



SILURES Suivi

Mise en place d'un réseau de surveillance piézométrique régional

Rapport d'avancement de l'année 2 (2004-2005)

Document public

SILURES Suivi

Mise en place d'un réseau de surveillance piézométrique régional

Rapport d'avancement de l'année 2 (2004-2005)

BRGM/RP-53629-FR
Février 2005

Étude réalisée dans le cadre des opérations
de Service public du BRGM 2005 EAUB08

B. Mougin
Avec la collaboration de
J-P. Jégou



Mots clés : eau souterraine, piézométrie, télétransmission, site internet ADES, réseau patrimonial de surveillance, SILURES Suivi, hydrogéologie, Bretagne.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante : B. MOUGIN avec la collaboration de J-P. JEGOU (2005) - SILURES Suivi - Mise en place d'un réseau de surveillance piézométrique régional - Rapport d'avancement de l'année 2 (2004-2005) - BRGM/RP-53629-FR - 41 p., 4 tabl., 21 fig., 3 ann.

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

Synthèse

En collaboration avec le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (Direction de l'Eau), l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne, la Direction Régionale de l'Environnement Bretagne, et le Conseil Régional de Bretagne, le BRGM Bretagne a été chargé d'installer et d'exploiter un réseau de suivi piézométrique des eaux souterraines en Bretagne sur 42 points.

La mise en place de ce réseau a été répartie sur les années 2003 et 2004 : l'année 2003 a permis de réaliser 16 nouveaux piézomètres équipés en moyen de mesure et de télétransmission des données, de commencer à constituer un stock de pièces de rechange (une station complète), et d'acheter un ordinateur dédié au réseau.

L'objectif de l'année 2004 était de réaliser 12 nouveaux piézomètres, d'intégrer 14 piézomètres existants (10 forages du Conseil Général du Finistère opérationnels, 4 de la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt du Morbihan à aménager), d'équiper le tout (26 ouvrages) en moyen de mesure et de télétransmission des données.

Par ailleurs en 2004, le stock de pièces de rechange (3 stations complètes) a été complété, et des outils permettant de diagnostiquer les dysfonctionnements ont également été achetés.

Enfin, après des réglages informatiques (test PC, connexions, télétransmission, interrogation, dépannage...), le réseau piézométrique a été mis en marche, réglé et rodé (stockage données, traitement, diffusion sur ADES).

Après avoir finalisé les conventions de mise à disposition des terrains publics et privés, l'entreprise de forage AQUASSYS a été retenue pour réaliser les 12 nouveaux ouvrages et pour aménager les 4 forages du Morbihan, suite à une consultation lancée sur la base d'un cahier des charges précis et conforme aux arrêtés préfectoraux.

Après déclaration des travaux à la DRIRE, la réalisation des forages a eu lieu en début d'année 2004 (mars et juin pour les 4 premiers forages), et en décembre 2004 (pour les 8 derniers forages), dans les 4 départements bretons : Côtes d'Armor (4 piézomètres), Finistère (3), Morbihan (1), et Ille-et-Vilaine (4). Les aménagements des 4 piézomètres du Morbihan ont été effectués début janvier 2005.

Les forages ont fait l'objet d'un suivi géologique des terrains traversés, et d'un suivi technique (foration, tubages, cimentation, dalle de propreté et coffrage de protection).

La profondeur des ouvrages varie de 28 à 49 m et est en moyenne de 32 m.

En parallèle à ces travaux, 14 ouvrages existants ont été intégrés au réseau (10 ouvrages du CG29 suivis depuis 1992-1993, et 4 de la DDAF56 suivis depuis 1980-1984-1988). Dans les conventions de mise à disposition des piézomètres, signées les 6 et 9 janvier 2003 avec le CG29 et la DDAF56, les modalités techniques suivantes ont été retenues : remplacement de l'équipement en place par un matériel homogène au réseau piézométrique régional, choix du lieu de télétransmission des données (à Rennes au BRGM), et envoi des chroniques piézométriques au BRGM (transmises les 8 et 17 décembre 2004).

Par ailleurs, l'achat et l'installation des matériels (mesure et télétransmission) sur 26 stations ont été commandés auprès de l'entreprise OTT. La commande a été complétée par l'achat d'un stock de pièces de rechange (plusieurs batteries et chargeurs, une station complète filaire et 2 stations complètes GSM).

Les piézomètres ont été équipés en novembre 2004 (18 ouvrages) et en février 2005 (8 ouvrages) de flotteurs, équipés de modems comme moyens de télétransmission (10 points filaires et 16 points GSM).

A l'issue de l'année 2 du projet SILURES Suivi, les 42 piézomètres du réseau sont équipés en moyens de télétransmission. Ces forages sont situés : dans les Côtes d'Armor (9 piézomètres), le Finistère (14), le Morbihan (11), et en Ille-et-Vilaine (8).

Suite à un travail de raccordement de 21 ouvrages au réseau France Télécom (11 réalisés en 2003, et 10 existants dans le Finistère) et de 21 points au réseau GSM (5 réalisés en 2003, 12 réalisés en 2004 et 4 existants dans le Morbihan), l'acquisition des nouvelles chroniques piézométriques a débuté.

En parallèle, les chroniques anciennes des 14 ouvrages existants (10 ouvrages du CG29, et 4 de la DDAF56) ont été traitées, analysées et mises en forme.

Sur le site internet ADES (<http://ades.rnde.tm.fr>), le réseau piézométrique breton a été créé sous le nom : RRESOUPBRE - 0400000020 - Réseau de suivi quantitatif des eaux souterraines de la région Bretagne (SILURES Suivi). Les chroniques ont été mises à disposition sur ce site et elles seront régulièrement mises à jour tous les mois.

Enfin, courant 2005 le BRGM établira un atlas recensant les caractéristiques de chacun des 42 piézomètres du réseau.

Au cours de l'année 2005, le travail sera consacré à gérer le bon fonctionnement du réseau piézométrique et à mettre à disposition les chroniques piézométriques mesurées sur les 42 ouvrages sur le site internet ADES.

Sommaire

1. Rappel des objectifs du projet SILURES Suivi.....	9
1.1. OBJECTIFS DU PROJET	9
1.2. RÉALISATIONS DE L'ANNÉE 1	10
1.3. PROGRAMME DE L'ANNÉE 2	11
2. Travaux préalables à la mise en place du réseau piézométrique.....	12
2.1. FORMALISATION DES CONVENTIONS DE MISE À DISPOSITION DES TERRAINS	12
2.2. PRÉCISIONS CONCERNANT LES CONVENTIONS POUR INTÉGRER LES OUVRAGES EXISTANTS	12
2.3. CONSULTATION DE FOREURS POUR RÉALISER LES PIÉZOMÈTRES.....	13
2.4. DÉCLARATION DE TRAVAUX.....	13
3. Réalisation de 12 points et aménagement de 4 forages du réseau piézométrique	14
3.1. RÉALISATION DE 12 PIÉZOMÈTRES	14
3.1.1. Planning des travaux et dispositif utilisé.....	14
3.1.2. Implantation des sondages	14
3.1.3. Résultats obtenus.....	15
3.1.4. Coupe technique et coupe géologique.....	17
3.1.5. Incident.....	19
3.1.6. Relevés piézométriques et arrivées d'eau.....	19
3.2. AMÉNAGEMENT DE 4 PIÉZOMÈTRES DU MORBIHAN	20

3.2.1. Localisation et caractéristiques des sondages à aménager	20
3.2.2. Planning des travaux et dispositif utilisé	20
3.2.3. Résultats obtenus	21
4. Intégration des ouvrages existants.....	23
4.1. LOCALISATION ET CARACTÉRISTIQUES DES SONDAGES	23
4.2. FORMALISATION DES CONVENTIONS DE MISE À DISPOSITION DES TERRAINS	25
4.3. ANCIENS ÉQUIPEMENTS DES FORAGES.....	26
5. Equipement de 26 points du réseau piézométrique	27
5.1. CHOIX ET COMMANDE DU MATÉRIEL.....	27
5.2. MODE DE FONCTIONNEMENT DU MATÉRIEL INSTALLÉ	28
5.3. PLANNING DES INSTALLATIONS ET ÉQUIPEMENT DES PIÉZOMÈTRES	30
6. Acquisition et mise à disposition des chroniques piézométriques	35
6.1. RACCORDEMENT AU RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE	35
6.2. TÉLÉTRANSMISSION DES DONNÉES.....	38
6.3. RÉCEPTION DES DONNÉES MESURÉES SUR L'ORDINATEUR DÉDIÉ	38
6.4. TRAITEMENT DES CHRONIQUES ANCIENNES	38
6.5. MISE À DISPOSITION DES DONNÉES SUR LE SITE INTERNET ADES.....	40
6.6. ATLAS DU RÉSEAU PIÉZOMÉTRIQUE	40
7. Travail programmé pour l'année 2005	41

Liste des figures

Figure 1 - Photographies de la foreuse utilisée (sites de Baud et Spézet).....	14
Figure 2 - Localisation des 12 piézomètres réalisés en 2004.....	16
Figure 3 - Photographie de l'aspect extérieur du forage (site de Trégunc)	18
Figure 4 - Photographie de l'intérieur du coffrage (site de Rostrenen).....	18
Figure 5 - Arrivée d'eau sur le forage de Spézet	19
Figure 6 - Travaux à la pelle mécanique sur le site de Bieuzy	21
Figure 7 - Préparation du terrain avant cimentation sur le site de Bieuzy	22
Figure 8 - Photographie de l'aspect extérieur du forage après aménagement (site de Ploërdut).....	22
Figure 9 - Localisation des 14 piézomètres existants.....	24
Figure 10 - Schéma de fonctionnement du codeur enregistreur Thalimèdes OTT.....	28
Figure 11 - Photographie d'un boîtier de protection RTC	29
Figure 12 - Photographie du matériel après mise en place (site de St-Divy)	31
Figure 13 - Photographie de centrale d'acquisition après mise en place (site de Landrévarzec).....	31
Figure 14 - Photographie du boîtier après mise en place (site de Commana)	32
Figure 15 - Photographie du matériel après mise en place (site de St-Hernin).....	32
Figure 16 - Photographie du matériel GSM après mise en place (site de La Noë Blanche).....	33
Figure 17 - Intervention de la mini-pelle mécanique sur le site de Pommerit-Jaudy	36
Figure 18 - Liaison des fourreaux sur le site de Pommerit-Jaudy	36
Figure 19 - Mise en place d'une ligne téléphonique sur le site de Pommerit-Jaudy	37
Figure 20 - Mise en place d'une ligne téléphonique sur le site de Saint-Ségal	37
Figure 21 - Localisation des 42 piézomètres du réseau et mode de télétransmission.....	39

Liste des tableaux

Tableau 1 - Caractéristiques des piézomètres réalisés en 2004.....	15
Tableau 2 - Caractéristiques des 4 piézomètres du Morbihan	20
Tableau 3 - Caractéristiques des 10 piézomètres du Finistère	25
Tableau 4 - Caractéristiques des piézomètres lors de la mise en route du matériel de mesure.....	34

Liste des annexes

Annexe 1 - Cahier des charges technique de la seconde consultation restreinte des entreprises de forages

Annexe 2 - Coupes techniques et géologiques des 12 piézomètres réalisés (classement par date de réalisation)

Annexe 3 - Coupes techniques et géologiques des 14 piézomètres existants

1. Rappel des objectifs du projet SILURES Suivi

1.1. OBJECTIFS DU PROJET

En collaboration avec le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (Direction de l'Eau), l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne, la Direction Régionale de l'Environnement Bretagne, et le Conseil Régional de Bretagne, le BRGM Bretagne - en tant que Maître d'ouvrage - a été chargé d'installer et d'exploiter un réseau de suivi piézométrique des eaux souterraines en Bretagne.

Son objectif est le suivi en continu et en temps réel du niveau des nappes souterraines, afin d'améliorer leur connaissance et leur gestion.

Par la mesure des fluctuations de nappe, corrélées aux conditions climatiques et aux lames d'eau écoulées dans le réseau hydrographique, les buts principaux du réseau sont de pouvoir :

- à tout moment :
 - observer et connaître l'état de recharge des aquifères,
 - mettre les mesures validées à la disposition des « ayants droit »,
 - prévoir l'évolution de débit des cours d'eau (implication dans les inondations),
- régulièrement :
 - diffuser des informations fiables sur l'état quantitatif du moment et l'évolution prévisionnelle de la ressource,
 - éditer chaque année un annuaire et 3 bulletins de tendance,
- à moyen terme :
 - préciser les mécanismes infiltration-ruissellement en relation notamment avec la géologie,
 - quantifier l'infiltration efficace,
 - mieux connaître les écoulements souterrains : inertie, vitesses des transferts, valeur des ressources disponibles,
 - préparer par l'acquisition des données fondamentales l'élaboration et le calage des modèles de gestion des années futures.

Le réseau piézométrique sera à terme constitué de 42 piézomètres, répartis sur le territoire de façon à être représentatifs des principales formations géologiques existant en Bretagne et des conditions climatiques, très contrastées d'Ouest en Est et du littoral vers l'intérieur.

Les 42 piézomètres du réseau seront automatisés et équipés de moyens de télétransmission ; ils seront répartis en :

- 14 piézomètres existants :
 - 10 appartenant au Conseil Général du Finistère (CG29), et gérés actuellement par la DDE Subdivision Hydrologie Annonce des Crues (SHAC29),
 - 4 appartenant à la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt du Morbihan (DDAF56),
- 28 piézomètres à créer, implantés à proximité immédiate des stations météorologiques de façon à ce que les relations pluies-niveaux puissent être établies de façon non ambiguë.

Après un rappel des réalisations de l'année 1 (2003), les chapitres suivants détaillent l'avancement technique du projet au cours de l'année 2 qui s'est échelonnée de mars 2004 à février 2005.

1.2. RÉALISATIONS DE L'ANNÉE 1

La mise en place de ce réseau a été répartie sur les années 2003 et 2004 ; l'objectif de l'année 2003 était de réaliser 16 nouveaux piézomètres équipés en moyen de mesure et de télétransmission des données.

Après avoir finalisé les conventions de mise à disposition des terrains publics (Autorisation d'Occupation Temporaire) et privés (Contrat de Bail), l'entreprise de forage AQUASSYS a été retenue pour réaliser les 16 ouvrages suite à une consultation lancée sur la base d'un cahier des charges précis et conforme aux arrêtés préfectoraux.

Après déclaration des travaux à la DRIRE, les travaux de forage se sont déroulés d'octobre à décembre 2003, dans les 4 départements bretons : Côtes d'Armor (5 piézomètres), Finistère (1), Morbihan (6), et Ille-et-Vilaine (4).

Les forages ont fait l'objet d'un suivi géologique des terrains traversés, et d'un suivi technique (foration, tubages, cimentation, dalle de propreté et coffrage de protection).

La profondeur des ouvrages varie de 31 à 100 m et est en moyenne de 41 m.

En parallèle à ces travaux de réalisation des piézomètres, la fourniture et l'installation des matériels (mesure et télétransmission) pour 16 stations ont été commandés auprès

de l'entreprise OTT. La commande a été complétée par l'achat d'une station complète filaire assurant le début de constitution d'un stock de pièces de rechange.

Les piézomètres ont été équipés en décembre 2003 de flotteurs (capteur mono voie flotteur Thalimèdes), équipés de modems comme moyens de télétransmission (12 points filaires et 4 points GSM).

Le logiciel d'acquisition et de traitement des données HYDRAS3 de l'entreprise OTT a été installé sur un ordinateur portable dédié au réseau piézométrique.

1.3. PROGRAMME DE L'ANNÉE 2

Suite à la réalisation et l'équipement des 16 piézomètres de l'année 1, les tâches prévues au cahier des charges pour finaliser la mise en place du réseau piézométrique étaient :

- de réaliser 12 nouveaux piézomètres,
- d'intégrer 14 piézomètres existants (10 forages du CG29 opérationnels, 4 de la DDAF56 à aménager),
- d'équiper le tout (26 ouvrages) en moyen de mesure et de télétransmission des données.

Par ailleurs en 2004, le stock de pièces de rechange (3 stations complètes) devait être complété, et des outils permettant de diagnostiquer les dysfonctionnements devaient également être achetés.

Enfin, après des réglages informatiques (test PC, connexions, télétransmission, interrogation, dépannage...), le réseau piézométrique serait mis en marche, réglé et rodé (stockage données, traitement, diffusion sur ADES).

2. Travaux préalables à la mise en place du réseau piézométrique

2.1. FORMALISATION DES CONVENTIONS DE MISE À DISPOSITION DES TERRAINS

Les emplacements des 12 piézomètres à créer ont été répartis sur des terrains :

- appartenant à Météo France : 1 piézomètre,
- publics et privés (Direction Aviation Civile 2, Chambre d'Agriculture 1, Syndicat Mixte Aéroport 1) : 4 piézomètres,
- appartenant à des particuliers (privés) : 4 piézomètres,
- communaux (Mairies) : 3 piézomètres.

Selon l'appartenance des terrains où ont été implantés les piézomètres (domaine public ou domaine privé), des conventions de mise à disposition des terrains ont été formalisées et signées en utilisant les modèles suivants :

- une Concession de voirie pour un terrain public,
- et un Contrat de Bail pour un terrain privé.

Parallèlement à ces envois, la convention, signée le 26 février 2003 entre le BRGM et Météo-France au sujet de la mise à disposition de deux sites dont Météo-France est propriétaire (Ploërmel et Saint-Jacques-de-la-Lande), a fait l'objet d'un avenant signé le 5 octobre 2004. Cet avenant porte sur le site de Rostrenen.

2.2. PRÉCISIONS CONCERNANT LES CONVENTIONS POUR INTÉGRER LES OUVRAGES EXISTANTS

L'étude de faisabilité prévoyait l'utilisation des piézomètres existants suivants : 10 ouvrages du CG29 et 4 de la DDAF56. Les conditions d'intégration des piézomètres existants au sein du réseau régional ont été formalisées par la mise en place de conventions entre le maître d'ouvrage (le BRGM) et les propriétaires des ouvrages.

Les conventions BRGM-CG29 et BRGM-DDAF56 de mise à disposition des piézomètres existants ont été respectivement signées les 6 et 9 janvier 2003.

Après lecture de ces conventions, la DIREN Centre a souhaité que la maîtrise d'ouvrage du BRGM soit plus clairement identifiée. Suite à une réunion locale entre le

BRGM et la DIREN Bretagne, un courrier a été envoyé le 16 mars 2004 au CG29 et à la DDAF56 pour préciser certaines phrases des conventions et notamment confirmer que le CG29 et la DDAF56 prêtent au BRGM les piézomètres (trou et tubage) ; le BRGM restant propriétaire des équipements mobiles installés sur les forages.

Les conventions ont été précisées le 16 avril 2004 par le CG29 et le 3 septembre 2004 par la DDAF56 quant à la maîtrise d'ouvrage du BRGM.

2.3. CONSULTATION DE FOREURS POUR RÉALISER LES PIÉZOMÈTRES

Afin de débiter la mise en place du réseau piézométrique de Bretagne (16 forages de l'année 1), une consultation restreinte des entreprises de forage avait été lancée afin de réaliser 20 piézomètres répartis de la façon suivante : 16 ouvrages en 2003 et 4 en 2004.

Pour terminer les travaux prévus en 2004 (12 forages), une seconde consultation restreinte d'entreprise de forage a été lancée par le BRGM Bretagne fin août 2004.

Cette consultation portait sur la réalisation de 8 nouveaux ouvrages et également sur l'aménagement des 4 piézomètres existants dans le Morbihan (cimentation et aménagement de la tête de forage).

La consultation seconde s'est basée sur un cahier des charges précis et conforme aux arrêtés préfectoraux (cf. annexe 1).

L'entreprise de forage AQUASSYS a été retenue pour le sérieux et la qualité de son offre répondant à l'attente technique et financière du réseau piézométrique breton.

Un contrat de sous-traitance a formalisé les conditions d'intervention de l'entreprise à la demande du BRGM.

2.4. DÉCLARATION DE TRAVAUX

Une déclaration préalable de travaux souterrains au titre du code minier a été rédigée pour chacun des 12 piézomètres en précisant les informations suivantes :

- propriétaire de l'ouvrage, entrepreneur, localisation et nature des travaux,
- extrait de carte au 1/25 000 et extrait de plan cadastral.

En fonction des dates prévisibles de début de travaux, les déclarations ont été envoyées à la DRIRE : le 5 février 2004 (2 forages), le 13 février 2004 (2 forages) et le 25 octobre 2004 (8 forages).

3. Réalisation de 12 points et aménagement de 4 forages du réseau piézométrique

3.1. RÉALISATION DE 12 PIÉZOMÈTRES

3.1.1. Planning des travaux et dispositif utilisé

Parmi ces 12 nouveaux piézomètres, 4 correspondaient à la première consultation des entreprises de forage et 8 à la seconde (cf. chapitre 2.3.).

En accord avec l'entreprise de forage et en fonction des consultations correspondantes, les 12 nouveaux piézomètres ont été effectués en deux temps : en début d'année 2004 (mars et juin) pour les 4 premiers forages, et en décembre 2004 pour les 8 derniers forages.

