



CHU POITIERS



Mission de Maîtrise D'œuvre

Réalisation du 3^{ème} forage d'injection de

l'installation de géothermie sur nappe au

droit du PRC2 du CHU de Poitiers (86)

PHASE PRO – DCE



Affaire PCHP260007 - Rapport n°146074 – Avril 2026

Projet suivi par Claire JULLIEN – 06.20.63.56.99 – claire.jullien@anteagroup.fr

Fiche signalétique

Mission de Maîtrise D'œuvre

Réalisation du 3ème forage d'injection de l'installation de géothermie
sur nappe au droit du PRC2 du CHU de Poitiers (86)

PHASE PRO – DCE

CLIENT	SITE
CHU POITIERS	PRC2
	POITIERS (86)
Dimitri NEEL dimitri.neel@chu-poitiers.fr 06 80 06 87 39	Dimitri NEEL dimitri.neel@chu-poitiers.fr 06 80 06 87 39

RAPPORT D'ANTEA GROUP

Responsable du projet	Claire JULLIEN
Interlocuteur commercial	Claire JULLIEN
Implantation chargée du suivi du projet	Implantation de Nantes 02.28.01.32.32 secretariat.nantes-fr@anteagroup.com
Rapport n°	A146074
Version n°	A
Votre commande et date	Notifié le 04 février 2026

	Nom	Fonction	Date	Signature
Rédaction	Claire JULLIEN	Hydrogéologue	Avril 2026	
Approbation	Julien BODINIET	Responsable d'activité ERG Bordeaux	Avril 2026	

Suivi des modifications

Indice Version	Date de révision	Nombre de pages	Nombre d'annexes	Objet des modifications
A	22/04/2026	29	0	Première diffusion

Sommaire

1. Objet de la consultation	4
1.1. Intervenants	4
1.2. Consistance des opérations.....	4
1.3. Situation géographique	5
1.4. Historique des travaux déjà réalisé et Rex à prendre en compte	7
2. Dispositions générales de chantier.....	9
2.1. Contrôle et vérification des matériels.....	9
2.2. Provenance des matériaux.....	9
2.3. Aménagement du chantier.....	9
2.4. Déchets de chantier	10
2.5. Fourniture en eau et électricité.....	10
2.6. Fermeture du chantier et remise en état des lieux.....	10
3. Hygiène et sécurité au travail.....	11
3.1. Précautions de travail.....	11
3.2. Plan de prévention des risques	11
4. Personnel de chantier et matériel de forage.....	12
4.1. Qualification de l'entreprise.....	12
4.2. Mise à disposition de personnel.....	12
4.3. Matériel de forage.....	12
5. Déclarations préalables	13
5.1. Déclaration GMI	13
5.2. DICT	13
5.3. Rejet des eaux d'exhaure	13
6. Description des travaux de reconnaissance	9
6.1. Opération de reconnaissance.....	9
6.2. Localisation.....	9
6.3. Méthode de foration	10
6.4. Phasage des travaux de reconnaissance : foration et comblement	10
6.5. Enlèvement des résidus de forage	11
6.6. Tests associés : injection et pompage	11
6.7. Fin de la reconnaissance	12
7. Description des travaux pour le forage définitif.....	13
7.1. Documents techniques de référence	13

7.2. Implantation des deux zones de reconnaissance.....	13
7.3. Coupe technique et géologique prévisionnelle.....	14
7.4. Méthode de foration	16
7.5. Programme de forage et d'équipement	16
7.6. Nettoyage, développement et pompages d'essai dans les calcaires du Dogger	19
7.7. Contrôles en forage/réception.....	23
7.8. Compte rendus journaliers de chantier	24
8. Contrôles, essais et réception de l'ouvrage	25
8.1. Contrôle en cours d'exécution	25
8.2. Contrôles	25
8.3. Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE).....	25
9. Décomposition du Prix Global et Forfaitaire	26
9.1. Dispositions générales.....	26
9.2. Contenu des prix	26
10. Planning	28

Table des figures

Figure 1 : Localisation du projet-Carte IGN	5
Figure 2 : Localisation du projet-Carte géologique	6
Figure 3 : Localisation des forages du projet géothermie PRC2	6
Figure 4 : : Coupes géologiques et techniques des ouvrages réalisés (de gauche à droite : Forage d'exhaure FE (BSS004HMH), Injecteur n° I1 (BSS04GNCG) et Injecteur n°I4(BSS004QAHS).....	8
Figure 5 : Localisation des deux zones de reconnaissance	9
Figure 6 : Coupe géologique et technique du forage I4 (z sol : +123,5 m NGF).....	14
Figure 7 : Coupe géologique et technique du forage d'exhaure F1 (+122,7 m NGF).....	15
Figure 8 : Protection provisoire de tête de forage F1	24

Table des tableaux

Tableau 1 : Programme technique prévisionnel-Reconnaissance	11
Tableau 2 : Programme technique prévisionnel du forage définitif	17

1. Objet de la consultation

1.1. Intervenants

Maitrise d'ouvrage :

CHU DE POITIERS
2 Rue de la Milétrie
CS90577
86021 POITIERS CEDEX

Maitrise d'œuvre :

ANTEA GROUP
8 boulevard Einstein
44300 NANTES

Claire JULLIEN
claire.jullien@anteagroup.fr
06 20 63 56 99

1.2. Consistance des opérations

Le présent document a pour objet de définir les spécifications techniques et les conditions d'exécution des travaux de mise en œuvre d'une installation géothermique sur nappe dans le cadre des travaux d'agrandissement du Pôle Régional de Cancérologie (PRC) et le regroupement de la médecine nucléaire (Site de la Milétrie) du CHU de Poitiers (86).

Le CHU de Poitiers a déjà engagé sa transition énergétique en ayant mis en place entre autres depuis 2014 un doublet géothermique sur nappe pour assurer le chauffage et le rafraîchissement du bâtiment Agora et réalise également la récupération de la chaleur émise par le process de refroidissement effectif toute l'année.

Les études préliminaires ont permis de valider la faisabilité d'un dispositif sur nappe à partir d'un doublet de forages **capable d'exploiter un débit :**

- **Compris entre 60 et 65 m³/h de façon régulière ;**
- **De 70 m³/h de manière occasionnelle et ponctuelle (en période hivernale - hautes eaux).**

Le premier forage d'injection finalisé en 2024 ne permet d'injecter que 25 m³/h.

Le deuxième forage d'injection finalisé en 2025 ne permet d'injecter que 15 m³/h

Volume total testé en injection en octobre 2025 : 40 m³/h

Ce marché concerne la création du troisième forage d'injection et les essais associés uniquement pour compléter l'injection du débit restant ou si les formations rencontrées le permettent de pouvoir injecter la totalité du volume pompé.

La création de la tête de puits enterrée, le raccordement et l'équipement du forage font l'objet d'un autre marché.

1.3. Situation géographique

Le site du PRC2 est situé au nord du site du CHU de Poitiers, à proximité de son héliport. Le troisième forage d'injection à créer n'est pas précisément positionné et devra faire l'objet de travaux de reconnaissance préalable. Deux zones ont été définies et sont repris sur le plan ci-après.

Le site du PRC2 est en travaux. Les travaux des futurs bâtiments seront en cours au moment des travaux de forage.

Le forage d'exhaure F1 (BSS004GNGC/X) a lui été réalisé au printemps 2023. Il est situé sur le parking de l'actuel PRC, fermé et protégé par une buse.

Le premier forage d'injection I1 (BSS004GNGE/X) a été réalisé en 2024 (entre juin et novembre). Il est situé à proximité de la plateforme de transfert des déchets. Il est aujourd'hui fermé par une plaque pleine boulonnée.

Le deuxième forage d'injection I4 (BSS004QAHS/X) a été réalisé en 2025 (entre juillet et octobre). Il est situé sur un parking à proximité de la plateforme héliport. Il est aujourd'hui fermé et protégée par une buse.

