

**EXEMPLE CCTP CHAMP DE SONDES**

**Sept 2019**

A destination des bureaux d’études et d’ingénierie

**Boite A outils TECHNIQUES  
Geothermie de surface (*ou géothermie très basse énergie*)**

En partenariat avec :

REMERCIEMENTS

Le Service Réseaux et Energies Renouvelables (SRER) de l’ADEME remercie tous ceux qui ont participé à la rédaction et à l’enrichissement de cette boîte à outils techniques :

* Anthony Dumoulin (S2T INGENIERIE) et Olivier Grière (G2H CONSEILS) qui ont été missionnés par le SRER pour mener ce projet ;
* Xavier Moch (AFPG), Jean-Marc Percebois (ACCENTA/AFPG), Eric Garroustet (COTRASOL/SFEG), Pierre Durst (BRGM), Dominique CENA (CENA INGENIERIE/CINOV), Robin Apolit (SER), Florent Dupuis (ADEME Hauts de France), Hakim Hamadou (ADEME Auvergne Rhône-Alpes), Jean-François Niveleau (ADEME Occitanie), Axel Wyckhuyse (ADEME Grand Est) pour leurs contributions et relecture de cette boîte à outils.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l’auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l’usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d’information de l’œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

**Ce document est diffusé par l’ADEME**

20, avenue du Grésillé

BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

**Numéro de contrat : 18MAR000159**

**Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par :** S2T INGENIERIE et G2H CONSEILS

**Coordination technique - ADEME :** CARDONA MAESTRO Astrid  
Direction/Service : Réseaux et Energies Renouvelables

**Ce document est diffusé par l’ADEME**

20, avenue du Grésillé

BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

**Numéro de contrat : XXXXXXXXXX**

**Supprimer le paragraphe ci-dessous inutile**

**Étude réalisée par (noms des auteurs et co-financeurs éventuels) pour ce projet financé ou cofinancé par l'ADEME**

**(si projet de recherche sans lien avec appel à projet) Projet de recherche coordonné par : XXXX**

**(si projet de recherche en lien avec appel à projet) Projet de recherche coordonné par : XXXXXXX  
Appel à projet de recherche :** XXXX

**Coordination technique - ADEME :** NOM Prénom ingénieur  
Direction/Service : XXXXX

**SOMMAIRE**

[1. Introduction 4](#_Toc17994421)

[1.1. Contexte du projet 4](#_Toc17994422)

[1.2. Objectif de la note 4](#_Toc17994423)

[2. Présentation générale du projet 5](#_Toc17994424)

[2.1. Objectifs et motivations 5](#_Toc17994425)

[2.2. Objet et consistance des travaux 5](#_Toc17994426)

[2.3. Prescriptions générales 6](#_Toc17994427)

[2.3.1. Localisation, accès, environnement du chantier 6](#_Toc17994428)

[2.3.2. Reconnaissance des réseaux 6](#_Toc17994429)

[2.3.3. Conformité aux normes et documents réglementaires 6](#_Toc17994430)

[2.3.4. Organisation du chantier 6](#_Toc17994431)

[2.3.5. Conformité aux normes et règlements 7](#_Toc17994432)

[2.3.6. Provenance des fournitures 7](#_Toc17994433)

[2.3.7. Documents descriptifs et justificatifs requis 8](#_Toc17994434)

[2.3.8. Documents d'exécution et de récolement 8](#_Toc17994435)

[2.3.9. Langue - Systèmes d'unité 8](#_Toc17994436)

[2.3.10. Contrôle de l’installation et essais de fonctionnement 8](#_Toc17994437)

[2.3.11. Pénalités pour insuffisance de la qualité des fournitures, de leur mise en œuvre ou des performances techniques 9](#_Toc17994438)

[2.3.12. Conservation ou remise en état des lieux 9](#_Toc17994439)

[2.3.13. Coordination avec les autres entreprises 9](#_Toc17994440)

[3. Réalisation des sondes 10](#_Toc17994441)

[3.1. Indications générales 10](#_Toc17994442)

[3.1.1. Champ d’application et consistance de l’Entrepreneur 10](#_Toc17994443)

[3.1.2. Programme de forage 10](#_Toc17994444)

[3.1.3. Terrains mis à disposition de l’entrepreneur 10](#_Toc17994445)

[3.1.4. Renseignements sur la nature des sols et des nappes souterraines pour le creusement du forage 11](#_Toc17994446)

[3.2. Réalisation des sondes 11](#_Toc17994447)

[3.2.1. Implantation 11](#_Toc17994448)

[3.2.2. Méthode de forage 11](#_Toc17994449)

[3.2.3. Mise en place de la sonde 11](#_Toc17994450)

[3.2.4. Remplissage de la sonde 12](#_Toc17994451)

[3.3. Raccordement des sondes géothermiques 12](#_Toc17994452)

[3.4. Collecteurs 14](#_Toc17994453)

[3.5. Raccordement collecteur / local pompe à chaleur 14](#_Toc17994454)

[3.6. Remplissage du réseau géothermique 15](#_Toc17994455)

[3.7. Essais et mise en service 15](#_Toc17994456)

