.

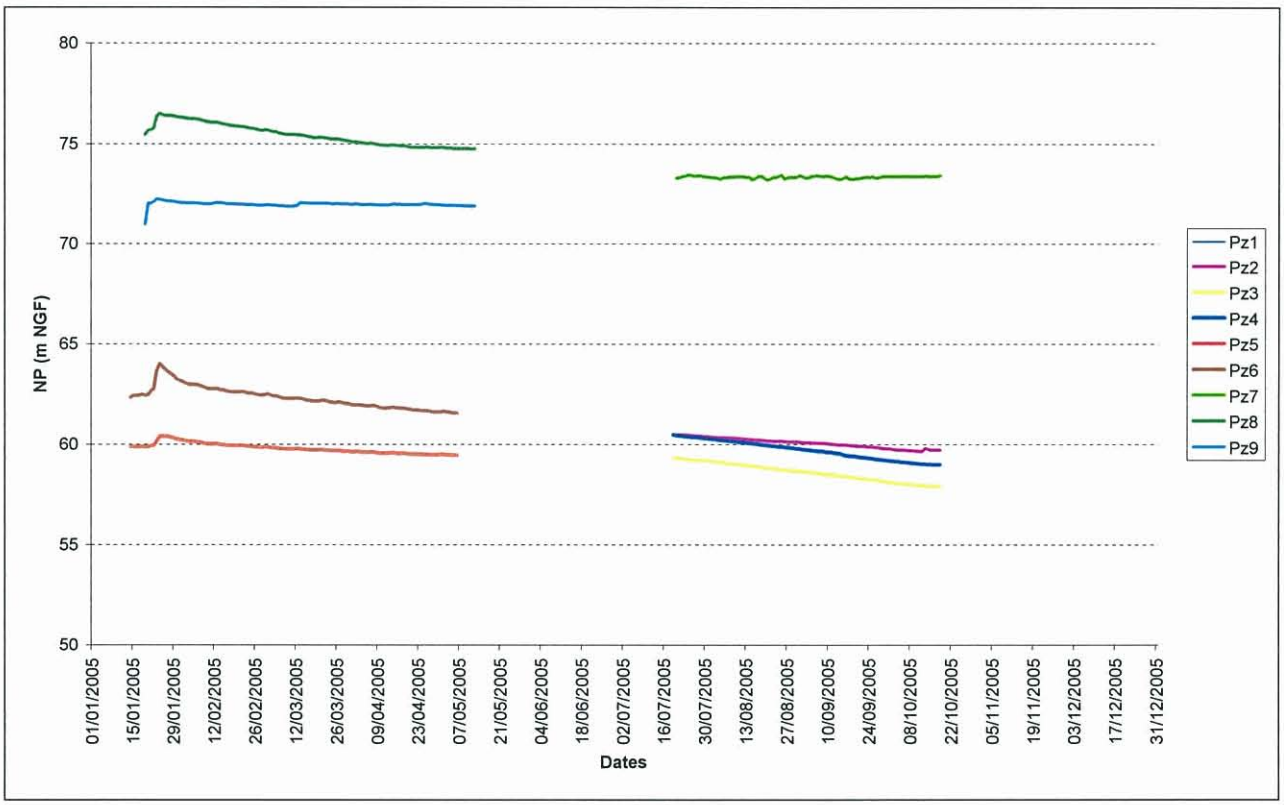


Figure 11 - Suivi piézométrique sur le bassin versant de la Fontaine du Theil

Cette figure montre le tarissement régulier de la nappe entre fin janvier et mi-octobre 2005. Ce tarissement, qui est un phénomène naturel normal en cette période de l'année, est accentué par une année 2005 déficitaire en pluviométrie et donc en recharge de la nappe.

Au niveau de chacun des deux transects de piézomètres (Pz7 à 9 en haut du graphique, et Pz1 à 6 en bas du graphique), l'altitude du toit de la nappe est plus haute sur les plateaux (et) qu'au niveau des vallées :

- entre janvier et mai 2005, le niveau du Pz6 est supérieur à celui du Pz5 et celui du Pz8 est supérieur à celui du Pz9 ;
- entre juillet et octobre 2005, le niveau du Pz2 est supérieur à celui du Pz3.

Ces remarques argumentent le fait que la nappe s'écoule des plateaux vers la rivière.

3.5. ANALYSE DES CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES ET CHIMIQUES DE L'ETUDE

3.5.1. Données disponibles

Le BRGM a récupéré auprès du CEMAGREF en mai-juin 2004 puis en mai-juin 2005 les données suivantes concernant les 9 piézomètres existants :

- chroniques piézométriques hebdomadaires du 21/02/2001 au 18/11/2004 (Pz1 à 6, années 2001-2002-2003-2004),
- chroniques piézométriques hebdomadaires du 28/01/2004 au 18/11/2004 (Pz7 à 9, année 2004),

- analyses chimiques hebdomadaires réalisées sur les prélèvements eaux souterraines (NO_3^-, NH_4^+, PO_4^{3-}) du 29/01/2001 au 18/11/2004 (Pz1 à 6, années 2001-2002-2003-2004),
- analyses chimiques hebdomadaires réalisées sur les prélèvements eaux souterraines (NO_3^-, NH_4^+, PO_4^{3-}) du 21/01/2004 au 18/11/2004 (Pz7 à 9, année 2004),
- analyses chimiques réalisées sur les prélèvements eaux souterraines (Cl^-, SO_4^{2-}) du 16/01/2003 au 28/08/2004 (Pz1 à 9, années 2003-2004).

3.5.2. Analyse des données piézométriques

Les profondeurs de niveaux de nappe (niveaux piézométriques par rapport au sol : NP) mesurées de 2001 à 2004 par le CEMAGREF dans les 9 piézomètres du bassin versant sont rassemblés sur la figure 12.

Ces niveaux ont permis de calculer le battement maximal de la nappe et son altitude moyenne au droit de chaque ouvrage. Ces résultats sont rassemblées dans le tableau 6 ci-dessous (Pz7-8-9, année 2004 uniquement).

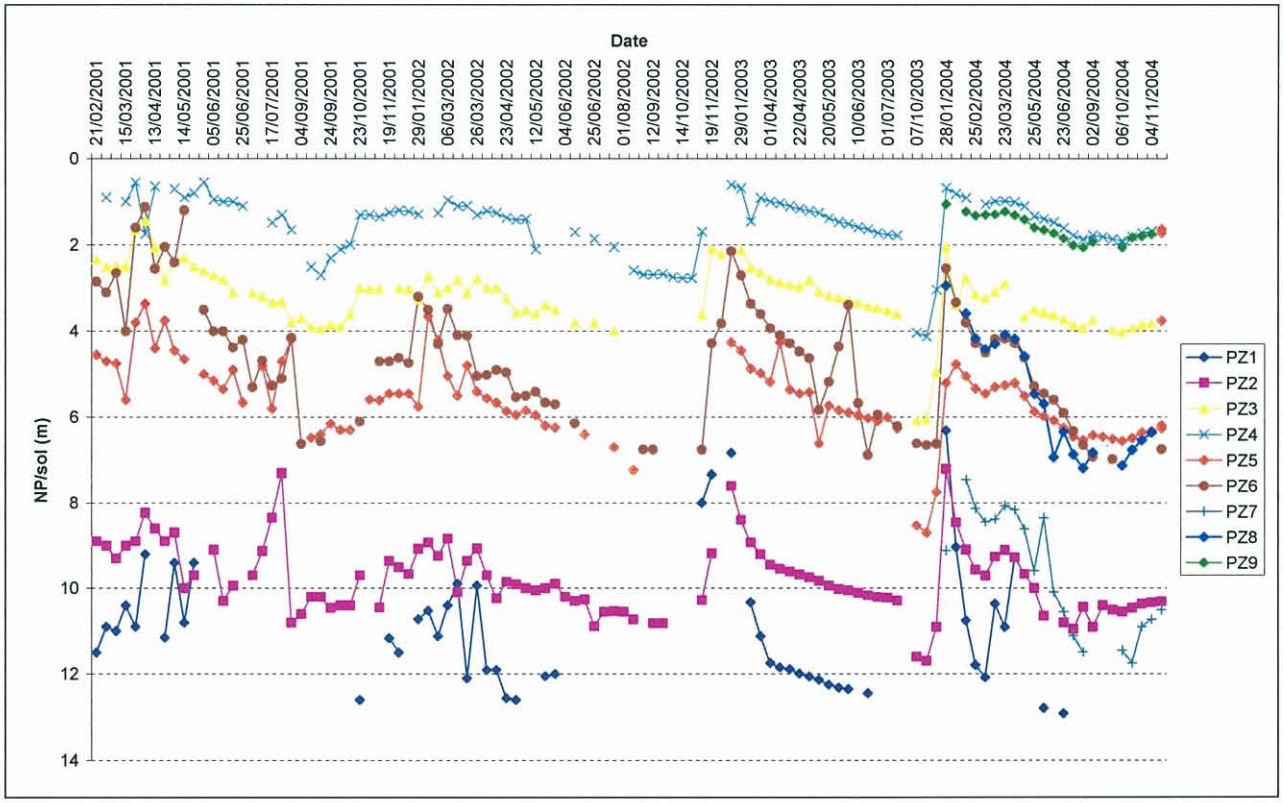


Figure 12 - Suivi piézométrique manuel du CEMAGREF à St-Léger

Profondeur (m)	13	12	7	6	12	7	15	10	4
Piézomètres	**Pz1**	**Pz2**	**Pz3**	**Pz4**	**Pz5**	**Pz6**	**Pz7**	**Pz8**	**Pz9**
NP mini (m/sol)	6.3	7.2	1.4	0.6	3.4	1.1	7.5	2.9	1.1
NP maxi (m/sol)	> 13 (sec)	11.7	6.1	4.1	8.7	> 7 (sec)	13.5	9.2	3.5
Battement maxi (m)	**> 6.7**	**4.5**	**4.7**	**3.5**	**5.3**	**> 5.9**	**6**	**6.3**	**2.4**
Altitude sol (m)	74.9	71	63.6	63	65.6	67.4	84.4	80.5	73.3
NP moyen (m/sol)	11	9.8	3.3	1.6	5.6	4.6	9.9	5.7	1.7
Altitude NP moyen (m)	**63.9**	**61.2**	**60.3**	**61.4**	**60**	**62.8**	**74.5**	**74.8**	**71.6**

Tableau 6 - Battement de la nappe au niveau des 9 piézomètres

Au niveau de chaque piézomètre, les altitudes du sol sont fournies par le MNT au pas de 5 m du CEMAGREF.