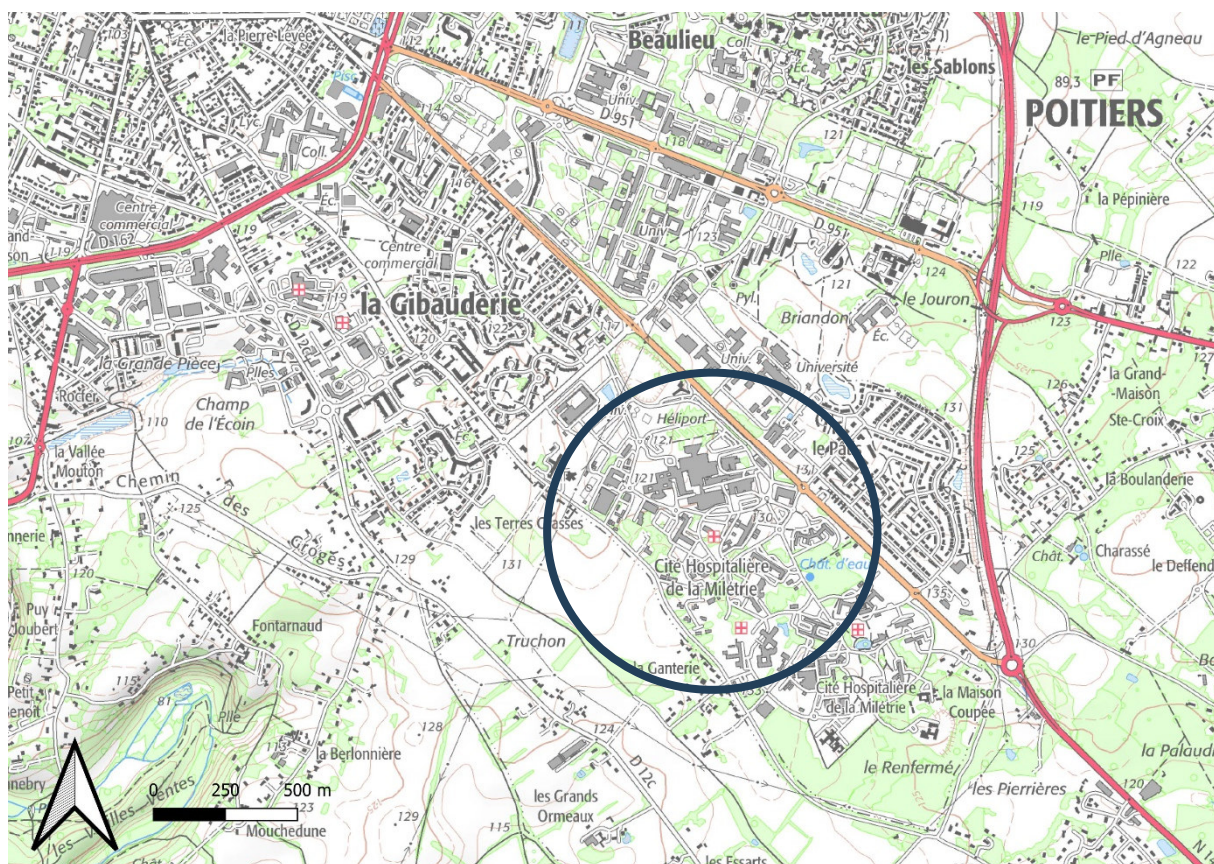


Figure 1 : Localisation du projet-Carte IGN

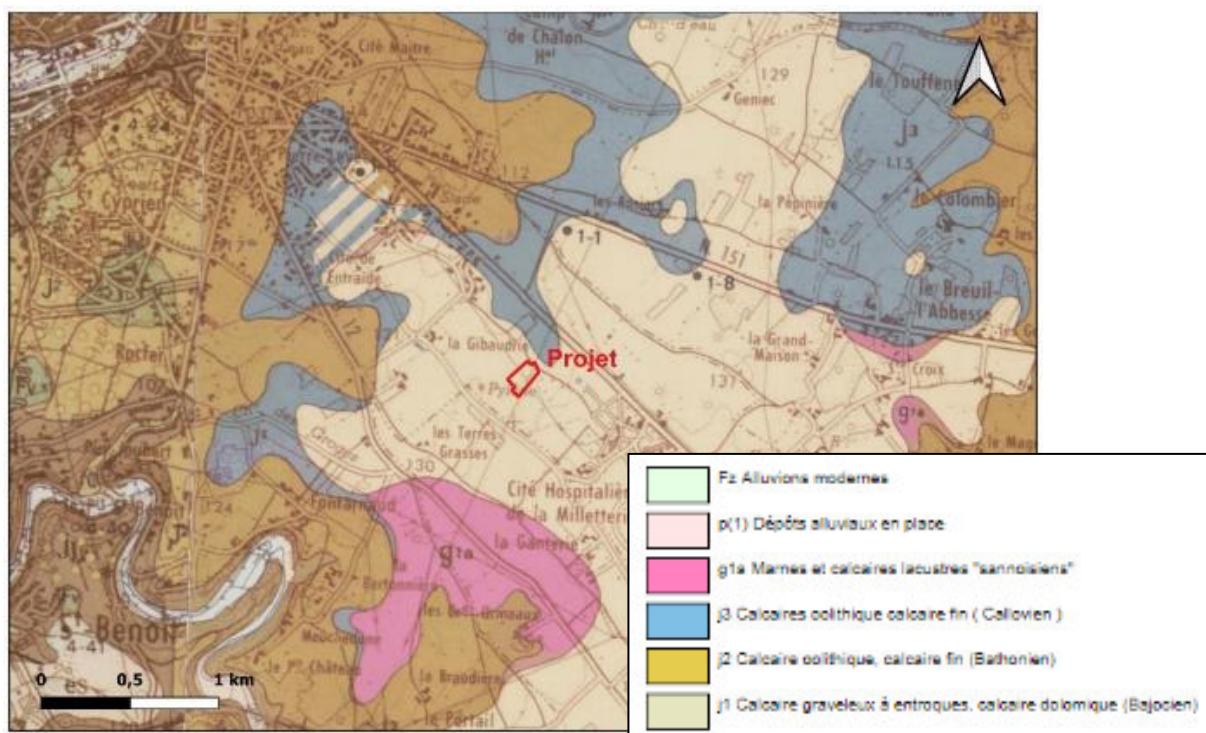


Figure 2 : Localisation du projet-Carte géologique



Figure 3 : Localisation des forages du projet géothermie PRC2

1.4. Historique des travaux déjà réalisé et Rex à prendre en compte

Les trois forages réalisés ont montré de fortes hétérogénéités dans les formations rencontrées en foration en étant pourtant dans les mêmes horizons géologiques (Calcaires du Bajocien et Bathonien – Dogger) et à une distance de moins de 200 m l'un de l'autre.

Les coupes des trois ouvrages sont présentées ci-après.

Le forage d'exhaure F1 présenté des calcaires ébouleux avec quelques passages argileux. Le forage d'injection I1 traverse des terrains calcaires avec de nombreux passages sableux et argileux. Le forage d'injection I4 traverse des terrains calcaires avec peu de passages sableux et argileux, avec des fissurations difficiles à développer en acidification.

La méthode de foration a été réalisée majoritairement au Marteau Fond de Trou pour F1 et I5 ce qui n'a pas été possible sur I1, pour lequel la méthode du rotary a été privilégié (fluide utilisé : boue allégée).

Au vu de ce retour d'expérience, une phase de reconnaissance sera à réaliser au préalable des travaux définitif sur la zone qui traversera des terrains les plus proches de ceux rencontrés sur le F1 et avec des débits mobilisables du même ordre.

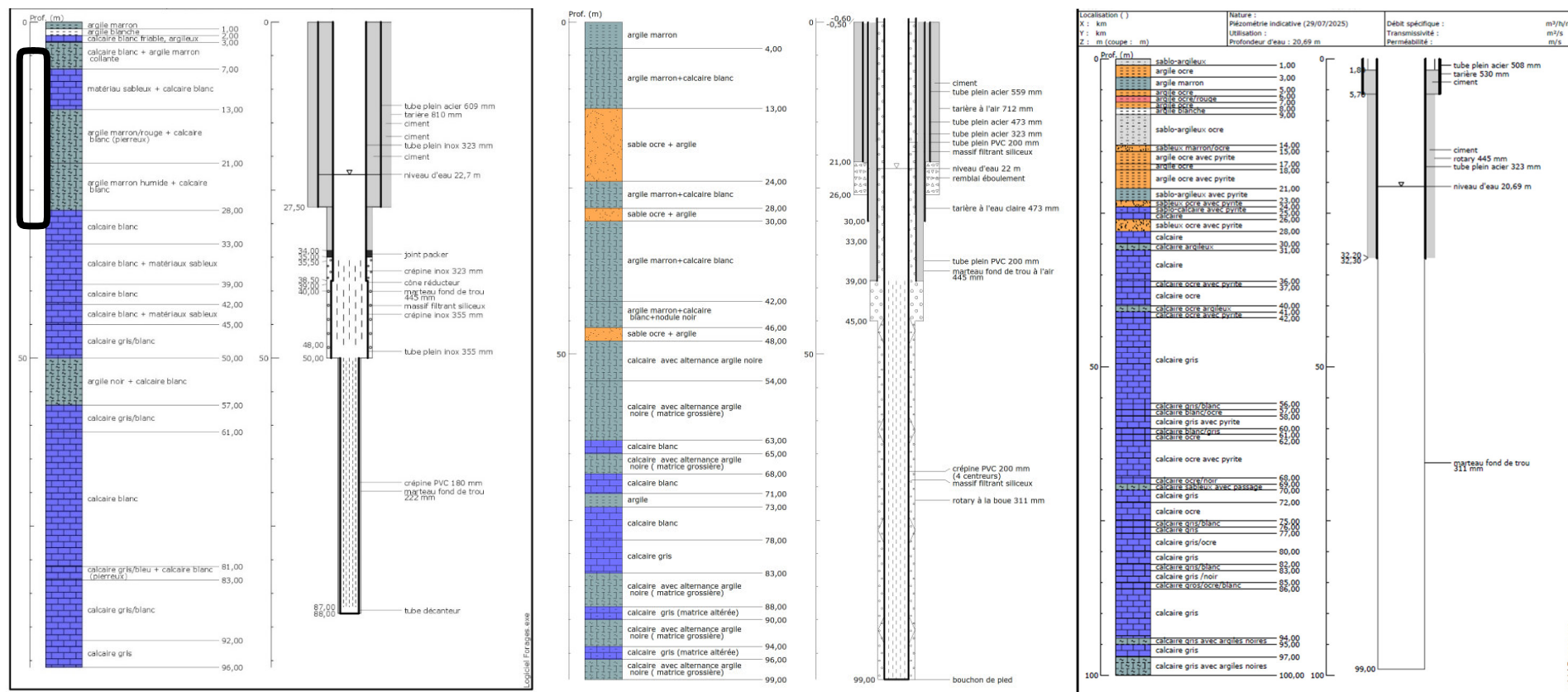


Figure 4 : Coupes géologiques et techniques des ouvrages réalisés (de gauche à droite : Forage d'exhaure FE (BSS004HMH), Injecteur n° I1 (BSS004GNGC) et Injecteur n° I4 (BSS004QAHS))

2. Dispositions générales de chantier

2.1. Contrôle et vérification des matériels

Des vérifications en atelier et/ou des compléments d'information pourront être demandés à l'Entreprise avant le démarrage des travaux.

Le matériel mis en œuvre doit être en bon état de marche et conforme aux normes de sécurité. De plus, il ne doit présenter aucune fuite d'huile hydraulique ou de carburant. Le matériel de pompage devra être garanti non pollué par des substances indésirables. Une quelconque pollution imputable à l'Entreprise devra être intégralement éliminée, au seul frais de l'Entreprise.

L'Entreprise joindra à son offre les fiches techniques des engins envisagés pour la réalisation des travaux.

Si ces points ne sont pas respectés, le chantier de forage pourrait être arrêté sur l'ordre du Maître d'Œuvre, pour une remise en état du matériel, et ceci à la charge de l'Entreprise et sans que cela puisse engendrer une quelconque demande ou réclamation d'indemnisation de la part de l'Entreprise, ni modifier la date de fin de travaux.

2.2. Provenance des matériaux

Les provenances de tous les matériaux devront être soumises à l'agrément du Maître d'Œuvre en temps utile pour respecter le délai d'exécution contractuel (tubages, massif filtrant, etc.).

L'utilisation de tous matériaux et matériels de réemploi est interdite.