[3.8. ANNEXE 1: Localisation des sondes géothermiques à réaliser 15](#_Toc17994457)

[3.9. ANNEXE 2 : Localisation des sondes géothermiques à réaliser sur fond cadastral 15](#_Toc17994458)

[3.10. ANNEXE 3: Coupe prévisionnelle géologique et technique des sondes géothermique à réaliser 15](#_Toc17994459)

[3.11. ANNEXE 4 : Localisation prévisionnelle des canalisations de raccordement et du local PAC 15](#_Toc17994460)

1. Introduction
   1. Contexte du projet

Des études récentes menées par l'ADEME ont montré la nécessité de mettre à disposition des acteurs des documents et outils techniques détaillés afin de garantir la qualité de mise en œuvre des installations de géothermie de surface, leur bon fonctionnement ainsi que leurs performances techniques, économiques et environnementales.

Les **documents et outils techniques détaillés** qui ont été développés dans le cadre de ce projet concerne principalement les **installations de géothermie sur nappe d'eau superficielle et sur champ de sondes dans les secteurs du logement collectif et tertiaire (voire industriel et agricole)**.

Ils sont destinés en priorité à **L'INGENIERIE et aux BUREAUX D'ETUDES.**

* 1. Objectif de la note

Le présent document fait partie de la boîte à outils techniques.

Il a pour objectifs de présenter un exemple de cahier des clauses techniques particulières (CCTP) pour la mise en œuvre d’un système géothermique à base de sondes.

Il concerne la réalisation d’un **champ de sondes géothermiques (partie sous-sol).**

**Ce document doit être considéré comme source d’inspiration mais doit nécessairement être repris et adapté à la configuration du projet par le bureau d’études.**

Les éléments surlignés en gris sont à compléter et adapter au projet a minima.

Il n’est en outre valable que pour **des installations de petites puissances, dans certains cas limités** **(maximum 1000 ml cumulés de sondes).**

**L’ADEME et ses partenaires ne sauront être tenus responsables de l’utilisation qui en est faite.**

1. Présentation générale du projet
   1. Objectifs et motivations

Ces travaux seront exécutés pour le compte de X, Maître d’ouvrage.

La Maîtrise d’œuvre du projet sera assurée par X.

Le présent C.C.T.P. fixe les conditions particulières d’exécution de ces travaux dans le cadre des C.C.T.G. pour les marchés publics de travaux.

La préparation du chantier en atelier et sur site, l’évacuation et la remise en état des lieux font partie intégrante du présent marché.

Chaque prestation englobe la fourniture sur le chantier des équipements et matériaux, la pose, le montage, le raccordement de ceux-ci, la réalisation des essais et la remise des documents demandés dans le présent C.C.T.P.

Certains des équipements visés dans le présent C.C.T.P. devront faire l’objet de notes de calcul détaillées à soumettre au maître d’œuvre avant toute mise en œuvre.

Les matériaux et équipements proposés ainsi que leur mise en œuvre doivent être conformes aux normes citées dans le C.C.T.G. des marchés publics de travaux et dans le présent C.C.T.P.

Les travaux ont pour but la réalisation d’un champ de sondes géothermiques composé de X sondes verticales de X mètres de profondeur unitaire.

Les Entrepreneurs remettant une offre sont censés avoir pris connaissance du site. Ils prévoiront dans leur offre les aménagements nécessaires à une bonne circulation vers l’emplacement des forages à réaliser et la réalisation des aménagements nécessaires à l'implantation de l'appareil de forage et du matériel annexe.

**Les Entrepreneurs remettant une offre devront impérativement être habilités et disposer de la qualification QUALIFORAGE.**

* 1. Objet et consistance des travaux

Les travaux, objets du présent marché, sont donc :

L’installation géothermique complète sera composée de X sondes géothermiques, de profondeur X m, distribuée selon le plan de masse fourni en annexe.

En conséquence, les travaux à la charge du présent lot concernent la mise en place de X sondes géothermiques et le raccordement de l’ensemble des X sondes composant le système jusqu’aux collecteurs et jusqu’à la pompe à chaleur.

Phasage de l'opération :

L'opération sera réalisée en deux tranches :

* Forages et équipement des sondes ;
* Raccordement des sondes : Exécution des tranchées pour raccordement des sondes géothermiques aux collecteurs et des collecteurs jusqu’à la pompe à chaleur.

Le chiffrage devra tenir compte de ces deux tranches.

* 1. Prescriptions générales
     1. Localisation, accès, environnement du chantier

Le chantier sera implanté sur le territoire de la commune de X au lieu-dit X.

L'emprise du chantier et l'implantation des forages seront clairement délimitées préalablement au démarrage du chantier par le Maître d’œuvre.

Au terme des travaux, l’Entrepreneur remettra en état les zones de travail.

Les entrepreneurs remettant une offre sont censés avoir pris connaissance du site. Ils prévoiront dans leur offre les aménagements nécessaires à une bonne circulation vers et à l’intérieur de l’emplacement du forage en évitant toute dégradation et en prenant toute précaution pour assurer la sécurité des personnes fréquentant les lieux.

Les annexes 1 et 2 localisent les sites de forage.

Rappel des contraintes :

Le foreur s’assurera de la conformité de l’implantation des forages sur le plan masse et sur le terrain.

