

Capteurs géothermiques verticaux pour pompes à chaleur

Aspects réglementaires, règles de l'art
et qualification des entreprises de forage

Rapport final

BRGM/RP-53675-FR
janvier 2005



Capteurs géothermiques verticaux pour pompes à chaleur

Aspects réglementaires, règles de l'art
et qualification des entreprises de forage

Rapport final

BRGM/RP-53675-FR
janvier 2005

Étude réalisée dans le cadre des opérations
de Service public du BRGM 2004 02-ENE-102

L. Albouy, J.C. Foucher, O. Goyénèche

Vérificateur :

original signé par A. GENTER

Approbateur :

original signé D. VASLET

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.



Mots clés : Capteurs verticaux, Sondes géothermiques, Géosondes, Pompes à chaleur, Forages, Réglementation.

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

Albouy L., Foucher J.C., Goyénèche O. (2005) – Capteurs géothermiques verticaux pour pompes à chaleur. Aspects réglementaires, règles de l'art et qualification des entreprises de forage. BRGM/RP-53675-FR, 61 p., 13 ill., 3 ann.

Synthèse

Les pompes à chaleur (PAC) sur capteurs géothermiques verticaux (sondes verticales ou géosondes) exploitent la chaleur souterraine du proche sous-sol, depuis le niveau naturel du sol jusqu'à la profondeur de 100 mètres environ, sans avoir à mobiliser l'eau des aquifères ou nappes.

Il s'agit d'un mode de chauffage économique, performant et respectueux de l'environnement, particulièrement adapté aux locaux résidentiels individuels.

Depuis quelques années, plusieurs pays européens (Suède, Autriche, Allemagne) ont saisi l'intérêt économique et écologique des PAC sur capteurs géothermiques verticaux.

En France, les installateurs chauffagistes et les entreprises de forage se mobilisent pour développer cette solution de chauffage. La mise en place de crédit d'impôts renforcés pour les particuliers pour la période fiscale 2005 - 2009 devrait permettre un essor significatif de cette filière.

Dans une branche d'activité très concurrentielle, la **maîtrise de la qualité** est l'une des conditions de succès, aussi bien pour assurer la performance thermique et la pérennité des installations souterraines, que pour garantir l'intégrité du sous-sol.

La mise en place de la procédure qualité « Foreurs Qualité PAC », sous l'impulsion de l'ADEME, d'EDF et du BRGM, doit permettre l'engagement des entreprises de forages, soucieuses de l'image de la filière, dans une démarche collective de qualité qui vise à garantir au maître d'ouvrage, le respect des règles administratives et des règles de l'art.

En effet, la démarche qualité est un moyen de valorisation de l'entreprise qui s'engage à respecter des dispositions préétablies et à vérifier par des examens internes et externes que ces dispositions sont mises en œuvre de manière efficace et sont aptes à atteindre les objectifs recherchés. Le référencement d'une entreprise dans cette démarche Qualité est également un gage de professionnalisme susceptible de lui permettre d'obtenir une couverture d'assurance en Responsabilité Civile et en Garantie Décennale, toutes deux nécessaires pour travailler dans la filière des sondes géothermiques.

Le présent document fait référence aux principales dispositions légales actuellement en vigueur. Il expose une synthèse de recommandations pour la réalisation d'un forage, la pose d'une sonde géothermique, le remplissage du forage et les tests avant réception de l'installation.

Il peut être considéré comme un support technique à l'engagement des foreurs et la référence « Foreurs Qualité PAC » pour la pose de capteurs géothermiques verticaux.

Il sera distribué aux entreprises de forage ayant souscrit l'engagement « Foreurs Qualité PAC », notamment à l'occasion des séminaires d'information.

Il permettra en outre de compléter le rapport « MI.8 » du COSTIC, remis jusqu'ici aux professionnels de la filière, pour les chapitres relatifs au sous-sol et pourra également être fourni, sur demande, aux professionnels installateurs et fabricants de matériel.

Sommaire

1. Les capteurs géothermiques verticaux	7
2. Aspects réglementaires	9
3. Rôle des opérateurs	11
4. État de l'art de l'installation souterraine	13
4.1. CONNAISSANCE PRÉALABLE DU SOUS-SOL	13
4.2. DIMENSIONNEMENT DES CAPTEURS	14
4.3. IMPLANTATION DES OUVRAGES SUR LE TERRAIN.....	16
4.4. CONTRÔLES AVANT TRAVAUX.....	17
4.5. CONSIGNES GÉNÉRALES PENDANT LES TRAVAUX DE FORAGE	19
4.6. MISE EN PLACE DE LA SONDE	20
4.7. REMPLISSAGE DU FORAGE.....	22
4.8. TÊTE DU FORAGE, TRANCHÉE DE LIAISON AVEC L'INSTALLATION DE SURFACE.....	23
4.9. CONTRÔLES, FIN DE TRAVAUX, PLAN DE RÉCOLEMENT ET RÉCEPTION DE L'INSTALLATION SOUTERRAINE.....	24
5. Démarche d'engagement qualité des entreprises de forage.....	27

Liste des illustrations

Illustration 1 - Schéma de principe d'une installation de chauffage à basse température utilisant une sonde géothermique.	8
Illustration 2 - Exemple de prise en compte des terrains pour la réalisation et le remplissage d'une sonde géothermique.	12
Illustration 3 - Exemples d'implantation de sondes à promouvoir ou à proscrire.	16
Illustration 4 - Exemple d'implantation de sondes et distances minimales à respecter par rapport à divers obstacles locaux (schéma BRGM)	17
Illustration 5 - Machines de forage au marteau fond de trou et dévidoirs utilisés pour la mise en place de sondes : on préférera un dévidoir à axe horizontal (photo de droite) qui permet d'éviter l'endommagement de la sonde à l'embouchure du forage lorsqu'il est tubé avant remplissage.	18
Illustration 6 - Exemple de sonde composée d'un tube en PEHD en double « U », relié à sa base dans une chambre.	19
Illustration 7 - Chantier de forage au marteau fond de trou en cours de réalisation.	20
Illustration 8 - Exemple de pied de sonde en double « U » relié à une chambre commune, comprenant un tube central destiné à la cimentation de bas en haut du forage.	21
Illustration 9 - Exemples de mise en place de sondes dans le forage selon deux techniques différentes : dévidoirs à axe horizontal ou vertical (cf. ill. 5).	21
Illustration 10 - Exemple de limite contractuelle de prestations pour la réalisation des ouvrages.	24
Illustration 11 - Exemple type de tête de sonde géothermique.	25
Illustration 12 - Visualisation de la liste des entreprises de forage intégrées à la procédure « Foreurs Qualité PAC » et de la carte de répartition, à partir de la page d'accueil du site Internet de PROMOTELEC.	28
Illustration 13 - Assurer la protection des eaux souterraines.	39

Liste des annexes

Annexe 1 - Réglementation applicable.	31
Annexe 2 - Formulaire d'engagement à la démarche « foreurs qualité PAC »	45
Annexe 3 - Protocole de vérification des « foreurs qualité PAC » pour la mise en place de capteurs géothermiques verticaux.	57

1. Les capteurs géothermiques verticaux

Le présent document a été réalisé par le BRGM, dans le cadre d'un projet destiné à mettre en place une procédure qualité pour les entreprises de forage qui réalisent des sondes géothermiques ou capteurs géothermiques verticaux. Ce projet, commandé par l'ADEME et EDF a également bénéficié d'un financement du BRGM dans le cadre de ses activités de service public.

Les capteurs géothermiques verticaux (sondes géothermiques ou géosondes) sont des échangeurs thermiques qui prélèvent de la chaleur emmagasinée dans le sous-sol, par conduction thermique au moyen d'une pompe à chaleur (PAC).

Ils sont constitués d'un ou plusieurs forages verticaux de quelques dizaines de mètres de profondeur, parfois plus, dans lesquels sont insérés des tubes en matériau synthétique, en général du polyéthylène haute densité (PEHD), raccordés à une PAC. Les tubes peuvent être reliés entre eux, soit par une chambre commune, soit deux par deux en double U à la base. Un fluide antigel caloporteur, de l'eau glycolée composée à 30 % minimum de monoprpylène glycol, circule à l'intérieur des tubes pour prélever la chaleur au sous-sol environnant.

La PAC restitue en surface la chaleur prélevée pour chauffer une habitation, de préférence au moyen d'un plancher chauffant. En été, le système peut être inversé pour fonctionner en mode rafraîchissement (cas d'une PAC réversible).

Cette technique est adaptée aux maisons individuelles, à l'habitat individuel groupé, au résidentiel collectif ou au tertiaire. Elle bénéficie d'aides financières publiques (crédits d'impôts, aides aux opérations exemplaires de l'ADEME, aides de l'Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat-ANAH,...) et peut se satisfaire de démarches administratives simplifiées qu'il faut cependant connaître et respecter.

Le développement des capteurs géothermiques verticaux fiables, durables et respectueux de l'environnement, doit tenir compte de plusieurs facteurs liés à l'utilisation du sous-sol.

Pour cela le foreur, **unique opérateur responsable dans ce domaine**, doit justifier de :

- une bonne connaissance de la réglementation générale et locale ;
- une bonne connaissance préalable du sous-sol ;
- l'utilisation d'équipements adaptés ;
- des méthodes de travail permettant d'assurer une prestation rigoureuse et de qualité.

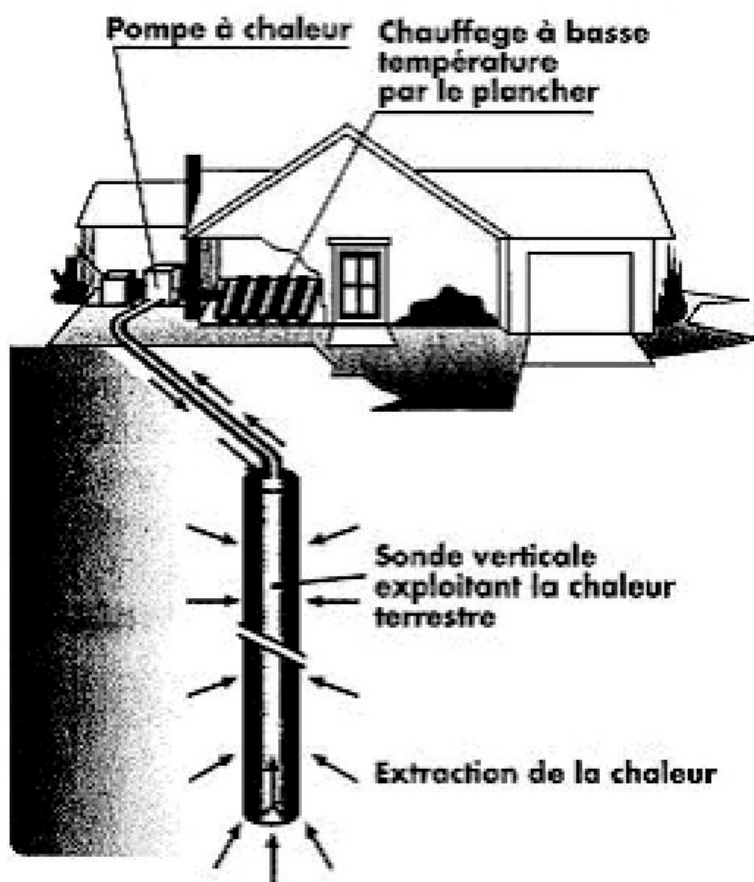


Illustration 1 - Schéma de principe d'une installation de chauffage à basse température utilisant une sonde géothermique.

2. Aspects réglementaires

(pour plus de détails, on se reportera à l'annexe 1)

Trois grandes séries de textes régissent les dispositions réglementaires applicables aux sondes géothermiques.

Il s'agit :

- du Code civil ;
- du Code minier ;
- du Code de l'environnement comprenant la mise en œuvre en septembre 2004 du décret n° 2003-868 du 11 septembre 2003.

Ces textes et tout particulièrement ceux relevant du Code de l'environnement servent principalement à la protection des ressources en eau. Aussi, nous avons essayé, dans toute la mesure possible, d'en extraire les éléments susceptibles de concerner directement les sondes géothermiques qui, par définition, n'exploitent pas de ressources en eau mais dont la réalisation, lors de la phase forage notamment, peut avoir des conséquences non négligeables sur les aquifères.