2.3. Aménagement du chantier

L'Entreprise assurera, à ses frais, toute intervention nécessaire à l'amenée, au repli, à l'installation, aux aménagements éventuels et au fonctionnement du chantier, en particulier :

- Transport, déchargement, stockage et manutention de tous les matériels et matériaux sur le chantier, ainsi que l'évacuation en cours et en fin de chantier,
- Démantèlement d'installations si nécessaire avec bordereau de suivi des déchets pour les produits les nécessitant,
- Tous moyens nécessaires de protection des matériels et matériaux, en attente de pose et/ou déjà installés, afin d'éviter toute détérioration.

Un état des lieux, en présence de la MOE et de l'Entreprise sera réalisé avant le démarrage des travaux et après travaux, après avoir procédé à la remise en état du site.

L'Entreprise précisera les emprises de stockages et de travail sur chaque niveau de sous-sol qui devront être compatibles avec l'environnement du chantier considéré.

En répondant à l'appel d'offre, l'Entreprise est réputée avoir visité le chantier projeté et avoir validé la faisabilité de l'opération vis-à-vis des moyens à sa disposition.

L'entreprise contactera le MOA, en cas de nécessité d'une visite.

Les eaux chargées, extraites après traitement chimique éventuel, seront dirigées vers le bac à boue préalablement vidé pour décantation et neutralisation. L'évacuation des boues est à la charge de l'Entreprise.

Les eaux clarifiées et éventuellement neutralisées, ainsi que les eaux propres issues des pompes seront rejetées dans le point d'évacuation des eaux le plus proche qui sera indiqué par le Maître d'Ouvrage. L'Entreprise prévoira son branchement à ce point de rejet.

L'amenée et le repli du bungalow de chantier (si nécessaire) sera à la charge de l'entreprise.

L'Entreprise balisera et protégera sa zone de chantier de façon à empêcher les accès à toute personne extérieure au chantier de forage. L'Entreprise indiquera dans son offre les moyens de protection particulière qu'il mettra en œuvre lors de la réalisation du forage.

La responsabilité de l'Entreprise reste entière en cas d'accident survenant à des tiers.

Par ailleurs, l'Entreprise prendra toutes ses dispositions pour se protéger contre les vols et les actes de vandalisme. Elle renonce à exercer un quelconque recours envers le Maître d'Ouvrage pour se décharger de sa responsabilité de protection et de gardiennage du chantier. Le Maître d'Ouvrage ne pourra être tenu responsable des actes de vandalisme survenus sur chantier.

2.4. Déchets de chantier

Le chantier et ses abords devront être maintenus en permanence dans un état de propreté garantissant la sécurité, l'hygiène et la préservation du site.

L'Entreprise veillera particulièrement au suivi de la gestion de ses déchets de chantier.

Il incombe à l'Entreprise d'éliminer ses déchets de chantier, après en avoir opéré un tri si nécessaire de manière à ne pas mélanger des déchets dangereux éventuels avec des déchets inertes.

Aucun enfouissement de déchets quels qu'ils soient sur l'emprise du site de travaux ne sera admis.

2.5. Fourniture en eau et électricité

Le raccordement en eau et en électricité durant la phase de travaux sera à la charge de l'Entreprise. La possibilité d'une alimentation électrique 250 A sur site est à vérifier par l'entreprise.

Il est possible de se brancher sur le réseau incendie (RIA) du CHU. L'entreprise installera un compteur volumétrique en sortie de RIA.

2.6. Fermeture du chantier et remise en état des lieux

La remise en état des lieux comprend notamment :

- L'évacuation des matériaux excédentaires ou impropres à une réutilisation,
- L'enlèvement de tout le matériel et des installations de chantier,
- La remise en état initial du site.

Un état des lieux sera réalisé en présence du MOA et de la MOE, après la remise en état initial du site par l'Entreprise.

Il ne pourra être réalisé de réception complète de l'ouvrage tant que la remise en état n'aura pas été réalisée et tant que le DOE (Dossier des Ouvrages Exécutés) n'aura pas été transmis par l'Entreprise.

3. Hygiène et sécurité au travail

3.1. Précautions de travail

L'entreprise devra approvisionner du matériel de forage propre, exempt de souillure (train de tiges, outil de forage, bac à boue, ...). Il en sera de même pour les matériaux et équipements (tubages, crépine, massif filtrant...). Le graissage des différentes parties mécaniques sera effectué avec un soin particulier pour éviter tout risque de pollution.

Pour limiter les risques de contamination, le matériel et l'équipement ne seront pas posés à même le sol, mais sur une bâche plastique.

Des bâches étanches ou une cuvette de rétention gonflable seront placées sous la foreuse, sous le groupe électrogène, sous le compresseur, sous la réserve à carburants et tout stockage qui pourrait engendrer des risques de fuites de fluides.

Le stockage d'hydrocarbures sur le chantier est interdit en dehors des réservoirs (munis de cuvettes de rétention) destinés à assurer le fonctionnement de la foreuse et des engins de chantier. Le stockage de tout autre produit susceptible de polluer les eaux souterraines ne sera toléré que pour de très petites quantités strictement nécessaires à la réalisation journalière des travaux, et sous autorisation du Maître d'Œuvre.

L'Entreprise veillera particulièrement à disposer de matériels avec des circuits hydrauliques et d'alimentation en bon état pour limiter les risques de fuites. Il veillera également à limiter l'émission de gaz d'échappement.

Si l'Entreprise, au cours du forage, rencontre des infiltrations de produits suspects, il devra en référer immédiatement au Maître d'Œuvre et prendre les mesures nécessaires pour éviter toute intoxication du personnel ou tout incendie ou explosion.

Le personnel travaillant sur chantier portera des gants propres, changés régulièrement, pour la manutention de tout matériel descendant dans le forage. Il devra être équipé des dispositifs de sécurité liés aux travaux à réaliser (port d'un casque, de chaussures de sécurité et de gants de protection adaptés) et notamment pendant la manipulation éventuelle de produits chimiques (traitement chimique par exemple nécessitant le port de protections et un balisage de chantier spécifiques).

Le port d'EPI (équipements de protection individuel) sera obligatoire pour toute personne se trouvant dans l'emprise chantier : gants, casque, lunettes de protection, chaussures de sécurité, gilets de chantier, protections auditives, etc.

3.2. Plan de prévention des risques

En application du Code du Travail, l'Entreprise ainsi que ses sous-traitants remettront un Plan de Prévention des Risques relatif aux travaux qui leur sont confiés. Il sera élaboré en concertation avec le responsable CSPS du CHU.

Ce plan devra être remis au Maître d'Œuvre au plus tard 2 semaines avant le démarrage des travaux concernés.

4. Personnel de chantier et matériel de forage

4.1. Qualification de l'entreprise

L'Entreprise sera référencée comme professionnel des forages d'eau, et sera agréée « Charte de qualité des foreurs d'eau ».

L'Entreprise sera qualifiée RGE « Certi Forage ».

L'entreprise devra respecter la norme NF X 10-999 (forages d'eau et de géothermie-réalisation, suivi et abandon d'ouvrages de captage ou de surveillance des eaux souterraines réalisés par forages).

4.2. Mise à disposition de personnel

L'équipe de forage sera composée d'un chef de chantier et d'un ouvrier minimum, et opérera dans le respect des règles de sécurité afférentes au matériel mis en œuvre.

Les phases importantes, telles que la mise en place de la colonne captante, de la complétion, des phases de développement et de pompages d'essai seront supervisées par un conducteur de travaux de l'Entreprise.

4.3. Matériel de forage

Le matériel de forage sera adapté à la solution technique proposée. Il devra tenir compte des contraintes du site (notamment accès, dimension des emplacements disponibles, etc).

L'offre de l'Entreprise précisera les caractéristiques, pour chaque étape :

- De l'atelier de forage,
- De la pompe de l'unité boue,
- Du matériel de tubage et de cimentation,
- Du matériel de pompage pour les tests,
- Du matériel de contrôle,
- Du dispositif de sécurité et de balisage.

5. Déclarations préalables

5.1. Déclaration GMI

La déclaration réglementaire des forages au titre de la Géothermie Minime Importance auprès de l'autorité compétente (DREAL) est réalisée par le Maître d'Œuvre avant le début des travaux.

Une copie du récépissé de cette déclaration sera apposée sur le chantier.

5.2. DICT

L'Entreprise est tenue de prendre toutes mesures propres à assurer la prospection et la conservation des conduites souterraines existantes et qui pourraient être rencontrées au cours des travaux, quelle que soit la nature de ces conduites : eau, gaz, électricité, télécommunications ou autres.

L'Entreprise prendra l'attache du MOA pour assurer le repérage de toutes conduites et canalisations existantes au droit et à proximité des zones de forage de façon à ne pas endommager ces installations lors de la réalisation de l'ouvrage ou lors de la circulation des engins de chantier.

La réparation des avaries causées à de telles conduites lors de l'exécution des travaux qui font l'objet du présent marché sont à la charge de l'Entreprise, ainsi que celle du préjudice qui pourrait résulter de ces avaries pour les tiers, quels qu'ils soient. L'Entreprise ne sera pas admise à présenter une quelconque réclamation résultant de l'obligation de prendre des dispositions de nature à éviter la détérioration ou la rupture des conduites existantes, dans l'emprise ou au voisinage de l'ouvrage à construire. Elle supportera sans pouvoir prétendre à indemnité, les frais entraînés par de telles dispositions, ainsi que la gêne qui résulterait de la présence de ces conduites.

L'Entreprise aura à sa charge la réalisation des DICT (Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux) auprès du guichet unique et à destination de l'ensemble des concessionnaires afin de s'assurer de l'absence de toute servitude (réseaux électrique, gaz, eaux, etc.) pouvant traverser le site.

Une déclaration de travaux (DT) sera effectuée par le Maître d'Ouvrage. Les réponses seront transmises en cours de consultation.

L'entreprise titulaire devra demander au Maître d'ouvrage les plans de réseaux.

5.3. Rejet des eaux d'exhaure

Durant les phases de développement et de pompage d'essai, le rejet des eaux d'exhaure s'effectuera dans le réseau d'assainissement (eaux pluviales) existant sur l'emprise du site, au droit des regards qui seront indiqués par le Maître d'Ouvrage.

L'obtention de l'autorisation de rejet de ces eaux auprès des services concernés est à la charge du MOA. L'Entreprise pourra être soumise au contrôle de la qualité des eaux rejetées.