Tous les sondages ont été réalisés avec une sondeuse INGERSOLL RAND montée sur chenille (cf. figure 1).



Figure 1 - Photographies de la foreuse utilisée (sites de Baud et Spézet)

3.1.2. Implantation des sondages

Le réseau piézométrique de Bretagne a été implanté :

- selon des critères locaux : absence d'influence par des pompages en sous-sol, choix de secteurs à forte sensibilité des fluctuations piézométriques (plateaux plutôt que vallées), accessibilité, sécurité et pérennité du site ;
- et selon des critères régionaux : représentativité du climat et de ses contrastes géographiques, représentativité de la géologie de la Bretagne, cohérence et corrélation avec le réseau météorologique, cohérence et corrélation avec les données hydrométriques.

Le positionnement des 12 piézomètres réalisés en 2004 est représenté sur la figure 2.

La répartition des piézomètres réalisés sur chaque département est la suivante :

- Côtes d'Armor : 4 piézomètres,
- Finistère : 3 piézomètres,
- Morbihan : 1 piézomètre,
- Ille-et-Vilaine : 4 piézomètres.

Ces piézomètres sont tous situés à proximité des stations météorologiques de Météo-France, sauf au niveau de Bonnemain (35) où l'implantation d'une nouvelle station est envisagée selon Météo-France.

3.1.3. Résultats obtenus

Le tableau 1 donne le nom, la profondeur et la position exacte des ouvrages réalisés (coordonnées en Lambert 2 étendu), ainsi que leur indice de classement national dans la Banque de données du Sous-Sol (BSS).

Commune	Dépt	X	Y	Profondeur (m)	N° BSS
Quinténic	22	248863	2402089	31	0244-2X-0111/F
Merdrignac	22	246520	2365818	37	0315-2X-0027/F
Tremuson	22	216864	2405616	28	0243-1X-0106/F
Rostrenen	22	181000	2374180	28	0312-4X-0088/F
Spézet	29	149157	2370072	31	0311-3X-0031/F
Trégunc	29	135980	2334130	28	0382-2X-0021/F
Pluguffan	29	114227	2350588	28	0346-2X-0043/F
La Noë-Blanche	35	292765	2316979	37	0388-5X-0034/F
Pleurtuit	35	274385	2408202	28	0245-1X-0023/F
Bonnemain	35	296926	2393346	49	0246-5X-0061/F
Arbrissel	35	328520	2331600	28	0354-6X-0017/F
St Jacut les Pins	56	259140	2308390	28	0418-4X-0035/F

Tableau 1 - Caractéristiques des piézomètres réalisés en 2004

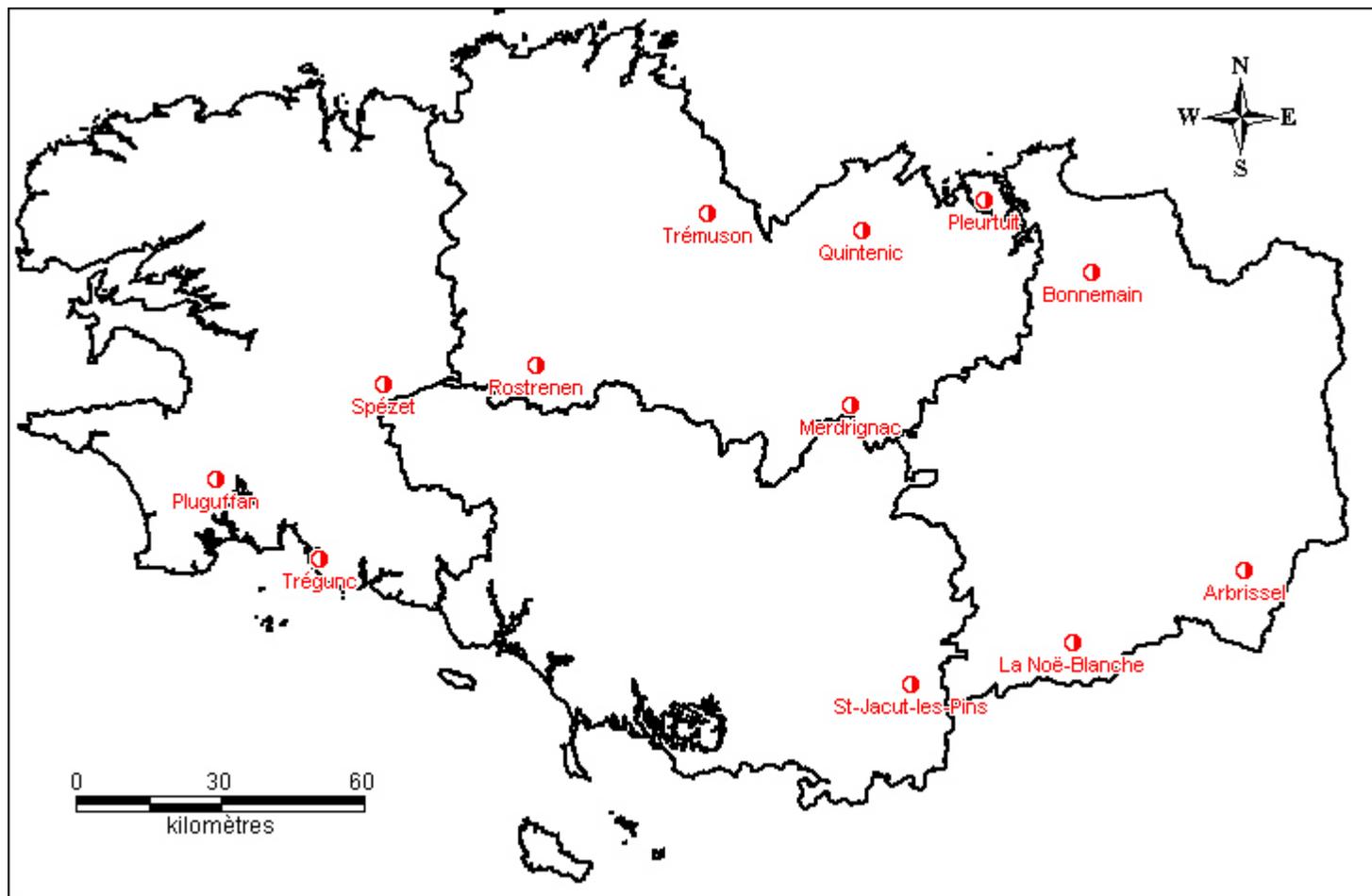


Figure 2 - Localisation des 12 piézomètres réalisés en 2004

12 piézomètres ont donc été réalisés, totalisant 381 mètres de foration. La profondeur des ouvrages varie de 28 à 49 m et est en moyenne de 31,75 m.

3.1.4. Coupe technique et coupe géologique

Tous les forages ont fait l'objet :

- d'un suivi géologique des terrains traversés, détaillé en annexe 2 sous la forme de coupes géologiques,
- d'un suivi technique (foration, tubages, cimentation, dalle de propreté et coffrage de protection), détaillé en annexe 2 sous la forme de coupes techniques.

Les ouvrages ont été réalisés conformément aux préconisations du cahier des charges technique de la consultation (cf. annexe 1) :

- foration au sein des formations de surface en diamètre 254 mm (jusqu'à environ 10 m de profondeur) et au sein du socle dans un diamètre de 165 mm (jusqu'à la profondeur finale du piézomètre),
- équipement en tubage PVC pleins et crépinés de diamètre 115 x 125 mm (intérieur-extérieur),
- cimentation de l'annulaire « dans les normes » entre 0 et 10 m de profondeur,
- coffrage de protection 0,8 m de diamètre muni d'un couvercle de fermeture amovible en béton et muni de pattes permettant le passage d'un cadenas,
- et dalle de propreté carrée de 2 m de côté, scellée sur le coffrage, en pente vers l'extérieur du forage.

Ces piézomètres ont donc un aspect de surface identique : tube PVC de diamètre extérieur 125 mm recouvert d'un bouchon de surface, buse bétonnée circulaire de 80 cm de diamètre recouverte par un couvercle béton ; la buse étant fixée dans la dalle de propreté (cf. figures 3 et 4).



Figure 3 - Photographie de l'aspect extérieur du forage (site de Trégunc)



Figure 4 - Photographie de l'intérieur du coffrage (site de Rostrenen)

Au niveau de chaque piézomètre, l'intérieur du coffrage a également été équipé par une gaine assurant la vidange d'eau présente dans le coffrage dans le cas d'un trop plein (forage artésien).

3.1.5. Incident

Lors de la cimentation du forage d'Arbrissel (35) et malgré les contrôles effectués, le laitier cimentant l'annulaire a circulé dans un réseau de fracture entre le haut (tranche 0-10 m) et le bas du forage. Ceci a entraîné 7 m de ciment dans le fond du forage au niveau des crépines, laissant ainsi 5 m de crépines utilisables.

Si le piézomètre ne donne pas satisfaction dans son suivi piézométrique, l'entreprise de forage s'est engagée à refaire l'ouvrage.

3.1.6. Relevés piézométriques et arrivées d'eau

Les arrivées d'eau observées en cours de foration (cf. figure 5) sont notées sur les coupes de l'annexe 2. Les niveaux piézométriques ont été relevés à la fin de réalisation de chaque ouvrage et sont également reportés sur ces coupes.

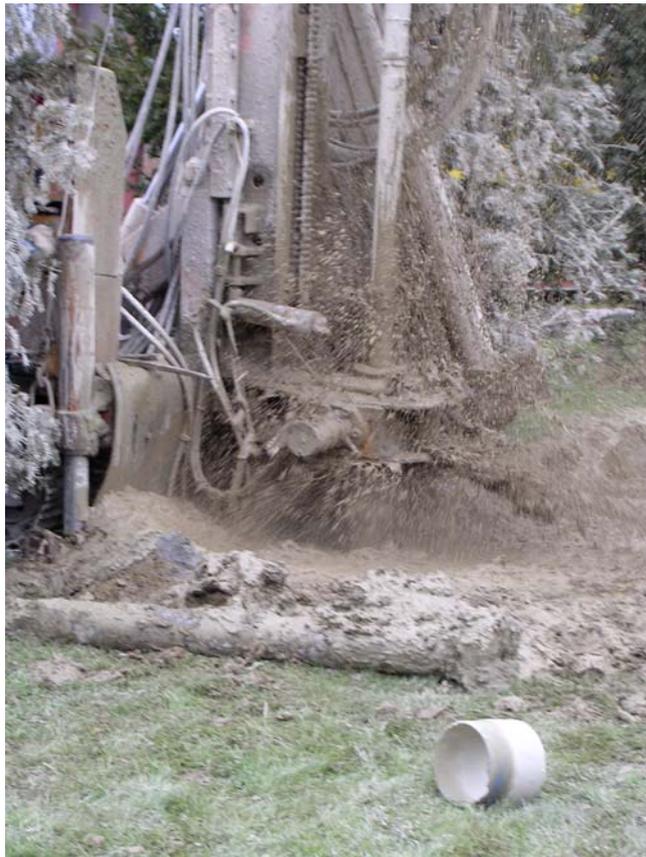


Figure 5 - Arrivée d'eau sur le forage de Spézet

3.2. AMÉNAGEMENT DE 4 PIÉZOMÈTRES DU MORBIHAN

3.2.1. Localisation et caractéristiques des sondages à aménager

Les 4 ouvrages existants à aménager sont les suivants :

- Ploërdut : forage S9 réalisé le 10/01/1980 près de la Croix de Barac'h sur la commune de Ploërdut
- Bieuzy : forage F5 réalisé le 25/09/1984 à Saint-Samson sur la commune de Bieuzy
- Grandchamp : forage S2 réalisé le 31/03/1988 à Lost er Lenn sur la commune de Grandchamp
- Guer : forage S6 réalisé le 10/05/1988 à La Telhaie sur la commune de Guer

Les caractéristiques techniques de chaque ouvrage sont précisées en annexe 1 et dans le tableau 2.

Commune	Dépt	X	Y	Profondeur (m)	N° BSS
Ploërdut	56	182200	2358300	51	03128X0011/F
Bieuzy	56	199670	2347950	32	03493X0013/F
Grandchamp	56	214100	2322720	45	03851X0021/S2
Guer	56	265750	2326880	47	03871X0016/F

Tableau 2 - Caractéristiques des 4 piézomètres du Morbihan

En raison de l'absence de cimentation conforme aux prescriptions de l'arrêté préfectoral du Morbihan, compensée à l'époque par un prétubage laissé en place dans le sol (diamètre intérieur 157 ou 160 mm), ces 4 ouvrages sont à aménager.

L'aménagement prévu (cimentation et aménagement d'une tête de forage identique aux nouveaux piézomètres) a été intégré au niveau de la seconde consultation des entreprises de forage (cf. chapitre 2.3.).

3.2.2. Planning des travaux et dispositif utilisé

En accord avec l'entreprise de forage, les aménagements des 4 piézomètres ont été effectués début janvier 2005 à l'aide d'une pelle mécanique (cf. figure 6).

3.2.3. Résultats obtenus

Les ouvrages ont été aménagés conformément aux préconisations du cahier des charges technique de la consultation (cf. annexe 1) :

- creusement du pourtour de l'ouvrage sur une profondeur de 50 cm, à la pelle mécanique puis à la pelle manuelle pour aplanir le terrain (cf. figures 6 et 7) ;
- ajout d'une collerette d'étanchéité de ciment autour du tube du piézomètre sur une épaisseur d'au moins 35 cm ;
- mise en place d'un coffrage de protection de 80 cm de diamètre, dépassant de la dalle de propreté de 25 cm environ, munie d'un couvercle de fermeture amovible en béton et muni de pattes permettant le passage d'un cadenas (cf. figure 8) ;
- constitution en surface d'une dalle de propreté carrée de 1.60 m de côté, scellée sur le coffrage, en pente vers l'extérieur du forage (cf. figure 8). La taille de la margelle initialement prévue à 2 m de côté a été réduite en raison des obstacles locaux (sapins, talus, fossés, limite de parcelle).



Figure 6 - Travaux à la pelle mécanique sur le site de Bieuzy



Figure 7 - Préparation du terrain avant cimentation sur le site de Bieuzy



Figure 8 - Photographie de l'aspect extérieur du forage après aménagement (site de Ploërdut)

4. Intégration des ouvrages existants

4.1. LOCALISATION ET CARACTÉRISTIQUES DES SONDAGES

En raison du suivi piézométrique existant depuis plusieurs années, l'étude de faisabilité du réseau piézométrique de Bretagne prévoyait l'utilisation des piézomètres existants suivants (cf. figure 9) :

- 10 ouvrages du CG29 (suivis depuis 1992-1993),
- et 4 de la DDAF56 (suivis depuis 1980-1984-1988).

Les 4 ouvrages du Morbihan ont été décrits dans le chapitre 3.2.1.

Les 10 piézomètres du Finistère font références aux ouvrages suivants :

- Plourin : piézomètre créé le 21/10/1992 à Kervéat sur la commune de Plourin
- St-Divy : piézomètre créé le 21/10/1992 à Pen-ar-Forest sur la commune de St-Divy
- Plouvorn : piézomètre créé le 23/10/1992 à l'Hippodrome de Landivisiau sur la commune de Plouvorn
- Commana : piézomètre créé le 22/10/1992 à Toulloulan sur la commune de Commana
- Plougouven : piézomètre créé le 08/04/1992 à Toulivinen sur la commune de Plougouven
- St-Hernin : piézomètre créé en octobre 1974 à Bellevue sur la commune de St-Hernin
- Scaër : piézomètre créé le 26/10/1992 à Kervélenec sur la commune de Scaër
- Guilligomarc'h : piézomètre créé le 27/10/1992 à St-Eloi sur la commune de Guilligomarc'h
- Landrévarzec : piézomètre créé le 07/04/1992 à Kervalennou sur la commune de Landrévarzec
- Landudec : piézomètre créé le 29/10/1992 au Château d'eau sur la commune de Landudec

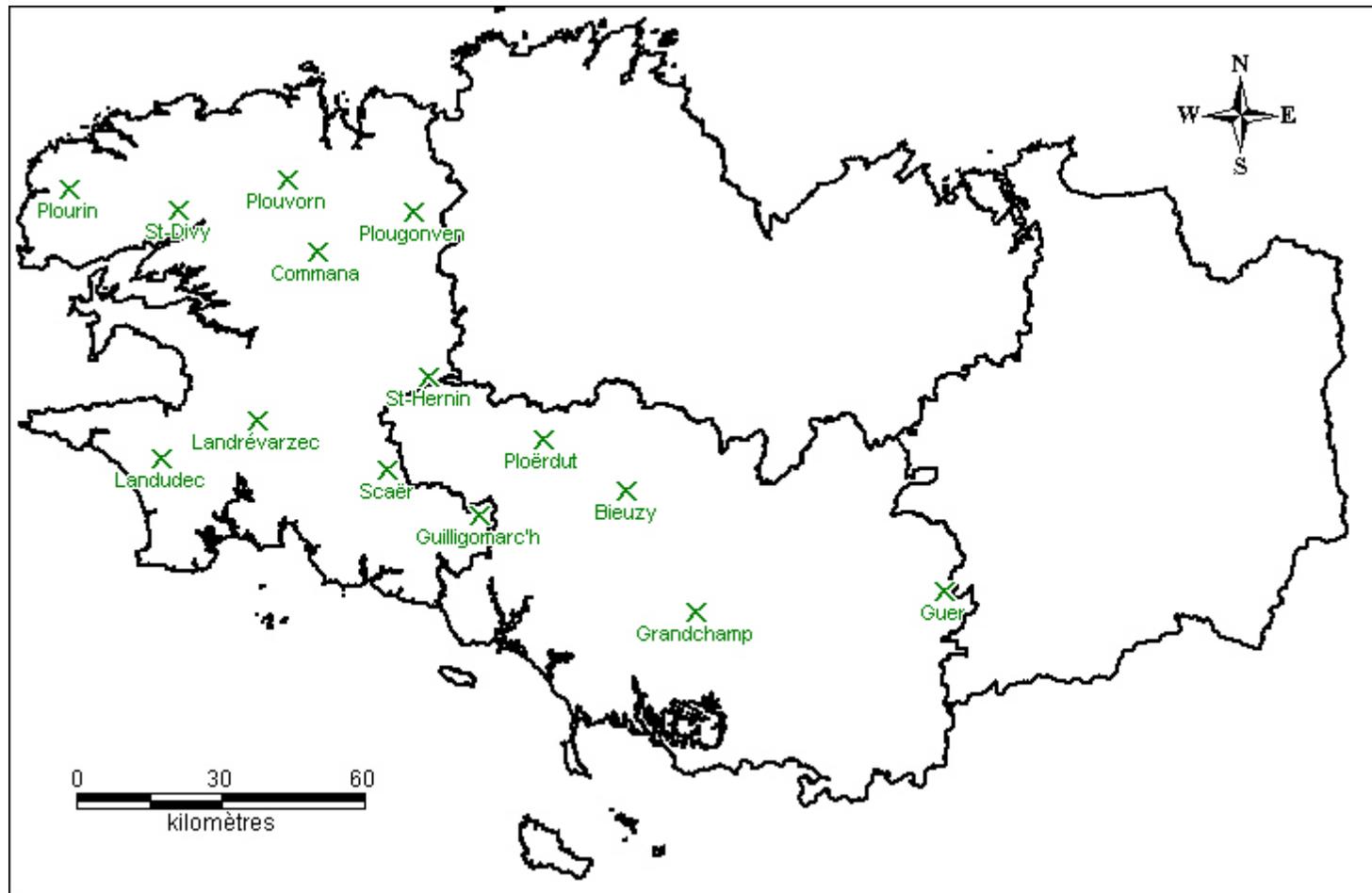


Figure 9 - Localisation des 14 piézomètres existants

Les caractéristiques techniques de chaque ouvrage sont précisées dans le tableau 3.

Commune	Dépt	X	Y	Profondeur (m)	N° BSS
Plourin	29	83500	2410080	16.5	02385X0046/PZ
St-Divy	29	106200	2405850	19.5	02388X0060/F1
Plouvorn	29	128900	2412340	22.5	02394X0019/F
Commana	29	135000	2397280	28.5	02761X0032/PZ
Plougonven	29	155053	2405448	37	02408X0016/F
St-Hernin	29	158530	2371200	55	03114X0023/F
Scaër	29	149880	2352150	19.5	03473X0029/PZ
Guilligomarc'h	29	168900	2342650	37.5	03486X0022/PZ
Landrévarzec	29	122820	2362560	24	03107X0008/F
Landudec	29	102650	2354600	35.5	03454X0070/F

Tableau 3 - Caractéristiques des 10 piézomètres du Finistère

Les caractéristiques hydrogéologiques des 14 piézomètres existants ont été récupérés auprès des propriétaires des forages : CG29 et DDAF56. Ceci a permis d'établir les coupes géologiques et techniques de l'annexe 3.