Les piézomètres apportent les informations suivantes :

- les piézomètres, profonds de 4 à 15 m, caractérisent surtout l'aquifère des altérites et sont toujours en eau (à l'exception des piézomètres Pz1 et Pz6 parfois secs en étiage car insuffisamment profonds) ;
- sur les plateaux (Pz1 et 6), le battement de la nappe est d'environ 6-7 m ;
- sur les pentes (Pz2 et 5), le battement de la nappe est en moyenne égal à 5 m ;
- au niveau de la vallée (Pz3 et 4), ce battement diminue à une moyenne de 4 m.

Au niveau de chacun des 2 transects, une coupe piézométrique a été réalisée (cf. figure 13) en représentant les niveaux piézométriques les plus hauts (HE : hautes eaux) et les plus bas (BE : basses eaux).

Cette figure permet de visualiser la profondeur et les sens d'écoulement de la nappe.

La rivière draine la nappe car les écoulements souterrains se font des plateaux vers la vallée (l'altitude de la surface piézométrique étant plus élevée au niveau des plateaux par rapport aux vallées).

Sur le transect Pz1 à 6, la nappe reste profonde (cf. NP mini du tableau) sur le versant Est (6-7 m) par rapport au versant Ouest (1 à 3 m). Au niveau de la vallée, les ouvrages proches de la rivière montrent un niveau de nappe proche du sol (1 m).

Le transect Pz7 à 9 montre de la même façon un niveau de nappe profond sur le plateau (7.5 m) et proche du sol dans la vallée (environ 1 m).

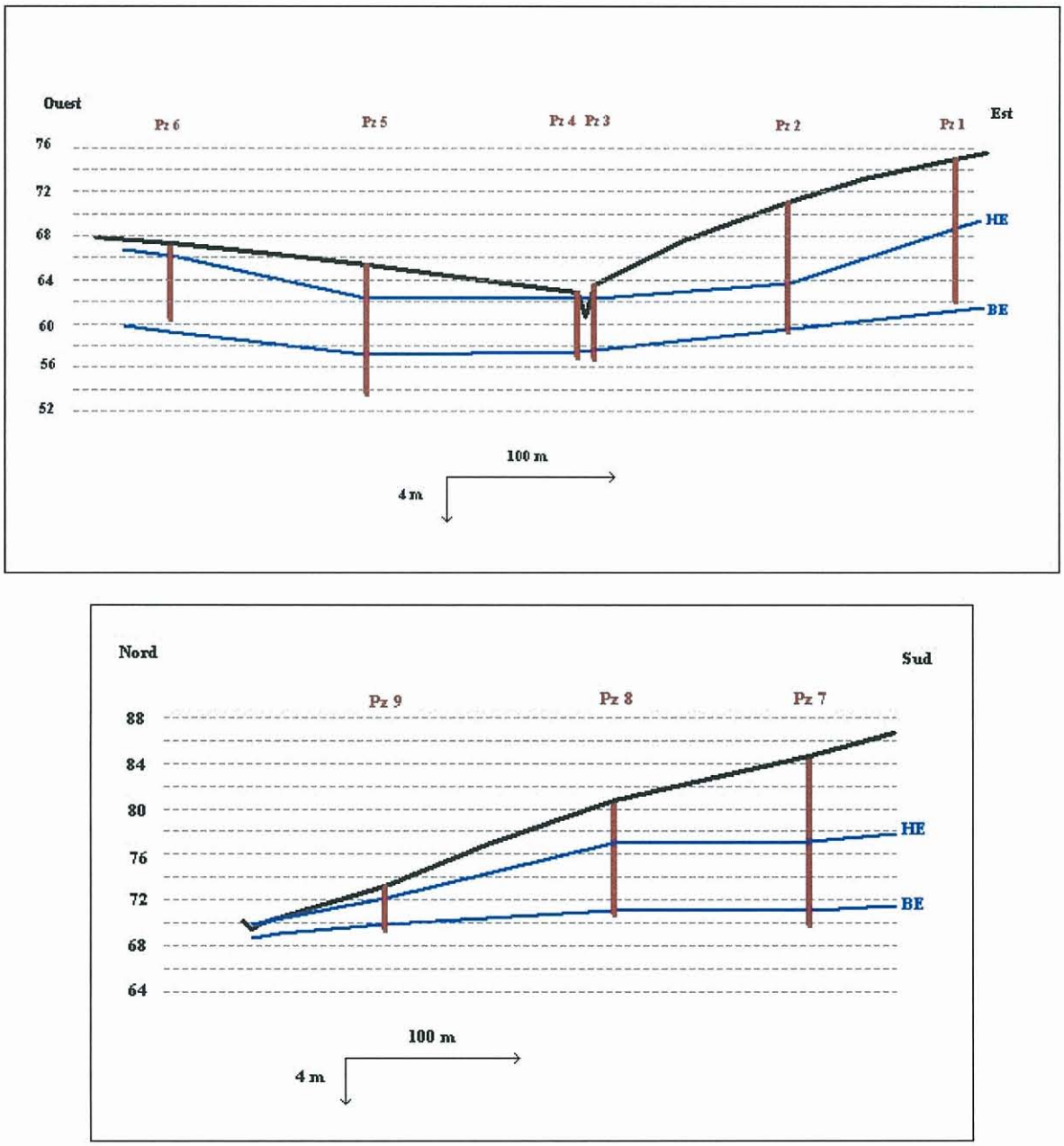


Figure 13 - Coupe piézométrique des 2 transects de piézomètres

3.5.3. Analyse des données chimiques

Les données du suivi chimique hebdomadaire de janvier 1999 à septembre 2003 au niveau de la rivière (cf. figure 14) montrent que les teneurs en nitrates à l'exutoire du bassin versant augmentent à chaque étiage (juin à septembre) d'environ 30 mg/l.

Cette augmentation est liée à la diminution du ruissellement et à l'augmentation de l'influence de la nappe plus chargée en nitrates (environ 80 mg/l). En effet les eaux souterraines, en période d'étiage, participent de façon prépondérante à l'écoulement des cours d'eau.

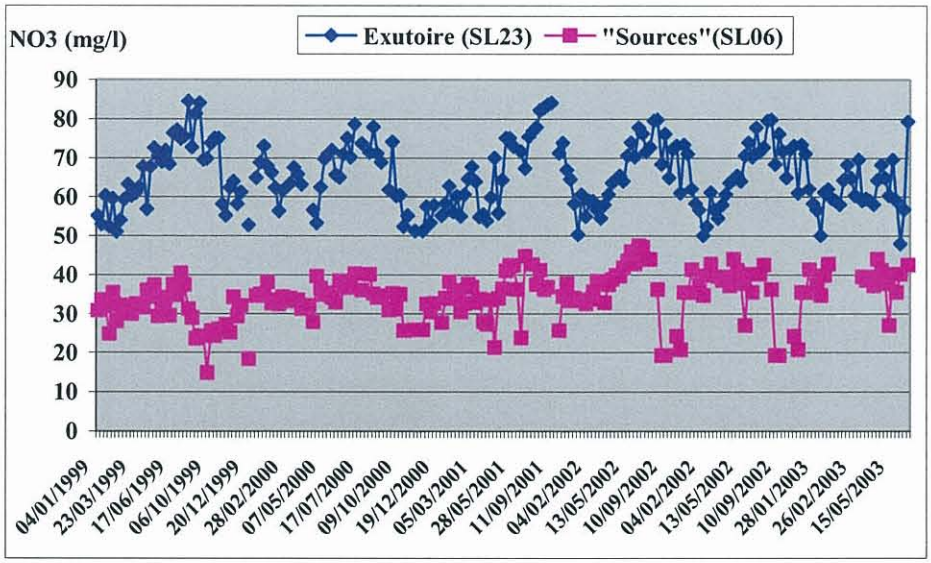
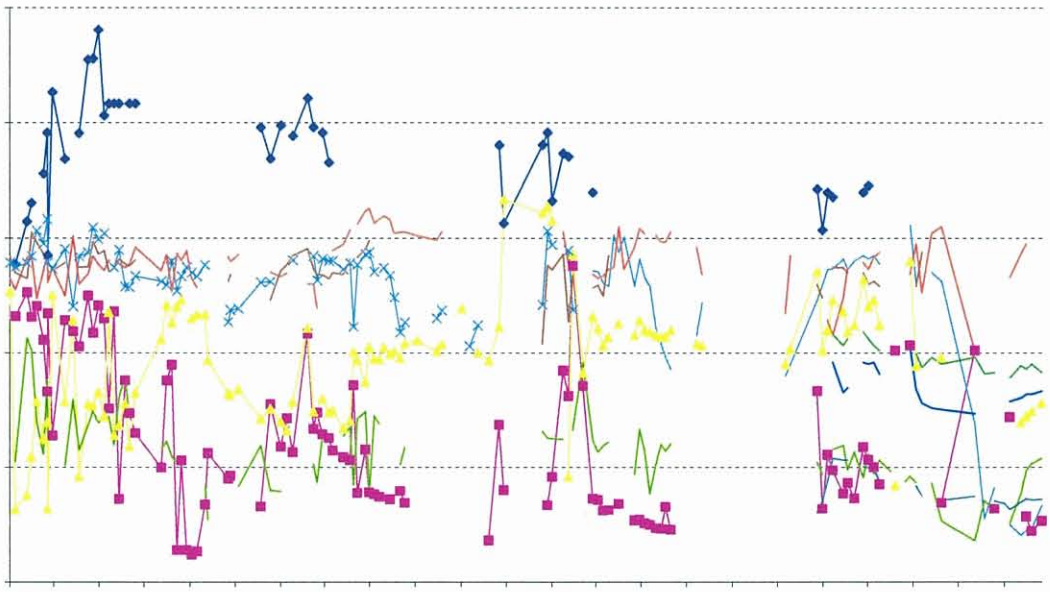


Figure 14 - Concentrations en nitrate en mg/l à l'exutoire et aux sources du bassin versant de la Fontaine du Theil (données CEMAGREF)

Les teneurs moyennes en nitrates mesurées de 2001 à 2004 sur l'eau souterraine des piézomètres Pz1 à 6 (sur l'eau de surface de la rivière) sont représentées en figure 15.

Les valeurs moyennes et extrêmes (minimum et maximum) sont rassemblées dans le tableau 7 (l'historique des piézomètres Pz7-8-9 n'est pas suffisamment long).