La taxation sur les volumes rejetés n'est pas à la charge de l'Entreprise.



6. Description des travaux de reconnaissance

6.1. Opération de reconnaissance

Les travaux de reconnaissance dans les Calcaires du Dogger consisteront en :

- L'amenée-repli du matériel, la mise en place de clôtures, le balisage du chantier,
- La mise en place et l'aménagement d'une plate-forme de forage si nécessaire,
- La réalisation des DICT et l'obtention de l'autorisation de voirie si nécessaire,
- La foration de reconnaissance selon la méthodologie détaillée ci-après.

Les travaux de reconnaissance seront réalisés de façon à apporter un maximum d'information au Maître d'Œuvre sur la nature des formations traversées pour la tranche 0-99 m de profondeur sans dépasser la profondeur de 100 m.

6.2. Localisation

Les travaux de reconnaissance seront à réaliser sur une à deux des zones préalablement indiquées dans l'ordre suivant : I5-1 et I5-2

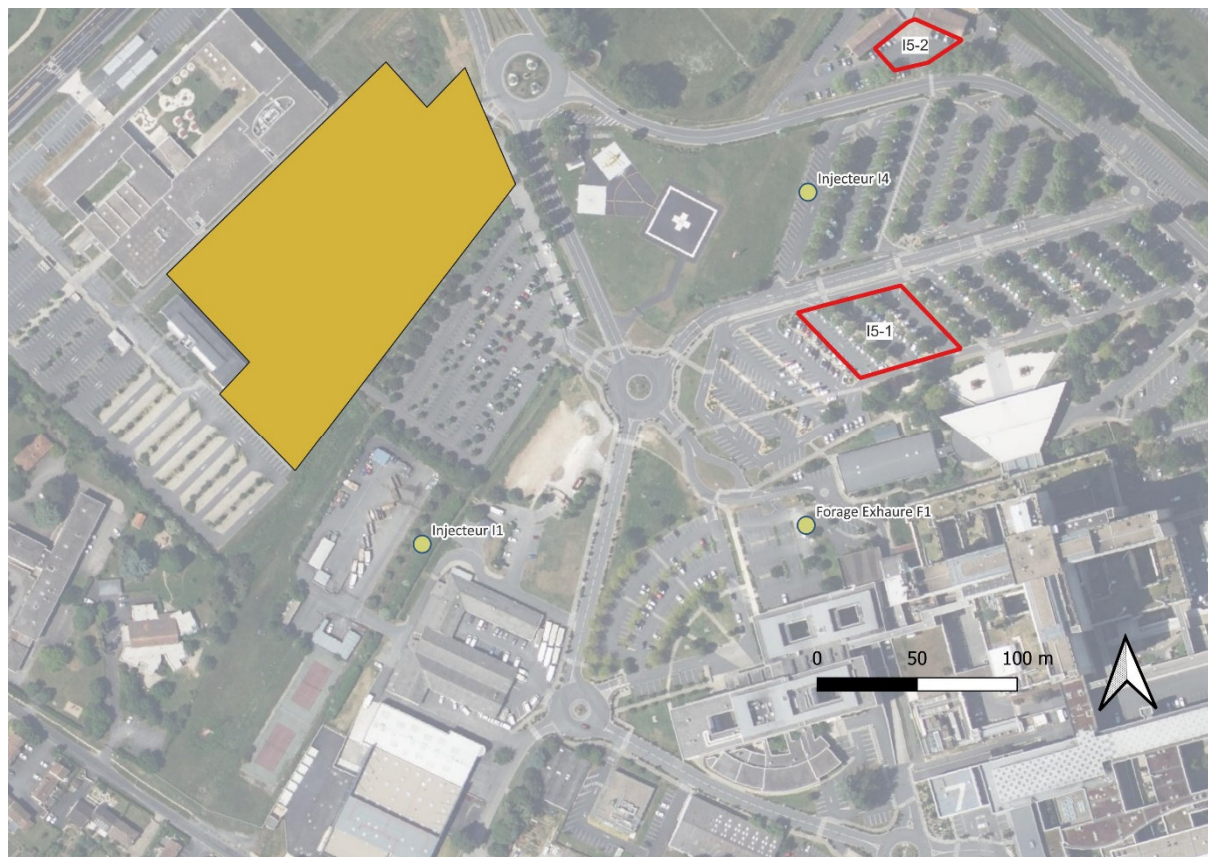


Figure 5 : Localisation des deux zones de reconnaissance

6.2.1. Information à collecter

Les informations suivantes seront minutieusement relevées par l'entrepreneur (liste non exhaustive) et seront complétées par toutes informations permettant de contribuer à apprécier au mieux les formations géologiques traversées :

- Echantillonnage tous les mètres avec conservation des cuttings sous pochettes plastiques avec annotation de la profondeur,
- Reporting écrit sur les vitesses d'avancement, les changements de méthode de foration, les rencontres de vides ou pertes d'outils, toutes autres informations permettant d'apporter des informations sur la géologie traversée,
- Reporting écrit sur les profondeurs des arrivées d'eau et appréciation des débits.

Un point d'arrêt sera réalisé avec le Maître d'Ouvrage et le Maître d'œuvre à chaque étape et pour le passage à une autre zone. Les informations recueillies en foration (vitesse d'avancement, cuttings, niveau piézométrique...) devront être suffisamment exhaustives pour assurer la reconnaissance des terrains traversés.

6.3. Méthode de foration

La méthode de forage doit être adaptée à la nature géologique du terrain. L'entreprise devra avoir la capacité de proposer différentes techniques avec possibilité de tubage à l'avancement (présence de cavité) et d'isolement des formations argileuses en tête.

La reconnaissance devra obligatoirement se faire sur l'horizon 0-99 m. L'entrepreneur mettra en œuvre l'ensemble des moyens pour atteindre cet objectif.

6.4. Phasage des travaux de reconnaissance : foration et comblement

La chronologie des zones de reconnaissance est reprise sur la Figure 5.

Le phasage est le suivant :

- Etape 1 : Mise en place sur la première zone et foration en DN 168 mm (minimum) jusqu'à maximum 99 m avec échantillonnage tous les mètres.
- Etape 2 : Si à la foration les terrains rencontrés sont proches de ceux rencontrés sur le forage d'exhaure fin de la phase de reconnaissance et enchaînement avec tests associés selon décision du Maître d'œuvre.
- Etape 2 bis : Si à la foration les terrains rencontrés ne sont pas proches de ceux rencontrés sur le forage d'exhaure, le trou sera gravillonné avec du graviers calcaires et protégé par un coulis de ciment de protection (conformément à l'arrêt du 11 septembre 2011). La reconnaissance se poursuit avec l'étape 3.
- Etape 3 : Mise en place sur la deuxième zone et foration à l'identique que pour l'Etape 1
- Etape 4 : idem que l'Etape 2...

Tableau 1 : Programme technique prévisionnel-Reconnaissance

Phasage du programme technique de foration, d'équipement du forage- phase reconnaissance	
0/ Reconnaissance Reconnaissance des terrains au MFT jusque 99 m Si terrain instable alésage et mise en place de tubages provisoires Pompage/injection Comblement si reconnaissance non concluante	Foration Ø 222 mm – de 0 à 99 m Massif de graviers siliceux désinfecté sur toute la hauteur aquifère surmonté d'un bouchon d'argile gonflante et de minimum 5 m de bouchon de cimentation.

6.5. Enlèvement des résidus de forage

Les déblais de foration seront évacués dans une filière adaptée. Le devenir de ces matériaux devront être tracés au moyen de bons de prises en charge par l'entreprise collectant et traitant les déblais. De plus, un courrier, note ou e-mail devra être communiquées par l'entreprise recevant les déblais en détaillant l'origine des matériaux la composition, la quantité et la destination/usage.

6.6. Tests associés : injection et pompage

6.6.1. Test de pompage

Avec son matériel, l'Entreprise effectuera un pompage d'essai sur le sondage de reconnaissance.

Pour cela, l'Entreprise mettra en place :

- Un tubage provisoire pour isoler les formations de tête du sondage et protéger la pompe,
- Une pompe (4" minimale) dans le sondage avec une colonne d'exhaure associée
- Une canalisation provisoire pour assurer le rejet au réseau pluvial (linéaire à confirmer lors de la visite).

L'essai comprendra :

- 3 paliers de pompage à débits croissants, chacun pendant une durée d'une heure suivi d'une remontée de durée équivalente (ou descente au niveau initial avant pompage).

Le suivi piézométrique devra être réalisé pendant toute la durée du test selon la fréquence de la norme NFX10-999 (Annexe B Exemple de feuille de pompage concernant les pompages).

6.6.2. Option 1 : Test d'injection

Avec son matériel, l'Entreprise effectuera un test d'injection sur le sondage de reconnaissance.

Pour cela, l'Entreprise mettra en place :

- Un tubage provisoire pour isoler les formations de tête du sondage,
- Une colonne d'injection provisoire sur le forage d'injection.
- Une canalisation provisoire entre le point de prélèvement et le sondage (linéaire à confirmer lors de la visite).

L'entreprise devra proposer une alternative à la réalisation du test d'injection en cas d'impossibilité de fourniture d'eau à proximité et/ou débit insuffisant pour l'essai (citernage).

L'essai comprendra :

- 3 paliers d'injection à débits croissants, chacun pendant une durée d'une heure suivi d'une redescente de durée équivalente (ou descente au niveau initial avant injection).

Le suivi piézométrique devra être réalisé pendant toute la durée du test selon la fréquence de la norme NFX10-999 (Annexe B Exemple de feuille de pompage concernant les pompages).

6.7. Fin de la reconnaissance

Le Maître d'œuvre actera la fin de la reconnaissance et la transformation en forage définitif si les informations apportées par la foration et les tests associés permettent de répondre au besoin d'injection du projet.