Les distances minimales suivantes sont à respecter :

* 5 m des limites de propriété,
* 5 m des arbres,
* 1.5 m des réseaux enterrés non hydrauliques,
* 3 m des fondations, puits, fosses septiques et évacuations.
  + 1. Reconnaissance des réseaux

L’entreprise de forage devra collecter les informations portant sur les réseaux présents au droit du site et effectuera les DICT.

* + 1. Conformité aux normes et documents réglementaires

Les matériaux, fournitures et matériels mis en œuvre doivent être conformes aux normes françaises en vigueur.

Dans le cas où l'Entrepreneur se référerait à des normes autres que celles prescrites par le présent C.C.T.P. ou dans le cas d’absence de normes françaises, il devra alors, à ses frais, fournir au Maître d'Œuvre les renseignements correspondants pour approbation.

* + 1. Organisation du chantier

L’Entrepreneur fera son affaire de l’approvisionnement en eau du chantier ainsi que de l’évacuation des eaux.

L'Entrepreneur a donc à sa charge l’établissement d’une aire de chantier disposant de toutes les commodités dont il aurait besoin.

Toutes les installations mises en place ne doivent causer ni gêne ni dommage aux riverains des voies d'accès, aux voies d’accès et aux fonds voisins.

L’Entrepreneur devra mettre en œuvre toutes les mesures utiles afin de protéger le chantier pendant les heures non travaillées contre les intrusions de personnes étrangères. L’Entrepreneur reste donc responsable de tout acte de malveillance qui pourrait compromettre le bon déroulement des travaux et ne pourra effectuer de réclamation sur les conséquences de ces actes (interruption de chantier, retards divers, etc.).

Il n’est pas prévu de mise en place de signalisation, toutefois, en cas de besoin, la signalisation temporaire de jour et de nuit des chantiers devra être conforme à la réglementation sur la signalisation routière en vigueur.

Les prescriptions et autorisations requises devront être demandées dans les délais par l’Entrepreneur à l’autorité concernée suivant le type de route.

L'Entrepreneur doit, également, informer par écrit, les services compétents de repliement et de déplacement de chantier.

Le personnel devra être en possession de téléphones portables permettant de le joindre si nécessaire.

* + 1. Conformité aux normes et règlements

L’exécution des travaux du présent marché devra se faire en conformité avec les textes de loi en vigueur, normes ainsi que sur la protection des travailleurs et de l’environnement.

Seront notamment prévenus les risques liés à la circulation et à la manutention, les risques d’électrocution ainsi que les nuisances sonores.

L’Opérateur économique se référera notamment aux normes françaises en vigueur suivantes et leurs mises à jour :

* NF X 10-970, Forage d'eau et de géothermie - Sonde géothermique verticale (échangeur géothermique vertical en U avec liquide caloporteur en circuit fermé).
* NF X 10-999, Forage d'eau et de géothermie - Réalisation, suivi et abandon d'ouvrages de captage ou de surveillance des eaux souterraines réalisés par forages.
* NF X 10-960, Forage d'eau et de géothermie - Systèmes caloporteurs pour eau glycolée et tubes de type polymère (boucles de sonde) - Exigences.
* N F X 10-950, Forage d'eau et de géothermie - Ciment pour géothermie - Exigences. (projet avril 2018)
* NF EN 12613, Dispositifs avertisseurs à caractéristiques visuelles en matière plastique pour câbles et canalisations enterrés (indice de classement : T 54-080).

Tous les matériaux et déblais excédentaires liés à l’installation, au déblaiement de chantier et à la réalisation des forages, feront l’objet d’une évacuation et mise en décharge de catégorie correspondant à leur nature.

L’Entrepreneur remettra avant tout démarrage des travaux au Maître d’œuvre un Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé (PPSPS) recensant toutes les mesures courantes et exceptionnelles qu’il compte mettre en œuvre sur le chantier afin d’assurer la sécurité des travailleurs et des personnes intervenant sur le chantier, mais aussi de toutes les personnes pouvant accéder aux parties non protégées du chantier.

L’Entrepreneur se porte garant du bon fonctionnement de son matériel notamment en ce qui concerne les fuites d’huile et de carburant. Pour ce faire, d’une part la machine de forage et les compresseurs seront positionnés sur une bâche PVC antipoinçonnable résistante aux hydrocarbures et d’autre part, les cuves à gasoil seront du type double parois homologués ou bien installées dans des cuvettes de rétention.

Il procédera, le cas échéant, à l’évacuation des terres souillées en accord avec la réglementation en vigueur.

Tous les arrêts ou travaux supplémentaires résultants de telles négligences seront à sa charge. Tous les travaux non conformes aux directives du Maître d’Œuvre seront refusés.

* + 1. Provenance des fournitures

Tous les matériaux et fournitures employés pour l’exécution des travaux doivent être neufs, de fabrication récente, de construction soignée et être agréés par le Maître d’œuvre.

Lorsque cela est demandé dans le cahier des charges ou en cours de chantier par le Maître d’œuvre, l’Entrepreneur indiquera la marque, le type et les caractéristiques de matériel qu’il compte utiliser.