Le tableau suivant fait la synthèse des principales dispositions applicables. Celles-ci sont détaillées dans la suite du chapitre et en annexe 1 :

Référence réglementaire	Article ou Décret applicables aux sondes géothermiques	Dispositions applicables
Code civil	Articles 1792 et 2270	Tout constructeur d'ouvrage est responsable pendant 10 ans.
Code minier	Titre I, art. 3 - Titre IV, art.70 -Titre V, art.102 - Titre VIII, art. 131 - Décret 78-498 du 28/03/78	<p>Les gîtes géothermiques sont considérés comme des mines.</p> <p>Tout forage de plus de 10 m oblige à déclaration préalable aux travaux.</p> <p>Les gîtes géothermiques de moins de 150 °C, de moins de 200 thermies/h (réf. 20 °C) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • de moins de 100 m : simple déclaration. • de plus de 100 m : autorisation administrative.
Code de l'environnement	<p>Livre II « milieux aquatiques » - titre 1 « eau et milieux aquatiques »</p> <p>Décret n° 2003-868 du 11/09/03 (arrêté « forage ») - articles 3,4,6.</p>	<p>Le site d'un forage est choisi de façon à prévenir les risques de pollution depuis la surface ou souterraines par mélange de niveaux aquifères.</p> <p>La distance d'un forage doit être supérieure à 200 m de décharges et stockages de déchets ; 35 m de stockages d'hydrocarbures, de produits chimiques et phytosanitaires.</p> <p>35 m d'ouvrages d'assainissement (dans ce dernier cas des dérogations peuvent être demandées au service instructeur).</p> <p>La réalisation d'un chantier de forage doit prendre en compte des précautions particulières pour prévenir les risques de pollution accidentelle.</p>

3. Rôle des opérateurs

L'installateur chauffagiste, souvent en partenariat avec le constructeur de la PAC, doit définir les besoins thermiques de l'habitation à chauffer, assure l'installation de la pompe à chaleur et du plancher chauffant/rafraîchissant et très souvent, les raccordements au réseau souterrain.

Dans le cas d'installations plus importantes (secteur tertiaire ou résidentiel collectif ou habitat individuel groupé), le **bureau d'études techniques** (BET) spécialiste du génie climatique, souvent en partenariat avec le **constructeur de la PAC** ou le maître d'œuvre, doit définir les besoins thermiques du (ou des) bâtiment(s) à chauffer. Il rédige le cahier des charges des installations en précisant, **en concertation avec le foreur**, le dimensionnement des capteurs verticaux, leur nombre et la position des forages à réaliser sur un plan de masse détaillé, fourni par le maître d'ouvrage.

Le foreur réalise l'installation souterraine (voir ill. 2) :

- il prend en compte la nature des terrains, la présence éventuelle de niveaux aquifères et les contraintes réglementaires existantes ;
- il assure la procédure de déclaration du forage auprès de la DRIRE dans le département concerné (ou il s'assure que le maître d'ouvrage a bien respecté la procédure de déclaration du forage) ;
- il s'assure du bon dimensionnement des capteurs pour ne pas dépasser la puissance maximale soutirée au sous-sol. Il avertit et conseille le maître d'ouvrage afin d'augmenter la longueur des capteurs, notamment si le terrain est meuble et sec ;
- il met en œuvre les techniques de forage adaptées afin d'assurer la tenue des terrains à traverser ;
- il assure la bonne insertion des capteurs dans les forages ;
- il assure le remplissage (cimentation, graviers, etc.) correct de ces derniers.

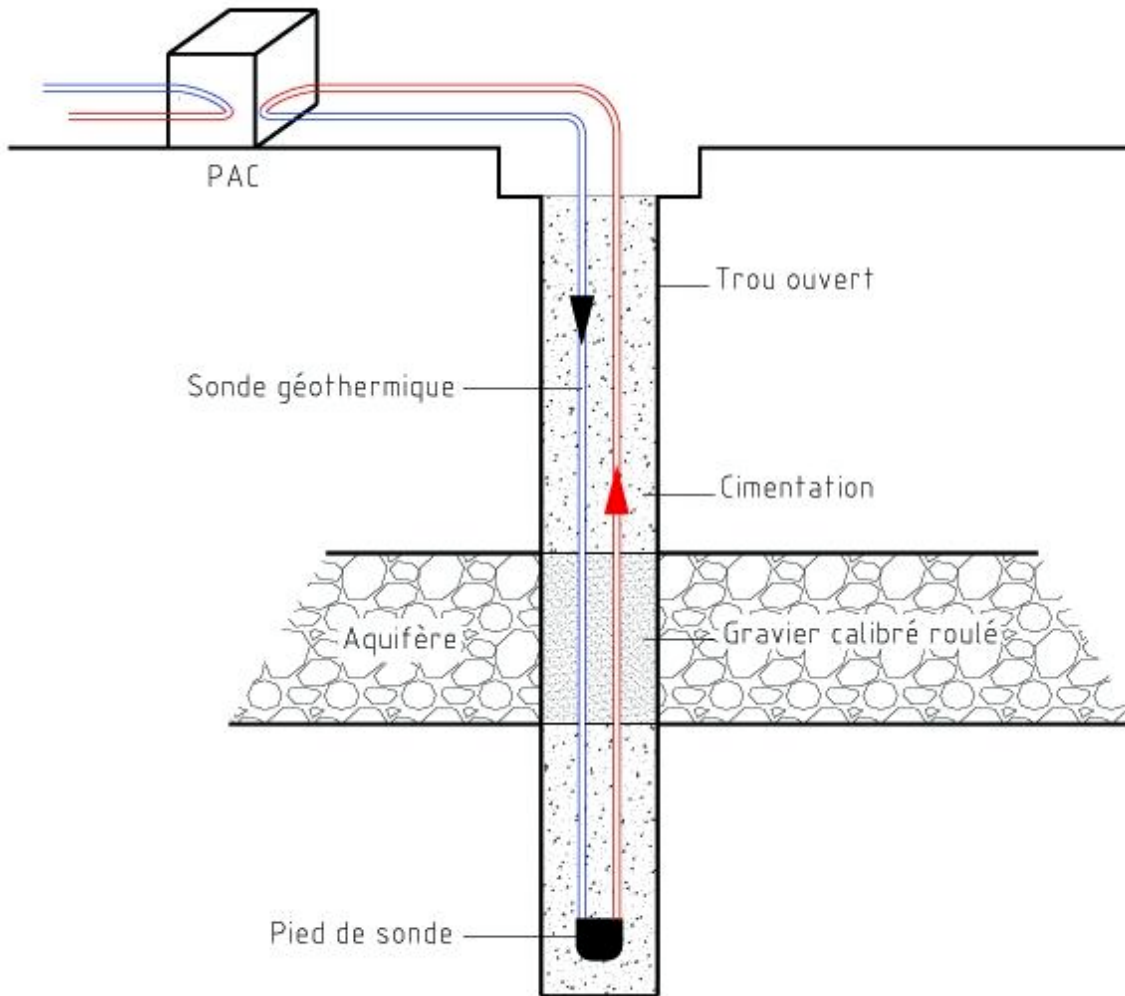


Illustration 2 - Exemple de prise en compte des terrains pour la réalisation et le remplissage d'une sonde géothermique.

4. État de l'art de l'installation souterraine

Les éléments du cahier des charges qui suivent sont donnés à titre indicatif, étant entendu que le foreur, par ses connaissances précises du terrain et du projet à réaliser, doit être en mesure d'adapter le cahier des charges pour parvenir au résultat attendu, dans le meilleur respect des contraintes réglementaires et de l'état de l'art. **Il reste le seul responsable de la réalisation des ouvrages dont il a la charge.**

Les sondes mises en place dans les forages sont des **organes essentiels du dispositif de chauffage** dans la mesure où elles assurent les échanges thermiques entre le milieu naturel et la pompe à chaleur. Ces réalisations doivent être parfaitement maîtrisées par des opérateurs formés à ces techniques et dont la compétence est reconnue et validée.

Un forage mal exécuté est un **vecteur potentiel de pollution** par infiltrations depuis la surface ou par la mise en communication de différents niveaux aquifères naturellement isolés par des couches imperméables. Il peut aboutir à un échec d'exploitation susceptible de pénaliser l'activité de la filière.

La réalisation d'un forage et l'installation d'une sonde **dans le respect des règles de l'art** est une opération qui nécessite une grande rigueur professionnelle car l'ouvrage est invisible. Le foreur travaille en aveugle et les malfaçons sont difficiles à vérifier et impossible à réhabiliter après achèvement des travaux. Dans le choix de l'entreprise, les considérations économiques ne doivent pas pénaliser les professionnels sérieux et compétents qui connaissent et respectent la réglementation et les règles de l'art, refusent la facilité, le mercantilisme, la mise en œuvre d'équipements et de matériaux inadaptés.

4.1. CONNAISSANCE PRÉALABLE DU SOUS-SOL

Un projet de forage ne peut être bien conçu et bien réalisé que s'il s'appuie sur une **bonne connaissance préalable du sous-sol**, notamment de la nature et de la profondeur probable des couches géologiques et des niveaux aquifères. Pour compléter sa connaissance, le foreur se renseigne auprès du BRGM (Banque des données du Sous-Sol), d'un **géologue** ou d'un **hydrogéologue local** ou encore, dans certains cas, d'un bureau d'étude ou maître d'œuvre spécialisé dans les travaux du sous-sol ou accède aux **données du sous-sol** au moyen de la navigation sur Internet.

Parmi les portails, celui du BRGM (<http://infoterre.brgm.fr>) permet l'accès aux banques de données numériques du BRGM, notamment aux données des forages enregistrés dans la **banque du sous-sol (BSS)**. Toutes ces données peuvent être recherchées dynamiquement sur la zone d'intérêt définie interactivement par l'utilisateur. La définition de la zone d'intérêt peut s'effectuer par recherche géographique ou par mots-clés. Par ailleurs, les informations peuvent être obtenues

auprès de chaque Service géologique régional du BRGM et au Centre national de consultation du BRGM à Paris, Maison de la géologie, rue Claude Bernard.

L'expérience du terrain que possède le foreur et la consultation auprès des administrations et des organismes publics spécialisés : Agence de l'eau, BRGM, MISE (Mission interservices de l'eau), DDAF, DDASS, DDE, DIREN, DRIRE, mairie... conduisent à prendre en compte les données et contraintes suivantes :

- état du site du forage (sol superficiel, remblais éventuels, zones de pollutions du sol) ;
- couches géologiques et niveaux aquifères ;
- carrières et cavités souterraines ;
- concessions minières ;
- périmètres de protection rapprochée des points de prélèvements d'eau destinée à l'alimentation des collectivités humaines ;
- périmètre des sources d'eaux minérales déclarées d'intérêt public ;
- contraintes locales d'urbanisme ;
- présence d'autres forages.

4.2. DIMENSIONNEMENT DES CAPTEURS

Cette tâche est généralement réservée à l'installateur climaticien ou chauffagiste (aux bureaux d'études techniques (BET), dans le cas de projets non individuels). Néanmoins le foreur doit **vérifier la cohérence des préconisations**, notamment en fonction des terrains rencontrés (terrain sec et granuleux ou au contraire, présence d'un aquifère). L'analyse portera sur le nombre de forages nécessaires pour obtenir la puissance calorifique désirée, en respectant la distance minimale entre chacun d'eux. En cas de dimensionnement insuffisant, il interviendra auprès du BET et/ou du client pour **augmenter la longueur des capteurs**.

Suivant le document MI.8¹ du COSTIC (Comité scientifique et technique des industries climatiques), « *le dimensionnement des capteurs doit être déterminé de façon rigoureuse. En effet, tout sous-dimensionnement entraînera un appauvrissement thermique irréversible du sol et une dégradation des performances soutirées au cours du temps* ».

¹ Générateurs réversibles eau glycolée/eau. Plancher chauffant/rafraîchissant. Capteurs enterrés verticaux.

Les seuils et prescriptions à respecter sont les suivants :

Dimensionnement du capteur	
Puissance maximale soutirée au sol dans un terrain normalement humide (puissance source froide de la PAC = puissance au condenseur moins puissance électrique)	50 W/ml (Watt par mètre linéaire de sonde verticale ou de longueur de forage)
Energie maximale prélevée dans le sol pour un terrain normalement humide (chauffage uniquement avec puissance de PAC = 100% des déperditions)	100 kWh / ml an (*)
Puissance maximale soutirée au sol pour un terrain meuble et sec (cailloux ou graviers secs)	30 W/ml
Energie maximale prélevée dans le sol pour un terrain meuble et sec (cailloux ou graviers secs)	65 kWh / ml an

(*) En cas de puissance de PAC inférieure à 100 % des déperditions et en cas de production d'eau chaude sanitaire par la PAC, ce critère devra être vérifié.