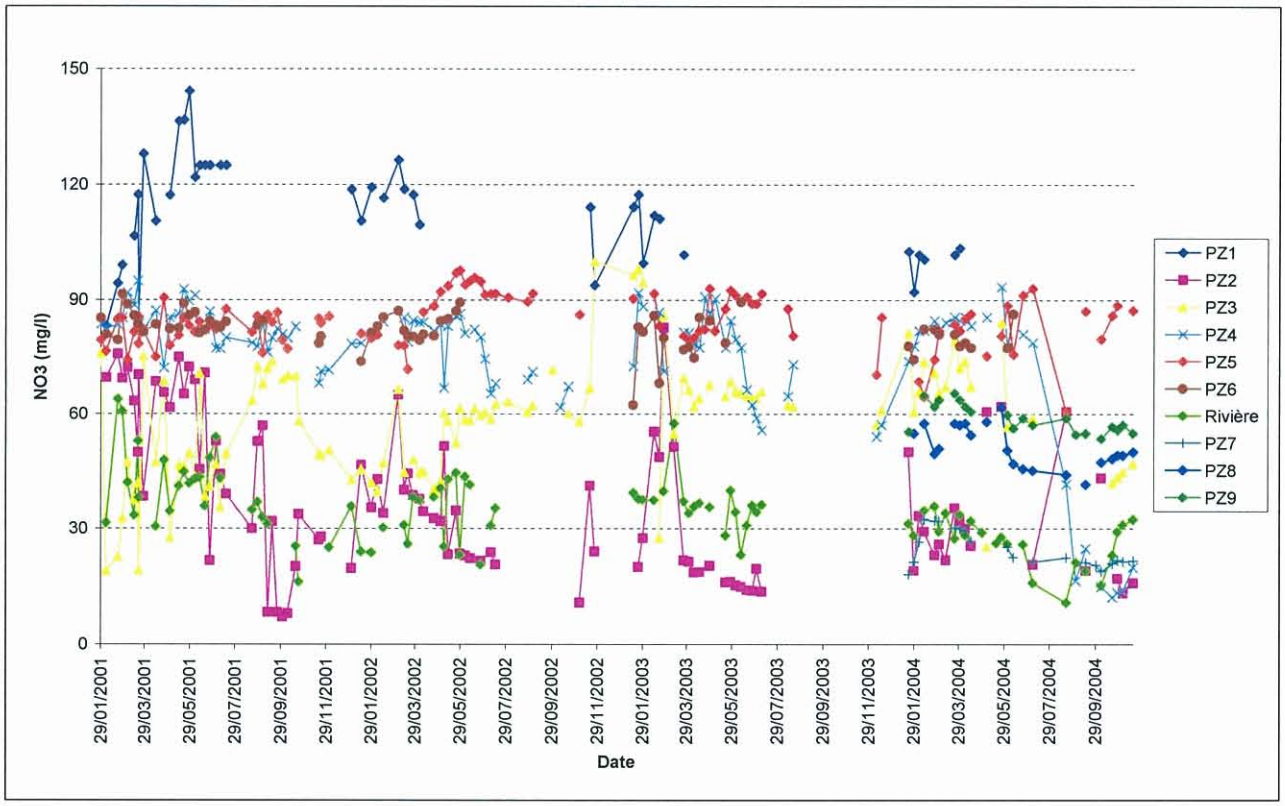


Figure 15 - Suivi des teneurs en nitrates du CEMAGREF à St-Léger

NO3 (mg/l)	Pz1	Pz2	Pz3	Pz4	Pz5	Pz6
Moyenne	113	37	58	75	84	82
Minimum	83	7	19	12	61	62
Maximum	144	83	100	95	98	91.5

Tableau 7 - Teneurs moyennes en nitrates des eaux souterraines

La teneur moyenne en nitrates mesurée dans la rivière au droit de la ligne des piézomètres Pz1 à 6 est de 34 mg/l (minimum 11, maximum 64 mg/l).

Au niveau du transect Pz1 à 6, les teneurs en nitrates sont très variables au niveau du versant Est (Pz1-2-3) et beaucoup plus homogènes au niveau du versant Ouest (Pz4-5-6).

Les teneurs en nitrates des eaux souterraines ont tendance à augmenter en hiver et à diminuer en été (visible notamment sur le Pz2, cf. figure 15). Ceci peut s'expliquer :

- en hiver, par une recharge de la nappe des altérites par les pluies d'hiver laissant s'infiltrer un polluant nitraté jusqu'à la nappe ;
- en été, par une alimentation de la nappe par l'aquifère du milieu fissuré sous-jacent qui apporte des teneurs plus faibles (la nappe des altérites se tarit).

Ce contact des deux aquifères (altérites - milieu fissuré) expliquerait également les fortes variations ponctuelles des teneurs en nitrates au niveau des différents ouvrages (cf. pics en figure 15). En effet, les pompages effectués avant ou pendant les prélèvements entraînent un mélange d'eaux souterraines de qualités différentes en provenance de ces deux aquifères.

Dans les écoulements souterrains du milieu fissuré des signes de dénitrification peuvent être supposés puisque :

- lors du pompage des piézomètres (sollicitation de la nappe des altérites et alimentation par la nappe du fissuré), les teneurs en nitrates diminuent parfois jusqu'à des valeurs de 10 à 30 mg/l,
- la comparaison des teneurs en nitrates et des teneurs en sulfates au niveau du Pz2 (cf. figure 16) montrent une augmentation des sulfates corrélée à une diminution des nitrates (réaction de dénitrification autotrophe, par oxydation de la pyrite : $5FeS_2 + 14NO_3^- + 4H^+ \leftrightarrow 7N_2 + 10\ SO_4^{2-} + 5Fe^{2+} + 2H_2O$) visible en janvier 2004 sur les piézomètres Pz2-5-7-8.

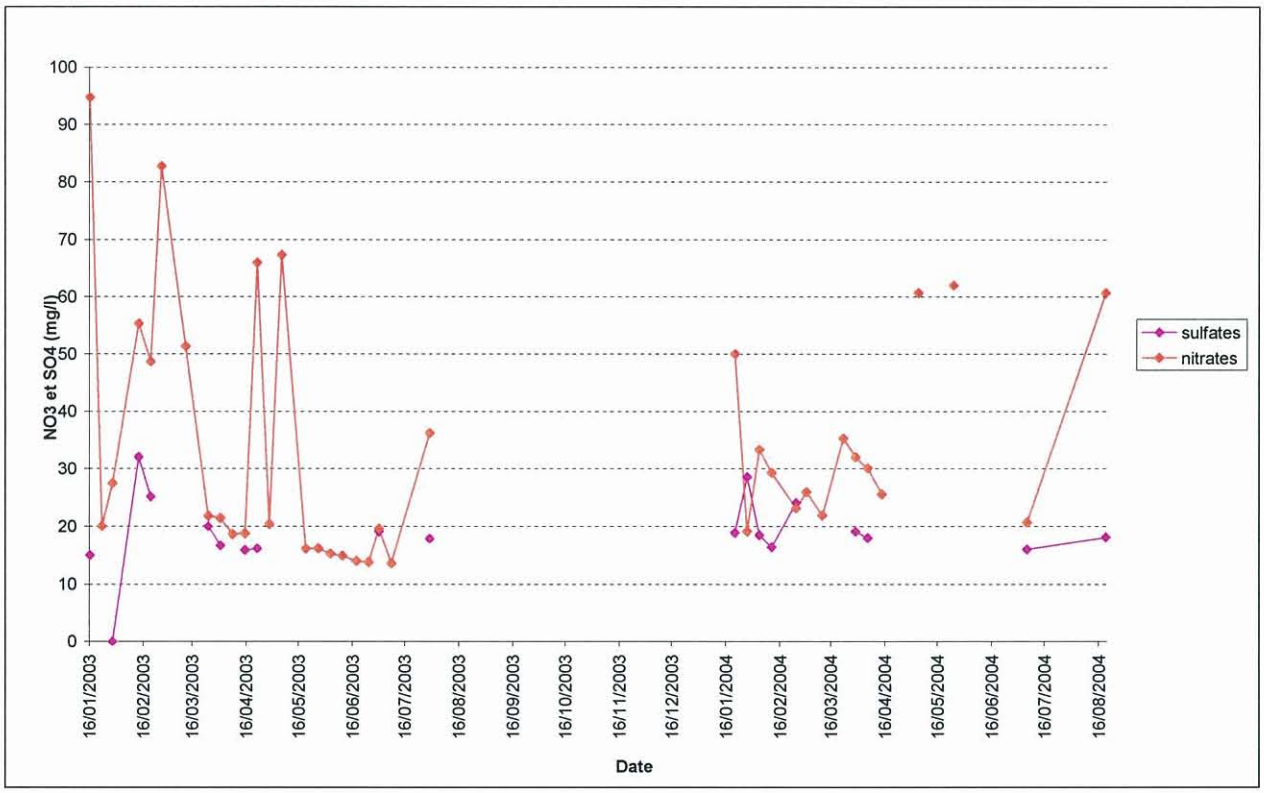


Figure 16 - Suivi des teneurs en nitrates et sulfates au niveau du piézomètre Pz2

Les teneurs en nitrates des eaux de la rivière durant les mois de l'étiage (juin-juillet-août) au cours des années 2001 à 2004 ont été isolées (cf. figure 17).

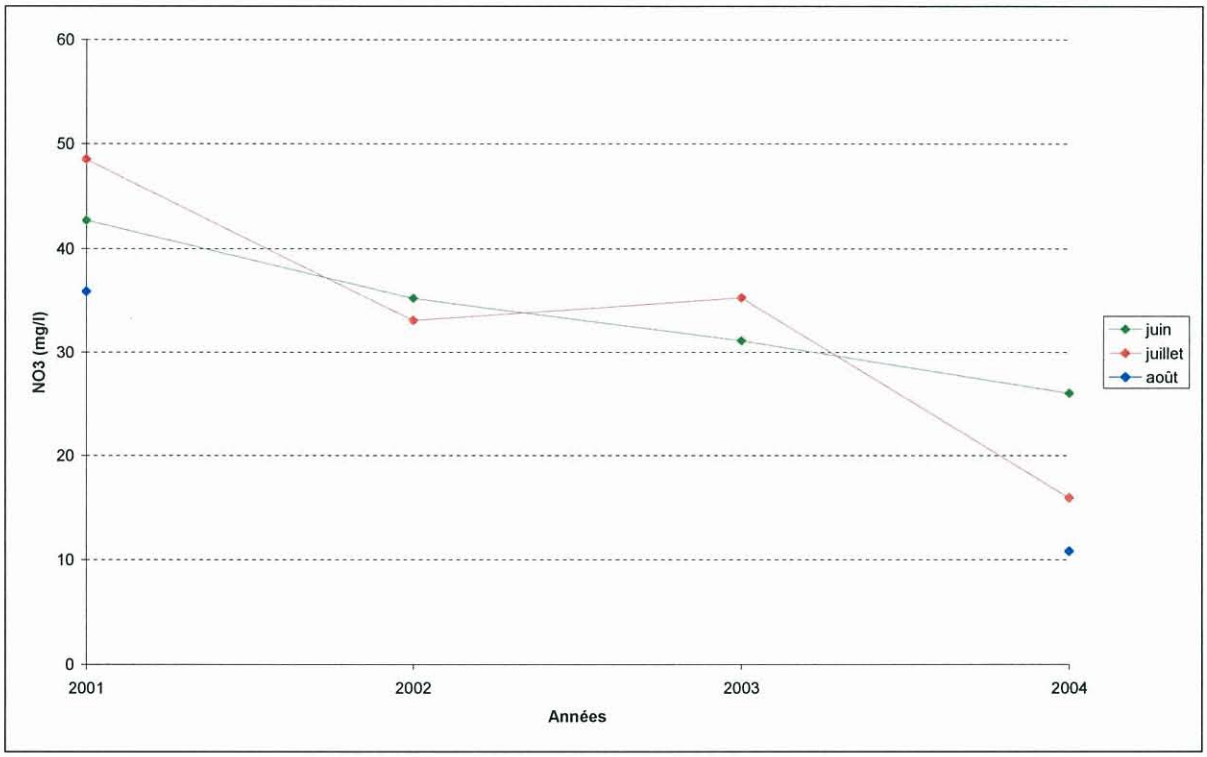


Figure 17 - Evolution des teneurs en nitrates dans la rivière de la Fontaine du Theil en période d'étiage