7. Description des travaux pour le forage définitif

Les travaux de réalisation du forage définitif dans les Calcaires du Dogger consisteront en :

- L'amenée-repli du matériel, la mise en place de clôtures, le balisage du chantier,
- La mise en place et l'aménagement d'une plate-forme de forage si nécessaire,
- La réalisation des DICT et l'obtention de l'autorisation de voirie si nécessaire,
- Le forage des terrains de couverture avec pose de tubages d'isolation et cimentation,
- Le forage des calcaires du Dogger,
- L'équipement de l'ouvrage (tubage captant et gravillonnage),
- La réalisation des traitements chimiques et des opérations de développement du forage par des pompages,
- Un pompage d'essai par paliers de débit croissant,
- Un pompage d'essai longue durée de 24 heures minimum,
- Un essai d'injection longue durée de 24h minimum,
- L'analyse de la qualité des eaux des calcaires du Dogger,
- Une diagraphie au micro-moulinet, conductivité et température,
- Un contrôle du forage par inspection vidéo,
- La fermeture temporaire de l'ouvrage dans l'attente du raccordement,
- L'évacuation des déchets et la remise en état du site, conformément aux lois et à la réglementation en vigueur. Travaux de forage

7.1. Documents techniques de référence

Les forages d'eau seront réalisés conformément :

- À la norme NF X10-999 « Réalisation, suivi et abandon d'ouvrages de captage ou de surveillance des eaux souterraines réalisées par forages » d'avril 2007 et documents associés,
- Au guide d'application de l'arrêté interministériel du 11 septembre 2003 relatif à la rubrique 1.1.1.0 de la nomenclature « Loi sur l'Eau » du Code de l'Environnement.

Les travaux devront être conduits en respectant les principes de la Charte de Qualité des Forages d'Eau.

7.2. Implantation des deux zones de reconnaissance

Les deux zones retenues pour l'implantation du troisième injecteur sont reprises en Figure 5. Les implantations exactes seront matérialisées par piquetage sur le terrain après vérification du passage des réseaux enterrés.

Les entreprises devront présenter sur plan pour chacune des zones des réservations nécessaires pour l'implantation de leur base travaux.

Préalablement au démarrage des travaux, l'implantation du forage sera matérialisée sur un PV d'implantation qui sera dressé et co-signé par le Maître d'Ouvrage ou son représentant, le Maître d'Œuvre et l'Entreprise.

7.3. Coupe technique et géologique prévisionnelle

Les coupes géologiques du forage I4 et F1 présentent la succession des formations géologiques rencontrées.

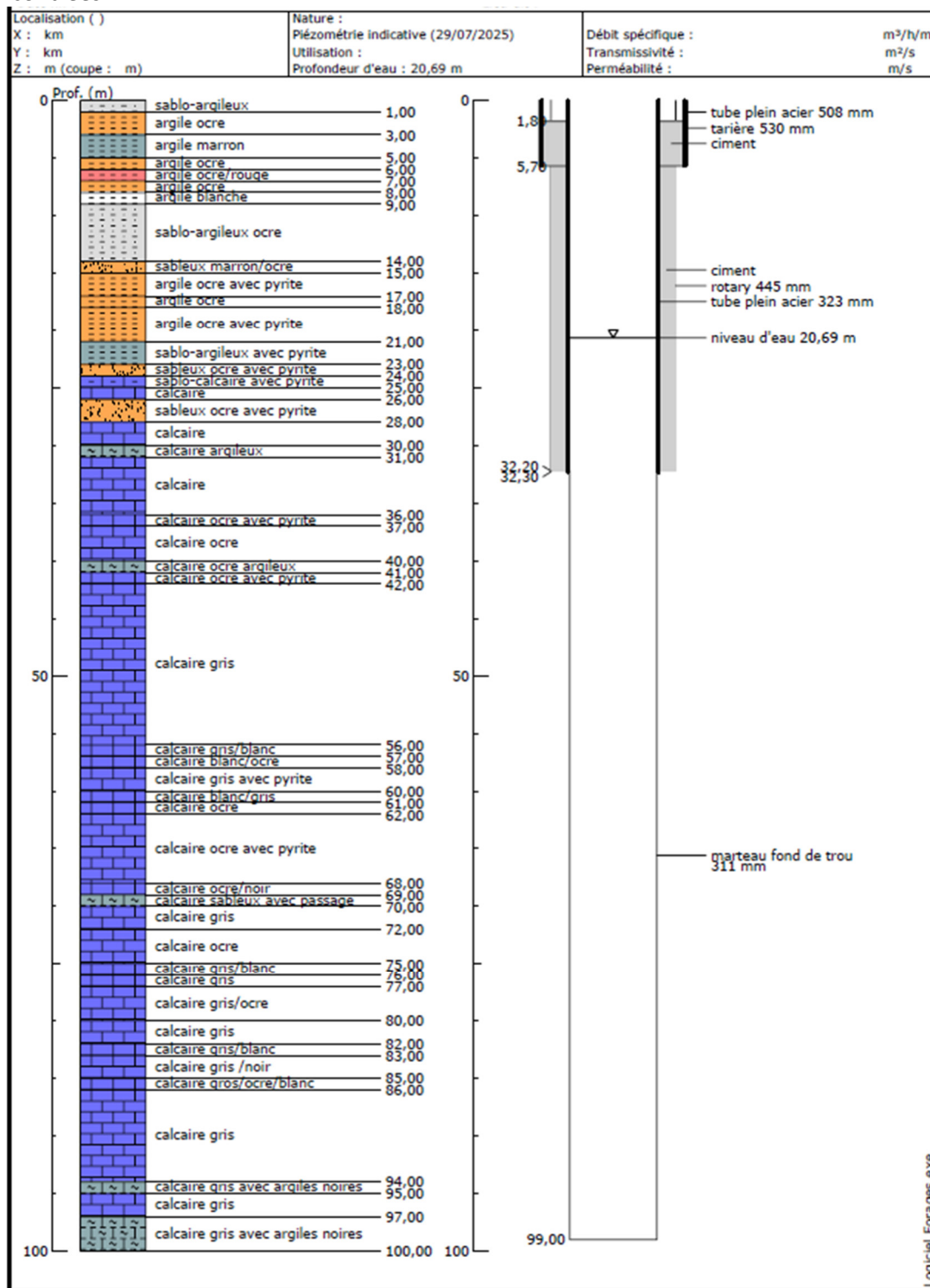


Figure 6 : Coupe géologique et technique du forage I4 (z sol : +123,5 m NGF)

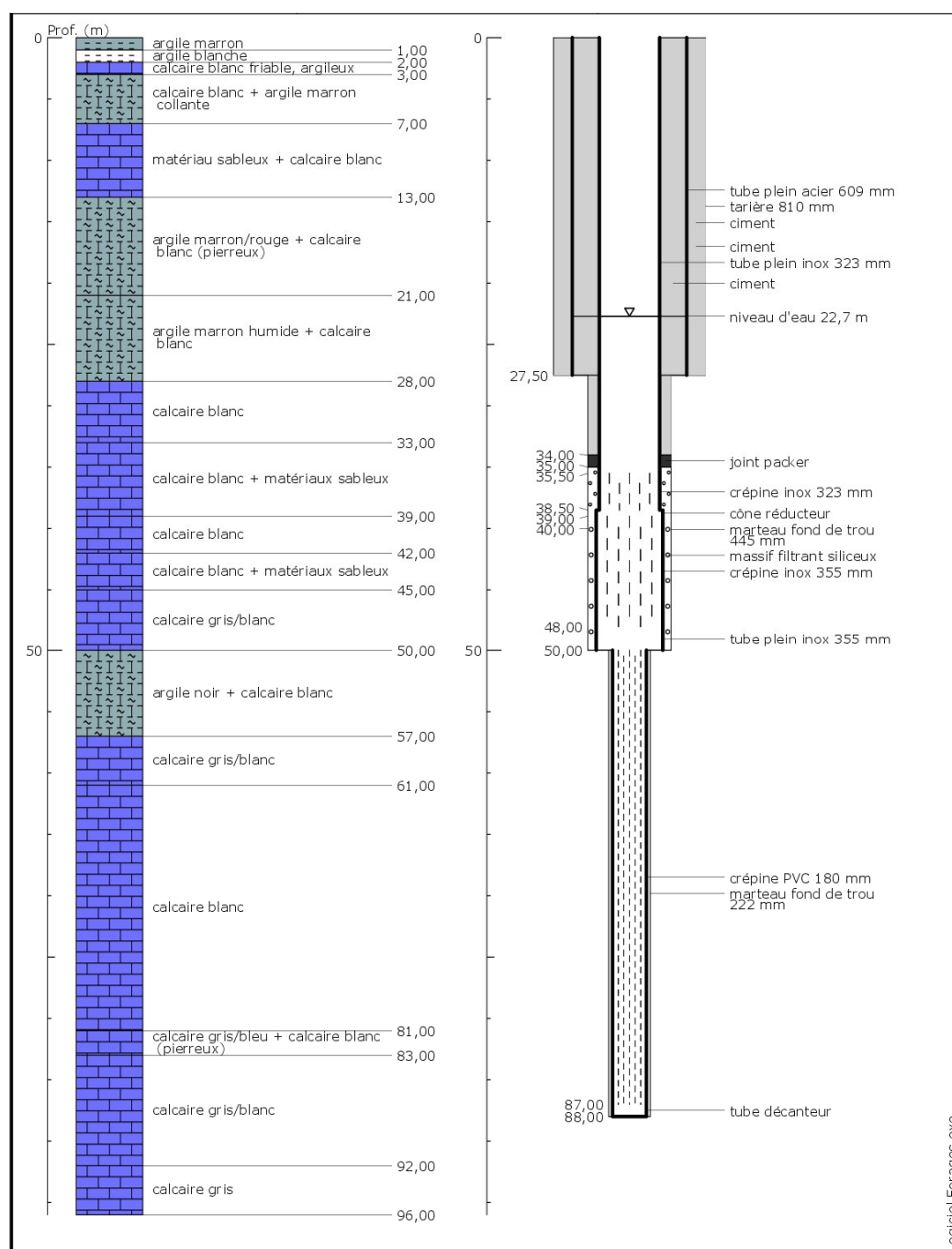


Figure 7 : Coupe géologique et technique du forage d'exhaure F1 (+122,7 m NGF)

Les profondeurs qui apparaissent dans la coupe géologique prévisionnelle doivent être considérées comme indicatives, des variations latérales de faciès et d'épaisseur peuvent être rencontrées. Les cotes de l'équipement du forage devront être adaptées pour tenir compte d'éventuelles variations géologiques.

L'hétérogénéité des Calcaires du Dogger et sa nature karstique sont à prendre en compte par l'entreprise dans sa méthodologie de foration.