4.2. FORMALISATION DES CONVENTIONS DE MISE À DISPOSITION DES TERRAINS

Les emplacements des 14 piézomètres à intégrer sont situés sur des terrains :

- appartenant au CG29 (délaissés routiers) : 6 piézomètres,
- privés (Syndicats d'Eau 3, Société Hippique 1) : 4 piézomètres,
- appartenant à des particuliers (privés) : 2 piézomètres,
- communaux (Association foncière de remembrement) : 2 piézomètres.

Selon l'appartenance des terrains où ont été implantés les piézomètres (domaine public ou domaine privé), des conventions de mise à disposition des terrains ont été formalisées et signées en utilisant les modèles suivants :

- une Concession de voirie pour un terrain public,
- et un Contrat de Bail pour un terrain privé.

La mise à disposition des terrains du CG29 était convenue dans la convention BRGM-CG29 du 6 janvier 2003 (mise à disposition des piézomètres existants).

4.3. ANCIENS ÉQUIPEMENTS DES FORAGES

Dans le Finistère, 10 piézomètres existants et automatisés ont été mis en service depuis avril 1992 à juillet 1993. Ce réseau, mis en place par le CG29 était géré par la DDE (Subdivision Hydrologie Annonce des Crues : SHAC). Les piézomètres étaient équipés de capteurs PARATRONIC et de stations CR2M. Le SHAC utilise un logiciel interne d'acquisition et de traitement des données : CAPITOLE. Ces 10 piézomètres étaient reliés à un serveur du SHAC à Quimper par télétransmission RTC. Ce serveur assurait le rapatriement des données piézométriques au site de Quimper.

Dans le Morbihan, 4 piézomètres existants étaient suivis par la DDAF, à Ploerdut depuis 1980, à Bieuzy depuis 1984, à Grandchamp et Guer depuis 1988. Pour chacun de ces piézomètres, la DDAF dispose d'enregistrements mécaniques graphiques (liminigraphes OTT) relevés régulièrement et récemment mis en forme sur Excel[®] (1 valeur retenue par jour).

Dans les conventions de mise à disposition des 14 piézomètres existants, signées les 6 et 9 janvier 2003 avec le CG29 et la DDAF56, les modalités techniques d'intégration suivantes ont été retenues :

- remplacement de l'équipement en place par un matériel homogène pour tout le réseau piézométrique régional,
- choix du lieu de télétransmission des données (à Rennes au BRGM),
- et envoi de l'historique piézométrique au BRGM.

Les chroniques piézométriques mesurées par le CG29 et par la DDAF56 (depuis la date de mise en place jusqu'à la date de remplacement) ont été transmises au BRGM respectivement les 8 et 17 décembre 2004.

5. Equipement de 26 points du réseau piézométrique

Les 26 stations équipées lors de l'année 2 du projet sont : les 10 forages existants dans le Finistère, les 4 existants dans le Morbihan, et les 12 nouvellement créées.

5.1. CHOIX ET COMMANDE DU MATÉRIEL

Un appel d'offre européen a été lancé en centralisant au niveau national les demandes de matériels des Services Géologiques Régionaux du BRGM. L'entreprise « OTT Hydrometry » a été retenue.

Un contrat de sous-traitance a formalisé les conditions d'intervention de l'entreprise à la demande du BRGM.

En 2004, deux commandes de matériel ont été envoyées auprès de l'entreprise OTT le 8 septembre et le 3 décembre pour l'achat et l'installation des dispositifs (mesure et télétransmission) sur les 26 stations, mais aussi pour continuer la constitution d'un stock de pièces de rechange équivalent à 3 stations complètes.

Le Service Géologique Régional de Bretagne a commandé :

- du matériel pour les 26 piézomètres (mesure, stockage et télétransmission),
- du matériel pour 3 stations complètes assurant la fin de constitution d'un stock de pièces de rechange (en tout 4 stations complètes : 2 RTC et 2 GSM),
- 12 batteries et 7 chargeurs de batteries assurant la fin de constitution d'un stock de pièces de rechange (en tout 16 batteries - 8 RTC et 8 GSM - et 8 chargeurs),
- l'installation du matériel sur chacun des 26 piézomètres.

Sur ces 26 points, le choix du mode de télétransmission des données s'est porté : sur la solution GSM (selon le réseau existant, les opérateurs SFR et Orange ont été retenus) pour 16 points, et sur la liaison téléphonique pour les 10 points du Finistère (renouvellement d'abonnement et changement du propriétaire de la ligne).

Le détail des deux commandes du Service Géologique Régional de Bretagne est ainsi composée de :

- 29 capteurs mono voie Flotteur Thalimèdes (26 à installer et 3 en stock),
- 10 modems pour capteur intelligent Filiaire Thalimèdes (10 à installer),

- 19 modems pour capteur intelligent GSM Thalimèdes (16 à installer et 3 en stock),
- 4 batteries 12V/24Ah pour modem GSM,
- 8 batteries 12V/6.5Ah pour modem RTC,
- 3 chargeurs de batterie 12V/6.5Ah à 20Ah,
- 4 chargeurs de batterie 12V/plus de 20Ah,
- 26 installations sur site.

5.2. MODE DE FONCTIONNEMENT DU MATÉRIEL INSTALLÉ

La figure 10 extraite du manuel d'utilisation de l'entreprise « OTT Hydrometry » illustre le mode de fonctionnement du codeur enregistreur Thalimèdes.

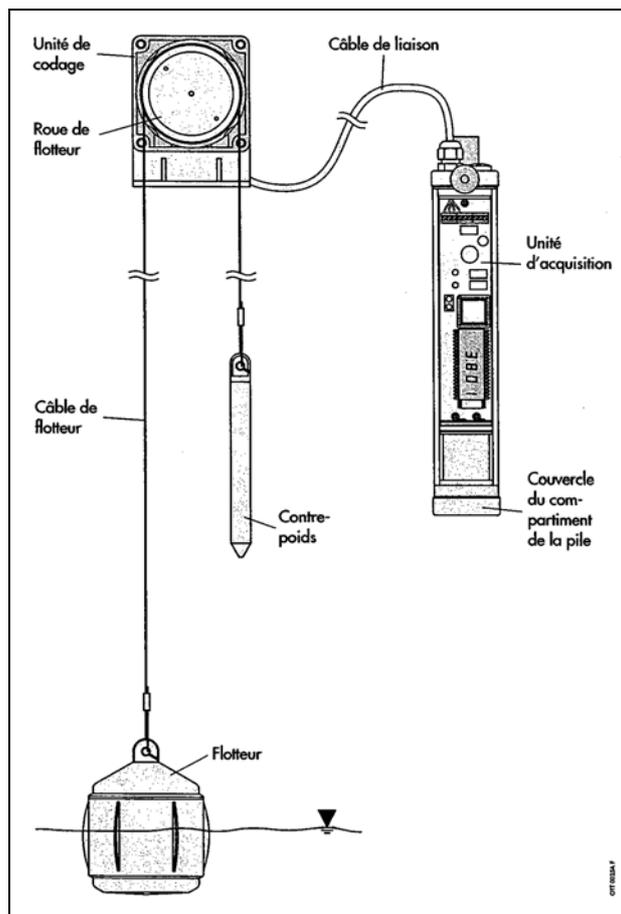


Figure 10 - Schéma de fonctionnement du codeur enregistreur Thalimèdes OTT

Le flotteur situé à la surface de la nappe est relié, par un câble pivotant sur une poulie, à une unité de codage. Un câble assure la liaison entre cette unité et la centrale d'acquisition. Cette centrale dispose d'un afficheur LCD qui indique à tout moment le niveau d'eau, la date, l'heure et l'état de la pile. Cet afficheur est équipé d'un détecteur de mouvement permettant d'activer la station à tout moment. La centrale peut communiquer avec un ordinateur portable grâce à une lecture infra rouge (interface IrDA). Ceci permet notamment de paramétrer la station et de rapatrier les mesures.

Les centrales d'acquisition reliées à un modem RTC sont alimentées par une pile 1,5 V et les centrales reliées à un modem GSM sont alimentées par la batterie 12V/24Ah.

Le matériel décrit ci-dessus est positionné dans le tubage du forage et la centrale d'acquisition est reliée à un boîtier de protection (cf. figure 11) comprenant : un modem RTC ou GSM, un fil téléphonique ou une antenne GSM, un raccordement de la prise de terre (cas liaison RTC), un parasurtenseur (cas liaison RTC), et une batterie 12V/6,5Ah (modem RTC) ou 12V/24Ah (modem GSM).



Figure 11 - Photographie d'un boîtier de protection RTC

5.3. PLANNING DES INSTALLATIONS ET ÉQUIPEMENT DES PIÉZOMÈTRES

Les 26 piézomètres ont été équipés par le BRGM et par un technicien de l'entreprise « OTT Hydrometry » en deux missions : novembre 2004 (18 ouvrages) et février 2005 (8 ouvrages).

- Les 10 piézomètres existants du Finistère ont été équipés de flotteurs et de modems filaires RTC.

Les boîtiers mis en place ont les dimensions suivantes : 20 x 30 x 16 cm.

Ces stations sont actuellement opérationnelles puisque les lignes téléphoniques ont été renouvelées et mises au nom du BRGM.

Les forages existants du Finistère sont situés à l'intérieur d'armoires DDE (4 piézomètres), sous des tampons en fontes à l'extérieur d'armoires DDE (4), sous des buses en béton sur des sites de Syndicat d'Eau (2).

Pour les 4 piézomètres situés à l'intérieur d'une armoire DDE, le dispositif complet a été installé à l'intérieur de l'armoire (cf. figure 12).

Pour les 4 piézomètres positionnés à côté d'armoires DDE un allongement du câble situé entre le boîtier et la centrale d'acquisition a été nécessaire (longueur de 10 m). Ceci a permis de disposer la centrale dans le tubage (cf. figure 13) et le boîtier dans l'armoire DDE (cf. figure 14).

Pour les 2 piézomètres des sites de Syndicat d'Eau, le boîtier a été posé à côté du tubage PVC (cf. figure 15).

La figure 12 montre les 3 fils reliés au boîtier :

- le fil en provenance de la centrale d'acquisition,
- le fil téléphonique (pas encore branché sur la photographie),
- et le fil de la prise de terre (vert et jaune).



Figure 12 - Photographie du matériel après mise en place (site de St-Divy)



Figure 13 - Photographie de centrale d'acquisition après mise en place (site de Landrévarzec)



Figure 14 - Photographie du boîtier après mise en place (site de Commana)

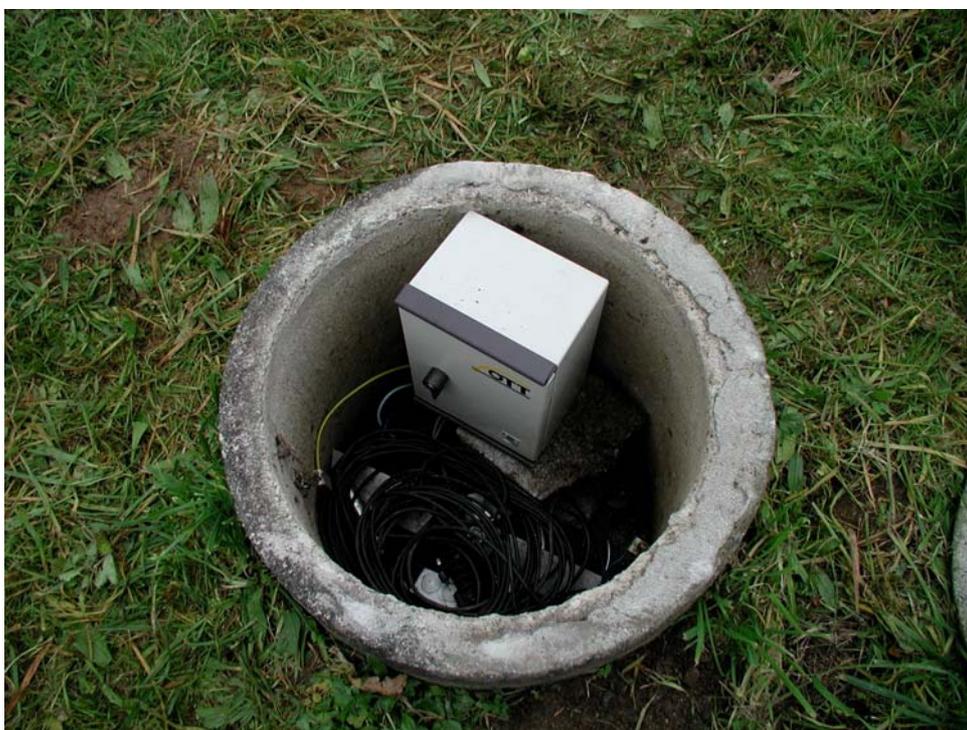


Figure 15 - Photographie du matériel après mise en place (site de St-Hernin)

- 16 piézomètres ont été équipés de flotteurs et de modems GSM : 12 nouveaux forages et 4 existants du Morbihan.

Les boîtiers mis en place sont plus grand que les boîtiers précédents (dimensions : 30 x 40 x 20 cm) en raison d'une batterie plus importante (batterie 12V/24Ah).

Ces stations sont actuellement opérationnelles puisque les cartes téléphoniques (puces) ont été commandées et activées.

La figure 16 montre l'envergure du dispositif GSM après installation : le boîtier est posé à côté du tubage PVC dans le coffrage de protection du piézomètre.



Figure 16 - Photographie du matériel GSM après mise en place (site de La Noë Blanche)

Suite à la mise en place du matériel, chaque station a été paramétrée en précisant :

- la mesure actuelle du niveau piézométrique mesuré avec une sonde lumineuse manuelle,
- la cadence de mesure : 1 mesure par heure,
- la date et l'heure,
- le nom de la station (codage sur 10 caractères),
- la précision de la lecture : centimètre.

Les informations relevées sur le terrain lors de l'installation du matériel au niveau des stations sont rassemblées dans le tableau 4.

Commune	Dépt	Profondeur (m/haut repère)	Date début mesure	Heure début mesure	Nom station
Ploërdut	56	13.06	16/11/2004	15h00	00PLOERDUT
Bieuzy	56	8.05	16/11/2004	13h00	0000BIEUZY
Grandchamp	56	1.52	16/11/2004	10h00	GRANDCHAMP
Guer	56	10.68	15/11/2004	13h00	000000GUER
St Jacut les Pins	56	7.71	15/02/2005	11h00	00ST-JACUT
La Noë-Blanche	35	15.24	15/11/2004	20h00	NOE-BLANCH
Arbrissel	35	4.86	17/02/2005	17h00	0ARBRISSEL
Bonnemain	35	9.27	17/02/2005	12h00	0BONNEMAIN
Pleurtuit	35	1.30	17/02/2005	15h00	0PLEURUIT
Quinténic	22	0.69	18/11/2004	11h00	0QUINTENIC
Merdrignac	22	5.07	18/11/2004	18h00	MERDRIGNAC
Tremuson	22	2.12	16/02/2005	18h00	00TREMUSON
Rostrenen	22	12.32	16/02/2005	12h00	0ROSTRENEN
Pluguffan	29	7.04	16/02/2005	10h00	0PLUGUFFAN
Trégunc	29	2.72	15/02/2005	19h00	000TREGUNC
Spézet	29	2.04	16/11/2004	17h00	0000SPEZET
Plourin	29	2.20	04/11/2004	10h00	000PLOURIN
St-Divy	29	6.55	04/11/2004	12h00	000ST-DIVY
Plouvorn	29	1.70	04/11/2004	13h00	00PLOUVORN
Commana	29	12.95	17/11/2004	15h00	000COMMANA
Plougouven	29	14.37	04/11/2004	17h00	PLOUGONVEN
St-Hernin	29	3.45	03/11/2004	17h00	0ST-HERNIN
Scaër	29	2.55	03/11/2004	13h00	00000SCAER
Guilligomarc'h	29	20.5	03/11/2004	11h00	GUILLIGOMA
Landrévarzec	29	8.43	17/11/2004	13h00	LANDREVARZ
Landudec	29	9.15	17/11/2004	12h00	00LANDUDEC

Tableau 4 - Caractéristiques des piézomètres lors de la mise en route du matériel de mesure

6. Acquisition et mise à disposition des chroniques piézométriques

6.1. RACCORDEMENT AU RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE

Sur les 16 piézomètres réalisés en 2003 (cf. chapitre 1.2.), 11 ouvrages nécessitaient d'être reliés au réseau France Télécom (5 sont raccordés à des modems GSM). Ce travail de raccordement a été effectué de juin à septembre 2004.

9 forages sont situés à proximité d'un poteau téléphonique (entre 1 et 10 m) et 2 forages sont situés à 6-10 m d'un câble téléphonique enterré (Theix et Bignan dans le Morbihan).

Le travail à réaliser sur ces 2 derniers ouvrages a été confié à une entreprise spécialisée (CISE TP Ouest) capable de détecter des câbles enterrés.

Pour les autres forages, des travaux ont été entrepris entre le forage et le poteau afin de faire passer un câble téléphonique enterré.

Le terrain a été préparé en plusieurs étapes :

- réalisation d'une tranchée de 20 cm de largeur et de 60 cm de profondeur à l'aide d'une mini-pelle mécanique (cf. figure 17),
- mis en place d'un nouveau fourreau (vert souple de diamètre 42-45 mm) relié à l'ancien (orange) avec une bague (cf. figure 18),
- au niveau du poteau téléphonique, le fourreau est remonté à 1,5 m du sol,
- positionnement d'un grillage avertisseur avant rebouchage de la tranchée.



Figure 17 - Intervention de la mini-pelle mécanique sur le site de Pommerit-Jaudy



Figure 18 - Liaison des fourreaux sur le site de Pommerit-Jaudy

Suite à ces travaux, l'intervention de France Télécom consistait à mettre en service de la ligne téléphonique après passage de cette ligne dans le fourreau reliant le forage au poteau téléphonique (cf. figure 19 et 20).



Figure 19 - Mise en place d'une ligne téléphonique sur le site de Pommerit-Jaudy



Figure 20 - Mise en place d'une ligne téléphonique sur le site de Saint-Ségal

6.2. TÉLÉTRANSMISSION DES DONNÉES

A l'issue de l'année 2 du projet SILURES Suivi, les 42 piézomètres du réseau ont été équipés en moyens de télétransmission : 21 piézomètres seront télétransmis par la ligne téléphonique et 21 piézomètres seront télétransmis via un téléphone portable.

La figure 21 montre la répartition des 42 points du réseau et leur mode de télétransmission des données.

La répartition des piézomètres présents sur chaque département est la suivante :

- Côtes d'Armor : 9 piézomètres (4 GSM et 5 RTC),
- Finistère : 14 piézomètres (3 GSM et 11 RTC),
- Morbihan : 11 piézomètres (7 GSM et 4 RTC),
- Ille-et-Vilaine : 8 piézomètres (7 GSM et 1 RTC).

6.3. RÉCEPTION DES DONNÉES MESURÉES SUR L'ORDINATEUR DÉDIÉ

Sur l'ordinateur portable dédié au réseau piézométrique (basé au BRGM Bretagne), le logiciel d'acquisition et de traitement des données, HYDRAS3 de l'entreprise OTT, a été installé. En mars 2004, deux employés du BRGM Bretagne ont reçu une formation pour utiliser ce logiciel.

Sur l'ordinateur, l'architecture du réseau définitif a été créée et le fonctionnement des stations piézométrique par télétransmission a été testé.

Un export des chroniques piézométriques au format SANDRE est ensuite possible.

6.4. TRAITEMENT DES CHRONIQUES ANCIENNES

Comme précisé au chapitre 4.3. les chroniques piézométriques des 14 ouvrages existants ont été récupérées en décembre 2004 : 34 120 données journalières pour les 10 forages du Finistère et 21 683 données journalières pour ceux du Morbihan.

Les données brutes du Finistère ont été filtrées pour retenir une valeur journalière (le pas de temps était 1 mesure toutes les 6 minutes), analysées (comparaison des données automatiques et des relevés manuels), corrigées (dérive d'un capteur de pression quantifiable, panne d'un capteur suite à un orage, influence d'un pompage voisin), puis mis au format SANDRE.

Les données brutes journalières du Morbihan ont été traitées : élimination des mesures pendant un pompage d'essai sur un ouvrage voisin, puis mis au format SANDRE.