Il devra à tout moment disposer du personnel et de tout le matériel nécessaire à la bonne marche du chantier.

Lorsqu’un modèle bien spécifique ou une marque précise est demandé dans le C.C.T.P., l’Entrepreneur doit s’y tenir dans sa proposition. En variante, il a la possibilité de suggérer tout autre matériel remplissant les mêmes fonctions en motivant son offre.

* + 1. Documents descriptifs et justificatifs requis

D'une manière générale, l'Entrepreneur devra fournir dans son offre :

* Le présent C.C.T.P. dûment complété et signé, de même que toutes les pièces administratives du marché ;
* L’approbation des plans guides annexés et dûment complétés ;
* La provenance des principales fournitures et les références des fournisseurs correspondants ;
* Les procédés et moyens d'exécution envisagés ;
* Le plan de projet des ouvrages qu’il compte réaliser ;
* Le planning prévisionnel des opérations envisagées ;
* Le PPSPS,
* Les attestations d’assurance RC et décennale valable pendant toute la durée du chantier et pour le montant des travaux de l’opération,
* La copie de sa qualification RGE QUALIFORAGE,
* Les notes de calcul justificatives des spécifications techniques demandées par le présent C.C.T.P..
  + 1. Documents d'exécution et de récolement

Des plans détaillés d'exécution seront fournis par l'Entrepreneur avant lancement des travaux.

Les documents de récolement demandés dans le présent C.C.T.P., ou à défaut, ceux mentionnés dans les documents généraux (C.C.T.G. pour les marchés publics de travaux), seront fournis par l’Entrepreneur au Maître d’œuvre dans un délai de deux semaines après la réception de l’ouvrage.

Le dossier de récolement sera fourni en X exemplaires papiers et X exemplaires informatiques et rassemblera au minimum les informations suivantes :

* Coupe géologique du sol avec les commentaires associés concernant les formations rencontrées ;
* Coupe technique des forages réalisés avec les informations principales (diamètre de creusement, dimensions des différents équipements, profondeurs et épaisseurs, caractéristiques des équipements et matériaux mis en œuvre, etc) ;
* Cahier des résultats d’essais et contrôles ;
* Cahier des réglages des organes d’équilibrage ;
* Compte-rendu global de fin de chantier et planning des travaux et opérations effectués cimentation (méthode, nature et quantité du ciment mis en œuvre), manipulations diverses avec les périodes de ces différentes opérations, incidents divers) ;
* Compte-rendu des opérations de développement (quantités de réactifs mises en œuvre, débit et temps de pompage, etc) ;
* Copies des spécifications techniques des fournisseurs des principaux équipements (sonde, ciment, collecteur, canalisations, etc)
* Copies des comptes-rendus journaliers du chantier ;
* Implantation des ouvrages réalisés sur fond cadastral avec géoréférencement de chaque sonde et du tracé des canalisations mis en place.
  + 1. Langue - Systèmes d'unité

Les notes de calcul, notices descriptives ou manuels d'utilisation devront être rédigés en langue française.

Les valeurs dimensionnelles indiquées seront exprimées en Unité du Système International (USI) ou à défaut en unités couramment utilisées en France.

* + 1. Contrôle de l’installation et essais de fonctionnement

Les essais et contrôles auxquels seront soumis les différents équipements faisant partie du marché sont décrits ci-après.

Les essais d’étanchéité à réaliser sont les suivants :

* Test de pression pour chaque sonde géothermique réalisé en usine, le fournisseur doit transmettre les PV d’essai pour chaque sonde,
* Test de pression suite à la mise en place de la sonde dans chaque forage, ce test, réalisé à 3 bars (durée 30 min), doit être effectué avant le remplissage du puits de forage.

La pression ne doit pas chuter de plus de 0,6 bar pour que l’essai soit concluant.

* Test de pression pour chaque circuit géothermique individuel, comprenant une sonde géothermique, les raccords en Y, la tuyauterie de raccordement jusqu’aux collecteurs enterrés. Chaque circuit est testé à 3 bars (durée 30 min), avant son raccordement sur les collecteurs enterrés.

La pression ne doit pas chuter de plus de 0,6 bar pour que l’essai soit concluant.

* Test de pression pour chaque circuit complet associé à une paire de collecteurs enterrés. Le test porte sur le circuit complet comprenant tous les circuits géothermiques individuels raccordés à un ensemble collecteur/distributeur enterré, les vannes de réglage et d’isolement associées à chaque circuit géothermique individuel, l’ensemble collecteur/distributeur enterré, et la tuyauterie de raccordement entre l’ensemble collecteur/distributeur et le local technique. Ce test est réalisé à 3 bars, pendant 2 heures 30 min. Ce test est réalisé avant le raccordement définitif du circuit en local technique, et avant remblayage des tranchées.

Pour que l’essai soit concluant, la pression ne doit pas chuter de plus de 0,6 bar après 30 min, puis de 0,2 bar supplémentaire après une nouvelle période de 2 h.

* + 1. Pénalités pour insuffisance de la qualité des fournitures, de leur mise en œuvre ou des performances techniques

Le non-respect des garanties demandées par le présent C.C.T.P. ou souscrites par l’Entrepreneur (avec ou sans tolérance) entraînera d’office l’ajournement de la réception et l’application automatique des pénalités de retard pendant le temps nécessaire aux mises au point.