Ces teneurs d'étiage ont tendance à diminuer lors de la période 2001 à 2004 (environ 5.5 mg/l par an). Comme en étiage la participation des eaux souterraines à l'écoulement de la rivière est maximale, on peut conclure que la qualité des eaux souterraines est en voie d'amélioration.

3.6. PARTICIPATION AUX REUNIONS D'AVANCEMENT DU PROJET

La première réunion du Comité de Pilotage ACTA était prévue pour le lundi 7 mars 2005 à l'antenne de Fougères de la Chambre d'Agriculture d'Ille-et-Vilaine.

Au cours de cette réunion, il était prévu une intervention du BRGM sur le travail d'hydrogéologie mené sur les sites de Talmont et de la Fontaine du Theil.

Cette réunion a été reportée à une date ultérieure.

4. Conclusion

Ce rapport constitue un état d'avancement des deux premières années du projet (2004-2005) tel que décrit dans les chapitres précédents.

Au cours de ces années, les études ont été menées en parallèle sur deux secteurs :

- bassin versant de la Fontaine du Theil en Ille-et-Vilaine (Bretagne),
- le site de Talmont-Saint-Hilaire en Vendée (Pays de Loire).

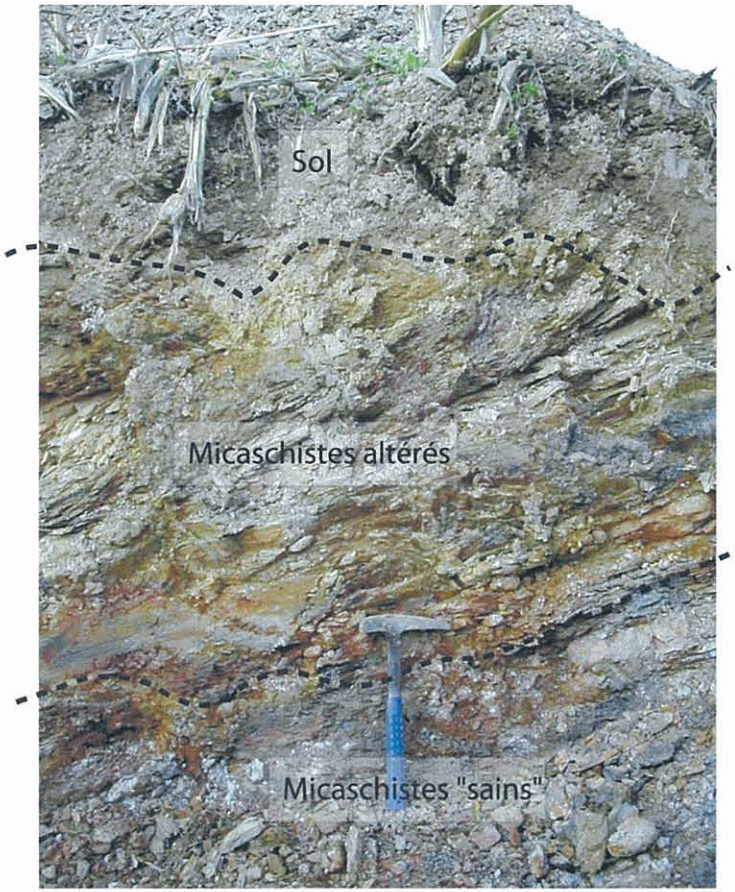
Le travail est conforme au planning prévu initialement et il se poursuivra comme convenu par de nouvelles acquisitions de données de terrain, ce qui permettra d'étoffer et de préciser les interprétations.

Le travail sur le site de Talmont a permis d'établir une coupe géologique du site permettant d'appréhender les écoulements souterrains et la profondeur prévisible de la nappe en hautes eaux.

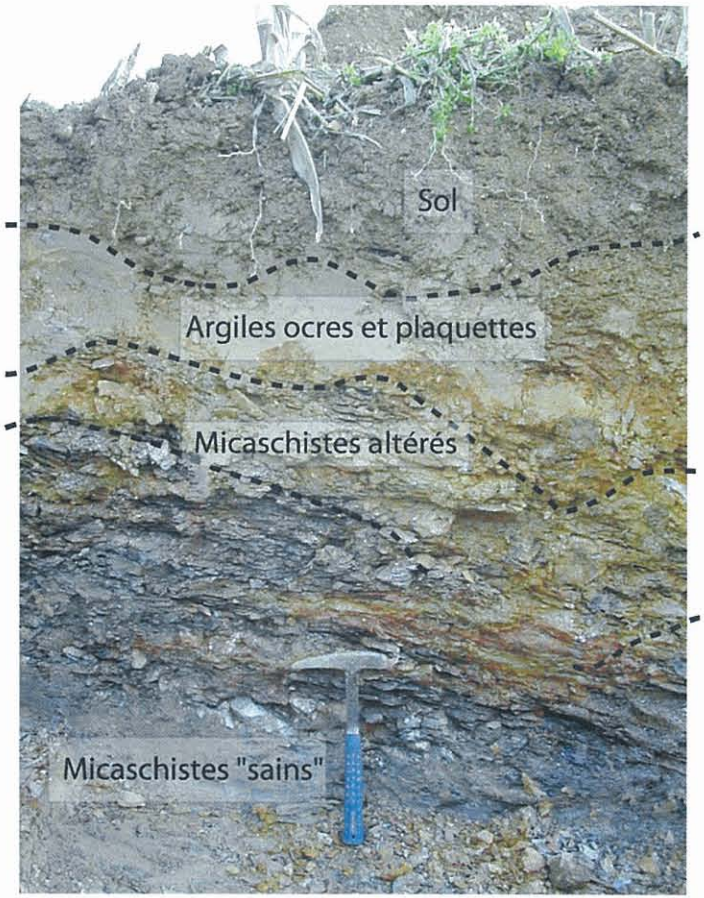
Au niveau du bassin versant de la Fontaine du Theil, l'étude hydrogéologique s'est appuyée sur des données existantes du CEMAGREF (chimie et piézométrie). Cette étude a notamment mis en évidence : le sens des écoulements souterrains vers la rivière, et au niveau de la nappe une superposition de deux aquifères plus ou moins chargés en nitrates.

Annexe 1

Description géologique des fosses du site de Talmont (85)



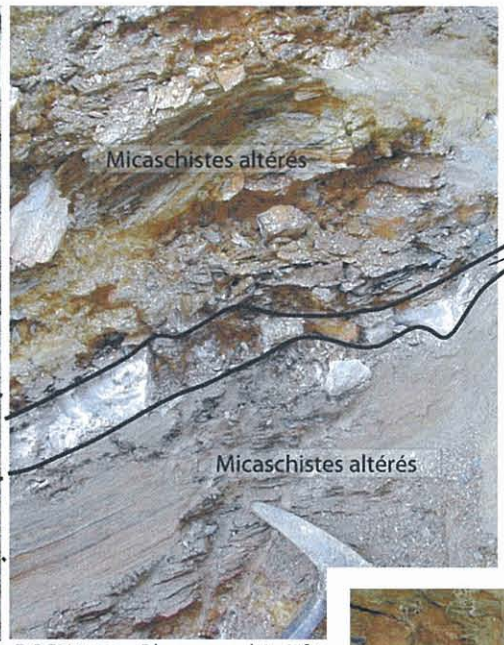
DSCN0774 - Photographie N°1



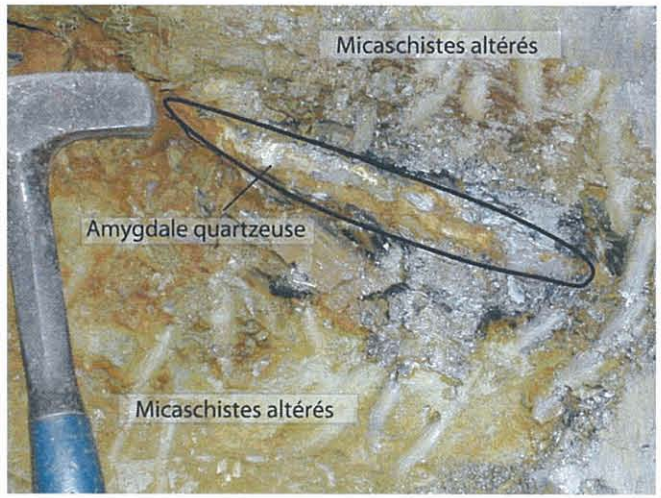
DSCN0776 - Photographie N°2

Annexe 1 - Partie 1 : organisation du profil d'altération au niveau de la fosse N°1