À titre de documentation indicative, on trouvera, ci-après, un tableau extrait du rapport intitulé « Énergie géothermique et stockage de chaleur » publié en mai 2002 par le Docteur Daniel PAHUD du Département Constructions et Territoire du Laboratoire d'Énergie, d'Écologie et d'Économie de l'École Universitaire Professionnelle de Suisse italienne :

Type de terrain	Puissance spécifique extraite	
	pour 1 800 h/an	pour 2 400 h/an
Valeurs générales indicatives <ul style="list-style-type: none"> • Sous-sols pauvres (sédiments secs) • Sous-sols normalement rocheux et sédiments saturés en eau • Roches consolidées à conductivité thermique élevée 	25 W/m	20 W/m
	60 W/m	50W/m
	84 W/m	70 W/m
Roches spécifiques <ul style="list-style-type: none"> Graviers et sables secs Graviers et sables saturés en eau Argile humide Calcaire massif Grès Granite Basalte Gneiss 	< 25W/m 65 à 80 W/m 35 à 50 W/m 55 à 70 W/m 65 à 80 W/m 65 à 85 W/m 40 à 65 W/m 70 à 85 W/m	< 20 W/m 55 à 65 W/m 30 à 40 W/m 45 à 60 W/m 55 à 65 W/m 55 à 70 W/m 35 à 55 W/m 60 à 70 W/m

Les valeurs peuvent varier de façon significative en fonction de la nature des terrains (eau, terrains secs) de leur altération et de la présence de fractures.

Les valeurs sont valides pour :

- de l'extraction de chaleur pouvant inclure la production d'eau chaude sanitaire ;
- des profondeurs de sonde de 40 à 100 m ;
- des sondes composées de tubes en double « U » ;

Elles ne sont pas valides pour un champ de sondes composé d'un grand nombre d'unités de faible profondeur sur une surface réduite.

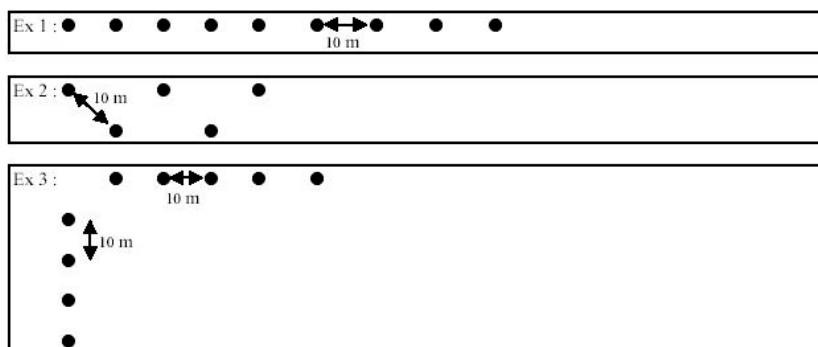
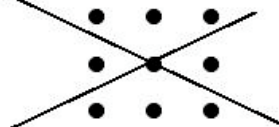
4.3. IMPLANTATION DES OUVRAGES SUR LE TERRAIN

Le foreur s'assurera de la **conformité de l'implantation du (des) forage (s)** sur plan et sur le terrain (voir exemple indicatif de plan, ill. 4).

Ainsi, des **distances minimales sont à respecter** avec les arbres (5 mètres), les réseaux enterrés non hydrauliques (1,5 mètres), les fondations, puits, fosses septiques, évacuations (3 mètres).

La disposition des capteurs suivant une maille carrée est à proscrire (cf. schéma ci-après) en raison des interférences thermiques entre forages. Par contre, une disposition des capteurs en ligne (ill. 3 – ex. 1) est recommandée avec des variantes possibles : lignes parallèles avec intervalles décalés (ill. 3 – ex. 2) ou lignes perpendiculaires (ill. 3 – ex. 3).

Exemple de positionnement à éviter :



(Extrait du rapport MI.8 du COSTIC intitulé « Générateurs réversibles eau glycolée/eau »)

Illustration 3 - Exemples d'implantation de sondes à promouvoir ou à proscrire.

De même, il est recommandé que l'espacement minimal entre deux capteurs verticaux soit d'au moins 10 mètres. Les capteurs sont à implanter de manière à ce qu'ils ne s'influencent pas mutuellement et que le sol puisse se régénérer correctement.

En cas de présence d'aquifères au droit des forages, il est recommandé de tenir compte du sens d'écoulement des nappes pour leur implantation.

Si le chauffage d'une piscine est envisagé, le foreur s'assurera que les capteurs prévus ne sont pas également ceux destinés au chauffage de la maison.

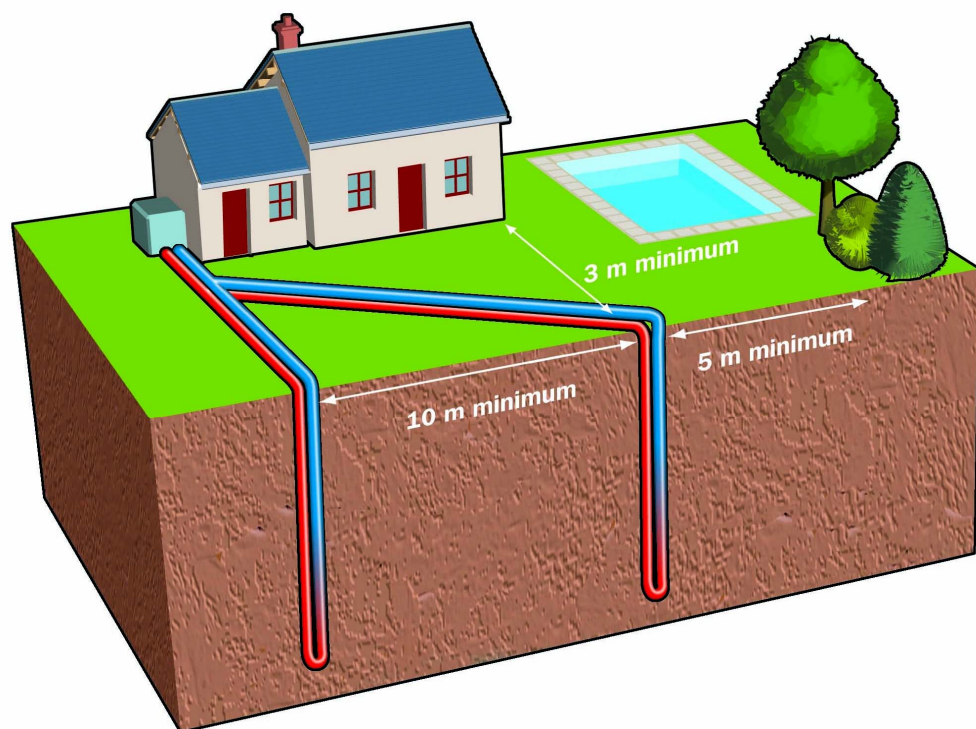


Illustration 4 - Exemple d'implantation de sondes et distances minimales à respecter par rapport à divers obstacles locaux (schéma BRGM).

4.4. CONTRÔLES AVANT TRAVAUX

Le responsable des travaux de forage doit préalablement s'assurer des conditions suivantes :

- conformité du **dossier administratif** : ouverture de chantier, déclaration préalable à la DRIRE pour les ouvrages de plus de 10 mètres de profondeur (code minier) et le cas échéant, arrêté préfectoral d'autorisation si les seuils de profondeur sont dépassés ;
- **réseaux enterrés existants** : câbles électriques, conduites d'eau ou de gaz... ;

- **dessertes** en eau et électricité et **accès au chantier**, notamment pour des camions de fort tonnage délivrant le ciment prêt à l'emploi ;
- **sécurité sur le chantier** : signalisation, moyens de prévention et matériels de secours, téléphone et liste téléphonique d'appels d'urgence ;
- **conformité des matériels** :
 - matériels de forage adaptés aux terrains à traverser : marteau fond de trou, sondeuse rotary, battage, tubages à l'avancement, compresseur...
 - matériels utilisés pour faciliter la mise en place des sondes : treuil, touret, lests...
 - matériels utilisés pour le remplissage du forage : bac de mélange et pompe d'injection du ciment, tube d'injection du ciment,
 - appareillage de test en pression.



(Photographies utilisées avec l'aimable autorisation des sociétés ECO'ALTERNATIVE (73) - Photo de gauche et MORAND FORAGES (85) - Photo de droite)

Illustration 5 - Machines de forage au marteau fond de trou et dévidoirs utilisés pour la mise en place de sondes : on préférera un dévidoir à axe horizontal (photo de droite) qui permet d'éviter l'endommagement de la sonde à l'embouchure du forage lorsqu'il est tubé avant remplissage.

- **conformité des fournitures** :
 - tubes de polyéthylène haute densité (PEHD) livrés aux normes standard (diamètres DN 25, 32 ou 40) avec pression nominale de fonctionnement adaptée à la longueur du capteur, en bon état (sans pincement ni éraflures), avec bouchons aux extrémités. **Un test en pression doit être fait à réception**,
 - sable ou gravier siliceux, roulé, propre, calibré et homogène,
 - bentonite utilisée pour l'étanchéité du trou et en mélange avec le ciment,
 - ciment adapté aux terrains (résistant aux sulfates, par exemple),
 - antigel (monopropylène glycol) dont le **taux minimum** (30 % environ pour une bonne stabilité du mélange antigel) **doit être adapté aux conditions climatiques hivernales locales**.



Illustration 6 - Exemple de sonde composée d'un tube en PEHD en double « U », relié à sa base dans une chambre.

4.5. CONSIGNES GÉNÉRALES PENDANT LES TRAVAUX DE FORAGE

Lors de la foration, le foreur se conforme aux règles de l'art et adapte sa méthode aux conditions des terrains. Dans les terrains meubles et bouillants, il veille à éviter l'effondrement possible des parois du trou ; au besoin il utilise un tubage **provisoire, qui doit impérativement être retiré lors de la cimentation et ce, afin de garantir l'étanchéité de l'ouvrage, la qualité du bouchon de ciment de tête et un meilleur échange thermique avec le terrain au contact de la sonde.**

Le diamètre du trou est choisi en fonction de celui de la sonde à mettre en place (en moyenne de 150 à 180 mm). Les sondages réalisés en petit diamètre avec un faible annulaire rendent très difficile, voire impossible, une bonne cimentation. Le foreur doit donc **respecter l'espace nécessaire à une bonne cimentation** sans pour autant permettre à la sonde de se vriller lors de son installation.

Les travaux et observations sont consignés dans un **rapport journalier de chantier** et dans le **dossier des ouvrages exécutés (DOE)** ou rapport final :

- avancements, diamètres, profondeurs, ... ;
- incidents de forage : éboulements... ;
- produits utilisés ;
- arrivées d'eau et niveaux aquifères traversés.



(Photographie utilisée avec l'aimable autorisation de la société Eco'Alternative (73))

Illustration 7 - Chantier de forage au marteau fond de trou en cours de réalisation.

Un **échantillonnage des terrains** est effectué **au minimum tous les 2 mètres forés** et à chaque changement de terrain. La coupe géologique « foreur » est établie au moyen des échantillons recueillis.

4.6. MISE EN PLACE DE LA SONDE

Aucun raccord ne doit être effectué sur les sondes, sauf pour les liaisons au distributeur ou au collecteur.

Les extrémités en U doivent être préfabriquées et éprouvées en usine et le foreur doit être en mesure de fournir la **fiche d'épreuve de la sonde en atelier**.

Le foreur suit scrupuleusement les spécifications techniques établies par le constructeur de la sonde. Les conditions de mise en place sont consignées dans le **rapport journalier de chantier** et dans le **dossier des ouvrages exécutés (DOE)** ou rapport final : moyens utilisés, difficultés rencontrées.

Certains fabricants livrent la sonde assortie d'un tube d'injection du ciment. Si ce n'est pas le cas, le foreur mettra en place le tube d'injection en même temps que la sonde verticale pour permettre une **cimentation sous pression de bas en haut en remontant le tube d'injection**.



Tube d'injection du coulis

(Photographies BRGM)

Illustration 8 - Exemple de pied de sonde en double « U » relié à une chambre commune, comprenant un tube central destiné à la cimentation de bas en haut du forage.

La descente de la sonde dans le trou est parfois délicate. Des lests sont prévus à la base de la sonde pour faciliter la descente en assurant une tension de l'ensemble. L'emploi d'un **treuil** ou d'un **touret** permet d'éviter les pincements, les frottements et les éraflures au sol.