Si dans un délai de DEUX MOIS à dater de la fin du délai contractuel d’exécution l’Entrepreneur n’a pas réussi à satisfaire aux conditions permettant la réception des travaux, la personne responsable du marché pourra refuser définitivement les installations défaillantes et appliquer à l’Entrepreneur les mesures coercitives prévues à l’article 49 du C.C.A.G. « Marchés publics de travaux ».

* + 1. Conservation ou remise en état des lieux

L'Entrepreneur devra, au titre de son Marché, prévoir la conservation des ouvrages existants et devant être maintenus, même provisoirement, tels que clôtures, arbres, bordures de trottoirs, etc, ainsi que les commodités d’accès des riverains.

Toutes précautions seront prises pour éviter les dommages au sol, et permettre la remise en état des lieux.

L'Entrepreneur ne démolira les constructions de toutes natures situées dans l'emprise des chantiers, que sur ordre, ou après autorisation du Maître d'œuvre concerné. L'Entrepreneur reçoit des consignes pour la destination des matériaux déposés.

Après achèvement des travaux, les abords du chantier devront être remis dans un état comparable à celui existant initialement. Un état des lieux faisant l'objet d'un procès-verbal sera dressé contradictoirement avec le Maître d'œuvre concerné avant tout début d’exécution.

A défaut d'établissement de ce document, l'Entrepreneur devra exécuter à ses frais tous travaux de remise en état qui lui seraient demandés en fin de chantier.

* + 1. Coordination avec les autres entreprises

L’Entrepreneur devra assurer sa propre coordination avec les entreprises travaillant au sein de son marché en sous-traitance ou en cotraitance ainsi qu’avec les entreprises des autres lots.

1. Réalisation des sondes

La coupe prévisionnelle est fournie à titre indicatif en annexe 3.

* 1. Indications générales
     1. Champ d’application et consistance de l’Entrepreneur

Les travaux à la charge de l’Entrepreneur comprennent :

**Forages et équipement des sondes :**

* Réalisation des forages verticaux, de diamètre X mm, de X m de long ;
* Mise en place des sondes Ø X mm (diamètre externe), épaisseur X mm en double U en PEHD ;
* Réalisation du test de pression ;
* Remplissage des puits de forage ;
* Enlèvement des résidus ;

**Raccordement des sondes :**

* La réalisation de tranchées pour le raccordement des sondes ;
* L’évacuation et la mise en décharge des déblais de terrassement et de décapage tout au long du chantier ;
* Le réglage du fond de fouille en respectant les pentes conformément au plan ;
* La réalisation des fosses complémentaires pour la pause des collecteurs ;
* Le raccordement des sondes aux collecteurs et des collecteurs à la pompe à chaleur par l’intermédiaire de raccords et de conduites ;
* La mise en place d’un lit de sable en fond de tranchées ;
* Le remblayage des tranchées.
  + 1. Programme de forage

Le programme de forage se fera selon des étapes dont l’ordre de déroulement et le planning devront être précisés par l’Entrepreneur dans le respect du délai final fourni dans l’Acte d’Engagement et devront être approuvés par le Maître d’œuvre avant tout début d’opération.

* + 1. Terrains mis à disposition de l’entrepreneur

Le Maître d’ouvrage met à disposition de l’Entrepreneur l’ensemble du terrain sur lequel seront réalisés les sondes.

L'Entrepreneur aura à sa charge les aménagements du terrain nécessaires à la réalisation de l’ouvrage (dépôt de matériel, de fournitures, de déblais, plate-forme machine, etc).

L’Entrepreneur veillera durant tout le chantier à maintenir un état de propreté minimal sur l’espace utilisé, aucune accumulation d’eau en surface ne sera tolérée et à disposer tout autour de cet espace de travail une clôture provisoire permettant de protéger le chantier des accès de personnes étrangères.

La remise en état des lieux faisant partie intégrante du présent marché, l’Entrepreneur remettra donc le terrain en état après la fin du chantier (aplanissement et nettoyage complet du terrain, enlèvement des amas de terrain liés au creusement, évacuation des boues et des déblais, remise en état).

* + 1. Renseignements sur la nature des sols et des nappes souterraines pour le creusement du forage

Pour information sur la nature des terrains et des eaux souterraines, il est fourni ci-joint, à titre indicatif et sans engagement, la coupe technique et géologique prévisionnelle de l’ouvrage en annexe sur la base, pour la partie géologique, des connaissances de la zone.

* 1. Réalisation des sondes
     1. Implantation

Avant tout commencement de travaux, l'entrepreneur a à sa charge l’implantation des forages.

* + 1. Méthode de forage

La méthode de forage est laissée à l’appréciation de l’entrepreneur. Les dimensions devront respecter les normes en vigueur. La méthode de forage doit être adaptée à la nature géologique du terrain. Les échantillons de sol prélevés devront être remis au Maitre d’Ouvrage sous sachet plastique avec indication du forage et de la profondeur.

Les fluides utilisés (air, eau, boue) doivent répondre aux exigences de la sauvegarde et de la protection de l’environnement et également être conformes aux normes en vigueur.