DSCN0778 - Photographie N°3



DSCN0779 - Photographie N°4

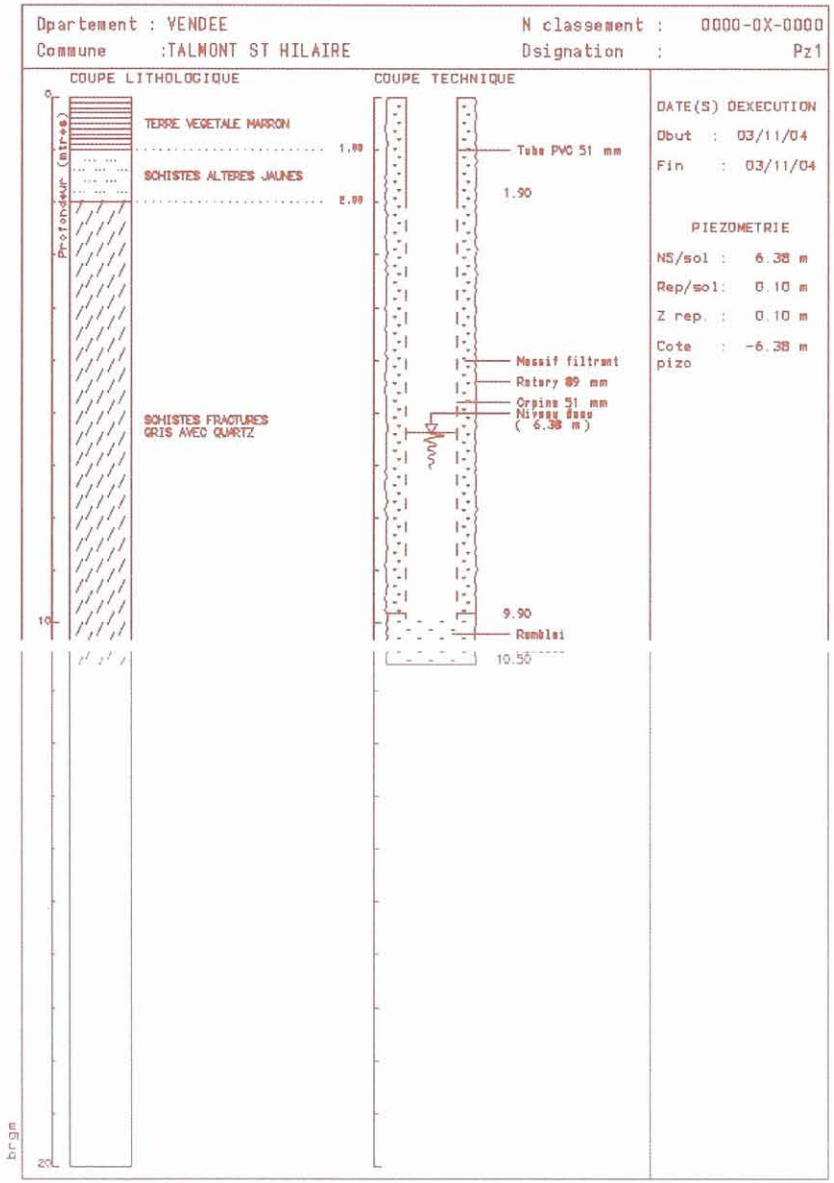


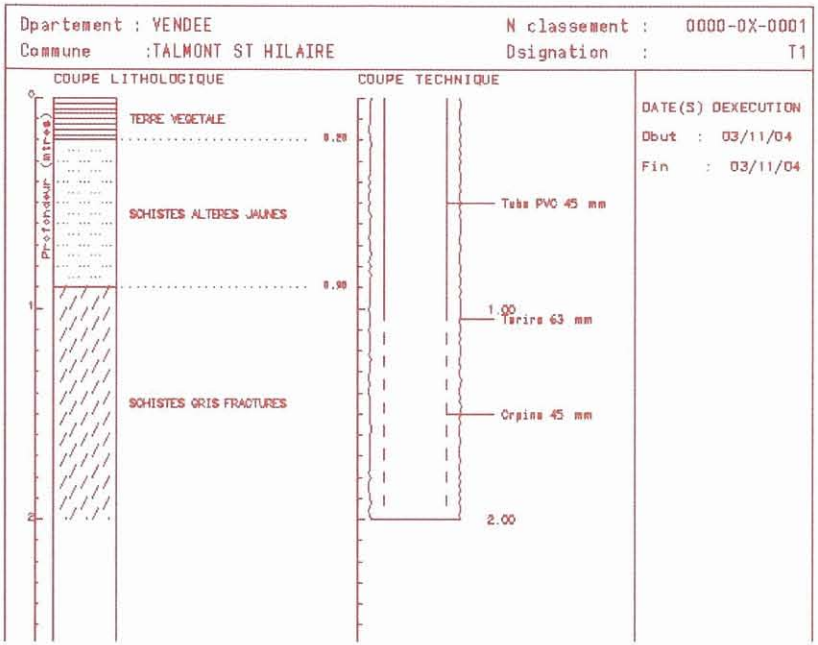
DSCN0781 - Photographie N°5

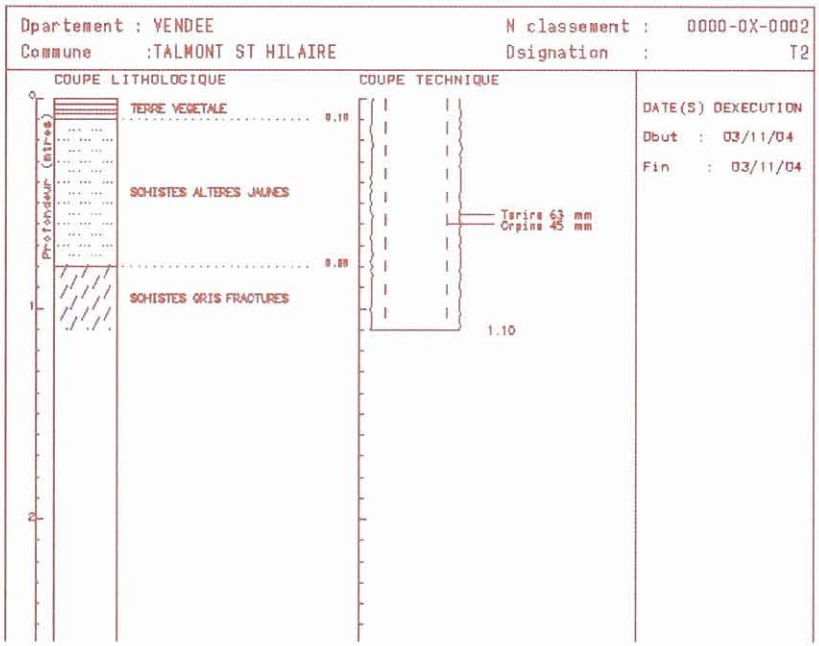
Annexe 1 - Partie 2 : Particularités du substratum au niveau des fosses N°2 et 3

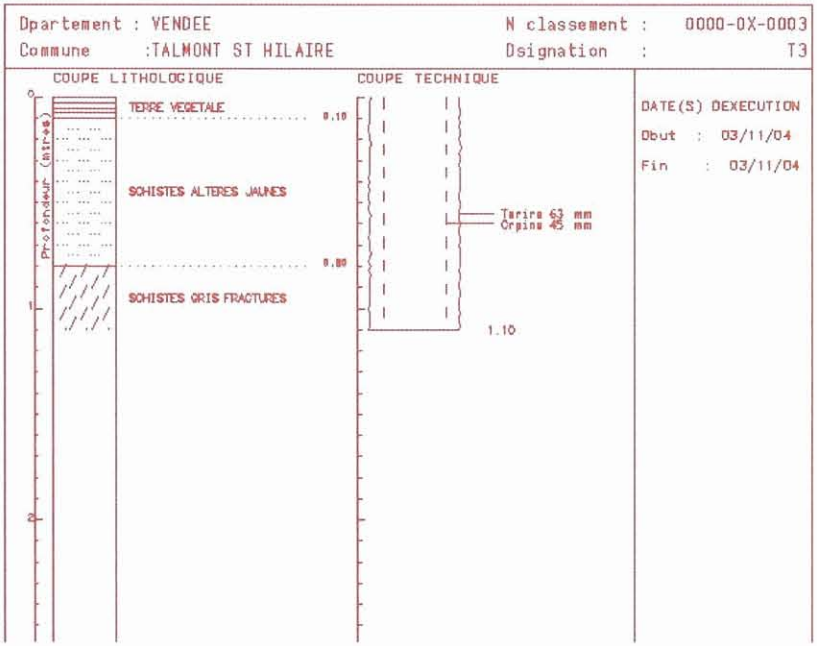
Annexe 2

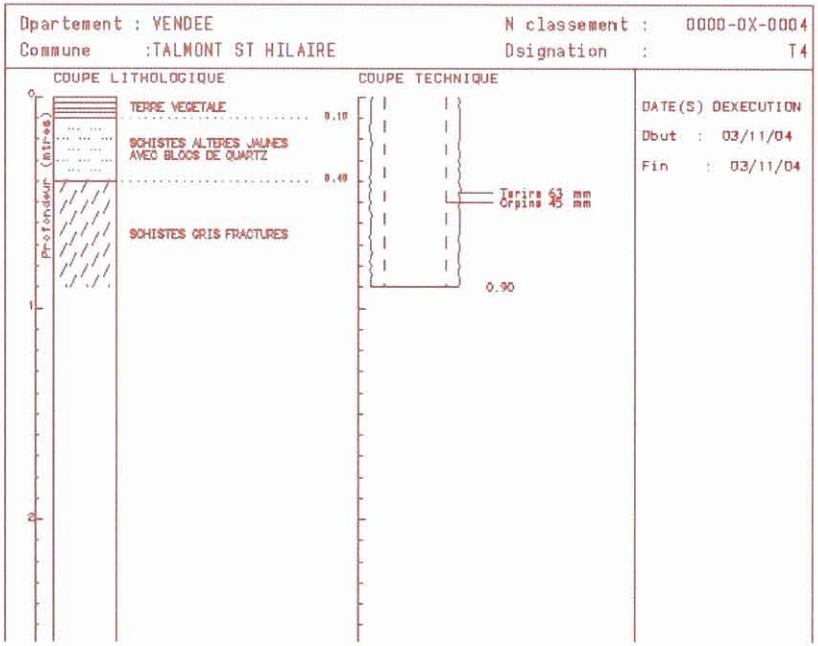
Coupes géologiques et techniques des ouvrages du site de Talmont (85)