En aucun cas l'Entreprise ne pourra se prévaloir des variations de cadre géologique pour la réalisation des travaux, qui, dans tous les cas, seront conduits dans les règles de l'art.

7.4. Méthode de foration

L'entreprise est libre de proposer une méthode qui lui paraît plus adaptée et répond aux exigences du CHU.

Antea group suggère une méthode de foration au MFT ou au Rotary à l'eau claire pour la partie aquifère. L'Entreprise est cependant libre de proposer la méthode de foration qui lui paraît la mieux adaptée, compte tenu de son matériel, des caractéristiques géologiques du terrain, de l'emplacement disponible, des contraintes d'accès et de circulation, pourvu qu'elle atteigne les objectifs fixés.

La (les) technique(s) de foration utilisée(s) devra (devront) tenir compte du fait que des pertes de circulation sont possibles.

Si l'Entreprise estimait, en cours de travaux, devoir changer d'atelier de forage pour s'adapter aux terrains rencontrés, le coût d'amenée-repli de ce nouvel atelier serait entièrement à sa charge. L'Entreprise joindra à son offre la documentation concernant le (ou les) atelier(s) de forage qu'elle compte mettre en œuvre, les produits de foration envisagés, ainsi que toutes les contraintes de mise en œuvre et les effets secondaires ou ultérieurs.

Si l'Entreprise choisit la méthode de forage dite du « Rotary boue », elle devra obligatoirement utiliser une unité de boue avec bacs étanches. Le traitement de la boue se fera par décantation ou par filtration sur tamis vibrant. L'Entreprise devra disposer sur chantier du matériel nécessaire pour contrôler la boue (balance baroïd pour la densité, entonnoir de Marsh pour la viscosité). L'évacuation des boues sera à la charge de l'Entreprise.

Pour toute méthode utilisant un fluide de forage, le matériel qui assure la circulation de ce fluide devra être dimensionné pour permettre une bonne évacuation des cuttings.

En aucun cas l'Entreprise ne pourra se prévaloir des difficultés liées à des pertes partielles ou totales de fluide de forage. En présence de pertes importantes du fluide de forage, les travaux devront être poursuivis en limitant ces pertes par l'injection de produits qui devront faire l'objet d'une validation de la part du Maître d'œuvre. Les travaux se situant sur un CHU, toutes les précautions devront être prises pour limiter le bruit et la production de poussières. L'entreprise devra détailler sa méthodologie pour répondre à cette demande.

7.5. Programme de forage et d'équipement

Les côtes de foration seront déterminées par le Maître d'Œuvre.

Une première foration sera réalisée jusqu'à la base des Marnes éocènes (de l'ordre de 30 m/sol). Un tubage plein sera mis en place et une cimentation sera réalisée permettant d'isoler ce dernier. La foration pourra ensuite se poursuivre dans les Calcaire du Dogger jusqu'à 99 m/sol pour pose de l'équipement de captage.

La tête de forage, bien que temporaire, devra être conçue de façon à éviter le ruissellement des eaux de ruissellement dans le forage.

Les vitesses d'avancement seront soigneusement notées, accompagnées de toute indication utile à l'hydrogéologue (chute d'outils, pertes totales ou partielles de fluide de circulation, venues d'eau, etc.) dans le cahier de chantier qui sera tenu quotidiennement.

Un échantillon de cuttings sera prélevé tous les mètres par le foreur et mis en sac plastique numéroté ou en caisse en bois compartimentée.

Le programme technique pour le forage est présenté dans le Tableau 2 suivant :

Tableau 2 : Programme technique prévisionnel du forage définitif

Phasage du programme technique de foration, d'équipement du forage-Phase définitive	
1/ Isolation des terrains supérieurs Foration pour isolation des terrains supérieurs : Calcaires oligocènes et Marnes éocènes Tubage pour cimentation des terrains supérieurs (Ø nominal minimum) Cimentation des terrains	Foration Ø 610 mm – de 0 à 7 m environ (facultatif à l'appréciation du foreur) Tube Acier plein Ø 508 mm (7 m) (facultatif à l'appréciation du foreur) Foration Ø 445 mm – de 0 à 30 m environ Tube Acier plein Ø 323 mm (30 m) Injection d'un ciment sous pression d = 1,8, dans l'annulaire extérieur, attente de prise de 48h
2/Estimation de la productivité des Calcaires du Dogger Foration des Calcaires du Dogger Tubage crépiné pour captage de la nappe Développements et acidification Pompages d'essais Essai d'injection à 80 m ³ /h à partir du forage d'exhaure	Foration Ø 311 mm de 30 à 99 mètres de profondeur Mise en place d'une crépine Inox Ø 219 mm (facultatif : si formation stable-trou nu) - Tube plein (35m) - Crépine (63 m) – slot 2 mm - Bouchon de fond (1 m) - Massif de calage dans l'espace annulaire (4/8 mm), adapté au slot crépine <i>Options 2 ,3 et 4 : équipement : Tube PVC plein et crépiné à la place du tubage inox</i> Air lift, pompages de développement et acidification du forage Mise en place d'une pompe 8'' pour les essais de pompage (max 80 m ³ /h) Mise en place d'un pompage de 80 m ³ /h dans le forage d'exhaure et d'un refoulement traversant le site jusqu'au forage d'injection.

Remarque : profondeur à adapter en fonction des observations en foration

L'entreprise peut proposer une adaptation si elle le juge nécessaire.

Toutes les cotes sont données à titre indicatif. La profondeur et la coupe technique définitive du forage seront établies à l'issue de la foration, après examen des échantillons recueillis en cours de forage. La profondeur totale pourra être réduite lors des constats effectués lors de la foration. Les ml de la DPGF seront alors adaptés aux longueurs réelles forées.

Les tubes seront assemblés au moyen de raccords vissés ou soudés (équilibre technico-économique à justifier par l'entreprise).

L'espace annulaire sera cimenté avec un laitier de densité 1,8 (la densité devra pouvoir être contrôlée sur chantier, avec une balance de type Baröid). Un échantillon sera conservé sur chantier. La préparation du laitier de ciment devra garantir un bon malaxage des produits eau/ciment. L'attente de prise du ciment sera d'au moins 48 h.

La colonne de captage (si nécessaire) sera posée dès la fin du forage de l'aquifère, sans temps mort entre les deux opérations pour limiter les risques de colmatage et d'éboulement. Un massif de calage sera mis en place dans l'annulaire si le forage n'est pas laissé en trou nu. Ce massif de calage sera mis en place sur toute la hauteur de la colonne de captage. Sa granulométrie sera adaptée au slot des crépines (par exemple 4 - 8 mm).

Les éléments entrant dans le forage seront livrés filmés et nettoyés, désinfectés avant introduction dans l'ouvrage.

L'équipement doit descendre librement, par son propre poids dans le trou de forage. Dans le cas contraire, la colonne de captage sera extraite pour effectuer un contrôle de trou avec l'outil de forage. L'Entreprise est tenue de prévoir des longueurs de tubes pleins et crépines de façon à permettre tout ajustement de cotes en fonction de la lithologie réellement rencontrée.

La tête de forage dépassera de 0,5 m/sol, et protégée par un tampon de protection étanche de manière à empêcher toute introduction d'eaux de surface. A ce stade, il ne sera pas créé de cave d'avant-puits.

Le Maître d'Œuvre se réserve expressément toute liberté de modifier le plan d'exécution des forages compte tenu des observations faites au cours des travaux. Il pourra arrêter les travaux (et réduire la profondeur d'investigation) avant que les profondeurs prévues ne soient atteintes sans que l'Entreprise ne puisse faire valoir un quelconque préjudice. Dans ce cas, les ml forés par l'entreprise seront recalculés et viendront se déduire du coût total de l'opération.

Les diamètres nominaux ainsi que les épaisseurs des tubages ou les ouvertures de crépines sont donnés à titre indicatif. L'Entreprise précisera dans son offre l'épaisseur des divers tubages qu'elle compte utiliser afin qu'ils présentent toutes les garanties de résistance aux efforts de cisaillement, d'écrasement et de torsion au cours de leur mise en place et durant l'utilisation de l'ouvrage par rapport aux profondeurs prévisionnelles de pose.

Toute opération importante, comme la mise en place de tubage, la cimentation, le gravillonnage, sera signalée au Maître d'Œuvre au moins 48 heures à l'avance.

Les divers matériaux dont l'Entreprise prévoit l'emploi ne pourront être utilisés qu'après avoir reçu l'agrément du Maître d'Œuvre.

Si au cours des travaux et pour une raison qui lui serait imputable, l'Entreprise se trouvait dans l'impossibilité de continuer le forage commencé, il sera tenu d'exécuter sans délai un ouvrage identique à l'emplacement qui lui sera désigné à proximité du forage abandonné (et mis en sécurité après accord du Maître d'Œuvre), dont il ne sera pas tenu compte dans le règlement des travaux. Les clauses du marché initial resteront valables, mais le temps passé pour l'exécution du forage abandonné ne comptera pas dans le délai d'exécution.

7.6. Nettoyage, développement et pompages d'essai dans les calcaires du Dogger

7.6.1. Dispositif de pompage et de rejet

L'Entreprise installera et désinstallera le dispositif provisoire de pompage, ainsi qu'un réseau de déversement par conduite jusqu'au réseau d'évacuation des eaux usées existant à proximité du forage. L'aménagement du point de rejet temporaire est à la charge de l'Entreprise.

La pompe provisoire d'essai devra impérativement être munie d'un clapet anti-retour. Elle devra pouvoir fournir un débit d'au moins 80 m³/h.

La pompe devra être munie d'un organe régulateur, permettant d'obtenir les débits souhaités aux différents paliers.

La teneur en fines sera mesurée régulièrement durant la phase de montée progressive en débit, puis après chaque redémarrage de la pompe lors des pompages avec marches et arrêts alternés. L'Entreprise est tenue de disposer sur chantier d'un cône IMHOFF.

L'Entreprise mettra en place un bac de décantation adapté aux débits pompés qui permettra de limiter au maximum le rejet de particules fines (sables et argiles) dans le milieu récepteur lors des phases de développement et d'essai.

Pour les opérations de pompage, toutes les précautions seront prises par l'Entreprise pour décanter et aérer les eaux d'exhaure avant rejet au réseau.

Ce dispositif restera en place durant toute la durée du développement et des pompages d'essai. Il devra permettre l'évacuation d'un débit de 80 m³/h.