* + 1. Mise en place de la sonde

Les sondes géothermiques sont constituées d’une tuyauterie double-U en PEHD, et sont munies de cunettes de décantation au niveau du pied de sonde. La pression nominale de service des tuyaux doit être adaptée à la profondeur atteinte

Les caractéristiques des sondes géothermiques sont les suivantes (marque : X ou équivalent) :

* Type : Double-U
* Nature des tuyaux : PEHD (PE 100)
* Diamètre des tuyaux : Diam. X (diamètre externe), épaisseur X mm Pression nominale : PN X
* Longueur : X m
* Pied de sonde : Thermo-soudé en atelier

L’échangeur géothermique doit être muni de :

Un pied de sonde thermo-soudé ou électro-soudé en atelier,

Un lest solidaire du pied de sonde, facilitant la descente de la sonde dans le puits de forage tout en assurant une tension sur la sonde pendant la pose. Le lest peut être approvisionné chez le fabricant des sondes, ou réalisé à façon. Il ne devra en aucun cas constituer un risque d’endommagement de la tuyauterie : notamment l’installation d’un poids dans l’espace libre entre les 4 tuyaux en PEHD au-dessus du pied de sonde, est proscrit.

Des écarteurs permettant de maintenir un entraxe de X mm minimum entre les quatre tuyaux. Les écarteurs sont disposés tous les 2 m, et ce sur toute la profondeur de la sonde géothermique. La pose des écarteurs peut être réalisée au fur et à mesure de la descente de la sonde géothermique dans le puits de forage.

Un tuyau d’injection du coulis de remplissage, de diamètre suffisant pour permettre l’injection du matériau : DN25 minimum. Le tuyau d’injection est disposé dans l’espace libre entre les 4 tuyaux en PEHD, au travers des écarteurs, et sera installé jusqu’au pied de sonde. La sonde géothermique et le tuyau d’injection seront descendus ensemble dans le forage.

Le tuyau d’injection du coulis de remplissage sera disposé au centre de la sonde, au travers des écarteurs, et sera installé jusqu’au pied de sonde. La sonde géothermique et le tuyau d’injection seront descendus ensemble dans le forage.

La descente de la sonde dans le puits de forage sera exécutée à l’aide d’un touret. En présence d’eau dans le forage, la sonde sera préalablement remplie de fluide (fluide caloporteur ou eau) afin de faciliter la descente. En aucun cas la sonde ne doit être poussée dans le forage : l’installation d’un lest et le remplissage de la sonde doivent suffire pour permettre la descente par gravité de la sonde géothermique. Le cas échéant, le tubage en tête de forage devra être protégé afin qu’il n’endommage pas les tuyaux PEHD lors de la descente de la sonde dans le puits.

Avant de réaliser le remplissage du puits de forage, un test en pression sera effectué pour chacune des deux tuyauteries en U constituant la sonde géothermique.

* + 1. Remplissage de la sonde

Un scellement efficace du forage est indispensable non seulement pour prévenir toute pollution accidentelle des eaux souterraines, mais également pour assurer un bon contact thermique entre la sonde géothermique et le terrain. Cette opération devra être réalisée avec un soin tout particulier.

Le forage sera cimenté sur toute sa hauteur jusqu’à la profondeur correspondant au raccordement de la tête de sonde (1,5 m environ). Cette cimentation sera réalisée sous pression, de bas en haut, de sorte que le tuyau d’injection plonge continuellement dans le coulis au cours de l’opération.

Cette cimentation se fera obligatoirement via un tube dédié permettant l’injection du coulis de remplissage sous pression. Il permettra de garantir le bon remplissage des vides et d’assurer la meilleure transmission thermique possible. Le tuyau d’injection sera retiré au fur et à mesure du remplissage.

Le forage sera rempli avec un matériau dédié spécifiquement aux applications géothermiques. La résistivité thermique du mélange de remplissage devra être égale ou supérieure à 2 W /m K.

Le matériau sera du type X ou équivalent.

Le forage sera cimenté sur toute sa hauteur jusqu'à la profondeur correspondant au raccordement de la tête de sonde. Cette cimentation sera réalisée sous pression, de bas en haut, de sorte que le tuyau d'injection plonge continuellement dans le coulis au cours de l'opération.

La préparation et l’injection sera effectuée par une pompe spécifique et réalisée immédiatement après la mise en place de la sonde.

* 1. Raccordement des sondes géothermiques

Nombre de sondes géothermiques à raccorder : X

Tous les raccordements effectués sur site doivent être exécutés selon la technique de l’électro-soudure, avec du matériel normalisé. Des raccordements effectués sur site par thermo-soudure ne sont pas acceptés.

L’électro-soudure est réalisée avec du matériel normalisé : manchons normalisés à code barre, poste d’électro-soudage à lecteur de code barre.

Tous les manchons électro-soudables utilisés pour les raccordements sont en PEHD.