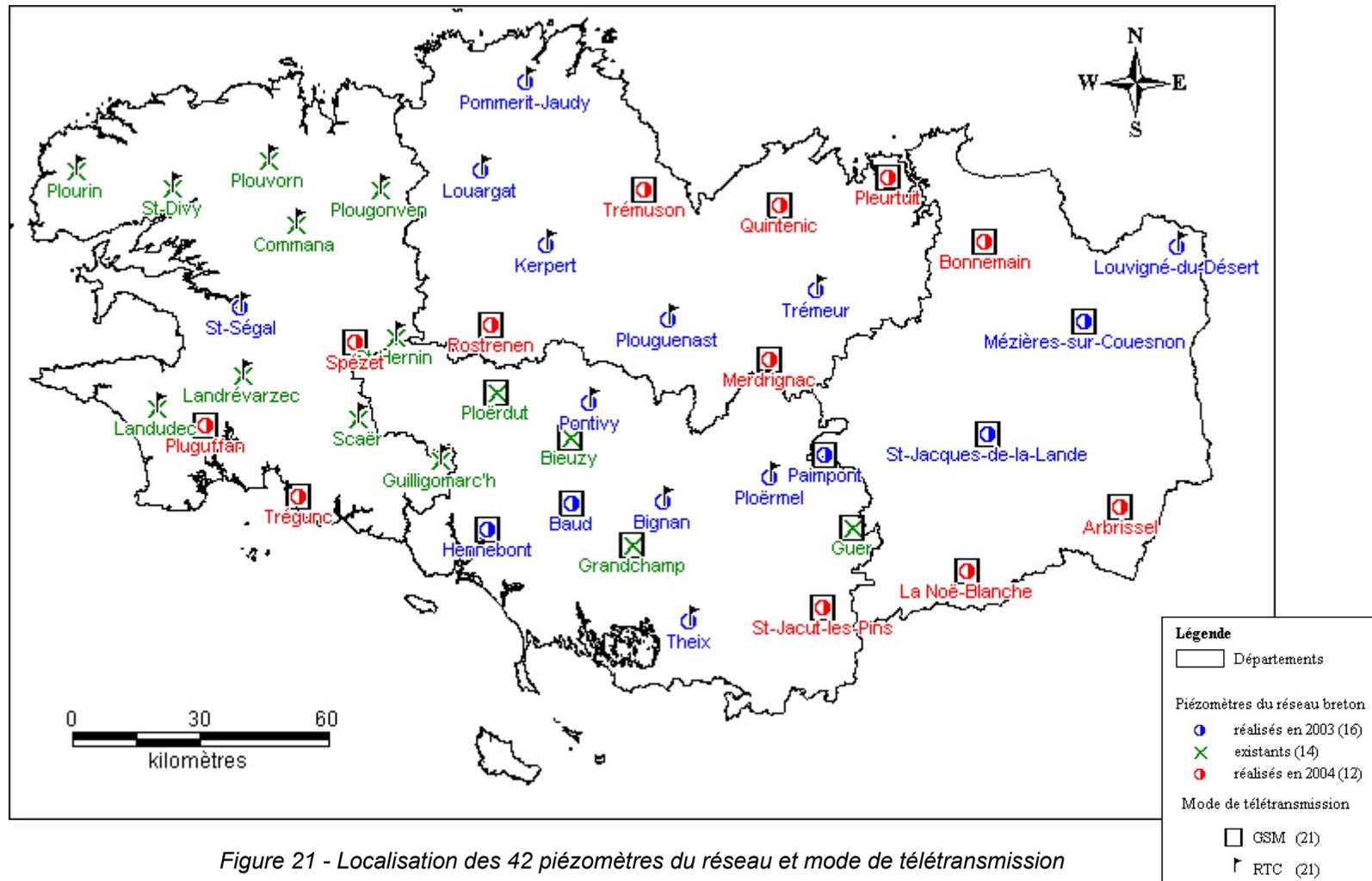


Figure 21 - Localisation des 42 piézomètres du réseau et mode de télétransmission

6.5. MISE À DISPOSITION DES DONNÉES SUR LE SITE INTERNET ADES

Sur le site internet ADES « Accès aux Données sur les Eaux Souterraines » (<http://ades.rnde.tm.fr>), le réseau piézométrique breton a été créé sous le nom :

- RRESOUPBRE - 0400000020 - Réseau de suivi quantitatif des eaux souterraines de la région Bretagne (SILURES Suivi).

Les 42 points du réseau ont été identifiés par leur numéro BSS puis décrits avec notamment les informations suivantes :

- identification du piézomètre (dénomination, lieu-dit, coordonnées X Y Z, entité hydrogéologique captée) ;
- précisions concernant le repère (fréquemment le haut du tubage) pour calculer des profondeurs de nappe par rapport au sol ;
- détail du matériel utilisé, date de mise en place, pas de mesure ;
- identification du gestionnaire du piézomètre (anciens et nouveau).

Les chroniques anciennes (traitées et mis en forme) ont été mises à disposition sur ADES. Les nouvelles chroniques (télétransmises avec HYDRAS3) ont également été mises à disposition puis elles seront régulièrement mises à jour tous les mois.

6.6. ATLAS DU RÉSEAU PIÉZOMÉTRIQUE

Courant 2005, à l'issue de ce travail de mise en place du réseau piézométrique de Bretagne, le BRGM établira un atlas recensant les caractéristiques de chacun des 42 piézomètres du réseau.

Cet atlas sera largement diffusé, notamment aux propriétaires des terrains et aux acteurs bretons.

7. Travail programmé pour l'année 2005

Au cours de l'année 2005, le travail sera consacré à gérer le bon fonctionnement du réseau piézométrique et à mettre à disposition les chroniques piézométriques mesurées sur les 42 ouvrages sur le site internet ADES.

Les tâches programmées sont les suivantes :

- Gestion du réseau : abonnements France Télécom et opérateurs GSM, acquisition des données, transmission à Rennes (BRGM Bretagne), validation, mise en forme et mise à disposition ;
- Maintenance régionale des matériels : vérifications périodiques de leur état, petites réparations, ré-installation des matériels réparés en atelier ou changés ;
- Renouvellement du stock de pièces de rechange et service après vente du fournisseur ;
- Achat des données météorologiques : acquisition des données climatiques pour le calcul des pluies efficaces et pour la comparaison des données piézométriques et météorologiques ;
- Rapports : édition d'un annuaire et de 3 bulletins de tendance par an.

Annexe 1

Cahier des charges technique de la seconde consultation restreinte des entreprises de forages

**SERVICE GEOLOGIQUE REGIONAL
BRETAGNE**

CAHIER DES CHARGES TECHNIQUES

Maître d'ouvrage : brgm
Service Géologique Régional de Bretagne
ZAC St-Sulpice
2, rue de Jouanet
35700 RENNES

Objet de la consultation :
Réseau piézométrique de Bretagne
Réalisation de 8 piézomètres et aménagement de 4 piézomètres

Date limite de réponse à la consultation : le vendredi 17 septembre 2004

Le présent Cahier des Charges Techniques comporte 6 annexes :

- Annexe 1 - Répartition géographique des forages à réaliser et à aménager
- Annexe 2 - Devis estimatif (à remplir et retourner par les foreurs sollicités)
- Annexe 3 - Coupe technique du piézomètre, cimentation et protection de la tête
- Annexe 4 - Aménagement du piézomètre, cimentation et protection de la tête
- Annexe 5 - Exemples d'accès aux sites de forages
- Annexe 6 - Exemples d'accès aux sites des piézomètres existants

SOMMAIRE

1. CHAPITRE 1 - OBJECTIF ET CONTENU DES TRAVAUX.....	3
1.1. ARTICLE 1 - OBJECTIF DES TRAVAUX.....	3
1.2. ARTICLE 2 - CONTENU DES TRAVAUX.....	3
2. CHAPITRE 2 - MODALITES D'EXECUTION DES TRAVAUX.....	3
2.1. ARTICLE 3 - TECHNIQUE DE FORAGE	3
2.1.1. <i>Fluide de forage</i>	4
2.1.2. <i>Diamètres d'exécution des forages</i>	4
2.2. ARTICLE 4 - DESCRIPTION DES PIÉZOMÈTRES À RÉALISER	4
2.3. ARTICLE 5 - DESCRIPTION DES PIÉZOMÈTRES EXISTANTS À AMÉNAGER	5
2.3.1. <i>Description des ouvrages à aménager</i>	5
2.3.2. <i>Aménagement technique</i>	5
3. CHAPITRE 3 - SPECIFICATIONS DES MATERIELS ET MATERIAUX.....	6
3.1. ARTICLE 6 - MATÉRIELS CONSTITUANT L'ATELIER DE FORAGE	6
3.1.1. <i>Atelier de forage</i>	6
3.1.2. <i>Outils de forage</i>	6
3.2. ARTICLE 7 - MATÉRIELS TUBULAIRES ET MATÉRIAUX	7
3.2.1. <i>Prescriptions relatives au ciment</i>	7
3.2.2. <i>Matériel tubulaire PVC</i>	7
4. CHAPITRE 4 - MODE D'EXECUTION DES TRAVAUX	8
4.1. ARTICLE 8 - ACCÈS AUX SITES, AMÉNAGEMENTS ET REMISE EN ÉTAT	8
4.1.1. <i>Implantation</i>	8
4.1.2. <i>Accès aux sites</i>	8
4.1.3. <i>Détection des câbles et canalisations enterrées</i>	8
4.1.3. <i>Aménagement des sites et risques de pollution</i>	8
4.1.4. <i>Enlèvement des déblais et remise en état du site</i>	8

1. CHAPITRE 1 - OBJECTIF ET CONTENU DES TRAVAUX

1.1. ARTICLE 1 - OBJECTIF DES TRAVAUX

Le présent cahier des charges est relatif à la réalisation d'une campagne de 8 forages équipés en piézomètres et à l'aménagement de 4 ouvrages existants.

L'objectif de ces piézomètres est de suivre, en temps réel, les variations des niveaux de nappe dans plusieurs formations géologiques de Bretagne.

Ces travaux de forage correspondent à un programme défini en relation étroite entre le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (Direction de l'Eau), l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne, la Région Bretagne et le brgm Bretagne.

1.2. ARTICLE 2 - CONTENU DES TRAVAUX

Les travaux de cette campagne comportent :

- la foration de 8 ouvrages en Bretagne et l'équipement de ces 8 forages en piézomètres par du tubage en PVC crépiné sur une certaine hauteur, avec une tête de forage conforme aux arrêtés préfectoraux en vigueur dans chaque département,
- l'aménagement de 4 piézomètres existants dans le Morbihan : cimentation limitée et aménagement de la tête de forage.

Dans le cas de la création de piézomètres et compte tenu des caractéristiques hydrogéologiques de la Bretagne :

- la profondeur des piézomètres sera de l'ordre de 30 m (l'objectif du piézomètre étant de suivre un niveau de nappe, cette profondeur pourra être poursuivie jusqu'à rencontrer un nombre suffisant d'arrivées d'eau, sans excéder 50 m ; le brgm choisira alors la profondeur) ;
- les sondages seront forés au sein des formations de surface en diamètre 254 mm (ou 240 mm) et au sein du socle dans un diamètre de 165 mm pour être équipés en PVC de qualité alimentaire ϕ 115-125 mm.

Les interventions porteront sur l'ensemble de la région Bretagne selon le plan de localisation situé en Annexe 1 :

- 2 piézomètres à créer dans le Finistère, 2 dans les Côtes d'Armor, 3 dans l'Ille-et-Vilaine et 1 dans le Morbihan,
- 4 piézomètres à aménager dans le Morbihan.

Au niveau de la réalisation des 8 piézomètres, des changements ponctuels (déplacement au sein du même village ou choix d'un autre village) pourront avoir lieu en cas de refus du propriétaire du site pressenti.

Les forages à réaliser se situeront à proximité des stations climatologiques de Météo France.

L'entrepreneur devra préciser ses dates possibles d'intervention (cf. Annexe 2) avant la fin de l'année 2004.

2. CHAPITRE 2 - MODALITES D'EXECUTION DES TRAVAUX

2.1. ARTICLE 3 - TECHNIQUE DE FORAGE

Dans le contexte breton, les formations superficielles sont tendres et essentiellement formées d'arènes et d'argiles d'altération. Les roches dures sous-jacentes de terrains de socle (granites,

schistes, gneiss, migmatites, micaschistes, schistes et grès...) sont plus ou moins fracturées et fissurées. Des venues d'eau se situent dans les fractures et fissures ainsi que dans les niveaux d'arènes d'altération qui les surmontent. Par conséquent, la technique de foration la mieux adaptée est celle du marteau fond de trou (MFT) avec remontée des cuttings à l'air.

Toutefois l'atelier de forage utilisé devra être également capable de forer au rotary en surface, et être donc de type mixte.

2.1.1. Fluide de forage

Le fluide de forage prévu pour l'exécution des ouvrages est l'air (rotary à l'air ou MFT à l'air pour les terrains de recouvrement et d'altération, et technique MFT dans la zone rocheuse).

Lors de l'exécution du forage au-dessus des zones aquifères des fissures et fractures du socle, et particulièrement dans les terrains de surface et les terrains d'altération (arènes et altérites argileuses), l'entrepreneur ne sera pas autorisé à utiliser une boue de forage.

Lors du creusement dans les terrains du socle, l'entrepreneur devra forer à l'air.

2.1.2. Diamètres d'exécution des forages

La tête du forage sera réalisée en diamètre 254 mm (ou 240 mm) et équipée d'un pré-tubage PVC ou acier de diamètre intérieur 180 mm qui sera retiré au moment de la cimentation.

Le diamètre souhaité du forage est de 165 mm afin de tenir compte des équipements à mettre en place : tubage et crépine PVC de ϕ 115-125 mm.

L'attention de l'entrepreneur est attirée sur la nécessité de choisir un diamètre du pré-tubage suffisant, de manière à pouvoir installer les tubes PVC et de pouvoir descendre un outil de 165 mm (diamètre intérieur 180 mm par exemple).

La verticalité des forages devra être assurée car les piézomètres seront équipés avec des enregistreurs à flotteurs pouvant s'endommager par frottement contre les parois.

2.2. ARTICLE 4 - DESCRIPTION DES PIEZOMETRES A REALISER

La description suivante correspond au déroulement des opérations à réaliser sur chacun des 8 piézomètres, pour lesquelles l'entrepreneur devra fournir une réponse.

L'entrepreneur devra obligatoirement répondre selon le modèle de devis estimatif (Annexe 2) correspondant à la proposition du Maître d'Ouvrage contenue dans le présent document, mais aura toute latitude de proposer d'autres variantes qui pourraient s'avérer meilleur marché.

Le descriptif des opérations à réaliser est le suivant (cf. illustrations en Annexe 3) :

- les terrains seront forés en diamètre 165 mm jusqu'à 10 mètres de profondeur, et alésés en diamètre de 254 mm (ou 240 mm) jusqu'à cette profondeur. Un pré-tubage provisoire de 10 mètres sera mis en place momentanément pour maintenir les terrains de tête non consolidés. Le diamètre intérieur de ce pré-tubage (180 mm) permettra le passage de l'outil nécessaire à la foration des terrains en diamètre 165 mm jusqu'à 30 mètres de profondeur (minimum) ;
- le forage sera équipé avec un tubage PVC en diamètre 115 x 125 mm (intérieur-extérieur), plein jusqu'à 12 m où sera placé un packer, et crépiné (fentes « d'usine » de 1 à 1,5 mm) de -12 m jusqu'au fond. Ce tubage sera installé de façon définitive ;
- l'annulaire du forage sera cimenté progressivement de 0 à -10 m lors de l'enlèvement du pré-tubage. Il sera interdit d'effectuer la cimentation depuis la surface. L'injection de laitier se fera

obligatoirement par le bas au moyen d'une pompe et d'une canne d'injection descendue dans l'espace annulaire. La canne sera munie d'un bouchon de pied, le ciment passera par des événements latéraux de façon à ce qu'il ne puisse poinçonner le packer. Le dispositif sera régulièrement remonté au fur et à mesure de la cimentation ;

- après la fin des travaux de foration et d'équipement, et avant la prise de la cimentation de surface, il sera mis en place une protection de la tête de l'ouvrage qui assurera la continuité avec le milieu extérieur de l'étanchéité garantie par la cimentation annulaire. Elle comprendra :
 - une buse béton de protection (coffrage) de 0,8 m de diamètre, dépassant de la dalle de propreté de 0,25 m environ, munie d'un couvercle de fermeture amovible, muni de pattes permettant le passage d'un cadenas, ou d'un système similaire à clé,
 - une margelle de béton (dalle de propreté) de 2 m de diamètre ou de côté, en pente vers l'extérieur du forage, scellée sur la buse de protection.

La réalisation des piézomètres sera conforme aux arrêtés préfectoraux fixant les dispositions applicables dans les départements bretons à toutes les opérations de forage de plus de 10 mètres.

2.3. ARTICLE 5 - DESCRIPTION DES PIEZOMETRES EXISTANTS A AMENAGER

2.3.1. Description des ouvrages à aménager

Les 4 ouvrages existants à aménager sont les suivants :

- Ploërdut : forage S9 réalisé le 10/01/1980 (numéro BSS : 03128X0011/F) près de la Croix de Barac'h sur la commune de Ploërdut
- Bieuzy : forage F5 réalisé le 25/09/1984 (03493X0013/F) à Saint-Samson sur la commune de Bieuzy
- Grandchamp : forage S2 réalisé le 31/03/1988 (03851X0021/S2) à Lost er Lenn sur la commune de Grandchamp
- Guer : forage S6 réalisé le 10/05/1988 (03871X0016/F) à La Telhaie sur la commune de Guer

Les tableaux ci-dessous rassemblent les caractéristiques techniques de chaque ouvrage.

N° BSS	Commune	Date	Profondeur	Géologie
03128X0011/F	Ploërdut	10/01/1980	51 m	granite altéré 0-44, fissuré 44-51 m
03493X0013/F	Bieuzy	25/09/1984	29 m	granite tendre 0-15, fissuré 15-29 m
03851X0021/S2	Grandchamp	31/03/1988	45 m	argile 0-24, schiste 24-45 m
03871X0016/F	Guer	10/05/1988	47 m	argile 0-16, volcanite altérée 16-24, fissurée 24-47 m

N° BSS	Commune	Débit	Diamètre	Tube plein	Crépine	1EAU
03128X0011/F	Ploërdut	15 m ³ /h	115/125 mm	0 à 47 m	47 à 51 m	45 m
03493X0013/F	Bieuzy	3.4 m ³ /h	115/125 mm	0 à 5 m	5 à 29 m	10 m
03851X0021/S2	Grandchamp	30 m ³ /h	115/125 mm	0 à 9 m	9 à 45 m	3 m
03871X0016/F	Guer	12 m ³ /h	115/125 mm	0 à 19 m	19 à 47 m	19 m

2.3.2. Aménagement technique

La description suivante correspond au déroulement des opérations à réaliser sur chacun des 4 piézomètres à aménager, pour lesquelles l'entrepreneur devra fournir une réponse.

L'entrepreneur devra obligatoirement répondre selon le modèle de devis estimatif (Annexe 2) correspondant à la proposition du Maître d'Ouvrage contenue dans le présent document, mais aura toute latitude de proposer d'autres variantes qui pourraient s'avérer meilleur marché.

Afin d'avoir une protection de la tête des ouvrages qui soit conforme aux prescriptions de l'arrêté préfectoral, chacun des quatre piézomètres existants sera aménagé de la façon suivante (cf. illustrations en Annexe 4) :

- creusement du pourtour de l'ouvrage sur une profondeur de 0.5 m ;
- ajout d'une collerette d'étanchéité de ciment autour du tube du piézomètre sur une épaisseur d'au moins 0.35 m ;
- mise en place d'une buse béton de protection (coffrage) de 0,8 m de diamètre, dépassant de la dalle de propreté de 0,25 m environ, munie d'un couvercle de fermeture amovible, muni de pattes permettant le passage d'un cadenas, ou d'un système similaire à clé ;
- constitution en surface d'une margelle de béton (dalle de propreté) de 2 m de diamètre ou de côté, en pente vers l'extérieur du forage, scellée sur la buse de protection.

3. CHAPITRE 3 - SPECIFICATIONS DES MATERIELS ET MATERIAUX

3.1. ARTICLE 6 - MATERIELS CONSTITUANT L'ATELIER DE FORAGE

Sans que la liste fournie dans ce document ait un caractère limitatif, l'entrepreneur devra affecter aux travaux du programme de forage le matériel suivant :

3.1.1. Atelier de forage

- une machine de forage de type mixte (MFT-rotary), possédant une puissance et des capacités de traction/poussée suffisantes pour forer à 50 mètres de profondeur en diamètre 165 mm ;
- un compresseur pour forage au MFT de capacité minimum 16 bars avec un débit d'air de 16000 litres/minute ;
- un atelier de préparation et d'injection de ciment ;
- pour des questions d'accès aux sites (cf. exemples en Annexe 5), l'envergure de la machine de forage devra être au maximum de 3 mètres de largeur.

3.1.2. Outils de forage

- des tiges de forage type mixte MFT-rotary, en quantité suffisante pour forer à 50 mètres de profondeur ;
- des outils de forage rotary type terrains tendres à moyens pour le forage des formations de surface en diamètre 165 et 254 mm (ou 240 mm) ; l'entrepreneur pourra prévoir des outils MFT de mêmes diamètres ;
- des outils de forage MFT (marteaux et taillants) pour le forage en terrain de socle, en diamètre 165 mm ;
- les outils nécessaires à la pose et dépose de la garniture et des matériels tubulaires de protection et d'équipement (élévateurs de tiges et de tubages, clés à griffes, clés à chaîne et/ou à courroie, baïonnette, etc...).

3.2. ARTICLE 7 - MATERIELS TUBULAIRES ET MATERIAUX

Le matériel comprendra en particulier :

- le pré-tubage de surface en PVC ou en acier de diamètre 180 mm,
- les tubages et crépines PVC de qualité alimentaire en diamètre 115-125 mm pour l'équipement des forages,
- des packers.