En cas de présence d'eau dans le forage, il est recommandé de procéder au remplissage préalable de la sonde par le mélange antigel et ce afin d'en faciliter la mise en place.



Le dévidoir à axe vertical présente le risque d'endommagement du tube de sonde par frottement ou arrachage sur le bord du tubage métallique. Ici le foreur a installé une protection textile pour éviter ce risque



(Photographies utilisées avec l'aimable autorisation des sociétés ECO'ALTERNATIVE (73) - Photo de gauche et MORAND FORAGES (85) - Photo de droite).

Illustration 9 - Exemples de mise en place de sondes dans le forage selon deux techniques différentes : dévidoirs à axe horizontal ou vertical (cf. ill. 5).

Les **tests en pression** de la sonde sont effectués avant le remplissage du forage.

4.7. REMPLISSAGE DU FORAGE

Le remplissage est une opération capitale pour assurer les échanges thermiques, la préservation de la qualité des eaux souterraines et la longévité de l'installation.

Suivant la nature des terrains et la présence ou non de niveaux aquifères, les techniques de remplissage peuvent être variables.

Pour palier un certain nombre de contraintes techniques, prendre en compte les préoccupations environnementales et simplifier le message à l'attention des foreurs, **la cimentation totale du forage est fortement recommandée.**

La cimentation doit aboutir à l'extrados des tubes de la sonde à une gaine continue, homogène, adhérente aux tubes de la sonde et aux parois du trou. Pour assurer une répartition homogène du ciment, **l'espace entre le trou et les tubes de la sonde doit être égal ou supérieur à 5 cm.**

Le ciment doit avoir une densité et une viscosité adaptées à l'ouvrage. Il doit **contenir une proportion de bentonite**, de manière à combler les vides par gonflement et à éviter la fissuration du ciment et la fragilisation de la sonde lors de la prise. La composition est recommandée par le fournisseur des produits ; elle correspond en général à 95 % - 93% de ciment et à 5 % - 7% de « bentonite » (ex. Orégonite - À noter que certains fournisseurs proposent de remplacer une partie de la charge en ciment par de l'argile kaolinite et certains adjuvants pour augmenter la souplesse du coulis à la fracture). Les taux en bentonite résultent d'essais réalisés par des fabricants de ciment. Les laitiers de ciment bentonitique ont été testés en géotechnique, notamment pour la réalisation d'inclinomètres sur les talus de la SNCF. On a noté un meilleur comportement du ciment en cas de mouvements de terrains à condition que le taux de bentonite ne soit pas trop élevé.

Le coulis de ciment sera injecté **sous pression par la base et remontera en bouchant l'espace, au fur et à mesure que le tube d'injection sera remonté.**

Il est indispensable de **contrôler le volume total de ciment mis en place et de le comparer au volume théorique** (un écart de plus de 10 % peut signifier la présence d'anomalies).

Dans toute la mesure du possible, le foreur installera **en présence d'un niveau aquifère**, un **massif de sable ou de gravier** siliceux, roulé, propre, calibré et homogène, en veillant à **limiter strictement le gravier à la zone aquifère saturée (totalement mouillée).**

Dans la zone non saturée et dans la zone de battement de nappe, la porosité du gravier et la présence d'air au contact de la sonde réduiraient considérablement les échanges thermiques.

La mise en place de sable ou de gravier étant quasiment impossible par le tube d'injection, cette solution de remplissage n'est donc pas recommandée. Le remplissage se fait par gravité depuis la surface.

Cette opération étant délicate et pouvant endommager la sonde en place, il importe d'apporter le plus grand soin au choix des matériaux et à leur mise en œuvre.

Au-dessus du gravier un **joint d'étanchéité avec bentonite** doit être constitué pour éviter son invasion par le ciment du bouchon qui surmonte l'ensemble. On choisira, pour cette opération, une bentonite calcique (Sobranite) qui offre l'avantage de se dissoudre après la prise du ciment.

Enfin, un **bouchon de ciment d'au moins 10 mètres de profondeur à partir de la surface** est mis en place en tête de forage pour éviter les infiltrations des pollutions superficielles éventuelles (voir ill. 11). Il est possible d'achever le bouchon de ciment en partie haute par une couche de bentonite sodique pure qui possède la caractéristique d'être non dégradable et permet ainsi de lutter contre les infiltrations d'eau de surface tout en permettant de retravailler le rayon de courbure des sondes pour une meilleure adaptation au terrain dans la liaison avec la pompe à chaleur.

Parmi les **éléments à proscrire**, on peut noter :

- les cimentations gravitaires ;
- la cimentation rapide. En effet, la vitesse de circulation du coulis de ciment détermine la qualité d'une cimentation ;
- le remplissage à la boue bentonitique. Même si elle est parfois pratiquée dans les terrains imperméables, cette solution n'est pas recommandée car il est bien difficile de garantir la stabilité de la boue bentonitique sur le long terme et la mise en place d'une gangue cylindrique sur toute la hauteur concernée. En cas d'utilisation de cette technique, nous recommandons de rechercher une argile de qualité appropriée en se rapprochant d'un fournisseur spécialisé ;
- en aucun cas les déblais de forage ou cuttings ne pourront être utilisés. Ceux-ci doivent être évacués en décharge conformément à la réglementation.

Les opérations de remplissage réalisées sont décrites dans le **rapport journalier de chantier** et dans le **dossier des ouvrages exécutés (DOE)** ou rapport final. Les matériaux utilisés dans le remplissage du forage sont indiqués suivant les profondeurs sur la coupe du forage.

4.8. TÊTE DU FORAGE, TRANCHÉE DE LIAISON AVEC L'INSTALLATION DE SURFACE

L'installateur chauffagiste assure la liaison entre les sondes à la sortie du forage et les tubes de liaison au collecteur.

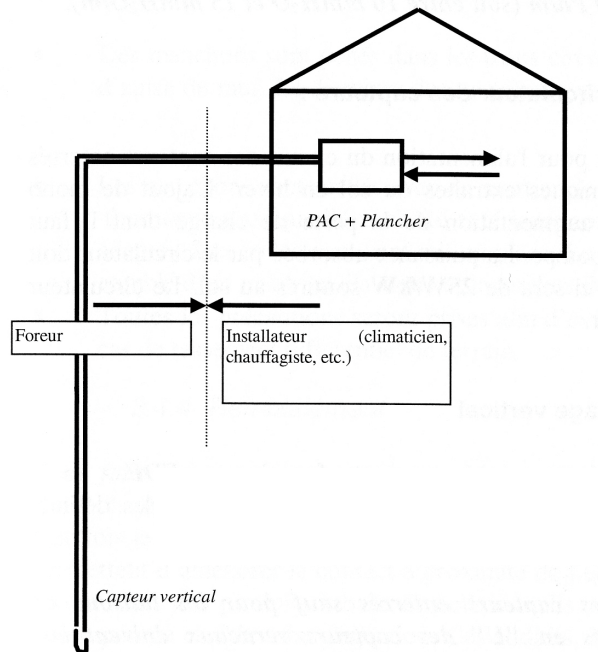


Illustration 10 - Exemple de limite contractuelle de prestations pour la réalisation des ouvrages.

« Si des raccords mécaniques sont utilisés, ceux-ci seront placés dans un regard en tête de forage. Afin de pouvoir intervenir sur ces collecteurs, ceux-ci **doivent** être installés dans un regard facilement accessible muni d'un bac de rétention » (MI.8 COSTIC).

Dans un certain nombre d'installations, les tubes de sonde sortent du forage et rejoignent le bâtiment dans une tranchée de liaison. Le foreur doit veiller à arrêter le bouchon de ciment légèrement en contrebas de la tranchée pour respecter la courbure des tubes sans effort excessif. Dans ce cas, le regard installé en tête de puits devra impérativement être prolongé afin que le sommet du bouchon de ciment soit contrôlable en fond de cave.

4.9. CONTRÔLES, FIN DE TRAVAUX, PLAN DE RÉCOLEMENT ET RÉCEPTION DE L'INSTALLATION SOUTERRAINE

L'épreuve de pression est réalisée suivant les recommandations du constructeur ou au minimum pendant une heure sous la pression de **6 bars**.

Un **contrôle du débit** est effectué à titre complémentaire.

Les données mesurées sont portées sur le **rapport journalier de chantier** et dans le **dossier des ouvrages exécutés (DOE)** ou rapport final.

Les tubes sont remplis d'antigel avec du monopropylène glycol au minimum à 30 % (fonction des conditions climatiques hivernales locales).

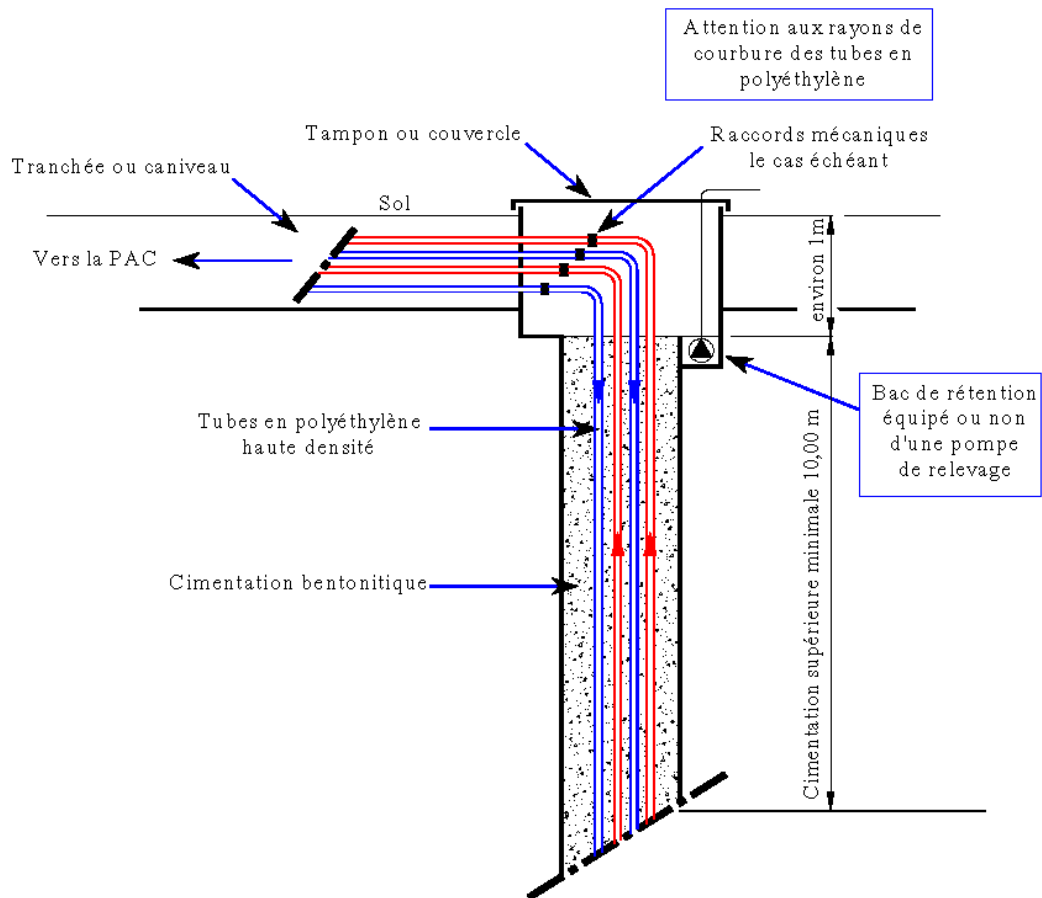


Illustration 11 - Exemple type de tête de sonde géothermique.

Le terrain est remis en état, la tranchée est rebouchée et les déblais des forages sont évacués en décharge.

Le foreur et/ou l'installateur dressent un **plan de récolement** à partir du plan de masse fourni par le maître d'ouvrage. Ce plan permet de visualiser :

- les limites du terrain ;
- les bâtiments construits ou à construire ;
- les arbres ;
- les réseaux aériens ;
- les réseaux souterrains existants ou prévus (conduite d'eau, câbles enterrés, évacuations d'eaux usées ou pluviales... ;
- les aménagements souterrains construits ou prévus (fosses septiques, tranchées filtrantes...) ;
- les puits, bassins, piscine ;
- la localisation des capteurs et leurs liaisons.

Si l'installation vient un jour à être abandonnée, le foreur signale au maître d'ouvrage la nécessité de mettre alors les forages en sécurité par rebouchage des tubes de sonde, pour prévenir toute pollution du sous-sol à partir de la surface.