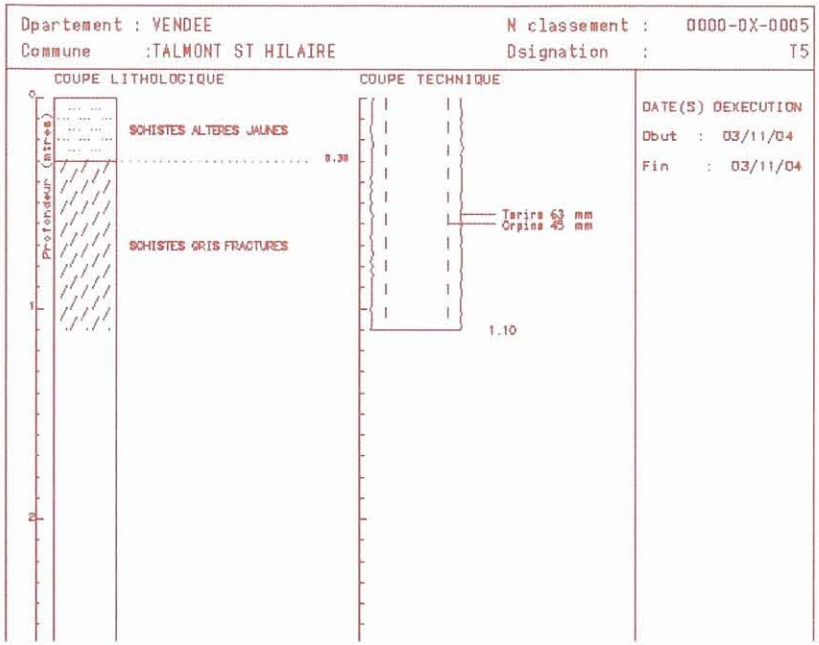

Dpartement : VENDEE
N classement : 0000-0X-0000
Commune :TALMONT ST HILAIRE
Dsignation : Pz1
COUPE LITHOLOGIQUE
COUPE TECHNIQUE
Profondeur (mètres)
TERRE VEGETALE MARRON
1.00
SCHISTES ALTERES JAUNES
2.00
SCHISTES FRACTURES GRIS AVEC QUARTZ
Tube PVC 51 mm
1.90
Massif filtrant
Rotary 89 mm
Crpine 51 mm
Niveau deau (6.38 m)
9.90
Remblai
10.50
DATE(S) DEXECUTION
Dbut : 03/11/04
Fin : 03/11/04
PIEZOMETRIE
NS/sol : 6.38 m
Rep/sol: 0.10 m
Z rep. : 0.10 m
Cote pizo : -6.38 m
brgm

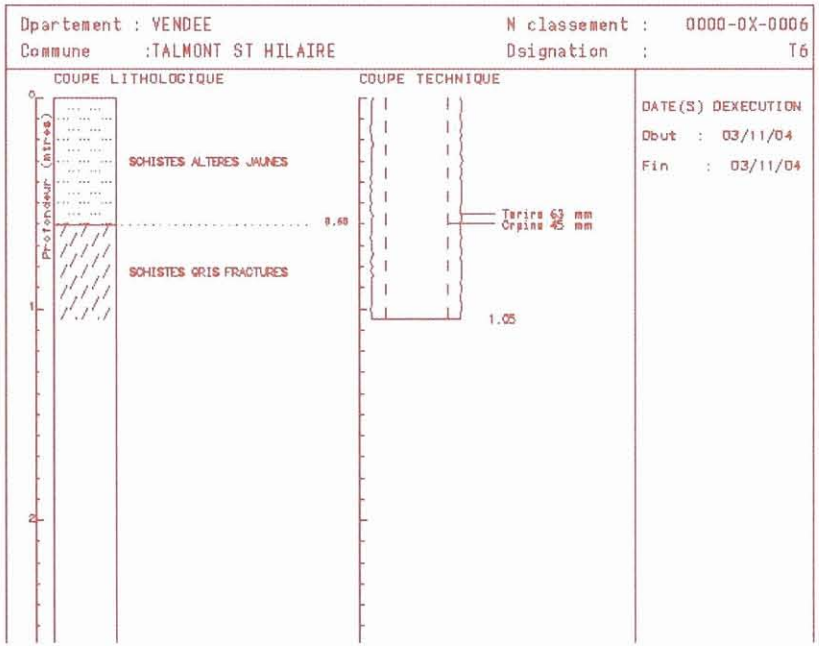

Dpartement : VENDEE
N classement : 0000-0X-0001
Commune :TALMONT ST HILAIRE
Dsignation : T1
COUPE LITHOLOGIQUE
COUPE TECHNIQUE
DATE(S) DEXECUTION
Dbut : 03/11/04
Fin : 03/11/04
TERRE VEGETALE
0.20
SCHISTES ALTERES JAUNES
0.90
SCHISTES GRIS FRACTURES
Tube PVC 45 mm
1.00
Tarire 63 mm
Crpine 45 mm
2.00
Profondeur (mtres)

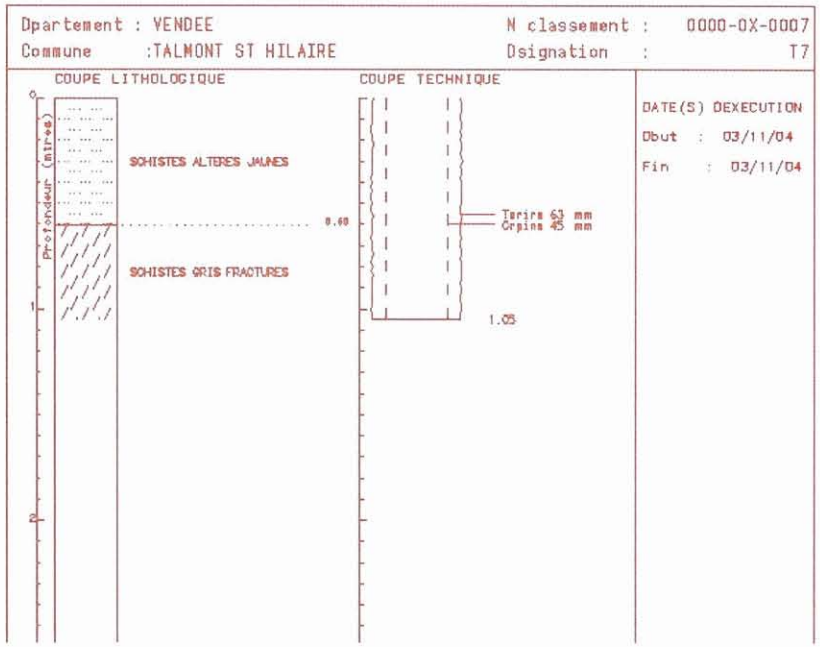

Dpartement : VENDEE
N classement : 0000-0X-0002
Commune :TALMONT ST HILAIRE
Dsignation : T2
COUPE LITHOLOGIQUE
COUPE TECHNIQUE
DATE(S) DEXECUTION
Dbut : 03/11/04
Fin : 03/11/04
TERRE VEGETALE
0.10
SCHISTES ALTERES JAUNES
0.80
SCHISTES GRIS FRACTURES
Tarire 63 mm
Crpine 45 mm
1.10
Profondeur (mtres)

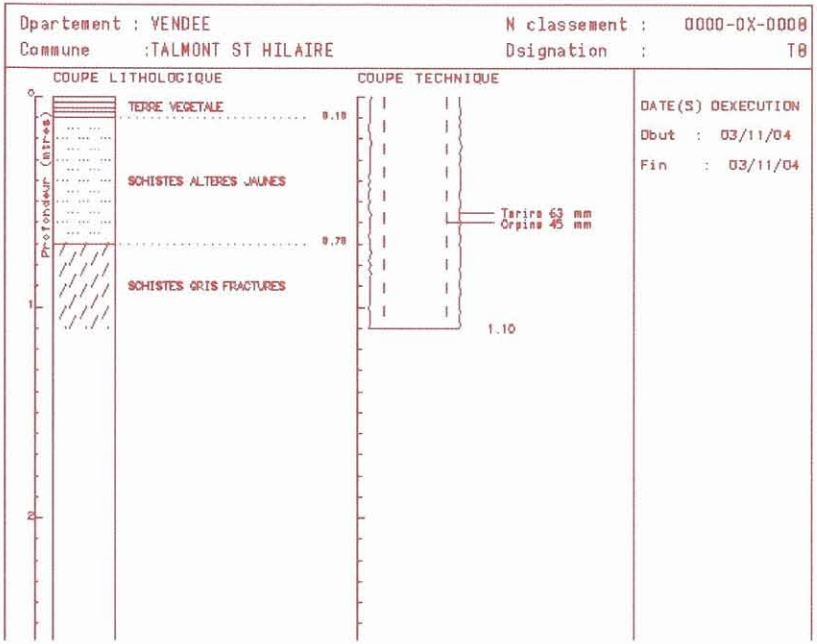

Dpartement : VENDEE
N classement : 0000-0X-0003
Commune :TALMONT ST HILAIRE
Dsignation : T3
COUPE LITHOLOGIQUE
COUPE TECHNIQUE
DATE(S) DEXECUTION
Dbut : 03/11/04
Fin : 03/11/04
TERRE VEGETALE
0.10
SCHISTES ALTERES JAUNES
0.80
SCHISTES GRIS FRACTURES
Tarire 63 mm
Crpine 45 mm
1.10
Profondeur (mtres)

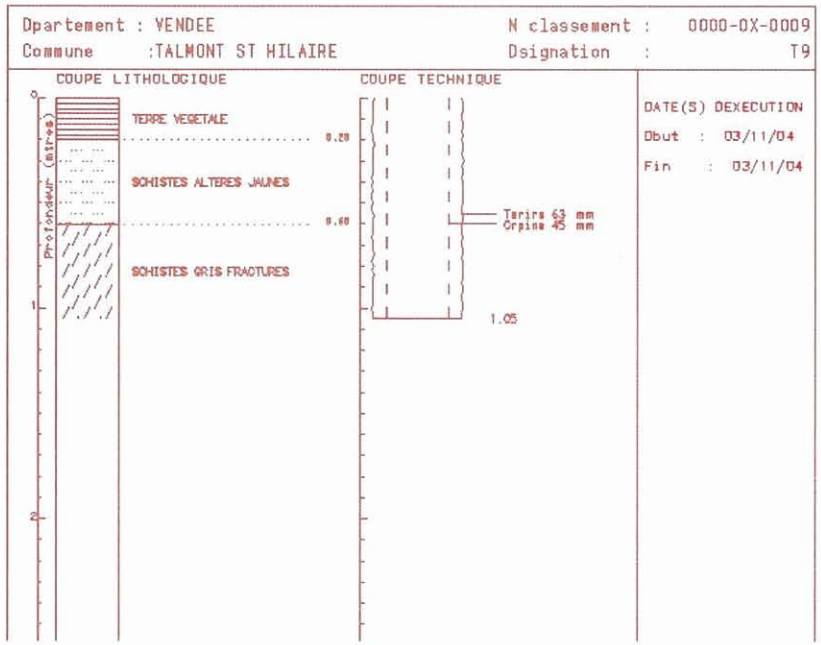

Dpartement : VENDEE
N classement : 0000-0X-0004
Commune :TALMONT ST HILAIRE
Dsignation : T4
COUPE LITHOLOGIQUE
COUPE TECHNIQUE
DATE(S) DEXECUTION
Dbut : 03/11/04
Fin : 03/11/04
TERRE VEGETALE
0.10
SCHISTES ALTERES JAUNES
AVEC BLOCS DE QUARTZ
0.40
SCHISTES GRIS FRACTURES
Tarire 63 mm
Crpine 45 mm
0.90
Profondeur (mtres)