En outre l'entrepreneur devra prévoir d'acheminer ou de se fournir sur place en ciment pour la cimentation des annulaires et les protections de surface. Il devra également posséder sur place un atelier de préparation et d'injection de ciment.

3.2.1. Prescriptions relatives au ciment

Le ciment à injecter par le fond grâce à une canule descendue dans l'espace annulaire sera un laitier composé uniquement d'eau et de ciment ordinaire soigneusement mélangés. Le mélange courant est constitué de 100 kg de ciment et de 70 litres d'eau, pour obtenir 100 litres de laitier.

3.2.2. Matériel tubulaire PVC

Tous les tubages PVC utilisés devront être de type alimentaire, et satisfaire aux spécifications suivantes :

- être suffisamment résistants pour ne pas subir de déformations du fait des contraintes liées à leurs mises en place et à la cimentation de l'espace annulaire ;
- être à surface lisse avec raccords possibles entre eux par un système de vissage ;
- être formés d'éléments normalisés et fabriqués en usine, à l'exclusion de toute fabrication de fortune faite sur le chantier. L'assemblage de ces éléments sera réalisé conformément aux normes définies par le constructeur.

Les tubages pleins PVC devront être fournis :

- en éléments unitaires pleins de 4 mètres environ ;
- en diamètre de type 115-125 mm (épaisseur de paroi 5 mm).

Les crépines PVC devront répondre aux critères suivants :

- être en éléments unitaires de 4 mètres environ ;
- être d'un diamètre de 115-125 mm (épaisseur de paroi 5 mm) ;
- en outre les ouvertures, fabriquées en usine, seront de type fente (slot) 1 ou 1.5 mm, et représenteront au moins 15 % d'ouverture par rapport à la surface crépinée.

4. CHAPITRE 4 - MODE D'EXECUTION DES TRAVAUX

4.1. ARTICLE 8 - ACCES AUX SITES, AMENAGEMENTS ET REMISE EN ETAT

4.1.1. Implantation

Les forages à réaliser seront implantés sur place par le brgm.
Les forages à aménager sont déjà repérés.

4.1.2. Accès aux sites

L'entrepreneur est réputé avoir pris connaissance des obstacles ou servitudes pouvant gêner les travaux et l'accès du matériel (consultation des mairies pour le positionnement des canalisations de fluides). Les sites sont donc réputés accessibles aux engins de l'atelier de forage et les possibilités d'évolution des ateliers sont réputées bonnes, ne nécessitant pas de travaux particuliers d'aménagement (cf. exemples d'accès en Annexe 5 pour les forages à créer, et Annexe 6 pour les forages à aménager).

4.1.3. Détection des câbles et canalisations enterrées

L'entrepreneur devra disposer des matériels permettant de détecter les câbles enterrés (électricité, eau, téléphone...), afin d'effectuer un repérage avant chaque travail de forage.

4.1.3. Aménagement des sites et risques de pollution

Compte tenu du caractère éphémère du chantier sur chaque emplacement, l'aménagement de la plate-forme de travail (à la charge de l'entrepreneur) sera sommaire et ne nécessitera pas de travaux de terrassement particulier.

L'organisation du chantier devra prendre en compte les risques de pollution, notamment par déversement accidentel dans le forage en cours de réalisation ou au moment de son achèvement : accès et stationnement des véhicules, emplacement des réserves de fuel, huiles, graisses... L'organisation du chantier prendra également en compte le rejet d'eau d'exhaure qui devra être décantée avant de rejoindre un cours d'eau éventuel.

4.1.4. Enlèvement des déblais et remise en état du site

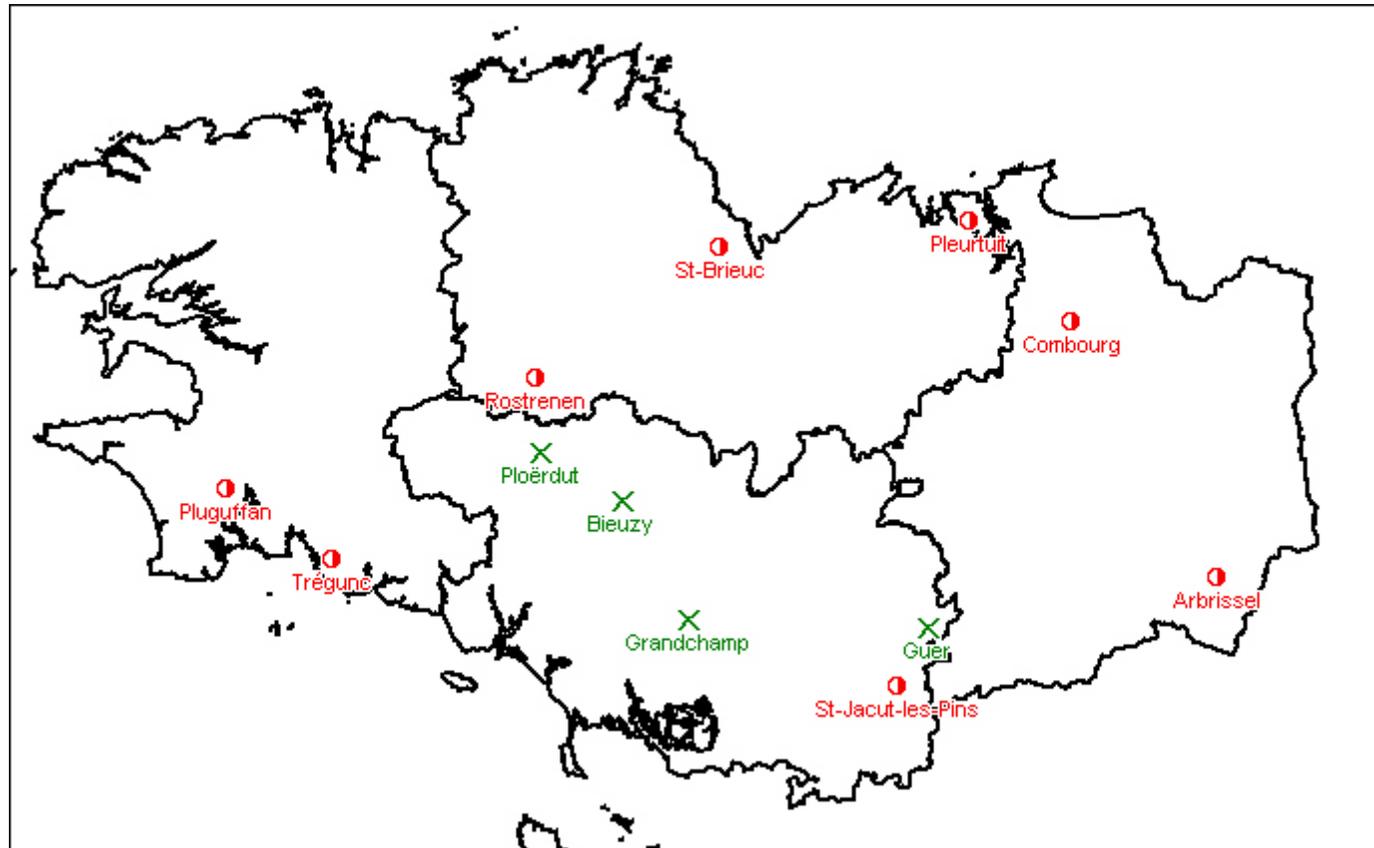
A la fin des travaux de forage et d'équipement, le site sera nettoyé (enlèvement des déblais) et remis en l'état initial autour du forage. Les frais seront à la charge de l'entrepreneur.

Dressé par le
Maître d'Ouvrage

Lu et accepté
L'entrepreneur

ANNEXE 1

Répartition géographique des forages à réaliser et à aménager



Piézomètres	
✕	existants à aménager (4)
●	à réaliser en 2004 (8)

Implantation des 8 forages à réaliser et des 4 forages à aménager du réseau piézométrique de Bretagne

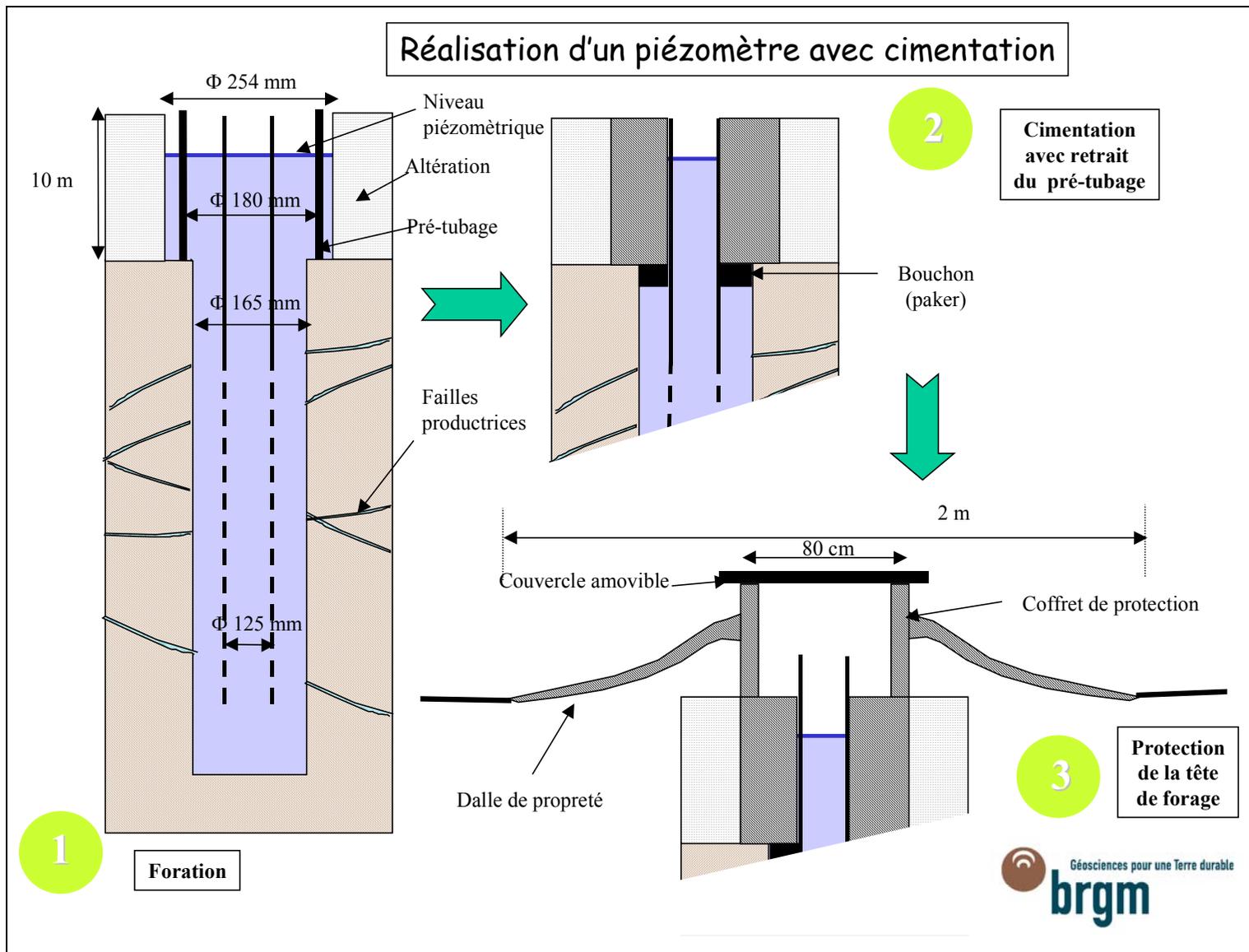
ANNEXE 2

**Devis estimatif
(à remplir et retourner par les foreurs sollicités)**

Réseau piézométrique de Bretagne				
DEVIS ESTIMATIF				
	Sites étudiés	12		
	Forages de 30 mètres transformés en piézomètres	8	240 ml	forés
	Piezomètres à aménager	4		
N°	Désignation des opérations	Unité	Quantité	Prix (€)
Prix				P.U.
				Totaux
1.0	Installations et déplacements			
1.1	Amenée générale et repli du matériel et du personnel sur le premier site de forage	forfait	1	
1.2	Mise en place sur chaque site de forage	forfait	12	
1.3	Déplacement d'un site de forage à l'autre	forfait	11	
2.0	Foration			
2.1	Foration des terrains au MFT diam. 165 mm	ml	240	
2.2	Réalésage des terrains au MFT ou au rotary à l'air diam. 254 mm (ou 240 mm)	ml	80	
3.0	Equipement tubulaire de tête			
3.1	Mise en place provisoire d'un pré-tubage acier de 10 mètres	unité	8	
3.2	Mise en place provisoire d'un pré-tubage PVC de 10 mètres	unité	8	
4.0	Equipement tubulaire des forages			
4.1	Fourniture et installation tubage plein PVC 115-125 mm à visser	ml	96	
4.2	Fourniture et installation tubage crépiné PVC 115-125 mm à visser	ml	144	
4.3	Fourniture et installation packers	unité	8	
5.0	Cimentation			
5.1	Entre PVC 125 mm et foration 254 mm (ou 240 mm) sur 10 mètres et relevage du pré-tubage	forfait	8	
6.0	Creusement et cimentation de la périphérie des ouvrages existants			
6.1	Creusement et cimentation par piézomètre	unité	4	
7.0	Margelle, protection tête de forage et fermeture			
7.1	Buse béton (coffrage)	unité	12	
7.2	Couvercle de fermeture acier cadennassé et mise en place	unité	12	
7.3	Fabrication margelle de béton (dalle de propreté)	forfait	12	
8.0	Enlèvement des déblais et remise en état des lieux			
8.1	Enlèvement des déblais et remise en état des lieux par piézomètre	unité	12	
9.0	Dates possibles d'intervention (début et fin prévisibles du travail)			
Total général établi au montant estimatif (Euros) de :				
Etabli quant au cadre, Le Maître d'ouvrage			Complété quant aux prix, L'Entrepreneur	

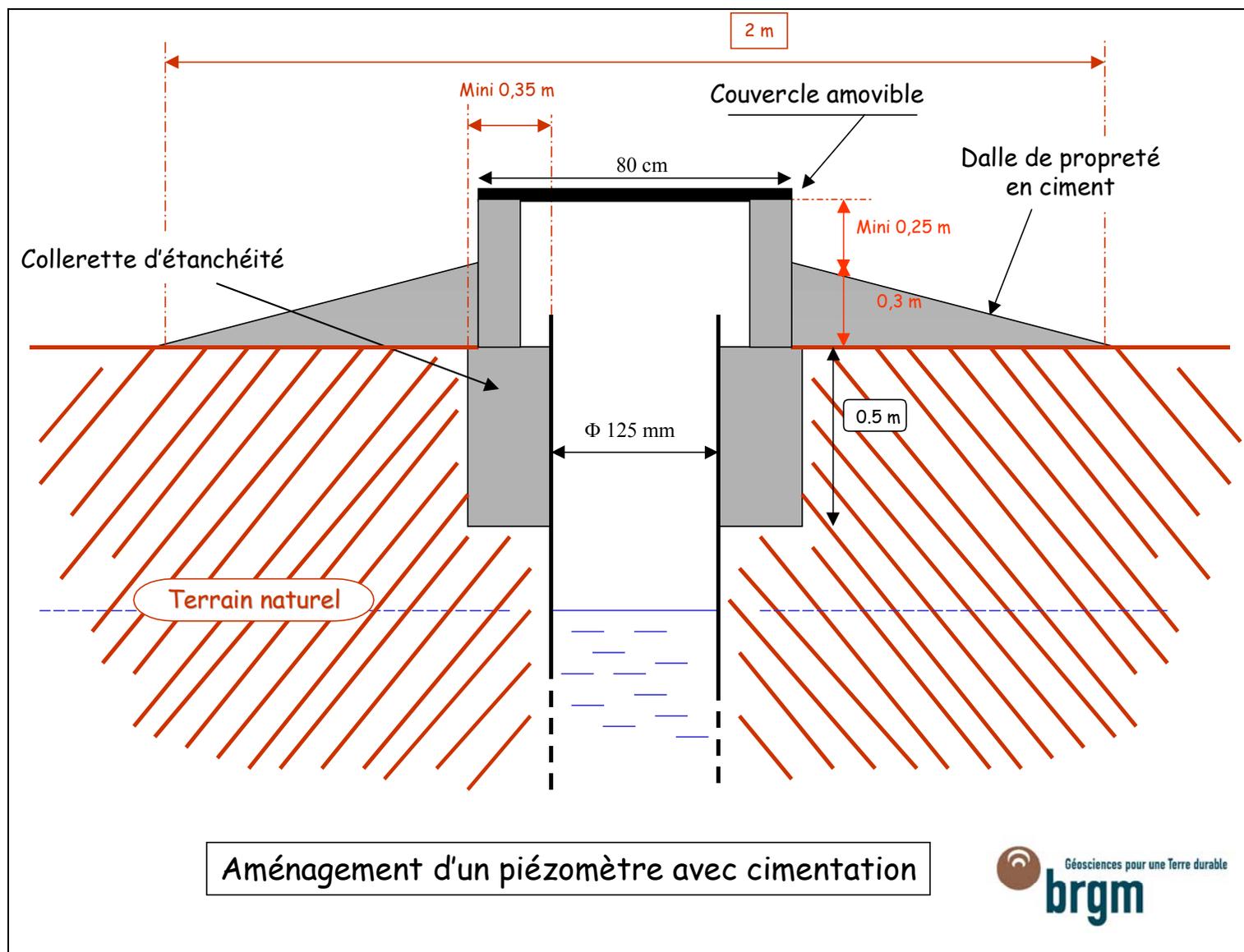
ANNEXE 3

Coupe technique du piézomètre, cimentation et protection de la tête



ANNEXE 4

Aménagement du piézomètre, cimentation et protection de la tête



ANNEXE 5

Exemples d'accès aux sites de forages



Arbrissel (35)



St-Jacut-les-Pins (56)

ANNEXE 6

Exemples d'accès aux sites des piézomètres existants



Grandchamp (56)

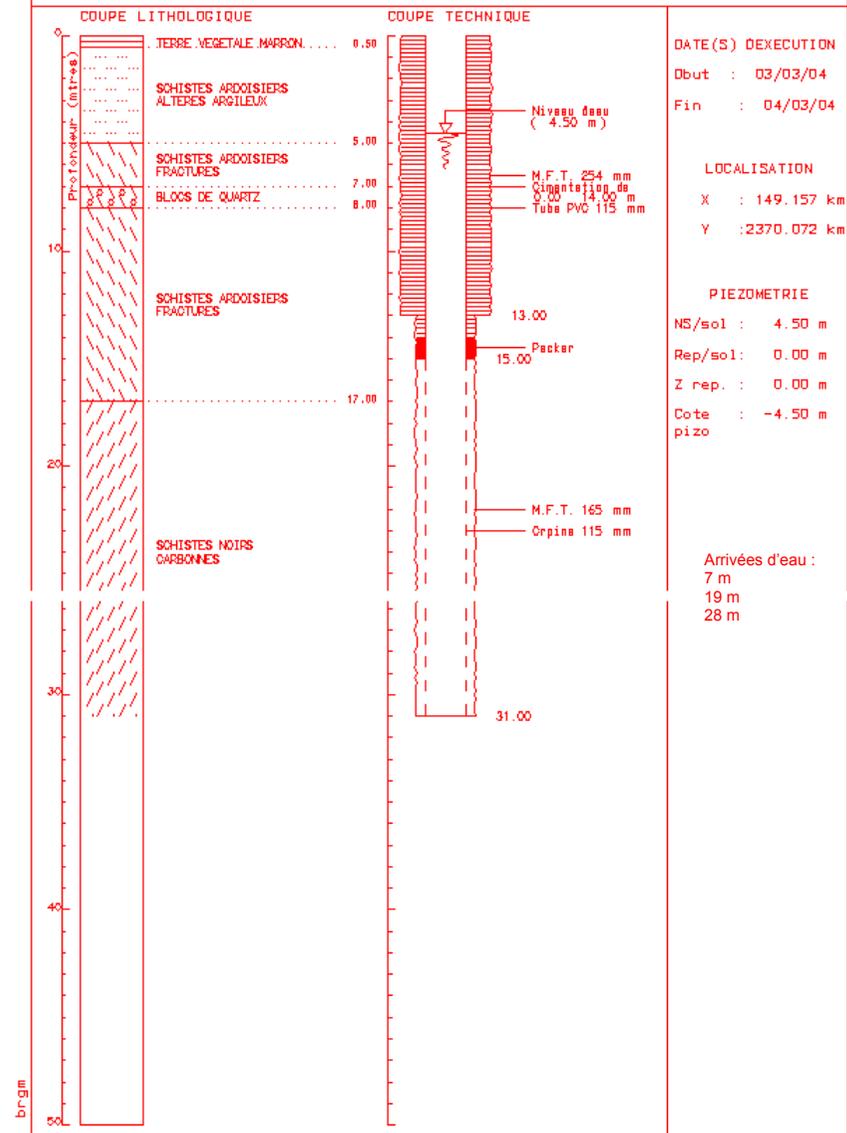


Bieuzy (56)