L'Entreprise mettra impérativement en place un compteur volumétrique (ou numérique) étalonné (certificat récent à produire) et approvisionnera un bac de contrôle adapté à la gamme de débit ou tout autre dispositif approuvé par le Maître d'Œuvre.

7.6.2. Mesures de niveau d'eau dans les forages

Durant les opérations de développement, d'essais de pompage et d'injection, le suivi des niveaux d'eau sera réalisé via la mise en place d'une sonde automatique permettant d'enregistrer les données à un pas de temps resserré.

Il sera effectué un contrôle manuel par un opérateur lors des essais par palier, à chaque démarrage de palier (toutes les 30 secondes, pendant 5 minutes).

De même, un contrôle manuel sera réalisé par un opérateur lors du lancement de l'essai de nappe et lors de son arrêt (suivi de la remontée, de la façon suivante : toutes les 30 secondes pendant 5 minutes, puis toutes les 2 minutes pendant 10 minutes supplémentaires).

Les données seront transmises sous une forme compatible pour ouverture avec un tableur Excel.

7.6.3. Nettoyage et développement

Un effort tout particulier devra être consacré à ce poste ; il importe en effet que les pertes de charges quadratiques qui entraînent un rabattement supplémentaire au rabattement intrinsèque de la nappe dû au pompage soient les plus faibles possibles.

Il est rappelé que ces pertes de charges, qui croissent selon le carré du débit, sont conditionnées par les écoulements autour et dans le forage ; on cherche à obtenir un régime d'écoulement qui soit le moins turbulent possible et donc à favoriser des vitesses d'écoulement basses.

Le programme prévisionnel (renouvelable) de nettoyage et de développement dans les Calcaires du Dogger est le suivant :

- Descente d'un dispositif air-lift de nettoyage pendant 4h ou jusqu'à ce que l'eau soit claire,
- Remontée du dispositif air-lift,
- Mise en œuvre d'un développement par acidification (2,5 T dilué à 50%), renouvelable avec augmentation de quantité d'acide). La proposition d'une méthode de développement avec pistonage et adjonction de peroxyde est possible. La méthodologie est à développer par l'entreprise dans son mémoire.
- Descente d'un dispositif air-lift et nettoyage pendant 6h (soit une descente et un soufflage de 3h à l'issue de la passe d'acide),
- Remontée du dispositif air-lift
- Descente d'une pompe immergée et pompage de développement (marche/arrêt) à débits progressifs, en commençant par des petits débits, pendant 8h minimum.

Ce programme de nettoyage et de développement de l'ouvrage est prévisionnel. Il est susceptible d'être ajusté en fonction des résultats obtenus. **Il est donc primordial de recueillir des observations fiables en cours de foration sur la nature des calcaires pour permettre de cibler au mieux les zones d'injection d'acide. La réalisation d'une diagraphie au micromoulinet en phase de reconnaissance permettra également d'adapter le programme d'acidification (zones à développer en priorité).**

Les opérations de développement sont menées tant qu'elles sont efficaces, c'est-à-dire tant que l'eau s'éclaircit ou que le rabattement diminue pour un même débit de pompage.

Pendant le développement à la pompe immergée, les couples de paramètres débit/rabattement seront reportés sur des bordereaux de mesures par l'Entreprise.

Là encore, la teneur en fines des eaux sera mesurée régulièrement durant la montée progressive en débit pendant la phase de développement à la pompe immergée, après chaque redémarrage de la pompe lors des pompes alternés.

L'opération d'injection d'acide nécessite des précautions particulières pour assurer la sécurité des opérateurs et du voisinage. La transport, stockage ainsi que les injections seront effectués en respectant les consignes de sécurité habituelles pour ce type de produit.

Avant l'opération d'acidification, l'Entreprise fournira au Maître d'œuvre :

- Le détail des procédures à appliquer (notamment délimitation d'un périmètre de sécurité à l'intérieur duquel seuls peuvent opérer les personnels habilités de l'Entreprise)
- le détail des contrôles de sécurité (par exemple vérification du bon état des flexibles, des points d'amarrage des flexibles au niveau de la cuve, entre la cuve et la pompe d'injection, entre la pompe d'injection et le forage, étanchéité du circuit d'injection, possibilité

d'évacuation d'urgence du chantier, présence d'eau potable à proximité en quantité suffisante pour rincer peau ou yeux, et tout autre contrôle relatif à l'opération envisagée),

- le détail des équipements supplémentaires envisagés pour la protection du personnel (par exemple tenue résistante aux acides, gants très longs, lunettes intégrales, écran facial, etc...),
- les documents relatifs au respect de la réglementation sur le transport et le stockage temporaire de matières dangereuses (ici l'acide),
- la nature et la quantité des produits de neutralisation prévus par l'Entreprise pour le cas où survient un débordement d'acide, afin d'éviter ou limiter au maximum tout risque environnemental sur le milieu environnant, ainsi que les moyens de contrôle du pH des éventuels rejets.

Les fiches techniques de sécurité des produits utilisés devront être fournies.

Les quantités injectées et la méthodologie d'injection devront être agréées par le Maître d'Œuvre. Le choix du matériel d'injection est de la compétence et de la responsabilité de l'Entreprise. Ce matériel devra être adapté aux quantités prévisionnelles à injecter et à la nature du produit utilisé.

Plusieurs passes peuvent être nécessaires. La méthodologie d'injection devra être établie en concertation avec Antea Group.

7.6.4. Pompage d'essai

L'Entreprise poursuivra les précautions prises lors des opérations de développement (dispositif de pompage et rejet, décantation avant rejet au réseau pluvial, etc.).

Des mesures de niveaux d'eau, de débit et de température seront effectuées en cours de pompage, selon un programme rigoureux indiqué par le Maître d'Œuvre. Le chantier devra être équipé d'instruments de mesure précis, indispensables au bon déroulement des essais.

Le programme précis des essais par pompage sera fixé après la phase de développement à la pompe immergée.

Il consiste en :

- Un essai de puits : un pompage par paliers : 4 paliers à débits croissants, chacun pendant une durée d'une heure suivi d'une remontée de durée équivalente (ou remontée au niveau initial avant pompage). Ces paliers sont réalisés pour déterminer les pertes de charge quadratiques du forage ainsi que le débit critique d'exploitation,
- Un essai de nappe : un pompage de longue durée (24 h) suivi d'une remontée du niveau d'eau (8 h) pour déterminer les paramètres hydrodynamiques de la nappe et mettre en évidence la présence ou l'absence de limites hydrodynamiques.

Le pompage devra être poursuivi sans interruption pendant toute la durée exigée. Tout retard et arrêt provenant du fait que le matériel ne permet pas d'obtenir les débits demandés sont à la charge de l'Entreprise qui devra dans ce cas procéder à un nouvel essai avec un matériel adapté.

En cas d'arrêts de pompage non demandés par le Maître d'Œuvre durant l'essai de nappe, l'Entreprise sera tenue de pomper gratuitement pendant 3h pour chaque arrêt d'une durée inférieure ou égale à

2h et pendant 4h pour tout arrêt compris entre 2h et 6h. Si l'arrêt est supérieur à 6h, l'essai est à recommencer en totalité.

7.6.5. Analyses d'eau

Dans la seconde moitié de l'essai de nappe, l'Entreprise fera prélever sur décision du Maître d'Œuvre un échantillon d'eau pour analyse, dans un laboratoire agréé, des paramètres suivants :

- Caractéristiques physico-chimiques : ions majeurs (NH₄, Ca, Mg, Na, K, Fe, Cu, Zn, Mn, Al, Sr, Ba, Co, Be, B, CO₃, HCO₃, Cl, SO₄, NO₃, NO₂, PO₄, F, I, Br, HS), équilibre calco-carbonique, TA, TAC, TH, MES, COT, CO₂ dissous, salinité, essai au marbre ;
- Qualité de l'eau : arsenic, cadmium, plomb, mercure, fer, nitrates, COHV, HAP, HCT, BTEX ;
- Qualité bactériologique : bactéries sulfato-réductrices, bactéries sulfito-réductrices, ferro-bactéries ;
- Analyse granulométrique des particules de l'eau (comptage de particules par absorption de lumière auprès d'IFTS) ;
- Et tout paramètre supplémentaire qui pourrait être jugé nécessaire à la demande du Maître d'Œuvre suite aux observations lors de la réalisation du forage.

Les prélèvements et l'analyse par le laboratoire sont à la charge de l'Entreprise. L'attestation et agrément du laboratoire seront transmis au Maître d'Œuvre.

Lors du prélèvement, le Maître d'Œuvre (averti de la date de l'opération par l'Entreprise au moins 24h à l'avance) procèdera à la mesure in situ des paramètres suivants, non conservatifs :

- pH,
- Température,
- Conductivité,
- Oxygène dissous,
- Potentiel d'oxydoréduction.

7.6.6. Option 5 - Essai d'injection en boucle avec I5

Avec son matériel, l'Entreprise effectuera des tests d'injection sur le forage d'injection I5 (essais en boucle). Ces essais ne seront réalisés qu'à l'issue des tests précédents et après retour des niveaux piézométriques à leur niveau au repos.

Pour cela, l'Entreprise mettra en place :

- Une pompe immergée sur le forage de prélèvement F1 dont l'eau prélevée sera utilisée pour les besoins de l'essai en boucle,
- Une canalisation provisoire entre forage de prélèvement F1 et forage I5 (linéaire à consolider en fonction de la zone de reconnaissance retenue)). Celle-ci devra comprendre la mise en place d'un dispositif de by-pass de la colonne d'injection pour rejet temporaire pendant quelques minutes des eaux du forage de pompage avant réinjection des eaux au forage d'injection, afin de purger l'air de la canalisation,
- Une colonne d'injection provisoire sur le forage I5,
- Le forage d'injection I5 sera muni d'une tête étanche pour une injection sous pression si nécessaire. Un manomètre sera placé sur la tête étanche. Elle sera dotée d'un orifice obturable pour les mesures de niveau d'eau lorsque celui-ci est sous la surface du sol.

L'essai comprendra :

- 4 paliers d'injection à débits croissants, chacun pendant une durée d'une heure suivi d'une redescende de durée équivalente (ou descente au niveau initial avant injection). Les débits seront (si possible) équivalents à ceux testés en pompage.
- 24h d'injection à débit continu, également équivalent à celui pompé lors de l'essai de nappe.