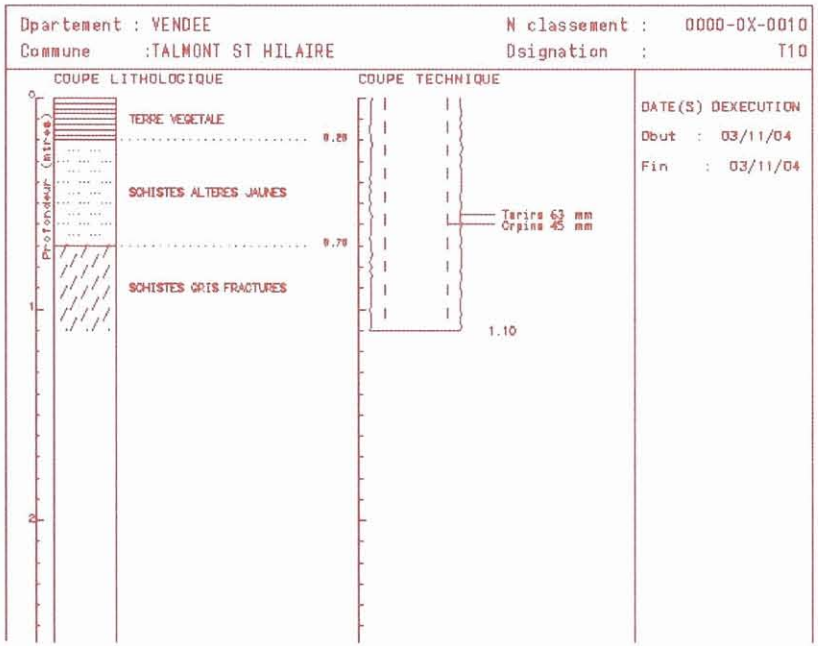

Dpartement : VENDEE
N classement : 0000-0X-0005
Commune :TALMONT ST HILAIRE
Dsignation : T5
COUPE LITHOLOGIQUE
COUPE TECHNIQUE
DATE(S) DEXECUTION
Dbut : 03/11/04
Fin : 03/11/04
Profondeur (mtres)
SCHISTES ALTERES JAUNES
0.30
SCHISTES GRIS FRACTURES
Tarins 63 mm
Crpins 45 mm
1.10


Dpartement : VENDEE
N classement : 0000-0X-0006
Commune :TALMONT ST HILAIRE
Dsignation : T6
COUPE LITHOLOGIQUE
COUPE TECHNIQUE
DATE(S) DEXECUTION
Dbut : 03/11/04
Fin : 03/11/04
Profondeur (mtres)
SCHISTES ALTERES JAUNES
0.60
SCHISTES GRIS FRACTURES
Tarins 63 mm
Crpins 45 mm
1.05


Dpartement : VENDEE
N classement : 0000-0X-0007
Commune :TALMONT ST HILAIRE
Dsignation : T7
COUPE LITHOLOGIQUE
COUPE TECHNIQUE
DATE(S) DEXECUTION
Dbut : 03/11/04
Fin : 03/11/04
Profondeur (mtres)
SCHISTES ALTERES JAUNES
0.60
SCHISTES GRIS FRACTURES
Tarins 63 mm
Crpins 45 mm
1.05


Dpartement : VENDEE
N classement : 0000-0X-0008
Commune :TALMONT ST HILAIRE
Dsignation : T8
COUPE LITHOLOGIQUE
COUPE TECHNIQUE
TERRE VEGETALE
0.10
SCHISTES ALTERES JAUNES
0.70
SCHISTES GRIS FRACTURES
Tarire 63 mm
Crpine 45 mm
1.10
DATE(S) DEXECUTION
Dbut : 03/11/04
Fin : 03/11/04


Dpartement : VENDEE
N classement : 0000-0X-0009
Commune :TALMONT ST HILAIRE
Dsignation : T9
COUPE LITHOLOGIQUE
COUPE TECHNIQUE
TERRE VEGETALE
0.20
SCHISTES ALTERES JAUNES
0.60
SCHISTES GRIS FRACTURES
Tarire 63 mm
Crpine 45 mm
1.05
DATE(S) DEXECUTION
Dbut : 03/11/04
Fin : 03/11/04


Dpartement : VENDEE
N classement : 0000-0X-0010
Commune :TALMONT ST HILAIRE
Dsignation : T10
COUPE LITHOLOGIQUE
COUPE TECHNIQUE
TERRE VEGETALE
0.20
SCHISTES ALTERES JAUNES
0.70
SCHISTES GRIS FRACTURES
Tarire 63 mm
Crpine 45 mm
1.10
DATE(S) DEXECUTION
Dbut : 03/11/04
Fin : 03/11/04

Annexe 3

Photographies des 9 piézomètres suivis par le CEMAGREF

Piézomètre Pz1 du premier transect (Est du bassin)

Piézomètre Pz2 du premier transect (Est du bassin)

Piézomètre Pz3 du premier transect (Centre du bassin)

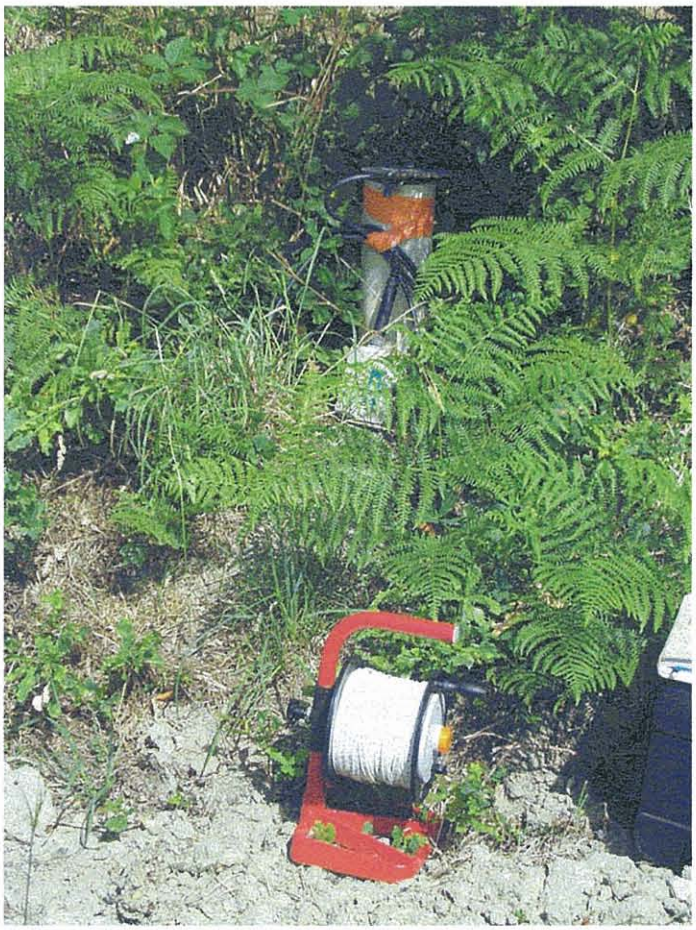
Piézomètre Pz4 du premier transect (Centre du bassin)

Piézomètre Pz5 du premier transect (Ouest du bassin)

Piézomètre Pz6 du premier transect (Ouest du bassin)

Piézomètre Pz7 du deuxième transect (Sud du bassin)

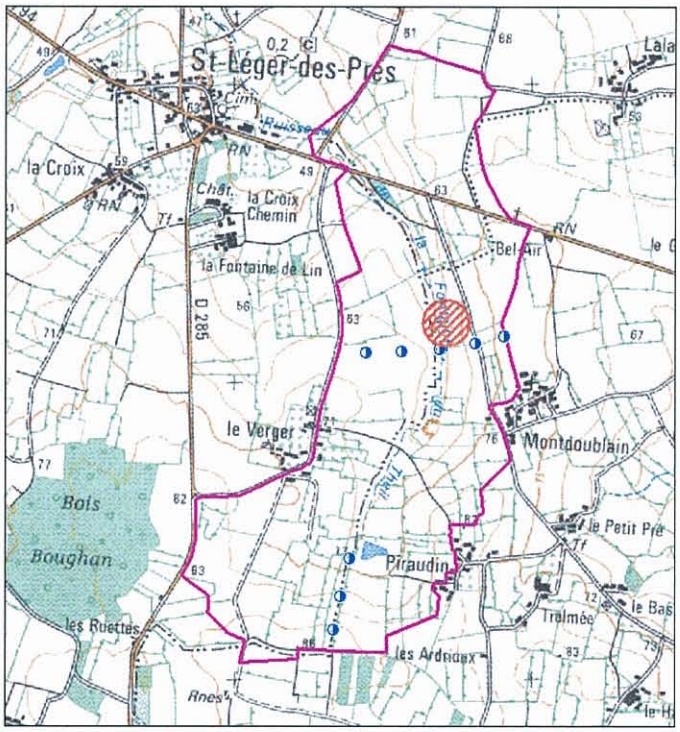
Piézomètre Pz8 du deuxième transect (Sud du bassin)

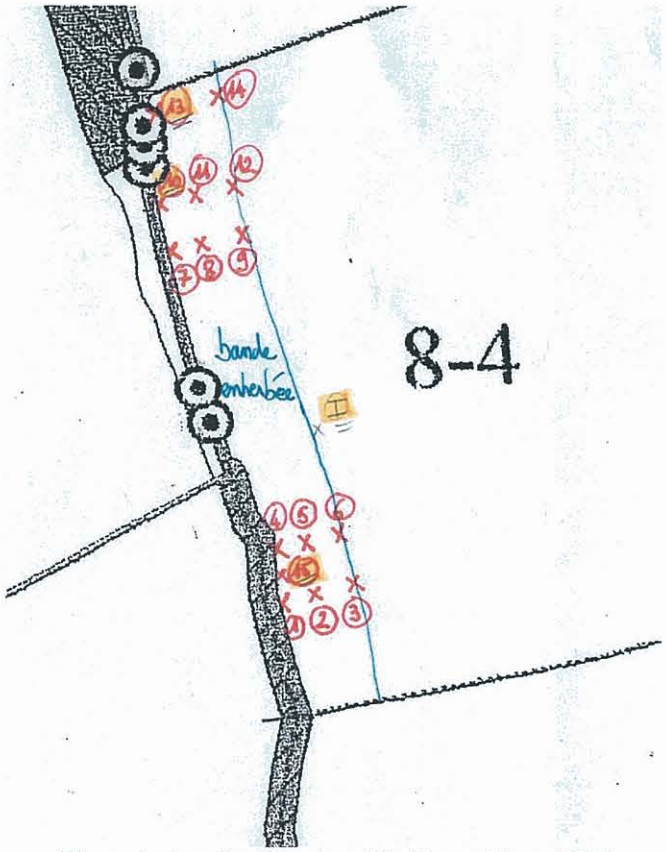


Piézomètre Pz9 du deuxième transect (Centre du bassin)