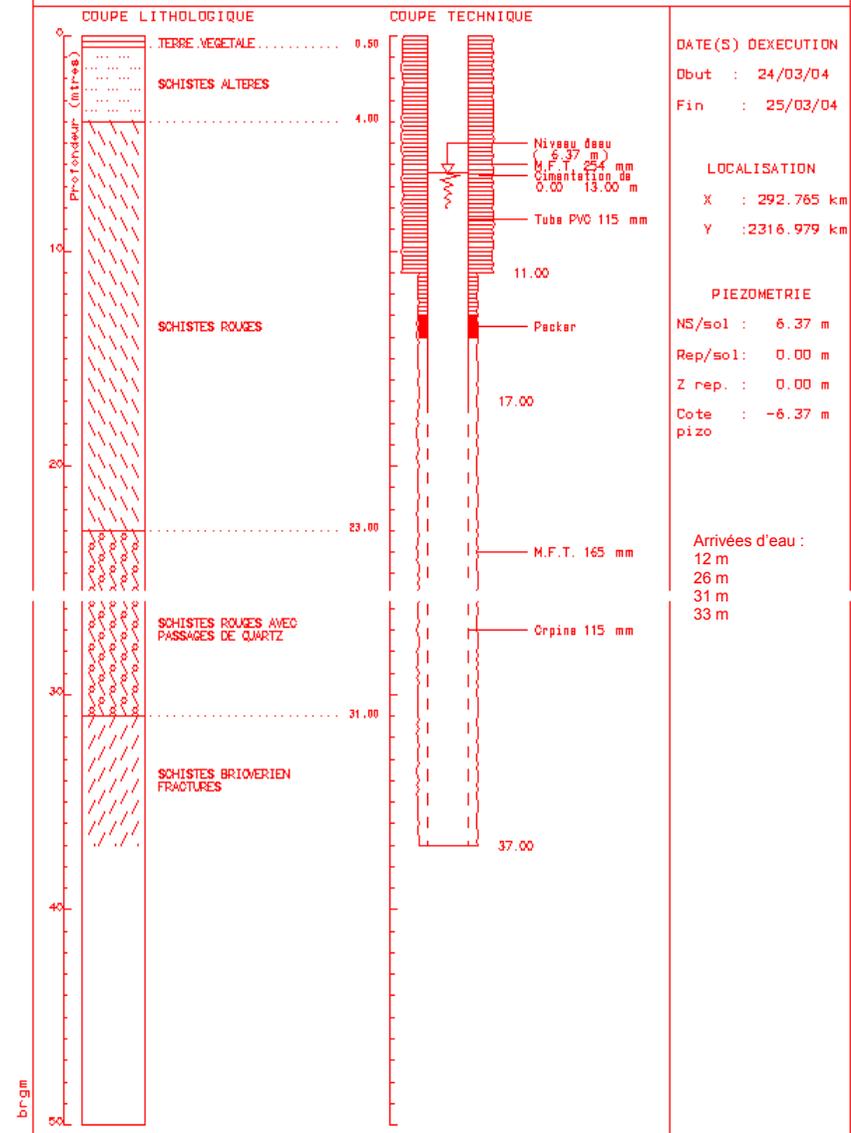
Annexe 2

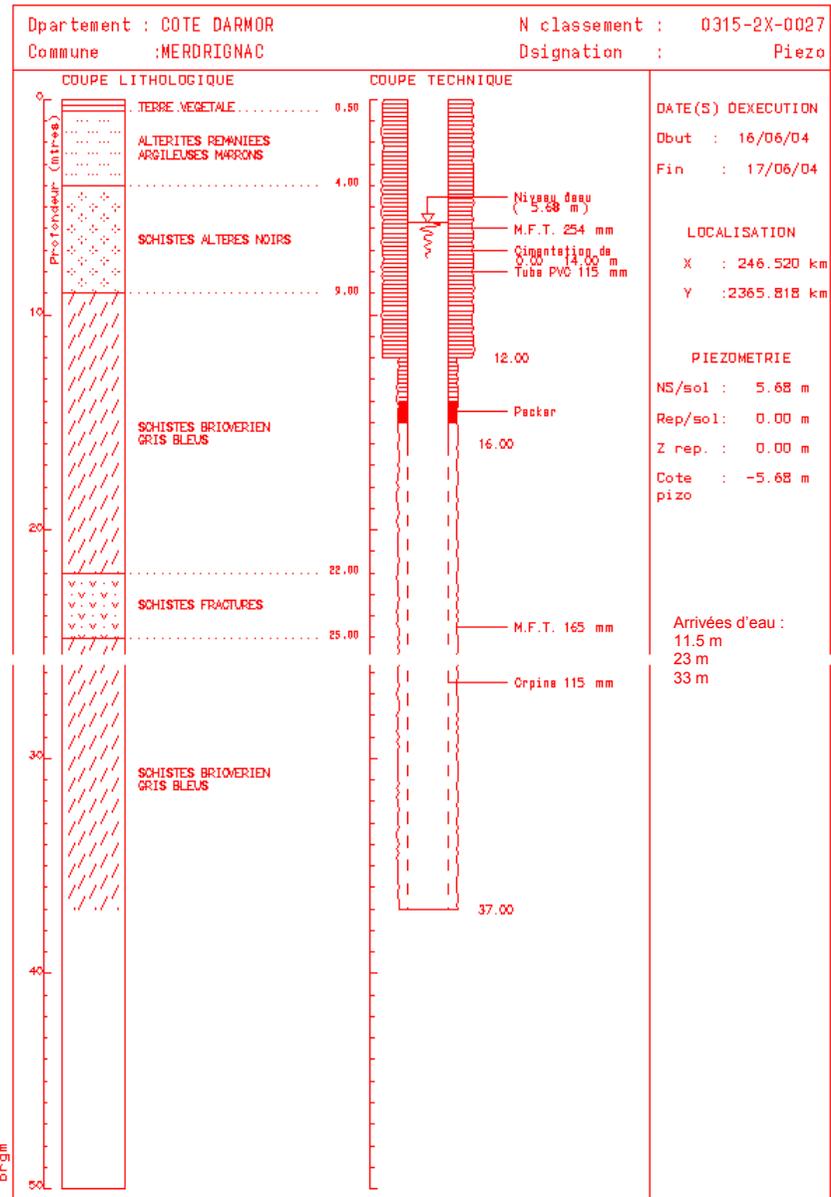
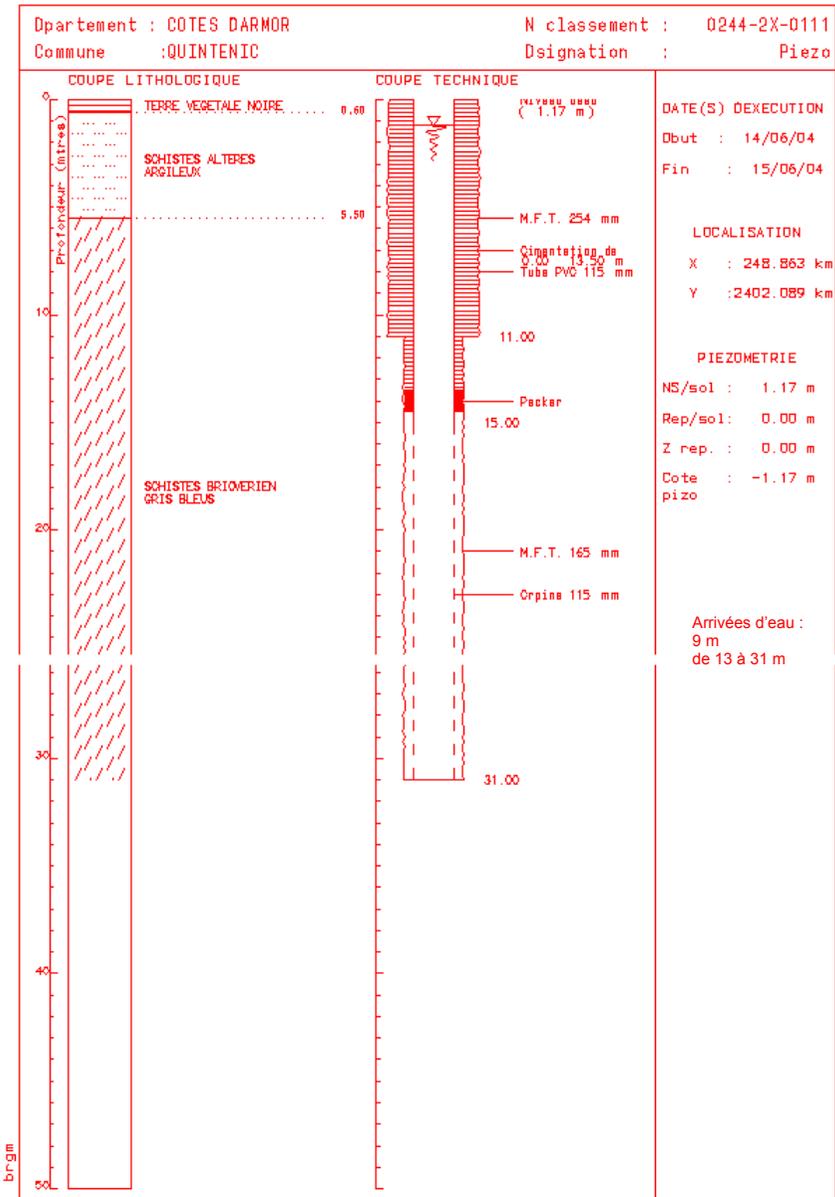
Coupes techniques et géologiques des 12 piézomètres réalisés (classement par date de réalisation)

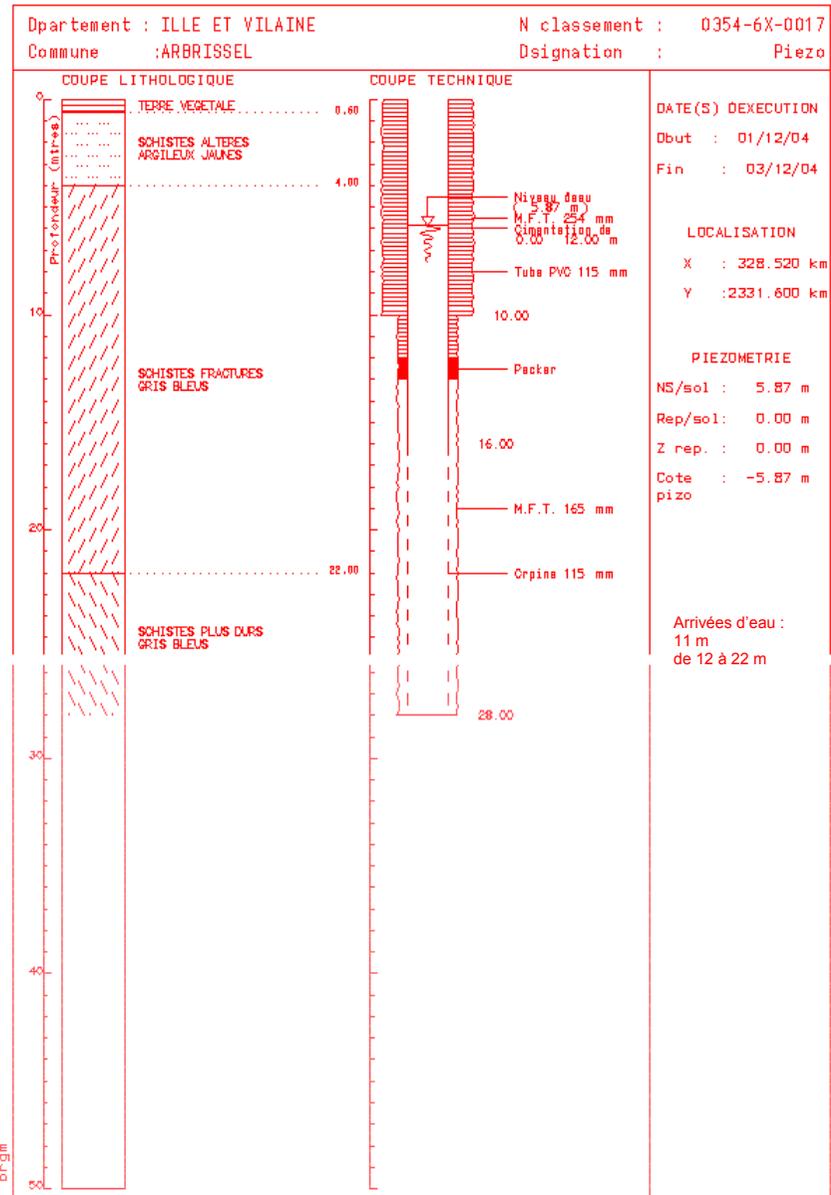
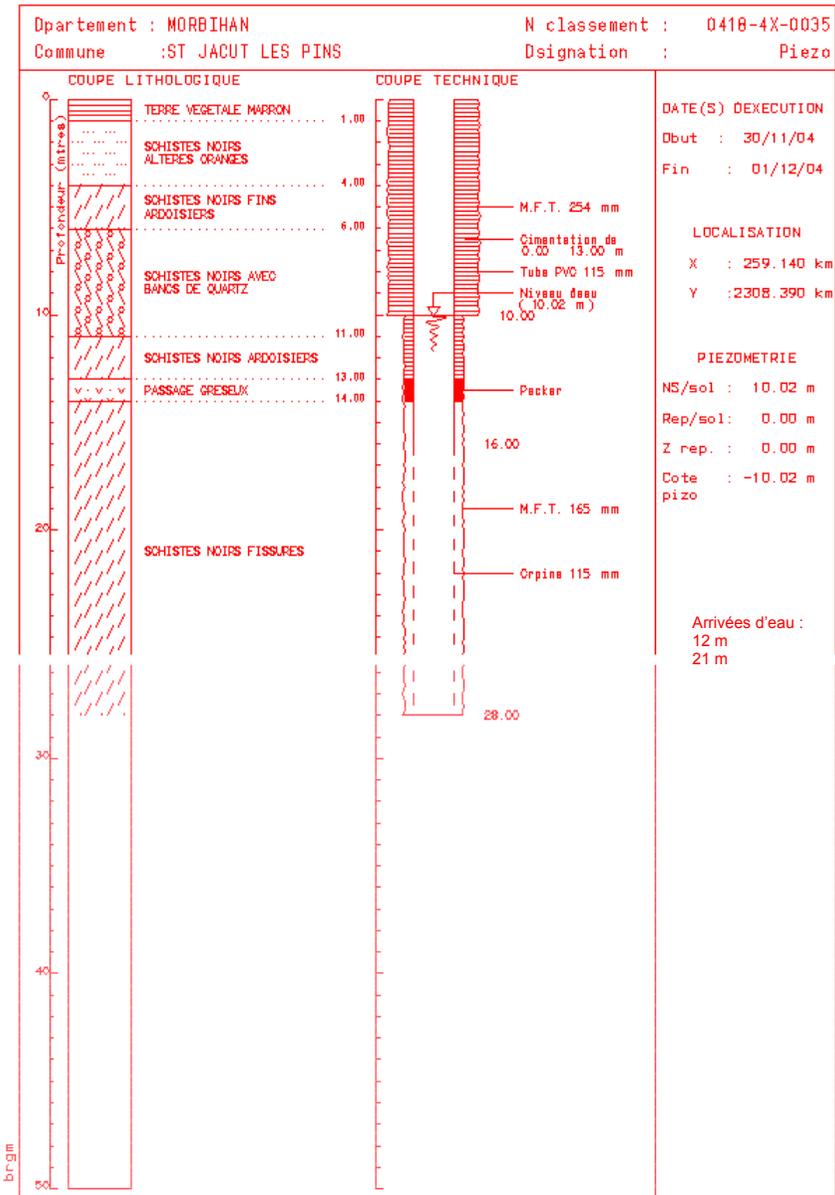
Département : FINISTERE N classement : 0311-3X-0031
 Commune : SPEZET Dsignation : Piezo

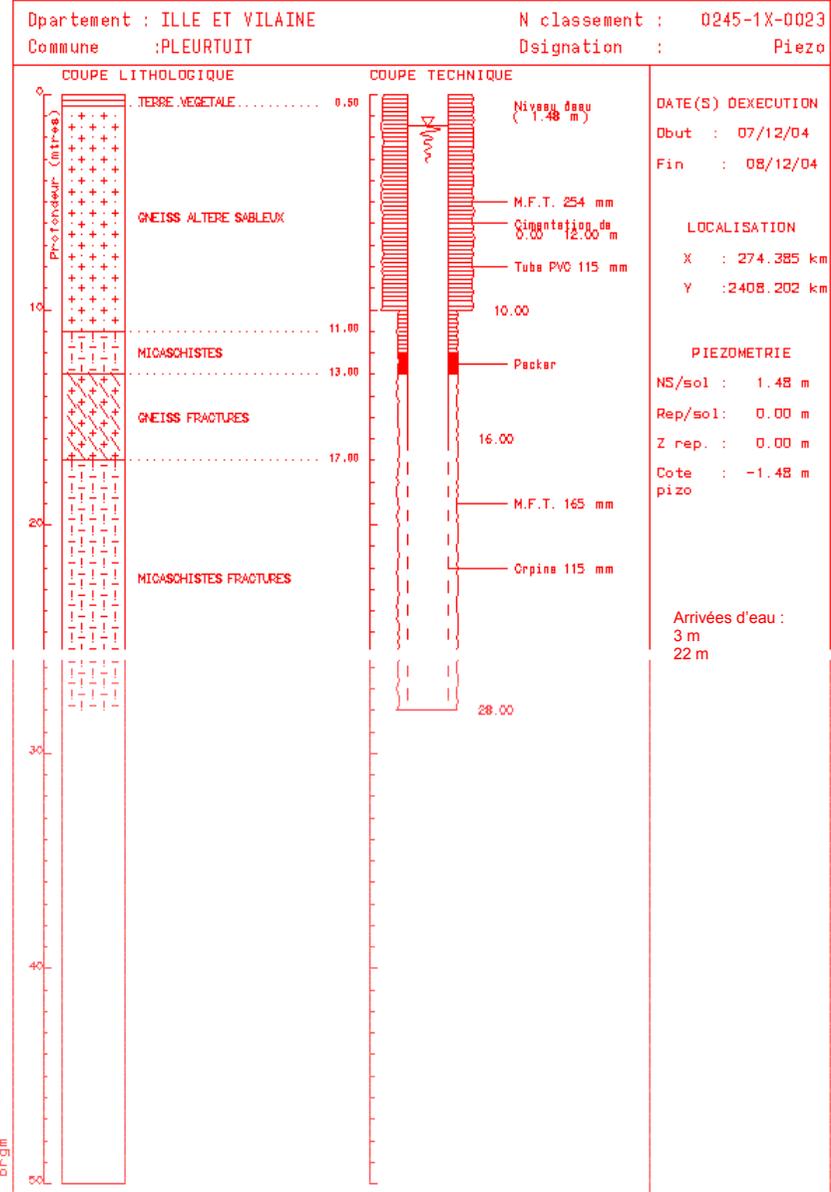
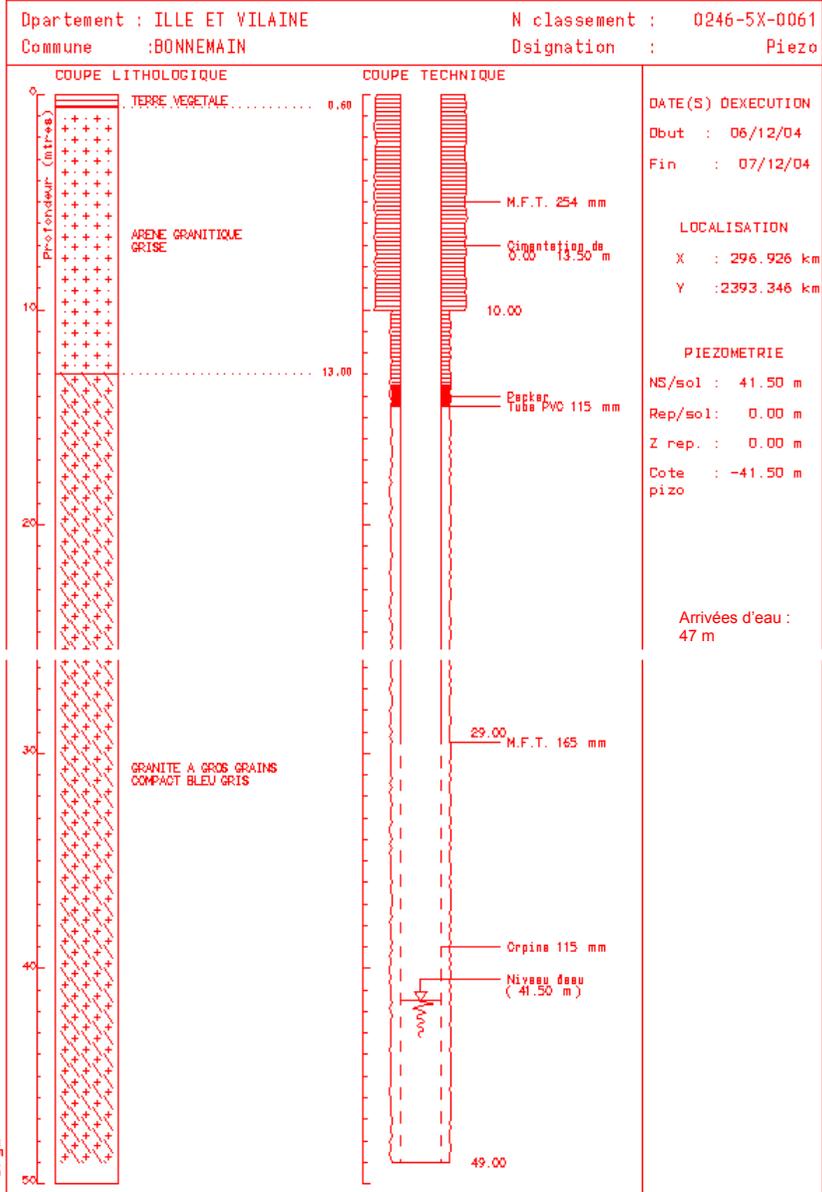