Le ***dossier des ouvrages exécutés (DOE) ou rapport final***, la coupe schématique des terrains traversés (coupe « foreur »), la coupe du forage avec les matériaux de remplissage, le plan de récolement avec localisation précise du forage et de la tranchée sont remis au maître d'ouvrage, ***avec copies transmises respectivement à la DRIRE (caractère obligatoire) et au BRGM.***

5. Démarche d'engagement qualité des entreprises de forage

Dans le cadre de la démarche de qualification, l'entreprise de forage qui en fait la demande, reçoit du BRGM, les documents et formulaires suivants : (**cf. ann. 2**).

- lettre d'engagement « Foreurs Qualité PAC », du foreur et de ses éventuels partenaires pour la réalisation d'installations de climatisation par PAC eau glycolée/ eau sur capteurs verticaux ;
- déclaration de l'entreprise de forage ;
- règles de dimensionnement ;
- méthodes et préconisations pour forages et sondes géothermiques verticales ;
- dossier « Capteurs géothermiques verticaux » pour l'obtention du label PROMOTELEC ;
- coupe lithographique du forage et des matériaux de remplissage utilisés ;
- engagement d'un installateur partenaire d'un constructeur et d'un foreur.

Le demandeur retourne au BRGM (à l'adresse indiquée sur le formulaire) les documents et les déclarations nécessaires.

Après examen de ses moyens et de ses références (indiqués sur dossier et par contact téléphonique), l'entreprise est admise à figurer, **à titre provisoire**, sur la liste des foreurs « Foreurs Qualité PAC » tenue et mise à jour par le BRGM et transmise à l'ADEME, EDF et à PROMOTELEC qui met cette liste à disposition des usagers sur son site Internet (voir ill. 12).

L'entreprise s'engage alors à remettre au BRGM une **attestation d'assurance en RC et en garantie décennale**, ainsi que, si possible, copie des polices correspondantes.

L'attestation doit être actualisée à chaque échéance.



Illustration 12 - Visualisation de la liste des entreprises de forage intégrées à la procédure « Foreurs Qualité PAC » et de la carte de répartition, à partir de la page d'accueil du site Internet de PROMOTELEC.

L'entreprise est alors invitée à suivre un **séminaire d'information** et à respecter les prescriptions et les recommandations consignées dans la documentation qui lui est remise (cahier des charges).

Dorénavant, la participation au **séminaire d'information conditionne l'acceptation pour l'entreprise d'être inscrite dans la liste** des « Foreurs Qualité PAC ».

Le respect des exigences est ensuite contrôlé :

- lors de **l'examen systématique des dossiers de réalisations transmis par les foreurs** : dossier des ouvrages exécutés (DOE) ou rapport final, coupe schématique des terrains traversés (coupe « foreur »), coupe du forage avec les matériaux de remplissage, plan de récolement. Il est rappelé que les dossiers de réalisation de l'entreprise doivent être transmis au minimum tous les semestres au BRGM (adresse indiquée sur le formulaire) ;

et

- au cours de vérifications par échantillonnage, au siège de l'entreprise ou sur un chantier. Celles-ci sont organisées de façon aléatoire.

Les résultats de l'examen des dossiers ou de la vérification sur chantier sont mentionnés dans un protocole (**cf. ann. 3**) et transmis par écrit à l'entreprise, à EDF et à l'ADEME.

Annexe 1

Réglementation applicable

Le Code civil

Du point de vue du Code civil, le **constructeur d'un ouvrage est responsable des dommages** éventuels causés par l'ouvrage. **Cette responsabilité est engagée pendant une période de 10 ans**. C'est ce que l'on qualifie habituellement de **garantie décennale**.

Ainsi le maître d'ouvrage doit s'assurer que le foreur et l'installateur de la PAC sont titulaires d'une **police « responsabilité civile décennale »** et qu'en cas de recours, ils sont solvables.

Le texte du Code civil :

Art. 1792 : « Tout **constructeur d'un ouvrage est responsable** de plein droit, envers le maître ou l'acquéreur de l'ouvrage, des **dommages**, même résultant d'un vice du sol, qui compromettent la solidité de l'ouvrage ou qui, l'affectant dans l'un de ses éléments constitutifs ou l'un de ses éléments d'équipement, le rendent impropre à sa destination. Une telle responsabilité n'a point lieu si le constructeur prouve que les dommages proviennent d'une cause étrangère ».

Art. 2270 : « Toute personne physique ou morale, dont la responsabilité peut être engagée en vertu des articles 1792 à 1792-4 du présent code, est déchargée des responsabilités et garanties pesant sur elle, en application des articles 1792 à 1792-2, **après dix ans à compter de la réception des travaux** ou, en application de l'article 1792-3, à l'expiration du délai visé à cet article ».

Le Code minier

En son temps, le législateur n'avait pas prévu que « **les prélèvements de chaleur souterraine** » pouvaient être réalisés à faible profondeur au moyen de capteurs verticaux reliés à une PAC.

Ainsi, les dispositions générales du Code minier s'appliquent encore aujourd'hui.

Les « gîtes géothermiques » sont considérés comme mine et sont donc soumis au régime du Code minier en matière de sécurité des travailleurs et de protection de l'environnement. La **Direction régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement (DRIRE), a en charge l'application de cette réglementation**.

Les gîtes géothermiques « **à basse température** » (moins de 150 °C) « **de minime importance** », c'est-à-dire moins de 200 thermies par heure (par référence à 20 °C) **et moins de 100 m de profondeur**, donnent lieu à une **simple déclaration** (Décret 78-498 du 28 mars 1978 - article 17).

De plus, l'article 131 du code minier, oblige qu'une **déclaration préalable** soit faite à l'administration chargée des mines **pour tout forage dont la profondeur dépasse 10 mètres**.

Compte tenu de la puissance calorifique d'un capteur vertical – de 30 à 50 W par mètre linéaire - les installations de PAC sur sondes géothermiques verticales sont largement en deçà du seuil de débit calorifique des « exploitations géothermiques à basse température de minime importance » et pour cette raison, ne font l'objet que d'une simple déclaration. Par contre le texte indique une **limite de 100 mètres de profondeur** au-delà de laquelle l'installation est soumise à **autorisation** administrative.

Par ailleurs, les **sondages de plus de 100 mètres** réalisés dans un « **rayon de 50 mètres** des habitations et des terrains compris dans les clôtures murées y attenantes », doivent avoir le **consentement des propriétaires** de ces habitations.

Ainsi, **avant d'entreprendre le forage**, le foreur doit s'assurer que la déclaration de forage a été adressée à la DRIRE par le propriétaire de l'ouvrage ou par la personne qu'il a déléguée. Dans ce dernier cas, c'est souvent le foreur lui-même qui assure la démarche pour le compte du propriétaire.

Il s'agit donc, de fait, d'une responsabilité conjointe pouvant être recherchée en cas de désordres constatés. Le défaut de déclaration est passible de sanctions pénales (articles 142-8 et 142-9).

Cette disposition permet en particulier :

- au service des mines de la DRIRE d'avoir connaissance de tout projet susceptible d'affecter le sous-sol et d'avoir d'éventuelles conséquences irréversibles pour les nappes ;
- de tenir à jour la banque du sous-sol à partir d'un recensement aussi précis que possible.

La déclaration au titre de l'article 131 du Code minier vaut déclaration au titre du décret 78-498 du 28 mars 1978 - article 17 et inversement.

Les textes du Code minier :

Titre I^{er} « Classification des gîtes de substances minérales », article 3

« Sont également considérés comme mines, les gîtes renfermés dans le sein de la terre, dits gîtes géothermiques, dont on peut extraire de l'énergie sous forme thermique, notamment par l'intermédiaire des eaux chaudes et vapeurs souterraines qu'ils contiennent. Les gîtes géothermiques sont classés en gîtes à haute température et gîtes à basse température, selon les modalités définies par un décret en Conseil d'Etat. Les titres IV, VI bis, VI ter, VIII, IX et X du livre I^{er} du présent code s'appliquent à tous les gîtes géothermiques, quelle que soit leur température. En outre, les titres II et III s'appliquent aux gîtes à haute température, les articles 23 et 24 et le titre V aux gîtes à basse température ».

Titre IV « Exécution des travaux de recherche et d'exploitation de mine », article 70

« Les puits, sondages de plus de 100 mètres et les galeries ne peuvent être ouverts dans un rayon de 50 mètres des habitations et des terrains compris dans les clôtures murées y attenantes, sans le consentement des propriétaires de ces habitations ».

Titre V « Gîtes géothermiques à basse température », article 102

« Des décrets en Conseil d'Etat fixent, en tant que de besoin, les conditions et modalités d'application du présent titre, et les cas où il peut y être dérogé en totalité ou partiellement pour des exploitations de minime importance, compte tenu de leur profondeur et de leur débit calorifique ».

Titre VIII : Déclarations de fouilles et de levés géophysiques », article 131

« Toute personne exécutant un sondage, un ouvrage souterrain, un travail de fouille, quel qu'en soit l'objet, dont la profondeur dépasse dix mètres au-dessous de la surface du sol, doit être en mesure de justifier que déclaration en a été faite à l'ingénieur en chef des mines ».

Le Décret 78-498 du 28 mars 1978 relatif aux « Titres de recherche et d'exploitation de géothermie », article 17

« Par exception aux dispositions de la présente section et par application de l'article 102 du code minier, sont considérées comme exploitations géothermiques à basse température de minime importance et dispensées de l'autorisation de recherches et du permis d'exploitation prévus aux articles 98 et 99 du Code minier, les prélèvements de chaleur souterraine dont le débit calorifique maximal possible calculé par référence à une température de 20 degrés C est inférieur à 200 thermies par heure et dont la profondeur est inférieure à 100 mètres. Les exploitations de minime importance doivent être déclarées au chef du service interdépartemental de l'industrie et des mines par leur installateur selon les modalités prévues pour les déclarations de fouilles en application de l'article 131 du Code minier. La déclaration est faite, au plus tard un mois avant la réalisation des travaux, par lettre recommandée avec demande d'avis de réception. Elle tient lieu de la déclaration prévue à l'article 131 du Code minier ».

Le Code de l'Environnement

1. Les dispositions de la loi sur l'eau 92-3 du 03 janvier 1992, ont été abrogées par l'ordonnance 2000-914 du 18 septembre 2000.

2. Elles sont reprises dans le Code de l'environnement dans la partie relative à la législation sur l'eau qui figure dans le livre II « milieux physiques » - titre 1^{er} « eau et milieux aquatiques ».

Dans la mesure où les forages réalisés pour la mise en place de sondes géothermiques ne prélèvent pas d'eau, ils échappent pour une large part aux

applications de la loi sur l'eau qui se fondent principalement sur les notions de débit prélevé (ou rejeté). Cependant, il convient de garder à l'esprit les principes généraux de « **protection de la ressource en eau** », traduits dans les trois premiers articles de la loi et **les seuils de profondeurs** au-delà desquels l'opération est soumise à la **procédure d'autorisation**.

Pour les particuliers, les procédures d'autorisation deviennent très rapidement dissuasives du fait de la lourdeur de la démarche. Dans le cas d'un forage soumis à autorisation, le foreur doit s'assurer de la délivrance de **l'arrêté d'autorisation** et s'informer des **prescriptions** fixées par l'autorité préfectorale.

3. La rubrique 1.3.2 du décret 93-743 du 29 mars 1993

Citée pour mémoire, elle dispose que les « Travaux de recherche et d'exploitation de gîtes géothermiques » sont soumis à la procédure d'autorisation prévue en application de la loi sur l'eau. Ici encore, le législateur n'ayant pas prévu que « **les prélèvements de chaleur souterraine** » pourraient être réalisés à faible profondeur au moyen de capteurs verticaux reliés à une PAC, on peut légitimement penser que **cette rubrique ne s'applique pas aux « exploitations géothermiques à basse température de minime importance »**.

4. Le décret n° 2003-868 du 11 septembre 2003 (arrêté « forage »)

Il a modifié le décret n° 93-743 du 29 mars 1993 **et a notamment** :

- dédoublé la rubrique 1.1.0 relative aux prélèvements dans les eaux souterraines en deux rubriques :
 - 1.1.0 - **travaux effectués dans le cadre de la recherche d'eau souterraine ou de leur surveillance**, désormais soumis à **déclaration**,et
 - 1.1.1 - **prélèvements** soumis à **déclaration ou autorisation en fonction du débit prélevé**.

Ainsi désormais, certains « forages » sont soumis à déclaration au titre de l'article L. 214-3 du code de l'environnement. Il s'agit des sondages, forages, puits ou ouvrages souterrains destinés à la recherche, au prélèvement ou à la surveillance des eaux souterraines et relevant de la rubrique 1.1.0 de la nomenclature.