Avant de réaliser la soudure de deux canalisations en PEHD par l’intermédiaire d’un manchon électro-soudable, il est procédé aux opérations suivantes sur chacune des deux canalisations :

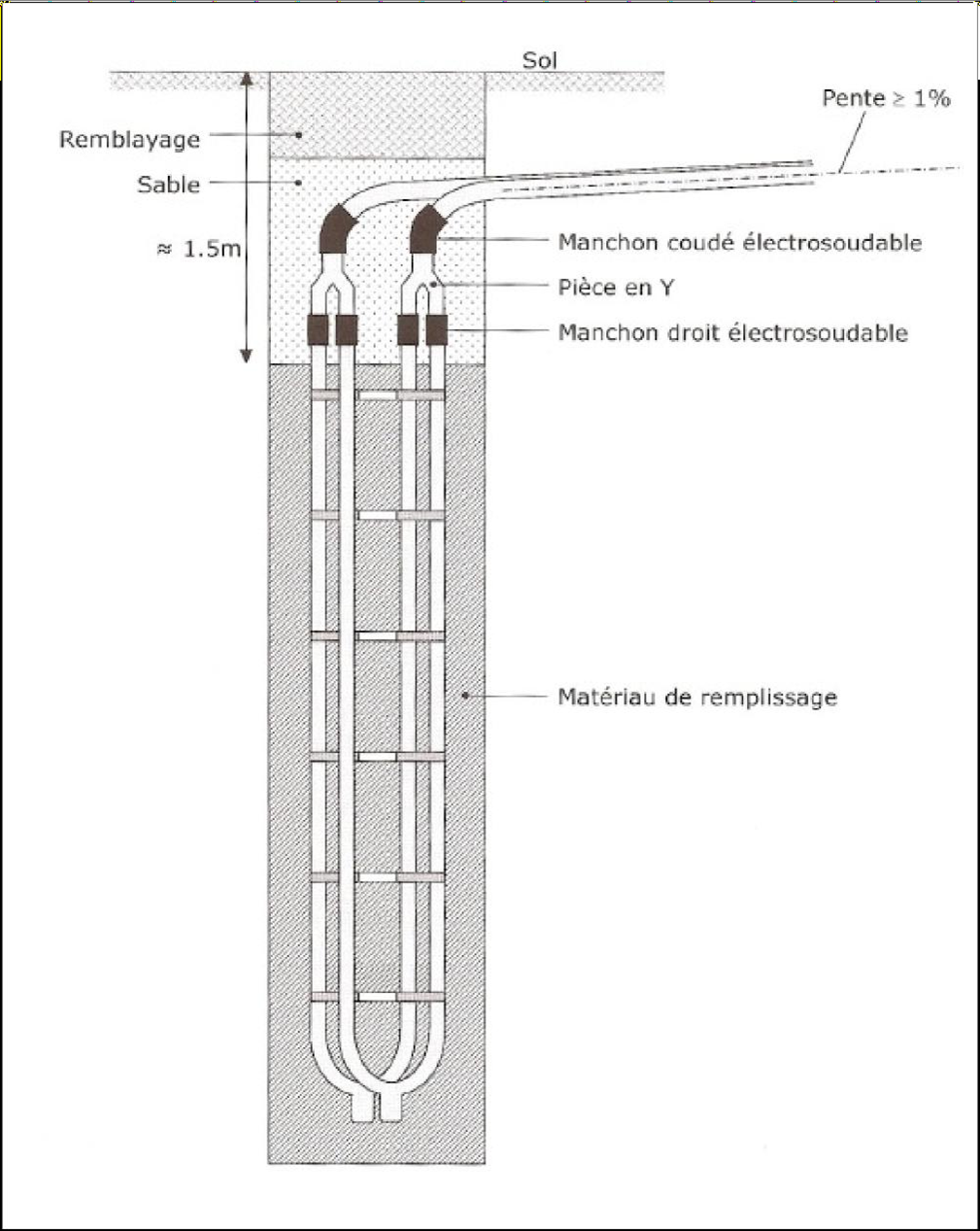
* Nettoyage de la partie qui sera insérée dans le manchon,
* Enlèvement de la couche superficielle de PEHD, susceptible d’être oxydée, à l’aide d’un grattoir.

Sur site, chaque sonde géothermique peut être raccordée à un ensemble collecteur/distributeur enterré par l’intermédiaire des éléments suivants :

* Quatre manchons DN X – DN X en PEHD électro-soudables
* Deux pièces en Y 2 X DN X – 1 X DN X installés sur la tête de sonde, permettant de joindre les deux entrées et les deux sorties des tuyauteries en U.
* Deux manchons coudés à 45° DN X – DN X en PEHD électro-soudables
* Deux conduites DN X en PEHD, non isolées, de même diamètre que la canalisation de la pièce en Y (côté tuyauterie enterrée). Ces canalisations sont disposées en tranchée, et sont de longueur suffisante pour permettre le raccordement sans manchons intermédiaires de la tête de sonde jusqu’aux collecteurs enterrés ou en l’absence de ces derniers jusqu’au local technique.

Au-dessus de la cimentation, le forage doit être rebouché avec du sable jusqu’à recouvrir totalement la tête de sonde, puis rebouché avec un matériau de remblayage jusqu’à la surface.

Un schéma de raccordement de la tête de sonde est proposé sur la figure suivante. Des variantes à ce schéma de raccordement peuvent être proposées par l’Entreprise. Elles devront être approuvées par le Maître d’œuvre avant exécution des travaux.