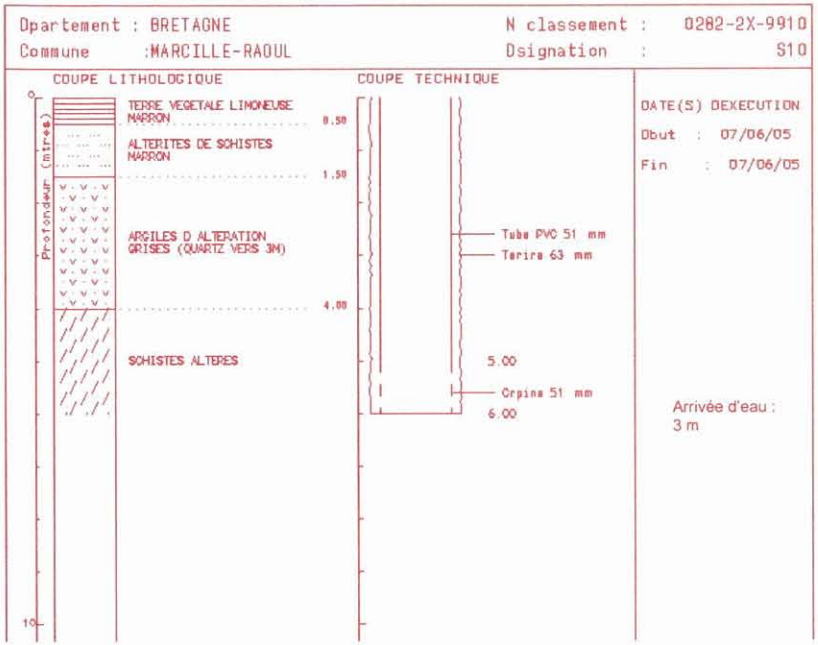
Annexe 4

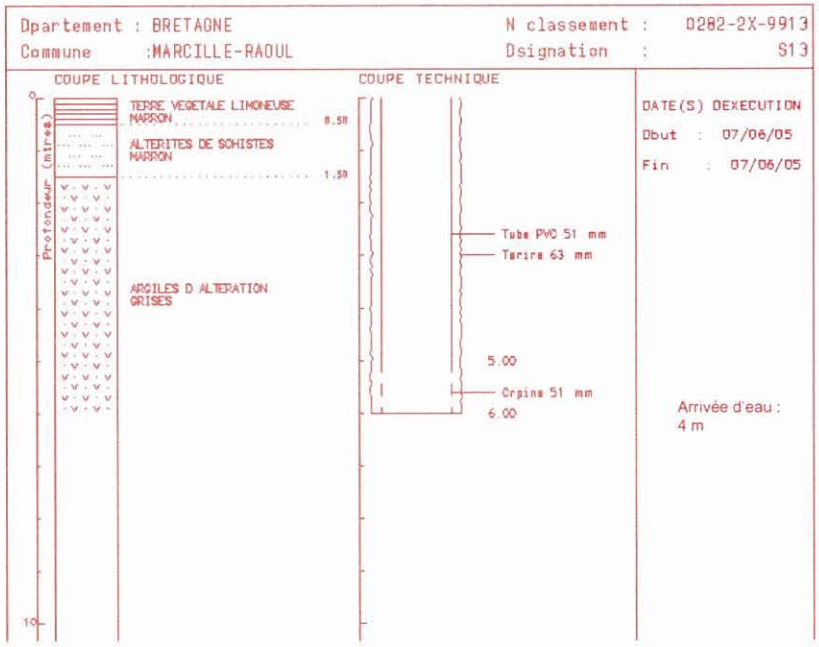
Localisation des 16 piézomètres d'IDF
Coupes géologiques et techniques de 4 ouvrages

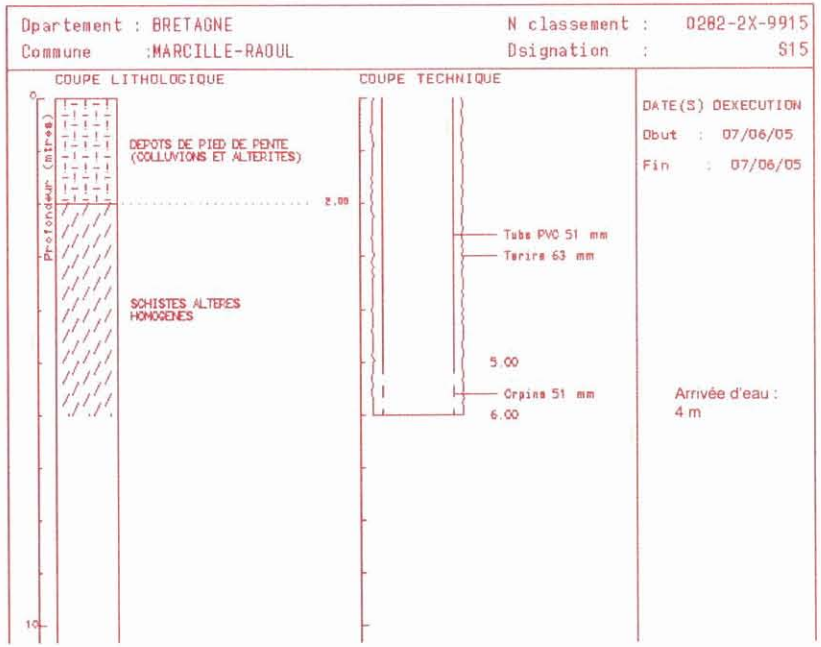


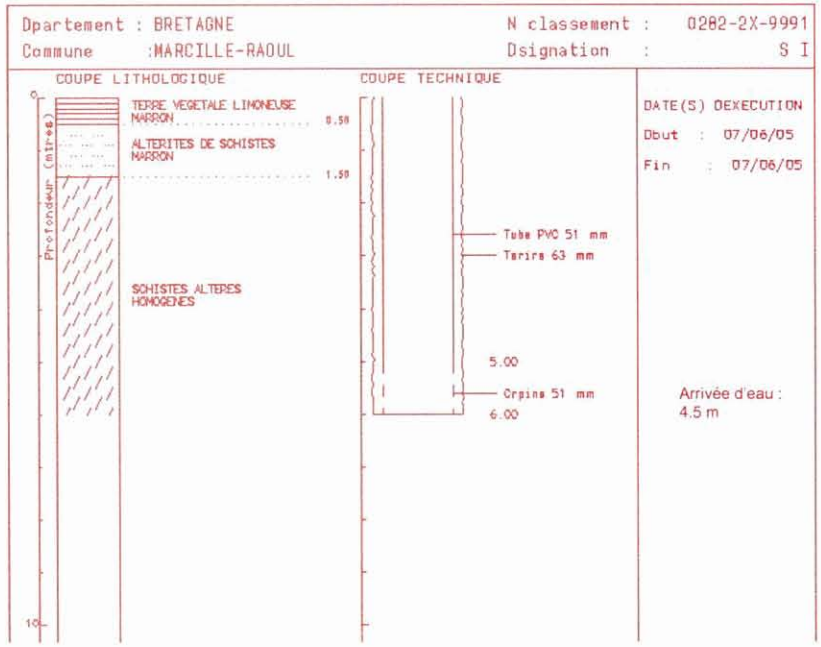


Plans de localisation des 16 piézomètres d'IDF


Dpartement : BRETAGNE
N classement : 0282-2X-9910
Commune :MARCILLE-RAOUL
Dsignation : S10
COUPE LITHOLOGIQUE
COUPE TECHNIQUE
Profondeur (mtres)
TERRE VEGETALE LIMONEUSE MARRON
8.50
ALTERITES DE SCHISTES MARRON
1.50
ARGILES D ALTERATION GRISES (QUARTZ VERS 3M)
4.00
SCHISTES ALTERES
Tube PVC 51 mm
Tarire 63 mm
5.00
Crpine 51 mm
6.00
DATE(S) DEXECUTION
Dbut : 07/06/05
Fin : 07/06/05
Arrivée d'eau : 3 m


Dpartement : BRETAGNE
N classement : 0282-2X-9913
Commune :MARCILLE-RAOUL
Dsignation : S13
COUPE LITHOLOGIQUE
COUPE TECHNIQUE
Profondeur (mtres)
TERRE VEGETALE LIMONEUSE MARRON
8.50
ALTERITES DE SCHISTES MARRON
1.50
ARGILES D ALTERATION GRISES
Tube PVC 51 mm
Tarire 63 mm
5.00
Crpine 51 mm
6.00
DATE(S) DEXECUTION
Dbut : 07/06/05
Fin : 07/06/05
Arrivée d'eau : 4 m


Dpartement : BRETAGNE
N classement : 0282-2X-9915
Commune :MARCILLE-RAOUL
Dsignation : S15
COUPE LITHOLOGIQUE
COUPE TECHNIQUE
Profondeur (mtres)
DEPOTS DE PIED DE PENTE (COLLUVIONS ET ALTERITES)
2.00
SCHISTES ALTERES HOMOGENES
Tube PVC 51 mm
Tarire 63 mm
5.00
Crpine 51 mm
6.00
DATE(S) DEXECUTION
Dbut : 07/06/05
Fin : 07/06/05
Arrivée d'eau : 4 m


Dpartement : BRETAGNE
N classement : 0282-2X-9991
Commune :MARCILLE-RAOUL
Dsignation : S I
COUPE LITHOLOGIQUE
COUPE TECHNIQUE
Profondeur (mtres)
TERRE VEGETALE LIMONEUSE MARRON
8.50
ALTERITES DE SCHISTES MARRON
1.50
SCHISTES ALTERES HOMOGENES
Tube PVC 51 mm
Tarire 63 mm
5.00
Crpine 51 mm
6.00
DATE(S) DEXECUTION
Dbut : 07/06/05
Fin : 07/06/05
Arrivée d'eau : 4.5 m

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 6009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

Service géologique régional Bretagne
Rennes Atalante Beaulieu - ZAC St-Sulpice
2, rue de Jouanet
35700 - Rennes - France
Tél. : 02 99 84 26 70