Les sondes géothermiques ne sont donc pas concernées par ces rubriques.

- supprimé la rubrique 1.5.0 du décret 93-743 du 29 mars 1993 (dispositions spécifiques pour les ouvrages de prélèvement d'eau souterraine situés dans les zones créées par le décret-loi de 1935 et ses décrets d'application successifs).

En conséquence, **l'ensemble des décrets qui fixaient antérieurement les seuils de profondeur au-delà desquels, la réalisation d'un forage nécessite une autorisation administrative est désormais abrogé**. Le tableau ci-après présente les départements et régions concernés par cette abrogation.

Il reste que nous recommandons d'interroger les services de la DRIRE ou les services départementaux chargés de la police de l'eau (DDAS, DDAF) pour connaître d'éventuels arrêtés préfectoraux pris sur la zone géographique où la sonde géothermique sera réalisée.

En la matière, l'autorité administrative compétente est généralement la **Mission Inter-Services de l'Eau (MISE)** du département concerné.

Décret d'origine	Décret d'abrogation	Département ou région concernés	Profondeur au-delà de laquelle la réalisation d'un forage nécessitait une autorisation
8 août 1935	loi sur l'eau du 3 janvier 1992 (article 46)	Ile-de-France	80 m
3 octobre 1958 (JO du 10 octobre 1958)	Décret n° 2003-868 du 11 septembre 2003	Nord - Pas-de-Calais	80 m
21 avril 1959 (JO du 26 avril 1959)	Décret n° 2003-868 du 11 septembre 2003	Gironde	60 m
11 mars 1960 (JO du 6 mars 1960)	Décret n° 2003-868 du 11 septembre 2003	Guadeloupe	3 m
N° 61-1542 30 décembre 1961	Décret n° 2003-868 du 11 septembre 2003	Réunion	10 m et si cote IGN = - 1 m
N° 73-200 21 février 1973 (JO du 28 février 1973)	Décret n° 2003-868 du 11 septembre 2003	Bouches-du-Rhône Calvados	80 m
		Pyrénées-Orientales	80 m
		Seine-Maritime Territoire de Belfort	80 m
N° 85-606 10 juin 1985 (JO du 18 juin 1985)	Décret n° 2003-868 du 11 septembre 2003	Indre-et-Loire	40 m
N° 81-619 18 mai 1981 (JO du 21 mai 1981)	Décret n° 2003-868 du 11 septembre 2003	Vosges et Moselle	40 m

- Précisé, dans ses articles 3 et 4, les **conditions d'implantation d'un forage** parmi lesquelles, on peut citer :
 - le site d'un forage est choisi en ayant à l'esprit de prévenir « tout risque de pollution par migration des pollutions de surface ou souterraines ou mélange des différents niveaux aquifères » (article 3),
 - le choix du site doit prendre en compte les restrictions ou les interdictions applicables à la zone concernée tels que : « Schéma d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE), plan de prévention des risques naturels (zones d'expansion des crues), périmètres de protection de captages AEP ou de source d'eau minérale, périmètres de protection de stockages souterrains de gaz,

d'hydrocarbures ou de produits chimiques» ou les « inventaires départementaux des anciens sites industriels et activités de service » (article 3) ;

- l'implantation d'un forage (à l'exception des ouvrages de surveillance ou de dépollution) doit tenir compte des contraintes de proximité par rapport à des sources de pollutions ; ainsi la distance d'un forage doit être supérieure à :
 - « **200 m** des décharges et stockages de déchets,
 - **35 m** des ouvrages d'assainissement,
 - **35 m** des stockages d'hydrocarbures, de produits chimiques, de produits phytosanitaires » (article 4).

Il résulte de ce qui précède que l'implantation d'une sonde géothermique, notamment en zone urbaine, devra préalablement tenir compte de la **présence de canalisations et de réseaux enterrés**. Il conviendra de se renseigner auprès des services techniques municipaux ou des établissements gestionnaires de réseaux.

L'information nécessaire peut être collectée auprès des administrations, des collectivités et des établissements publics spécialisés, notamment : Agence de l'eau, BRGM, DDAF, MISE (Mission Inter Services Eau), DDASS², DDE³, DIREN⁴, DRIRE, mairies, etc.

Le forage doit être implanté dans un environnement propre, éloigné de toute source potentielle de pollution, dans la mesure où celle-ci peut libérer des polluants susceptibles d'être attirés vers la sonde, **notamment lors de sa réalisation**.

Dans le cas des sondes géothermiques et en l'absence de dispositions spécifiques inscrites au décret, **le pétitionnaire peut demander au service instructeur une dérogation aux prescriptions ministérielles, qui lui sera accordée dès lors que les mesures complémentaires ou techniques alternatives qu'il propose, permettent de garantir un niveau de protection équivalent à celui prévu par l'arrêté**. Le dossier doit, dans ce cas, faire l'objet d'un examen en Comité Départemental d'Hygiène (CDH qui se réunit en préfecture) et le projet est approuvé par arrêté préfectoral. Nous avons tout lieu de croire que, si les demandes sont nombreuses, le passage en CDH ne sera probablement qu'une formalité, ce qui devrait alléger la procédure.

- Précisé les dispositions techniques spécifiques à l'organisation d'un chantier de forage et de prévention des risques de pollution (article 6) :
 - « l'organisation du chantier de forage prend en compte la **prévention des risques de pollution accidentelle** : accès et stationnements de véhicules, stockage d'hydrocarbures et autres produits ».

Par exemple, l'entreprise de forage disposera une bâche plastique sous la machine de forage afin de protéger le forage d'éventuelles fuites d'huile et de carburant.

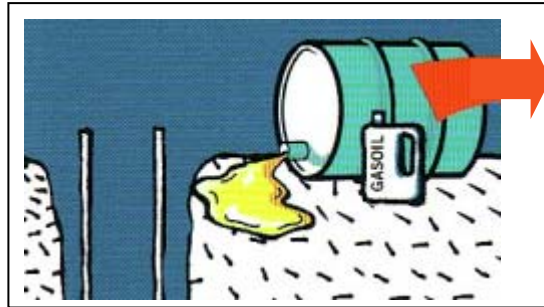
² Direction Départementale de l'Action Sanitaire et Sociale.

³ Direction Départementale de l'Équipement.

⁴ Direction Régionale de l'Environnement.

Il faut :

- éloigner les produits polluants du forage ;
- évacuer les boues et déblais de forage.



(Source documentaire : plaquette « Des forages de qualité en région Centre »)

Illustration 13 - Assurer la protection des eaux souterraines.

- Des **précautions particulières** sont à prendre pour la **protection des eaux souterraines** lors de la réalisation d'un forage pour sonde géothermique (voir complément en annexe 1) :
 - à proximité des installations d'assainissement collectif et non collectif,
 - dans les zones humides,
 - dans les zones karstiques et les roches très solubles (sels, gypse...),
 - en bordure du littoral marin ou à proximité des eaux salées,
 - à proximité des ouvrages souterrains et sur les tracés des infrastructures souterraines (câbles, canalisations, tunnels...),
 - à proximité des digues et barrages,
 - dans les anciennes carrières ou mines à ciel ouvert remblayées et au droit des anciennes carrières et mines souterraines,
 - à proximité des anciennes décharges et autres sites ou sols pollués,
 - dans les zones à risques de mouvement de terrain et les zones volcaniques à proximité des circulations d'eau ou de gaz exceptionnellement chauds ou chargés en éléments.

Les textes du Code de l'environnement :

En matière de forage, le Code de l'environnement s'adresse principalement à la législation sur l'eau qui y figure dans le livre II « Milieux physiques » - titre 1^{er} « Eau et milieux aquatiques ». Cette législation est fondée sur un ensemble de principes, dont en particulier (sont **surlignés** les éléments qui concernent les forages pour sondes géothermiques) :

Art. L. 211-1 : « les dispositions de la loi ont pour objet une gestion équilibrée de la ressource en eau afin d'assurer **préservation, protection**, développement et valorisation des ressources et satisfaire ou concilier, lors des différents usages, les

exigences de la santé, de la sécurité civile, de l'alimentation en eau potable des populations ».

Art. L. 211-2 « Les règles générales de **préservation de la qualité** et de répartition des eaux sont déterminées par décret en Conseil d'Etat. Elles fixent les normes de qualité, les règles de répartition des eaux et les conditions dans lesquelles peuvent être :

- interdits ou réglementés les déversements, écoulements... et plus généralement tout fait susceptible d'altérer la qualité des eaux et du milieu aquatique ;
- prescrites les mesures nécessaires pour préserver cette qualité et assurer la surveillance des puits et forages en exploitation ou désaffectés ;
- effectués par le service chargé de la police des eaux, des contrôles techniques des installations, travaux ou opérations...

Art. L. 211-3 « En complément des règles générales, des **prescriptions nationales ou particulières à certaines parties du territoire** sont fixées par décret en Conseil d'Etat. Elles déterminent les conditions dans lesquelles l'autorité administrative peut :

- prendre des mesures de limitation ou de suspension provisoire des usages de l'eau pour faire face à une menace ou aux conséquences d'accidents, de sécheresse, d'inondation ou à un risque de pénurie ;
- **édicter des prescriptions spéciales** applicables aux installations, travaux et activités qui font usage de l'eau... **et les conditions dans lesquelles peuvent être interdits ou réglementés tous forages**, prises d'eau... ouvrages de rejet, notamment dans les zones de sauvegarde de la ressource, déclarées d'utilité publique pour l'approvisionnement actuel ou futur en eau potable... ».

Les textes du décret n° 2003-868 du 11 septembre 2003 :

- Il a modifié le décret n° 93 -743 du 29 mars 1993 qui définissait les procédures administratives spécifiques pour le régime d'autorisation et de déclaration et a notamment :
 - ramené de 40 m³/jour à 1000 m³/an le volume en deçà duquel un prélèvement est réputé à usage domestique⁵,
 - dédoublé la rubrique 1.1.0 relative aux prélèvements dans les eaux souterraines en deux rubriques : **1.1.0** (travaux effectués dans le cadre de la recherche d'eau

⁵ « Constituent un usage domestique de l'eau... les prélèvements et les rejets destinés exclusivement à la satisfaction des besoins des personnes physiques propriétaires ou locataires des installations et de ceux des personnes résidant habituellement sous leur toit, dans les limites des quantités d'eau nécessaires à l'alimentation humaine, aux soins d'hygiène, au lavage et aux productions végétales ou animales réservées à la consommation familiales de ces personnes.

En tout état de cause, **est assimilé à un usage domestique de l'eau tout prélèvement inférieur ou égal à 1000 mètres cubes d'eau par an**, qu'il soit effectué par une personne physique ou une personne morale et qu'il le soit au moyen d'une seule installation ou de plusieurs » (article 2 du décret n° 93-743 du 29 mars 1993 modifié).

souterraine ou de leur surveillance) désormais soumis à déclaration et **1.1.1.** (prélèvements) soumis à déclaration ou autorisation en fonction du débit prélevé,

- **supprimé la rubrique 1.5.0** (dispositions spécifiques pour les ouvrages de prélèvement d'eau souterraine situés dans les zones créées par le décret-loi du 8 août 1935 et ses décrets d'application successifs qui se trouvent ainsi **abrogés**).

Ainsi désormais, certains « forages » sont soumis à déclaration au titre de l'article L. 214-3 du code de l'environnement. Il s'agit des sondages, forages, puits ou ouvrages souterrains destinés à la recherche, au prélèvement ou à la surveillance des eaux souterraines et relevant de la rubrique 1.1.0 de la nomenclature.

Ainsi la nouvelle rubrique 1.1.0 **s'applique** désormais :

- à tous les forages destinés à effectuer des prélèvements d'eau souterraine non domestiques (étant rappelé qu'un forage est réputé domestique s'il permet de prélever au plus 1 000 m³/an), sous réserve que le prélèvement futur relève de la législation sur l'eau (et soit donc destiné à un usage agricole, à l'alimentation des populations, à l'exploitation d'eaux minérales et thermales...). Les forages destinés à effectuer des prélèvements de plus de 1 000 m³/an mais moins de 8 m³/h (ne relevant donc pas de la déclaration au titre de la rubrique 1.1.1) sont également soumis à déclaration ;
- aux sondages et forages de reconnaissance effectués dans le cadre de la recherche d'eau y compris ceux infructueux, dès lors que le prélèvement envisagé sera supérieur à 1 000 m³/an ;
- aux forages effectués pour un rabattement de nappe dans le cadre d'un chantier de génie civil, d'ouvrage routier en tranchée ;
- aux forages effectués au titre de la surveillance quantitative ou qualitative des eaux souterraines.