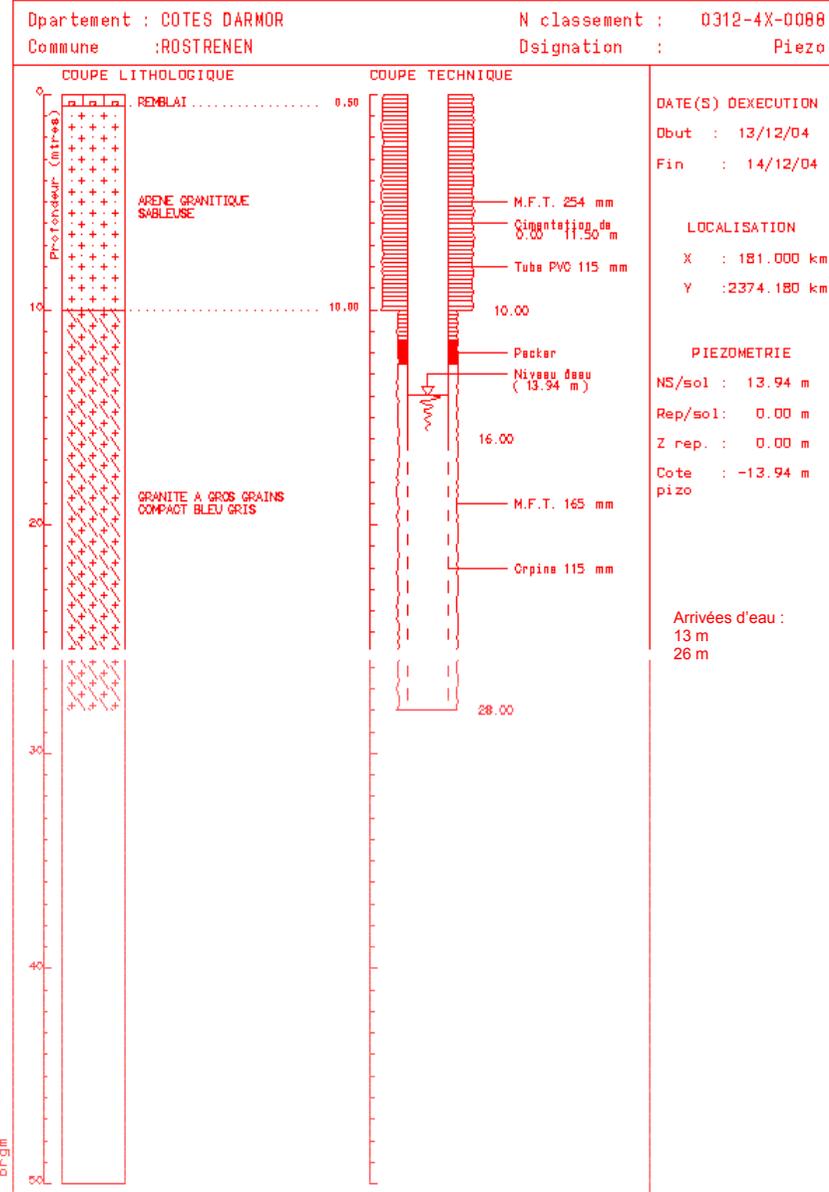
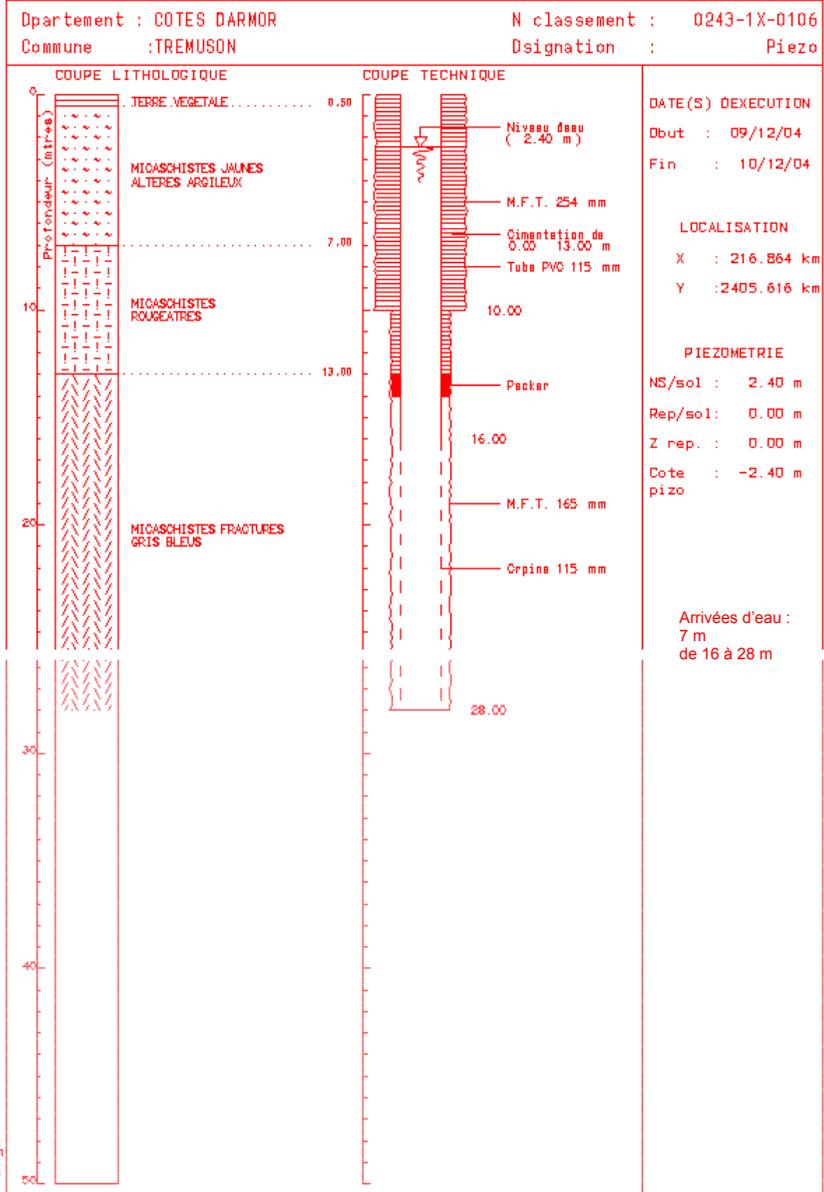
Département : ILLE ET VILAINE N classement : 0388-5X-0034
 Commune : LA NOE BLANCHE Dsignation : Piezo

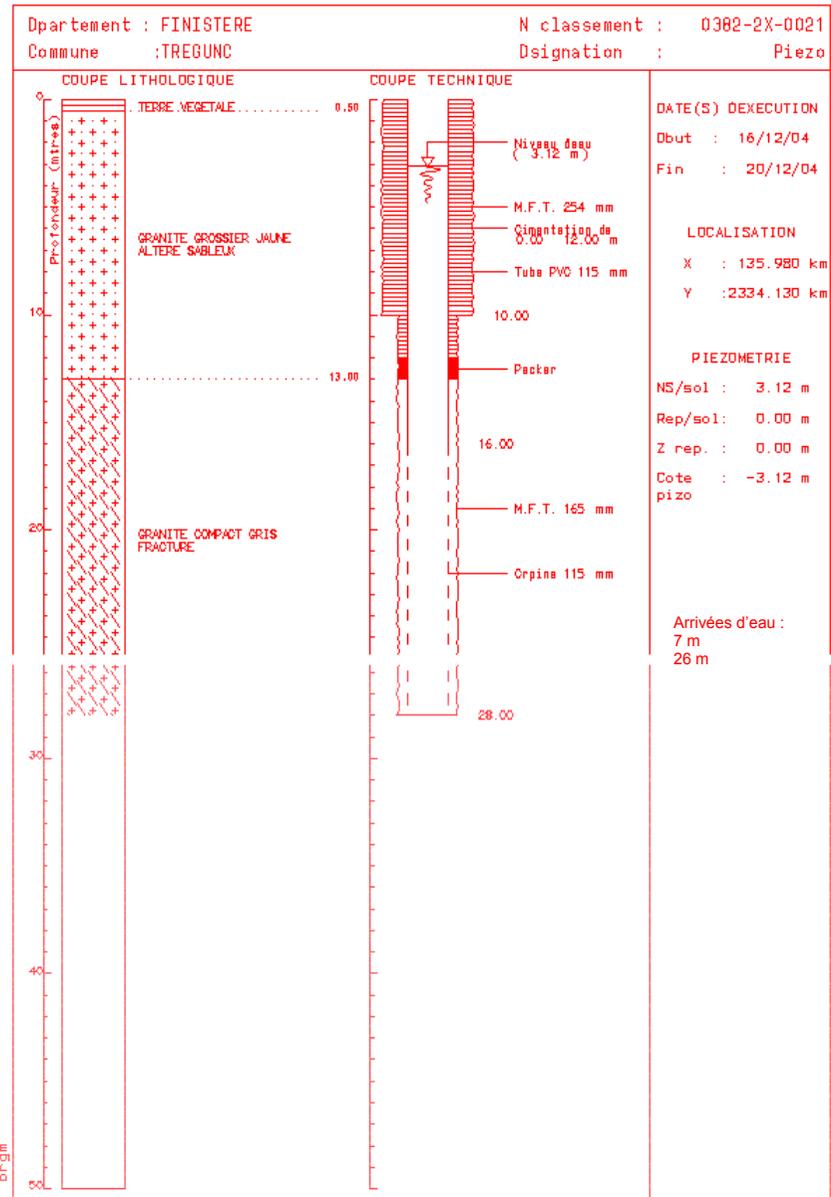
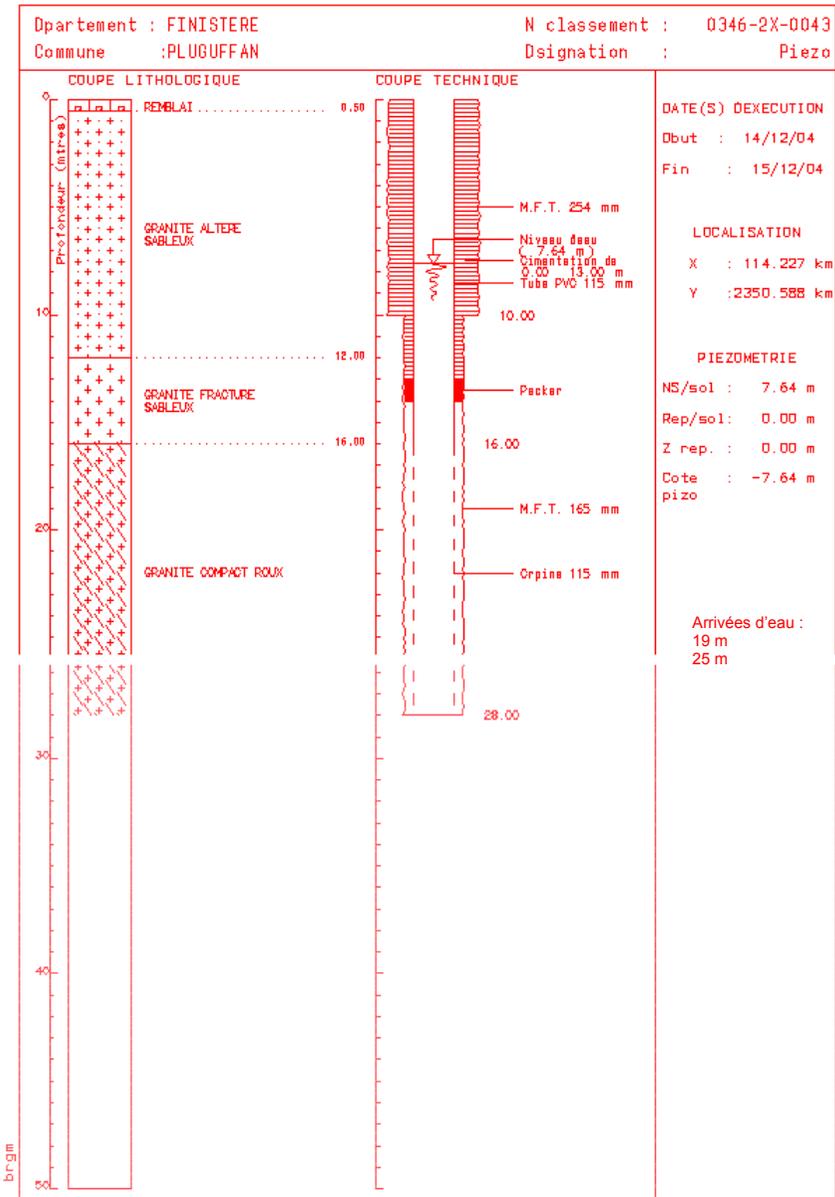






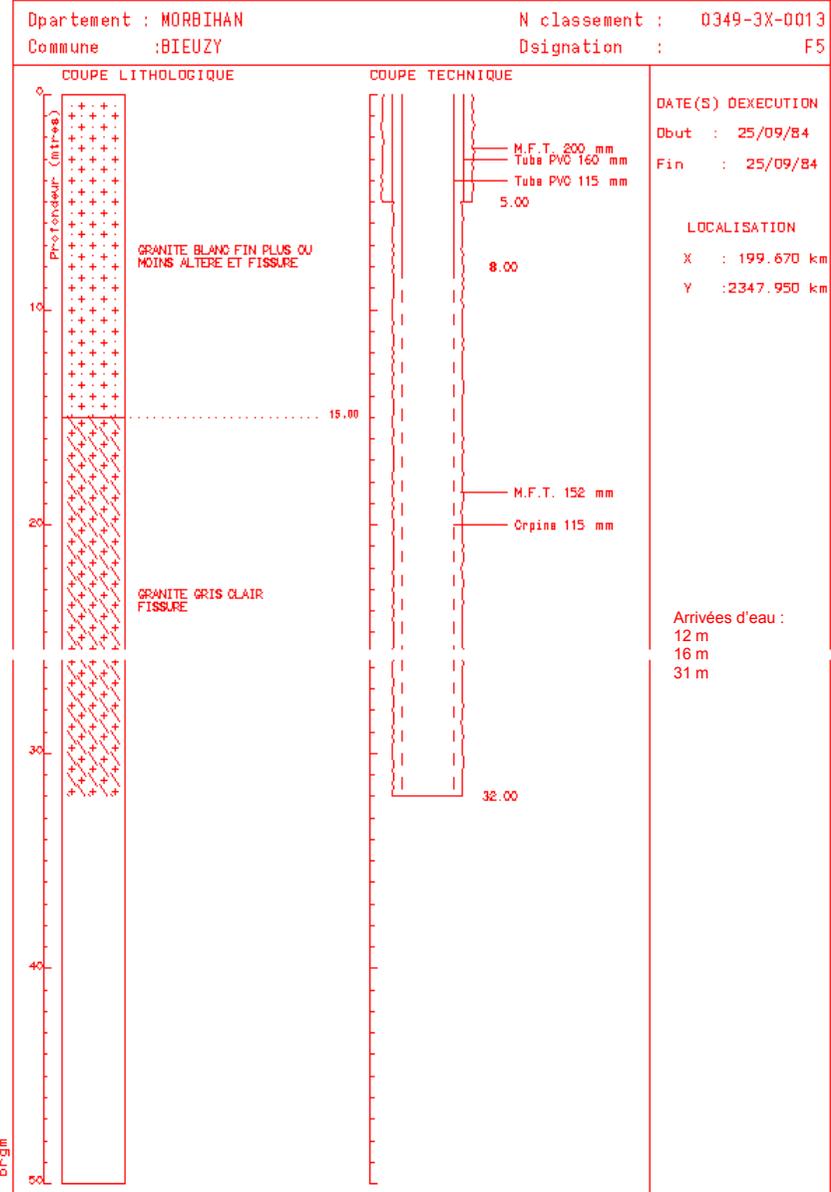
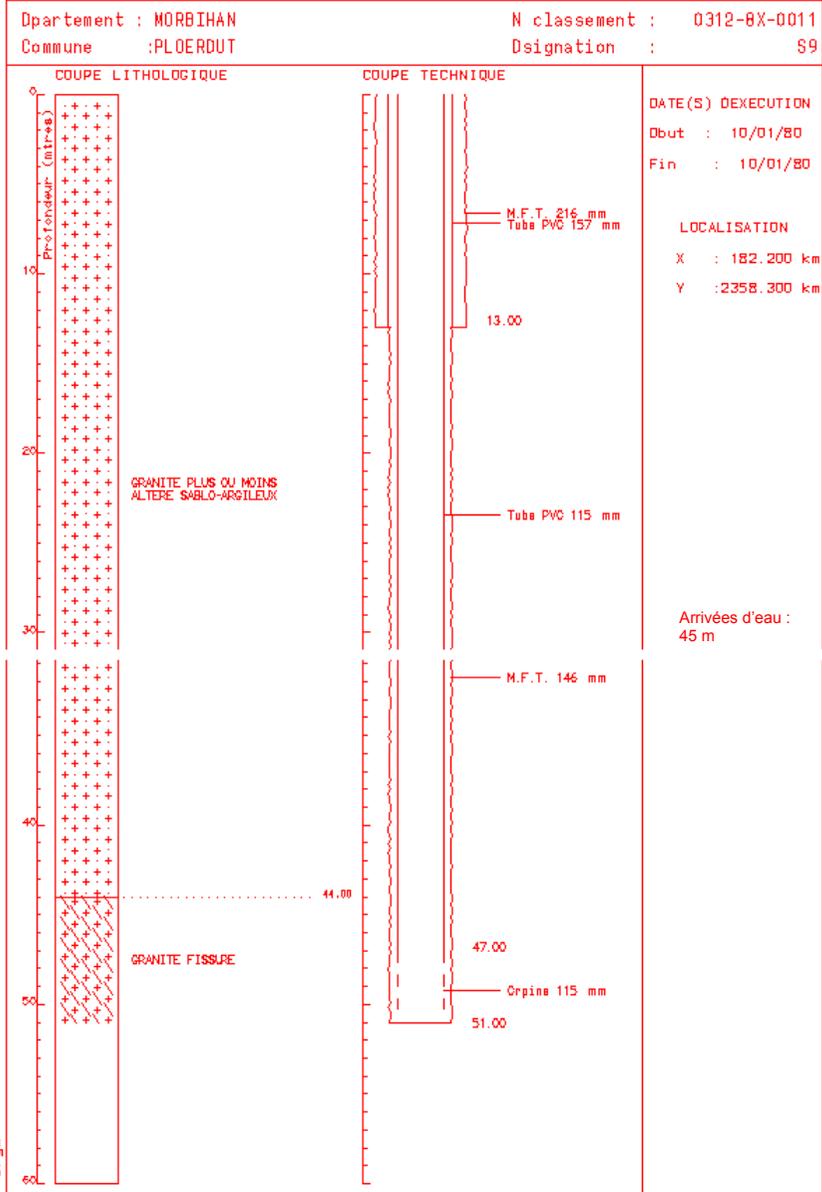