Les conditions d'arrêt seront les mêmes que celle demandées lors du pompage.

7.6.7. Option 6- Essai d'injection en boucle avec les 3 injecteurs (I1, I4, I5)

L'essai d'injection sera réalisé uniquement avec I5 si les pompages d'essai permettent de couvrir un débit équivalent au débit du forage d'exhaure (en considérant débit pompage = débit d'injection).

Si les résultats sur ce troisième injecteur (I5) ne permettent pas de couvrir le débit de l'exhaure, le test d'injection en boucle sera à réaliser avec les trois injecteurs sur le même protocole que décrit dans l'option n°5.

7.7. Contrôles en forage/réception

Une inspection visuelle du matériel à mettre en place avant installation dans le puits sera effectuée en présence de la Maîtrise d'Œuvre. Elle consistera à vérifier la conformité du matériel par rapport aux exigences du CCTP (tubage, crépine Inox, centreurs, gravier, etc.).

Avant les opérations de contrôle, le forage sera soigneusement désinfecté sur toute la hauteur en eau, en remplaçant toute la colonne d'eau par la solution désinfectante. Le procédé proposé sera décrit dans les documents d'exécution de l'Entreprise.

Le forage terminé fera l'objet des contrôles suivants :

- Une diagraphie par micro-moulinet, en pompage et hors pompage, sur toute la hauteur crépinée de l'ouvrage, pour identifier et quantifier la répartition des venues d'eau,
- Une diagraphie des paramètres physico-chimiques température, conductivité, oxygène dissous et potentiel d'oxydo-réduction,
- Une inspection par caméra vidéo immergée, sur toute la hauteur de l'ouvrage. Cette inspection permet de vérifier le bon état intérieur des équipements et la conformité de l'ouvrage par rapport au CCTP. Elle fait partie de la réception du forage,
- Un contrôle de verticalité du forage sur toute hauteur (un contrôle du forage d'exhaure sera à inclure en supplément)
- Un contrôle de cimentation de type CBL dans la partie supérieure de l'ouvrage, afin de vérifier son étanchéité vis-à-vis des remontées de nappe, qu'elles soient naturelles ou liées aux opérations de test d'injection. Cette diagraphie fait également partie de la réception du forage. Un contrôle du forage d'exhaure sera à inclure en supplément.

Dans l'attente du raccordement du forage, ce dernier sera fermé par une contre-bride boulonnée. Une protection de la tête de puits identique à celle placée sur le forage d'exhaure sera mise en place (illustration en Figure 8).



Figure 8 : Protection provisoire de tête de forage F1

7.8. Compte rendus journaliers de chantier

Sur un carnet, rigoureusement et quotidiennement tenu à jour et mis à la libre disposition du Maître d'Œuvre, le chef de chantier notera tous les renseignements utiles à la bonne compréhension de la marche du chantier de forage. Les renseignements suivants, au minimum, devront y figurer :

- Forage

Profondeurs atteintes, diamètres des outils, description lithologique des niveaux géologiques traversés, type de fluide de circulation, pertes de circulation, vitesse de pénétration de la foreuse, niveau de boue ou d'eau dans le forage à chaque reprise des travaux.

- Tubages

Cotes diverses, composition de la colonne de captage, mode de fixation entre les différents tubes (soudure, vissage), profondeur des centreurs.

- Cimentation

Mode de préparation du laitier de ciment, volume injecté, densité du laitier, etc.

- Nettoyage et développement

Mode de développement, durée de l'opération, cote de l'air-lift ainsi que le type de matériel utilisé, pression, couples débit / rabattement.

- Incidents en cours de travaux

Coincements, erreurs de manœuvre, pertes de matériel dans le trou, introduction accidentelle d'un fluide ou d'un solide dans le forage. La description devra permettre de comprendre parfaitement le déroulement des événements.

L'original du journal de chantier, ou une photocopie de bonne qualité, sera remis les travaux terminés au Maître d'œuvre.

8. Contrôles, essais et réception de l'ouvrage

8.1. Contrôle en cours d'exécution

Il pourra être prévu une réunion de chantier hebdomadaire si les travaux se déroulent en co-activité.

1/4h sécurité pourra être réalisé sur le chantier avant le début des travaux.

En dehors des visites de chantiers menées par Antea Group, l'Entreprise tiendra informée Antea Group de l'avancement du chantier à chaque fin de journée (par téléphone, mail, fax, etc.).

8.2. Contrôles

L'Entreprise restera à tout moment à la disposition du Maître d'Œuvre pour lui permettre d'effectuer tous les contrôles que celui-ci jugera nécessaires, que ces contrôles aient lieu sur chantier, en atelier ou en usine.

L'Entreprise tiendra à jour un cahier de chantier consignait de manière journalière les travaux effectués ainsi que les quantités utilisées (main d'œuvre, matériels, fournitures...). Toutes les phases et tous les incidents de chantier y seront portés.

La provenance de toutes les fournitures sera portée à la connaissance du Maître d'Œuvre. Les certificats de fabrication des équipements (tubage, etc.) et/ou fournitures (vannes, capteurs, etc.) seront fournis par l'Entreprise. Ces matériels seront alors réceptionnés par le Maître d'Œuvre avant mise en place ou mise en œuvre.

Les réceptions des fournitures ne dégagent en rien l'Entreprise de sa responsabilité dans les travaux exécutés.

8.3. Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE)

L'Entreprise remettra, dans un délai de **15 jours** à partir de la fin des travaux sur site, et en deux exemplaires, un DOE conforme aux travaux réellement exécutés.

Le DOE comprendra notamment le descriptif des différents matériels (marque, type, référence constructeur, conditions et précautions d'emploi, etc.).

9. Décomposition du Prix Global et Forfaitaire

9.1. Dispositions générales

La description précédente indique la nature des travaux à effectuer, leurs dimensions et leur emplacement, mais il convient de signaler que cette description n'a pas un caractère exhaustif et que l'entreprise devra exécuter comme étant compris dans son prix, sans exception ni réserve, tous les travaux de sa profession, nécessaire et indispensable pour l'achèvement complet de ces travaux de reconnaissance.

En cas d'imprécision ou d'omission, l'Entreprise devra, et ce avant la remise de sa soumission, obtenir auprès du Maître d'Œuvre et du Maître d'Ouvrage, les renseignements indispensables à l'établissement de leur proposition. Les Entreprises ne pourront jamais arguer que des erreurs ou omissions aux plans et descriptifs puissent les dispenser d'exécuter tous les travaux de leur corps d'état ou fassent l'objet d'une demande de supplément sur des prix.

En conséquence de ces clauses formelles, les prix du soumissionnaire ne seront, en aucun cas susceptibles d'une quelconque augmentation.

9.2. Contenu des prix

Les prix comprennent toutes fournitures, main d'œuvre et transports nécessaires à l'exécution complète des travaux conformément aux règles de l'art ainsi que toutes les sujétions, aléas et frais accessoires.

Sont notamment compris :

- les réparations d'erreurs et malfaçons imputables à l'Entreprise,
- les frais d'installation du chantier ainsi que les frais d'établissement d'entretien et de fonctionnement de tous les ouvrages provisoires nécessaires à la réalisation des travaux et notamment les frais et sujétions résultants de la situation des installations de chantier,
- tous les frais d'études d'exécution, de confection des dossiers de récolement et des notices d'exploitation,
- la participation de l'Entreprise au fonctionnement du chantier
- les frais annexes résultants des essais et contrôles de réception des matériaux et de tous contrôles imposés par le descriptif ou les règles de l'art contractuelles,
- les arrêts de chantiers pour cause d'intempéries même si ces arrêts donnent lieu à une prolongation du délai d'exécution,
- tous frais d'éclairage, de balisage et de signalisation du chantier, du matériel et des dépôts de matériaux liés au présent lot,
- les frais de brevets, qui pourraient être dus en raison des dispositions de certains ouvrages ou de l'emploi de certains procédés,
- tous les frais résultants des protections imposées par la législation et la réglementation du travail ainsi que les frais d'assurances et d'accidents,

- tous les droits, taxes, impôts ainsi que le bénéfice de l'Entreprise, à l'exclusion de la Taxe à la Valeur Ajoutée (TVA),
- les sujétions résultantes des encombrements de circulation et des mesures de police et les frais de maintien en bon état de propreté des voies et espaces verts,
- l'enlèvement de ses déblais, la mise en ordre et le nettoyage de son chantier en cours et en fin de chantier.

10. Planning

Le démarrage des travaux est fixé à mi-juin 2026.

Il est demandé à l'entreprise de planifier les travaux du forage définitif dans l'enchaînement des travaux de reconnaissance pour une fin des travaux à mi-septembre.

Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable. Les incertitudes ou les réserves qui seraient mentionnées dans la prise en compte des résultats et dans les conclusions font partie intégrante du rapport.

En conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou d'une reproduction partielle de ce rapport et de ses annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d'Antea Group ne sauraient engager la responsabilité de celui-ci. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation.

Les résultats des prestations et des investigations s'appuient sur un échantillonnage ; ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas liés à l'hétérogénéité des milieux naturels ou artificiels étudiés. Par ailleurs, la prestation a été réalisée à partir d'informations extérieures non garanties par Antea Group ; sa responsabilité ne saurait être engagée en la matière.

Antea Group s'est engagé à apporter tout le soin et la diligence nécessaire à l'exécution des prestations et s'est conformé aux usages de la profession. Antea Group conseille son Client avec pour objectif de l'éclairer au mieux. Cependant, le choix de la décision relève de la seule compétence de son Client.

Sauf avis contraire de votre part, la présente prestation sera intégrée dans la liste des références d'Antea Group. Les noms de nos clients, les titres des prestations ainsi que leurs montants sont ainsi susceptibles d'être communiqués à des tiers.

Ce rapport devient la propriété du client après paiement intégral du coût de la mission ; son utilisation étant interdite jusqu'à ce paiement. A partir de ce moment, le Client devient libre d'utiliser le rapport et de le diffuser, sous réserve de respecter les limites d'utilisation décrites ci-dessus.

Pour rappel, les conditions générales de vente ainsi que les informations de présentation d'Antea Group sont consultables sur : <http://www.annexes.anteagroup.org>.



Antea Group est certifié :



www.lne.fr