Par contre, **elle ne concerne pas** :

- les forages de reconnaissance géotechniques ;
- **les forages effectués dans le cadre de l'exploitation de gîtes géothermiques**, de la recherche ou de l'exploitation minières, ceux relatifs au stockage souterrain de gaz, hydrocarbures et produits chimiques et plus généralement les travaux visés au code minier, réglementés par le RGIE (règlement général des industries extractives) et visés aux rubriques 1.3.1, 1.3.2 et 1.6.0 à 1.6.4 ;
- les forages destinés à la réinjection d'eau dans un aquifère ;
- les forages destinés aux prélèvements d'eau nécessaires au fonctionnement des installations classées, à la surveillance de leurs effets, au traitement des sols contaminés par ces installations, qui relèvent de la législation propre à ces établissements ;
- les forages effectués dans le cadre de la surveillance et de la dépollution des sites et sols pollués.

Il est ainsi confirmé que les forages destinés à recevoir des sondes géothermiques (ou capteurs verticaux) qui se développent actuellement pour le chauffage de l'habitat individuel ne sont pas concernés.

Les forages relevant de la rubrique 1.1.0 sont **soumis à des prescriptions générales** fixées par un arrêté interministériel du 11 septembre 2003 pris en application du décret n° 96-102 du 2 février 1996.

Le principe des arrêtés de prescriptions générales

Le principe des arrêtés de prescriptions générales est de définir un ensemble de règles minimales communes au plan national que doivent respecter les ouvrages, installations, activités, relevant des rubriques « loi sur l'eau » auxquelles ces arrêtés se réfèrent. De tels arrêtés sont élaborés pour les rubriques constituant des enjeux prioritaires pour les services de police de l'eau.

Dans le cas du régime de déclaration, ces règles s'imposent lors de l'émission du récépissé de déclaration auquel elles sont annexées. Des adaptations restent cependant possibles au cas par cas, à la demande du bénéficiaire ou du préfet. Elles ne doivent pas remettre en cause le niveau de protection de l'environnement prévu par les prescriptions générales.

NB : Pour les autorisations, ces règles ne constituent qu'un socle minimal que le préfet complète autant que nécessaire lors de la rédaction de l'arrêté individuel d'autorisation en fonction des résultats de l'instruction du projet et de ses impacts potentiels.

Dans les deux cas ces règles permettent d'avoir un traitement plus homogène des dossiers.

Les étapes de la procédure pour la réalisation d'un forage pour sonde géothermique

L'arrêté « forage » identifie deux étapes de la procédure administrative avant le début des travaux pour les forages relevant de la rubrique 1.1.0.

Par analogie et en respectant les prescriptions du Code minier (forage de 10 m à 100 m : déclaration et au-delà de 100 m : autorisation), on peut retenir les éléments suivant pour la constitution des dossiers administratifs.

Dépôt d'une déclaration en préfecture un mois au minimum avant le début des travaux

Le déclarant adresse au préfet un dossier de déclaration en trois exemplaires. Cette déclaration, comprend notamment :

- le nom et l'adresse du demandeur ;
- l'emplacement de l'opération projetée et les références cadastrales des parcelles concernées par les travaux ;

- les dates de début et fin prévisionnelle du chantier, le nom de la ou des entreprises retenues pour l'exécution des travaux de forage et, sommairement, les différentes phases prévues dans le déroulement de ces travaux (les côtes précises de réalisation de la ou des sondes, les dispositions et techniques prévues pour les réaliser, et, selon les cas, équiper ou combler les forages) ;
- la nature, la consistance et l'importance de l'ouvrage, de l'installation... ainsi que la ou les rubriques de la nomenclature dont ils relèvent ;
- les documents cartographiques pour la compréhension des pièces du dossier.

Des informations géologiques ou hydrogéologiques peuvent être obtenues par connexion sur site Internet, par consultation directe des cartes et dossiers de forages de la banque des données du sous-sol (BSS) au service géologique régional (SGR) ou encore en cas de difficulté, sous la forme d'une note technique de quelques pages en sollicitant les services du géologue régional ou de l'hydrogéologue régional du SGR. Elles peuvent également être sollicitées dans certains cas auprès des DIREN ou des agences de l'eau.

Dans les cas simples, notamment lorsque la ressource en eau recherchée est largement connue, le dossier de déclaration peut être réalisé par le déclarant ou le foreur qui intervient pour son compte. Dans les cas plus complexes (nappes superposées, zones de socle présentant de fortes hétérogénéités, zones karstiques...) le recours à un hydrogéologue ou la consultation du BRGM est recommandée.

Dans le cas d'une autorisation préalable (forage > 100 m)

Le préfet délivre dans un délai de deux mois, l'arrêté préfectoral donnant ou non l'autorisation de réalisation de la ou des sondes géothermiques et contenant les prescriptions générales applicables à l'ouvrage.

Le préfet communique éventuellement au déclarant le nom de la personne des services de la DRIRE chargée de suivre le dossier. Il précise les contraintes éventuelles dont la ressource fait l'objet.

Le maître d'ouvrage transmet l'arrêté préfectoral au foreur. Il lui transfère aussi ses obligations. À ce titre, le bon de commande mentionne l'engagement du prestataire à respecter les prescriptions réglementaires qui s'appliquent à l'ouvrage.

Précautions particulières à prendre pour la protection des eaux souterraines lors de la réalisation d'un forage pour sonde géothermique

D'une façon générale, un projet de forage ne peut être bien conçu et bien réalisé que s'il s'appuie sur une bonne connaissance du milieu. Les considérations économiques ne doivent pas occulter la phase de collecte et d'analyse de l'information pour connaître :

- le **milieu physique** depuis la surface jusqu'à l'objectif en profondeur : état du site du forage, sol superficiel et remblais éventuels, couches géologiques, niveaux aquifères ;

- les **zones à risques** : zones inondables, zones d'instabilité du sous-sol (mouvements de terrain, carrières souterraines, dissolution et corrosion de la roche), zones de pollutions du sol... ;
- les **contraintes environnementales** : périmètres de protection des captages pour l'eau potable, nappes surexploitées, périmètre du SAGE où les prélèvements de l'ensemble de la nappe sont limités, contrat de rivière, zones de sauvegarde de la ressource pour l'approvisionnement en eau potable, sauvegarde des milieux aquatiques dont les zones humides...

L'historique des **anciennes activités** qui ont pu se développer dans le passé à la surface du sol et l'état actuel du sol, permettront d'évaluer le risque potentiel de pollution du sous-sol par la surface et de guider le **choix du site** du forage en tenant compte de l'éloignement des sources de pollution et de la maîtrise des ruissellements. Si un aquifère est pollué et même si les services compétents n'ont pas imposé au propriétaire du site des dispositions particulières, il importe de prendre toutes les précautions possibles pour ne pas contaminer un autre aquifère traversé lors du forage.

Dans les **zones inondables**, l'aléa sera évalué à partir du niveau des plus hautes eaux connues, de la période de retour (crue décennale ou centennale) et de la vitesse du courant supposée. Il peut y avoir un impact sur le forage au moment de sa réalisation par introduction de particules fines voire de sables et graviers, comblant plus ou moins l'ouvrage lors d'une crue.

En cours d'exploitation, il peut y avoir pollution des aquifères sous-jacents en cas de mauvaise réalisation du bouchon de ciment bentonitique en tête de sonde (au moins 10 m).

La nature, la stabilité et les propriétés hydrauliques des terrains traversés en profondeur permettront l'évaluation des **risques d'affaissement ou d'effondrement** à prendre en compte lors des travaux de forages ou en phase d'exploitation. Une évaluation détaillée sera effectuée pour certaines couches de terrain. Par exemple en présence de gypse, la circulation de l'eau accélère la **dissolution de la roche**. Elle peut créer une cavité jusqu'à un point de rupture dépendant de la profondeur, de la résistance des couches supérieures, de la charge au sol, etc. En cas de rabattement local très important, la baisse significative de niveau d'une nappe libre peut être à l'origine de **perturbations hydromécaniques** par **tassement des terrains**. Ces phénomènes sont parfois à l'origine de désordres graves et de contentieux.

Annexe 2

Formulaires d'engagement à la démarche « foreurs qualité PAC »

- Lettre d'engagement « Foreurs Qualité PAC », du foreur et de ses éventuels partenaires pour la réalisation d'installations de climatisation par PAC eau glycolée/ eau sur capteurs verticaux.
- Déclaration de l'entreprise de forage.
- Règles de dimensionnement.
- Méthodes et préconisations pour forages et sondes géothermiques verticales.
- Dossier « Capteurs géothermiques verticaux » pour l'obtention du label PROMOTELEC.
- Coupe lithologique du forage et des matériaux de remplissage utilisés.
- Engagement d'un installateur partenaire d'un constructeur et d'un foreur.

LETTRE D'ENGAGEMENT « FOREURS QUALITE PAC »

Type d'engagement

- 1^{er} cas** → Foreur seul
 2^{ème} cas → Foreur associé ou partenaire d'un installateur de PAC
 3^{ème} cas → Foreur associé ou partenaire d'un constructeur de PAC possédant son réseau d'installateurs.

1^{er} cas	
La Société (« foreur »)	représentée par :
adresse :	
téléphone :	fax : mail :
s'engage par la présente à respecter les règles techniques et administratives citées ci-après.	
Fait à	le Signature du foreur

<p>2^{ème} cas</p> <p>La Société (« foreur ») : représentée par : adresse : téléphone : fax : mail :</p> <p>et</p> <p>La Société (« installateur ») : représentée par : adresse : téléphone : fax : mail :</p> <p>s'engagent par la présente à respecter les règles techniques et administratives citées ci-après</p> <p>Fait à le</p> <p>Signature du foreur Signature de l'installateur</p>	<p>3^{ème} cas</p> <p>La Société (« foreur ») : représentée par : adresse : téléphone : fax : mail :</p> <p>et</p> <p>La Société (« constructeur ») : représentée par : adresse : téléphone : fax : mail :</p> <p>s'engagent par la présente à respecter les règles techniques et administratives citées ci-après</p> <p>Ces installations seront réalisées avec les installateurs suivants (sous la responsabilité du constructeur) :</p> <p>- - - -</p> <p>Fait à le</p> <p>Signature du foreur Signature du constructeur</p> <p>Lettre d'engagement à faire parvenir à : BRGM/CDG/CITEG « Engagement Foreurs Qualité PAC » BP 6009 - 45060 Orléans Cedex 2</p>
---	---

DÉCLARATION DE L'ENTREPRISE DE FORAGE

Zones géographiques d'intervention du foreur

.....

Matériels et Techniques de forage disponibles chez le foreur

Engins de travaux

Il est impératif de posséder du matériel pour accès réduit au niveau des chantiers.

- Foreuses sur camion
- Foreuses sur chenille
- Camions plateau avec porteur
- Compresseurs
- Autres à préciser :

Matériels de forage

- Marteau fond de trou
- Rotary avec fluide de forage (boue de forage)
- Battage
- ODEX
- Tubage à l'avancement
- Autres à préciser :

Remarques :

.....

RÈGLES DE DIMENSIONNEMENT

Pompe à chaleur

La puissance de la PAC sera comprise entre 80 et 120 % des déperditions « G V DeltaT » et sera destinée uniquement au chauffage et au rafraîchissement de la maison (seront exclus l'eau chaude sanitaire et la piscine).

Sonde

Cette partie sera réalisée selon les préconisations écrites du :

- constructeur de la PAC
- BET
- Autres

Le foreur pourra donner son avis pour réaliser un fractionnement des sondes selon le type de sol qu'il rencontrera au cours du forage. Les sondes seront dimensionnées de telle sorte qu'elles respectent les deux critères suivants :

- 1) une puissance maximum soutirée au sous-sol (puissance condenseur - puissance électrique) de 50 W par mètre linéaire de sonde,
- 2) une énergie soutirée au sous-sol ne dépassant pas 100 kWh par mètre linéaire de captage et par an.

Ce ratio peut diminuer en fonction de la nature du terrain (ex : terrain meuble et sec).

Remarques :

.....

FORAGE ET SONDE GÉOTHERMIQUE

Déclaration de forage

Le foreur s'engage à respecter les règles administratives concernant les seuils de profondeur et à déclarer à la DRIRE avant le début des travaux, tout forage de plus de 10 m de profondeur.