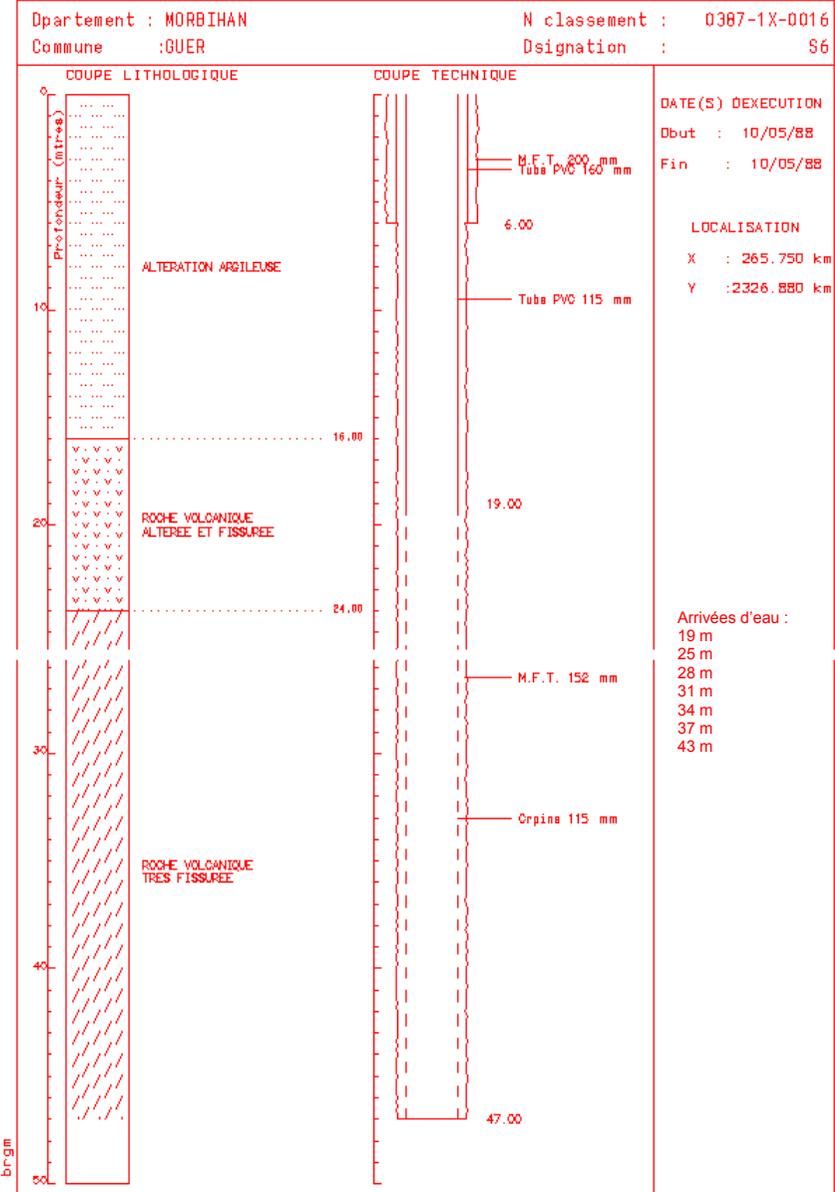
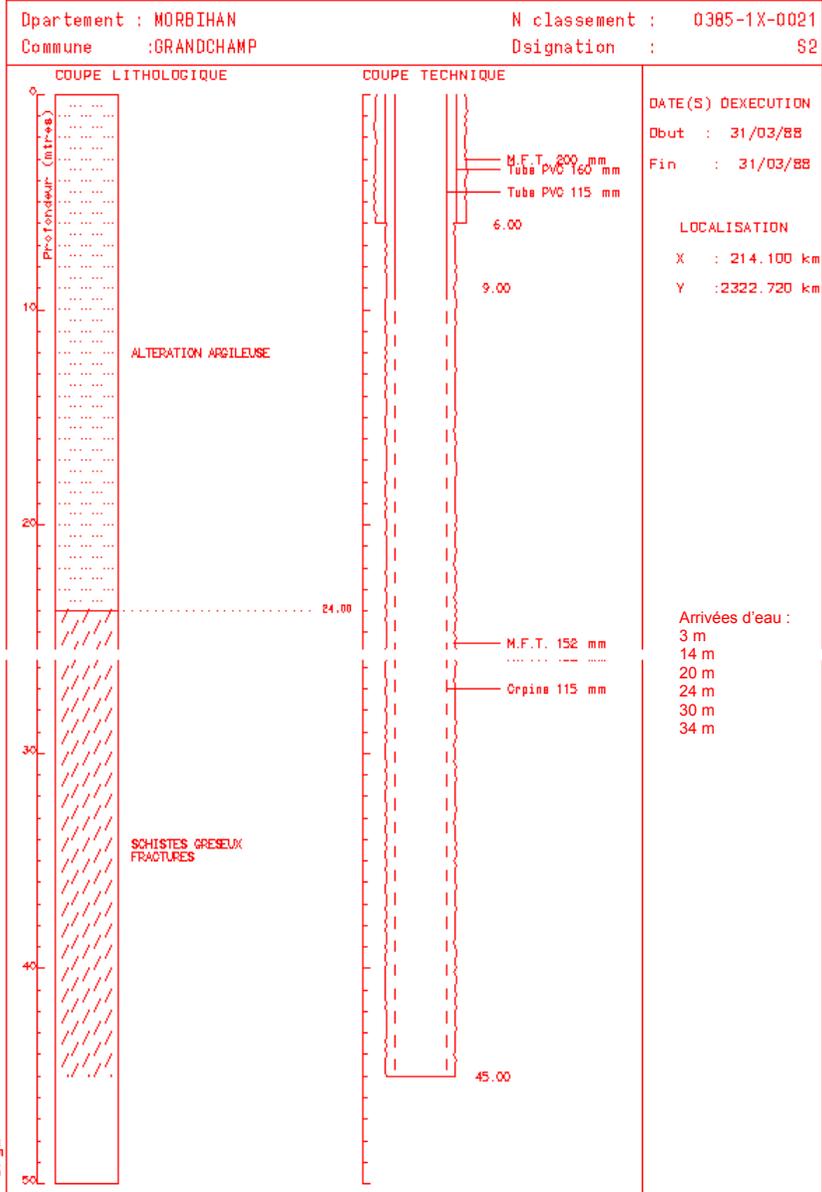


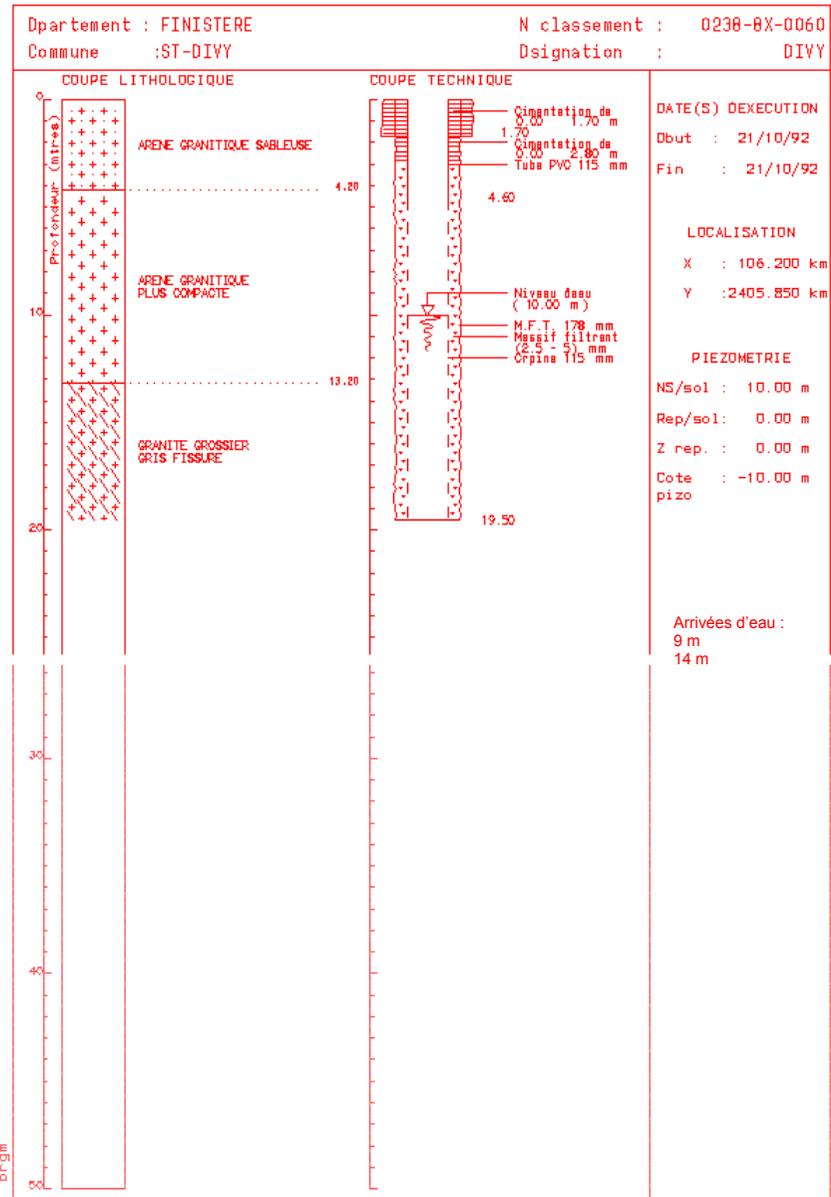
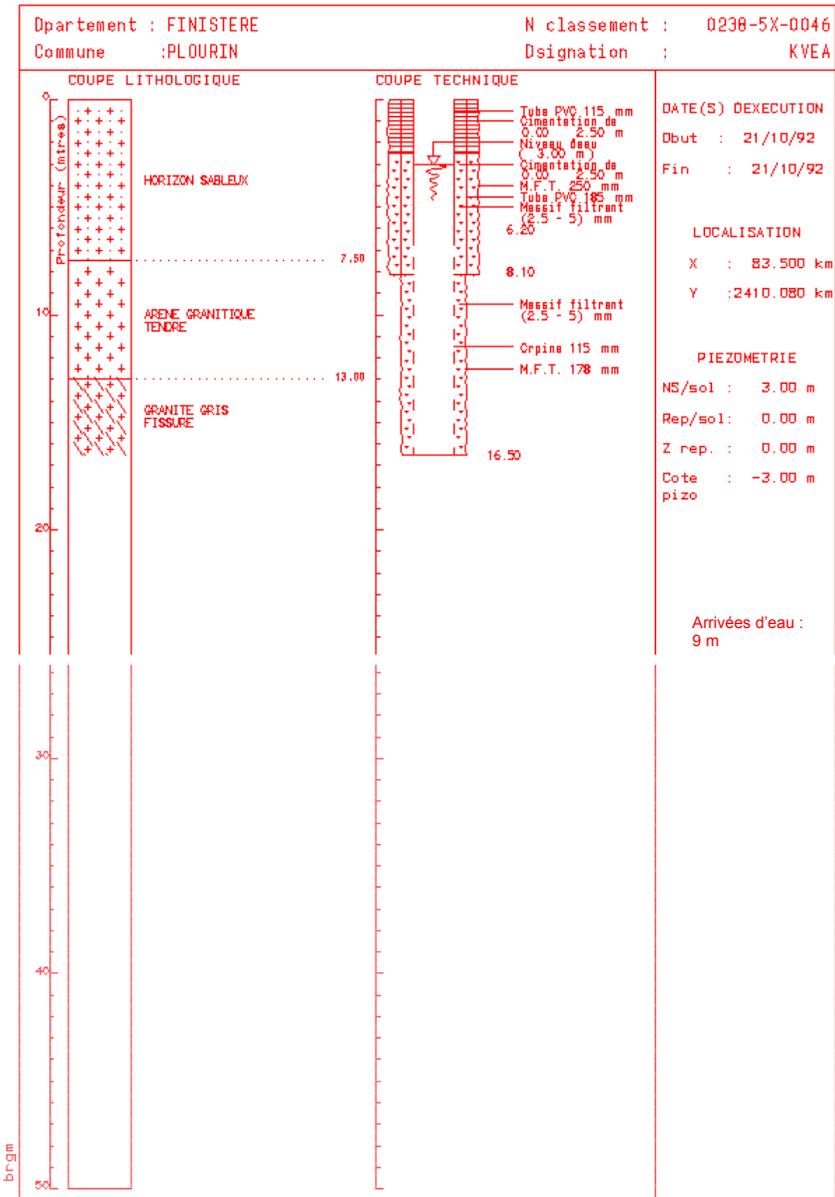


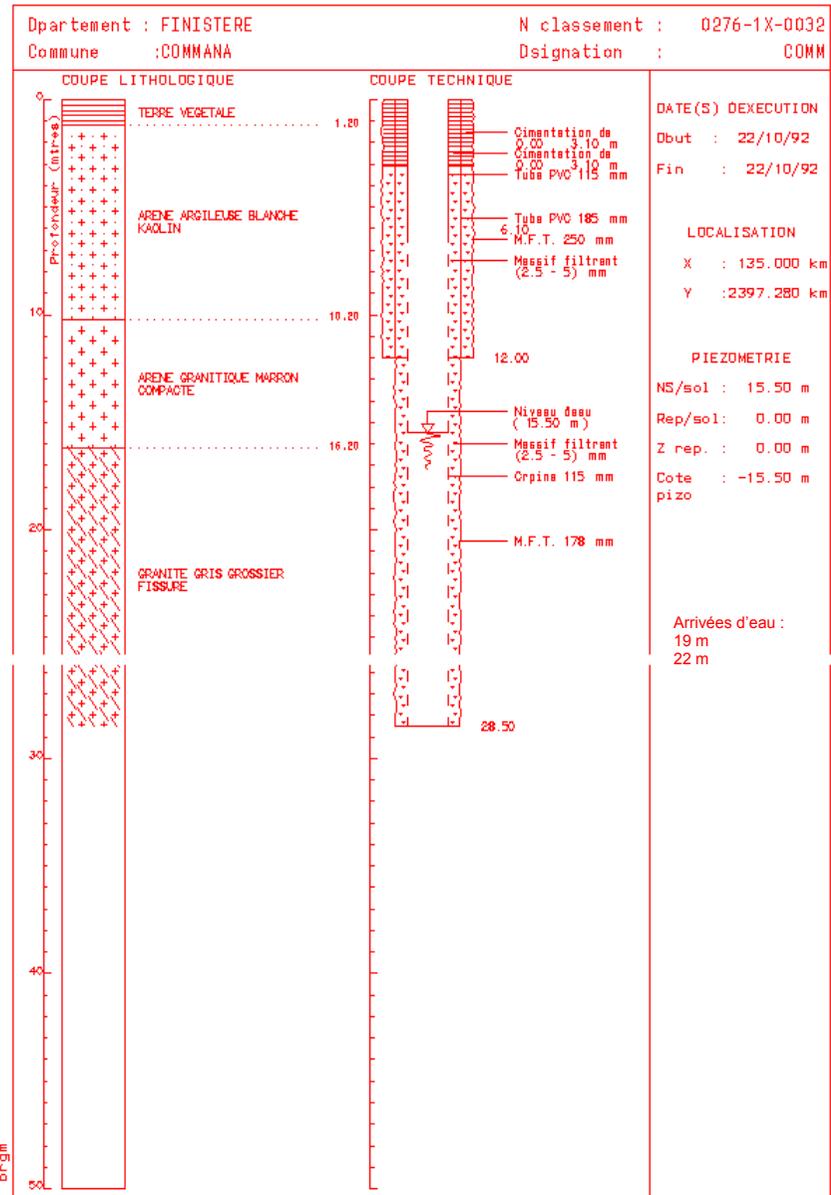
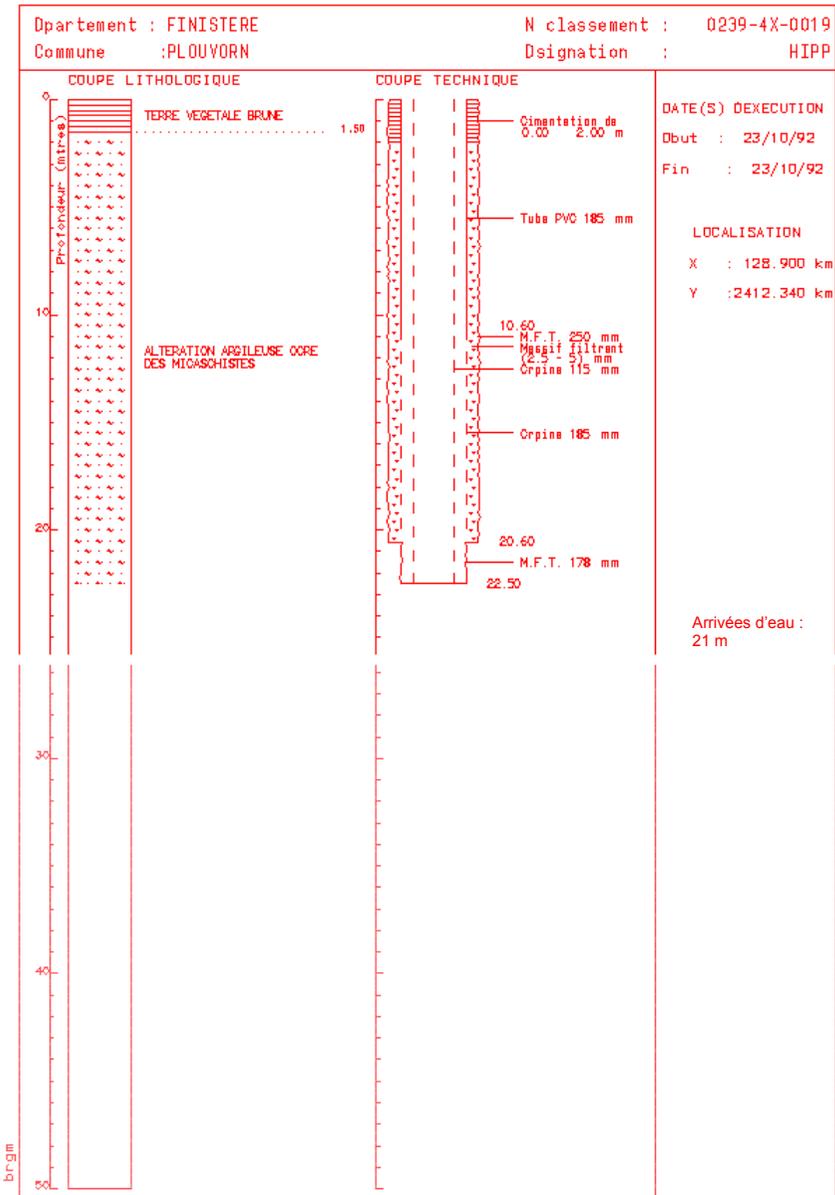
Annexe 3

Coupes techniques et géologiques des 14 piézomètres existants

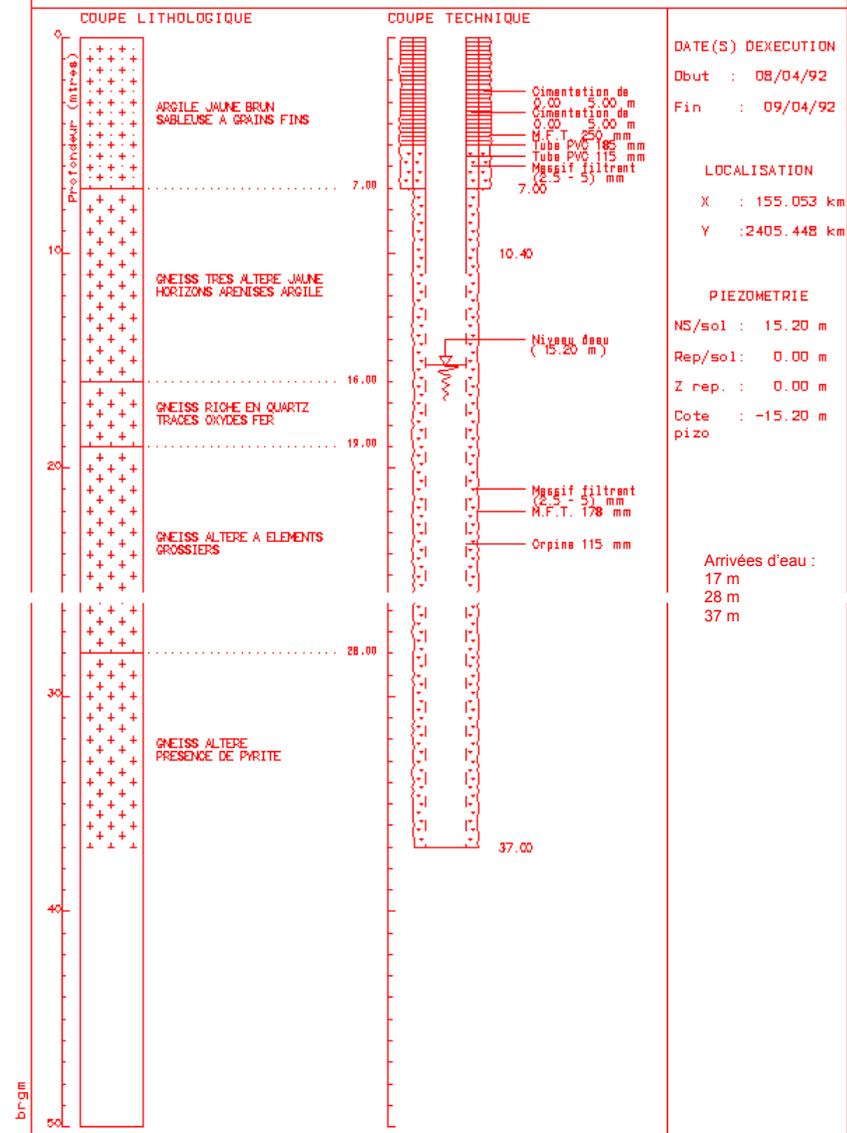








Dpartement : FINISTERE N classement : 0240-8X-0016
 Commune : PLOUGONVEN Dsignation : TOUL



Dpartement : FINISTERE N classement : 0311-4X-0023
 Commune : ST-HERNIN Dsignation : BELL