Sonde utilisée

- achetée directement chez un fabricant spécialisé par Références :
- achetée chez un revendeur : Fabricant :

Si la sonde est fabriquée par le foreur ou l'installateur, ces derniers doivent fournir les références exactes des composants : marque et référence du tube PEHD, PE 80 ou PE 100, marque et référence des sondes ou raccords utilisés, marque et référence du bloc polyéthylène usiné et coordonnées de l'entreprise d'usinage. Pour le tube polyéthylène, il sera impératif sous (préciser le délai de mise en conformité) d'utiliser un marquage autre qu'une bande jaune, bleue ou blanche réservées à d'autres usages.

Descriptif de la sonde :

.....
.....
.....

- doubles tubes en U séparés à la base,
- doubles tubes en U avec chambre commune,
- Bac de décantation en partie basse de la sonde.

Dans tous les cas, aucun raccord ne sera fait sur la sonde verticale.

Matériaux utilisés :

- Polyéthylène haute densité
- Autre

Diamètre :

- DN 25
- DN 32
- DN 40
- Autre

Pression nominale de fonctionnement de l'installation (maximum 2,5 bars) :bars.

Dans tous les cas, 2 tubes en U (soit 4 tubes) seront mis dans un forage.

L'antigel utilisé sera du monopropylène glycol

Marque et référence du produit utilisé :

Taux d'antigel (30 % mini.) : %.

Remplissage du forage

- Le forage sera rempli par du sable et/ou du gravier sur toute la hauteur où il y a de l'eau et par un mélange ciment/bentonite (environ 5 à 7 % de bentonite) sur tout le reste :% bentonite.
- En aucun cas les déblais de forage ne pourront être utilisés pour le remplissage du forage.
- Le coulis de ciment sera injecté sous pression par la base et remontera en bouchant l'espace -qui doit avoir une épaisseur minimale de **5 cm** entre la paroi intérieure du trou et les tubes de la sonde-, au fur et à mesure que le tube d'injection sera remonté.
- Un bouchon de ciment composé d'un mélange de ciment et de bentonite (environ 5 à 7% de bentonite) de 10 m sera réalisé, en tête de forage, pour éviter la contamination de la nappe par les infiltrations des eaux de surface :% bentonite.

Une coupe lithologique du forage sera réalisée pour visualiser la nature des terrains traversés et la présence des nappes ; une description des matériaux de remplissage utilisés sera fournie pour chaque forage.

Jonction entre collecteur et tête de forage

Cette partie sera réalisée par :

- l'installateur pour toutes les opérations
- le foreur pour toutes les opérations
- l'installateur ou le foreur selon les opérations

Cette partie sera faite :

- avec un regard pour des raccords mécaniques
- sans regard pour des raccords en polyéthylène soudé ou électro-soudé

Dans tous les cas, une pente entre le collecteur et la tête de forage sera réalisée afin d'effectuer la purge du circuit.

Règles d'emplacement des capteurs sur la propriété

Dans tous les cas, l'installation respectera une distance entre capteurs de 10 mètres minimum et les recommandations suivantes :

Obstructions	Distance minimale capteurs/obstructions
Arbres	5 m
Réseaux enterrés non hydrauliques	1,5 m
Fondations, puits, évacuations, etc...	3 m

Plan de récolement

Ce plan sera réalisé par l'installateur sur la base du plan de masse de l'opération envisagée. On pourra visualiser *impérativement* :

- la taille et la forme du terrain disponible ;
- les éléments de structure existants et la position du bâtiment à construire ou déjà construit ;
- les arbres et les réseaux aériens ;
- les réseaux souterrains existants ou prévus dans le cadre de la construction ;
- la présence de nappe phréatique ;
- la localisation des capteurs et liaisons.

Si possible :

- les réseaux souterrains à construire dans le futur (évacuations, etc.) ;
- la localisation de futurs bassins ou piscine ;
- la présence de fosses septiques, plateaux bactériens ou de puits.

Préconisations en complément de celles qui sont mentionnées dans le guide publié par ADEM-EDF-BRGM « Capteurs géothermiques verticaux pour pompes à chaleur - Aspects réglementaires, règles de l'art et qualification des entreprises de forage », qui devront être respectées dans tous les cas.

Remarques :

.....

RESPECT DES ENGAGEMENTS ET DU CAHIER DES CHARGES

Toute anomalie qui mettrait en cause les engagements contenus dans la lettre signée par l'entreprise peut avoir pour conséquence sa **radiation** de la liste des entreprises intégrées à la procédure « Foreurs Qualité PAC » sans qu'elle ne puisse se retourner contre EDF, l'ADEME ou le BRGM.

DOSSIER À FOURNIR À EDF POUR L'OBTENTION DU LABEL PROMOTELEC

L'installateur, partenaire d'un foreur « Foreurs Qualité PAC », **s'engage** à fournir à son client, **pour chaque affaire**, le dossier « Capteurs géothermiques verticaux » suivant le modèle présenté ci-après, ainsi que la « coupe lithologique du forage et l'identification des matériaux de remplissage » selon le modèle également joint.

Dans le cas d'un engagement du foreur seul et indépendant, ce dernier s'engage à informer systématiquement l'installateur de la démarche à suivre au profit du client.

Ils s'engagent, en outre, à faire copie de ce dossier au BRGM/CDG/CITEG

Ce dossier permet d'identifier les tâches réalisées par chaque opérateur.

On trouvera, par ailleurs, un imprimé-type à remplir lors de **l'engagement de nouveaux installateurs** partenaires d'un constructeur et/ou d'un foreur (2^{ème} et 3^{ème} cas de la lettre d'engagement « Foreurs Qualité PAC »).

Une copie de ces documents sera conservée par les signataires de la lettre.

**DOSSIER « CAPTEURS GEOTHERMIQUES VERTICAUX »
POUR L'OBTENTION DU LABEL PROMOTELEC**

(Faire une copie de ce document au maître d'ouvrage et au BRGM/CDG/CITEG)

Chantier

Nom du client :

Adresse :

Nombre de forages réalisés :

Profondeur :

Ecartement :

Réception Foreur

(cocher les prestations réalisées, les autres ■ étant déjà attribuées)

- Mise en place de la sonde dans le forage
- Remplissage du forage
 - Remplissage de la sonde avec protection à 30 % de monopropylène glycol
- Mise en place d'un manomètre sur la sonde et bouchon
- Mise sous pression àbars sous air comprimé
 - Jonction tête de forage
 - Remplissage définitif de la sonde à% de monopropylène glycol (30% mini)
 - Mise sous pression définitive àbars

Réception Installateur

Le foreur atteste

- avoir signé une lettre d'engagement auprès du BRGM
- avoir fait la déclaration de sondage à la DRIRE (ou rappelé au maître d'ouvrage ses obligations)
- pouvoir produire à toute requête :
 - la fiche d'épreuve en atelier de la sonde
 - la coupe lithologique du forage et la coupe technique avec les matériaux de remplissage utilisés, suivant la profondeur

Entreprise :

Nom du signataire :

Adresse :

Téléphone :

L'installateur

- atteste avoir remis au client le plan de masse de l'opération concernée où apparaît la localisation des capteurs et les liaisons.

Entreprise :

Nom du signataire :

Adresse :

Téléphone :

Date de réception des travaux du foreur par l'installateur :

Signature du foreur

Date de fin des travaux par l'installateur :
.....

Signature de l'installateur (réception)

Signature de l'installateur (fin de travaux)

Remarques :

COUPE LITHOLOGIQUE DU FORAGE ET MATÉRIAUX DE REMPLISSAGE UTILISÉS

Chantier :

Nom du client :

Adresse :

Profondeur atteinte par le forage :

- Dans la coupe lithographique, indiquer la nature des terrains traversés, les venues d'eau ou la présence de nappe et leur profondeur.
- Indiquer les matériaux de remplissage, les composants utilisés (avec les proportions de chaque constituant) et leur profondeur dans le forage.

COUPE LITHOLOGIQUE (matériaux + nappes)	Tête de forage	MATÉRIAUX DE REMPLISSAGE
	- 10 m	
	- 20 m	
	- 30 m	
	- 40 m	
	- 50 m	
	- 60m	
	- 70 m	
	- 80 m	
	- 90 m	
	- 100 m	

**LETTRE D'ENGAGEMENT D'UN INSTALLATEUR
PARTENAIRE D'UN FOREUR ET/OU D'UN CONSTRUCTEUR DE PAC**

La société (installateur) :
représentée par :
adresse
.....
téléphone :
fax :
mail :

reconnait avoir pris connaissance de la lettre d'engagement signée par

la société (foreur) :

et/ou

la société (constructeur) :

et s'engage par la présente à respecter les règles techniques et administratives citées dans cette lettre.

Fait à , le

Signature de l'installateur

Lettre d'engagement à faire parvenir à :

**BRGM/CDG/CITEG
« Engagement Foreurs Qualité PAC »
BP 6009 - 45060 Orléans Cedex 2**

Annexe 3

Protocole de vérification des « foreurs qualité PAC » pour la mise en place de capteurs géothermiques verticaux

Généralités : identification et localisation

Date de la visite	
Objet (chantier ou siège d'entreprise)	
Adresse	
CP et Ville	
Département	
Maître d'ouvrage	
Entreprise de forage	
Responsable rencontré (nom et fonction)	
Contrôleur	

Engagement qualité et qualification du personnel du foreur

Entreprise adhérente à la procédure « Foreurs Qualité PAC »	
Date de participation au séminaire dédié à la pose des capteurs géothermiques verticaux	
Formation et perfectionnement régulier du personnel de forage	

Formalités administratives

Attestation d'une police d'assurance « responsabilité civile décennale »	
Déclaration préalable à la DRIRE au titre de l'article 131 du Code minier	
Prise en compte des articles 3, 4, 6 et 7 du décret n° 2003-868 du 11 septembre 2003 (arrêté forage)	
Prise en compte des contraintes locales auprès de la mairie et/ou des administrations (concessions, périmètres de protection, contraintes d'urbanisme...)	

Connaissance préalable du sous-sol

Expérience du foreur (autres forages dans le voisinage)	
Contribution d'un géologue local	
Accès aux données du sous-sol via Internet	
Etat du site du forage (sol, remblais, zones de pollutions du sol)	
Carrières et cavités souterraines	
Nature des terrains à traverser	
Niveaux aquifères	

Dimensionnement des capteurs et implantation sur le terrain

Evaluation de la puissance soutirée au sol	
Nombre de forages nécessaires	
Profondeur des forages	
Implantation des forages (distances et espacements à respecter)	

Equipements du foreur

Matériels de forage	
Matériels utilisés pour la mise en place des sondes	
Matériels utilisés pour le remplissage du forage	
Appareillage de test en pression	

Matériaux employés

Tubes de sonde	
Sable/gravier	
Bentonite	
Coulis de ciment/bentonite	
Antigel	

Sécurité sur le chantier

Signalisation	
Moyens de prévention	
Matériels de secours	
Téléphone	
Liste téléphonique d'appels d'urgence	

Travaux de forage

Spécifications techniques préétablies	
Méthode de forage adaptée au terrain	
Diamètre du trou	
Tubage provisoire	
Rapport de chantier	
Echantillonnage des terrains et coupe foreur	

Mise en place des sondes

Fiche d'épreuve de la sonde en atelier	
Diamètre de la sonde	
Méthode ou moyens de mise en place	
Mise en place d'un tube d'injection pour la cimentation sous pression	
Tests en pression de la sonde avant remplissage du forage	
Rapport de chantier	

Remplissage du forage

Remplissage à la boue bentonitique en terrains imperméables (produit utilisé)	
Bouchon de ciment d'au moins 10 mètres en surface	
Massif de sable ou de gravier en zone aquifère (mode de mise en place)	
Joint d'étanchéité avec bentonite	
Cimentation partielle ou totale avec coulis de ciment injecté sous pression de bas en haut en remontant	
Coulis de ciment chargé en bentonite (type et %)	
Contrôle des volumes mis en place	
Rapport de chantier	

Contrôles et fin de travaux

Epreuve de pression	
Contrôle du débit	
Remplissage d'antigel (monopropylène glycol à 30 % minimum en fonction des conditions climatiques hivernales locales)	
Rapport de chantier	

Documents fournis

Dossier des ouvrages exécutés (DOE) ou rapport final de chantier	
Plan de récolement	
Coupe foreur des terrains traversés et des matériaux de remplissage utilisés en indiquant, le cas échéant, le niveau statique de l'eau et le battement de la nappe.	

Signature du foreur

Signature du contrôleur

Destinataires : EDF, ADEME, BRGM, Foreur



Centre scientifique et technique
Service connaissance et diffusion de l'information géologique
3, avenue Claude-Guillemin
BP 6009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34