Le circuit incluant la sonde géothermique, les raccords et les canalisations jusqu’aux ensembles collecteur/distributeur enterrés, ne doit comporter aucun point haut. Ces canalisations doivent être disposées dans la tranchée en respectant une pente minimale de 1%, elles doivent être disposées sur le lit de sable de 10 cm minimum, puis recouvertes de sable (jusqu’à 10 cm au-dessus de la génératrice supérieure des tubes), avant remblayage des tranchées. La présence du réseau doit être signalée par un filet avertisseur disposé au minimum 30 cm au-dessus de la génératrice supérieure des tubes.

Les canalisations aller et les canalisations retour doivent être séparées par une distance d’au moins 20 cm. Si le plan masse des tranchées est tel que des chevauchements de tuyaux sont nécessaires afin de séparer les canalisations aller et retour, seules les canalisations de retour peuvent chevaucher d’autres canalisations. Une canalisation réalisant un chevauchement doit être disposée de telle sorte qu’elle reprenne progressivement la pente sans créer de point haut.

Le rayon de courbure minimal prescrit par le fabricant de la tuyauterie devra être respecté.

Le matériau de remblayage doit être exempt de cendres, de déchets, de roches de plus de 150 mm ou tout autre matériau susceptible d’endommager la tuyauterie. Il doit être tenu compte du tassement de la zone excavée.

Le cheminement des canalisations de raccordement est reporté sur un plan masse.

* 1. Collecteurs

Les collecteurs enterrés doivent être installés dans un regard accessible et muni d’un couvercle, permettant d’intervenir sur l’ensemble des organes de réglage et d’isolement.

L’ensemble collecteur/distributeur enterré doit être composé au minimum de :

* Un distributeur en matériau PEHD, de diamètre adéquat, muni des éléments suivants :
* Une canalisation d’arrivée principale en PEHD (depuis le local technique) munie d’une vanne d’isolement,
* Un ensemble de canalisations secondaires en PEHD de départ vers les sondes géothermiques, chacune munie d’une vanne de réglage, destinée à l’équilibrage de l’installation (vanne placée sur le départ de chaque circuit individuel),
* Une vanne de purge placée sur le point haut du distributeur.

Un collecteur en matériau PEHD, de diamètre adéquat, muni des éléments suivants

* Une canalisation de départ principale en PEHD (vers le local technique) munie d’une vanne d’isolement,
* Un ensemble de canalisations secondaires en PEHD de retour des sondes géothermiques, chacune munie d’une vanne d’isolement (vanne placée sur le retour de chaque circuit),
* Une vanne de purge d’air placée sur le point haut du collecteur.

L’ensemble collecteur/distributeur enterré peut être ou être construit à façon à l’aide d’un regard en béton et des collecteurs préfabriqués (marque X ou équivalent), ou être approvisionné en tant qu’ensemble préfabriqué (marque X ou équivalent).

Les raccordements effectués sur site au niveau des collecteurs, qu’il s’agisse du raccordement des canalisations individuelles vers les sondes géothermiques, ou du raccordement des canalisations principales vers le local technique, doivent être exécutés selon la technique de l’électro-soudure, avec du matériel normalisé. Des raccordements effectués sur site par thermo-soudure ne sont pas acceptés.

* 1. Raccordement collecteur / local pompe à chaleur

Lors de la pénétration de la tuyauterie dans le local technique, toutes les mesures devront être prises afin de rétablir l’isolation thermique et l’étanchéité.

Les séquences suivantes seront effectuées :

* Des manchons de diamètre permettant la libre dilatation des tuyauteries sont posés dans les réservations des murs et dépasseront de part et d’autre des parois du mur ;
* Les manchons seront scellés avec du mortier de part et d’autre du mur, l’isolation thermique et l’étanchéité seront établies avec des matériaux adaptés. Le vide entre tuyauterie et manchon sera rempli avec un matériau élastique incombustible.

Toutes les précautions seront prises afin que les tuyauteries et collecteurs ne puissent s’endommager en cas de tassement du bâtiment.

* 1. Remplissage du réseau géothermique

Le remplissage du réseau géothermique se fera par le biais d’une bouteille de remplissage. Le glycol sera injecté dans le réseau par pompe sous pression.

Le glycol présentera les caractéristiques minimales suivantes à X°C :

Conductivité thermique : X W/m.K

Viscosité cinématique : Y

Masse volumique : Z kg/m3

Nombre de Prandtl : W

* 1. Essais et mise en service

Le titulaire du présent marché aura à sa charge tous les essais nécessaires au fonctionnement nominal des installations.

Un relevé de tous les essais, débits, pressions, etc… sera établi et fourni par le titulaire du lot avant la réception des travaux.

Tous les essais peuvent être différés tant qu’une partie quelconque des fournitures ou de leur mise en œuvre n’est pas acceptée.

Au cas où les essais donneraient des résultats insuffisants, l’entrepreneur devra procéder à la mise en conformité des installations à ses frais, et ce jusqu’à l’obtention de résultats favorables sanctionnés par un procès verbal d’autocontrôle.

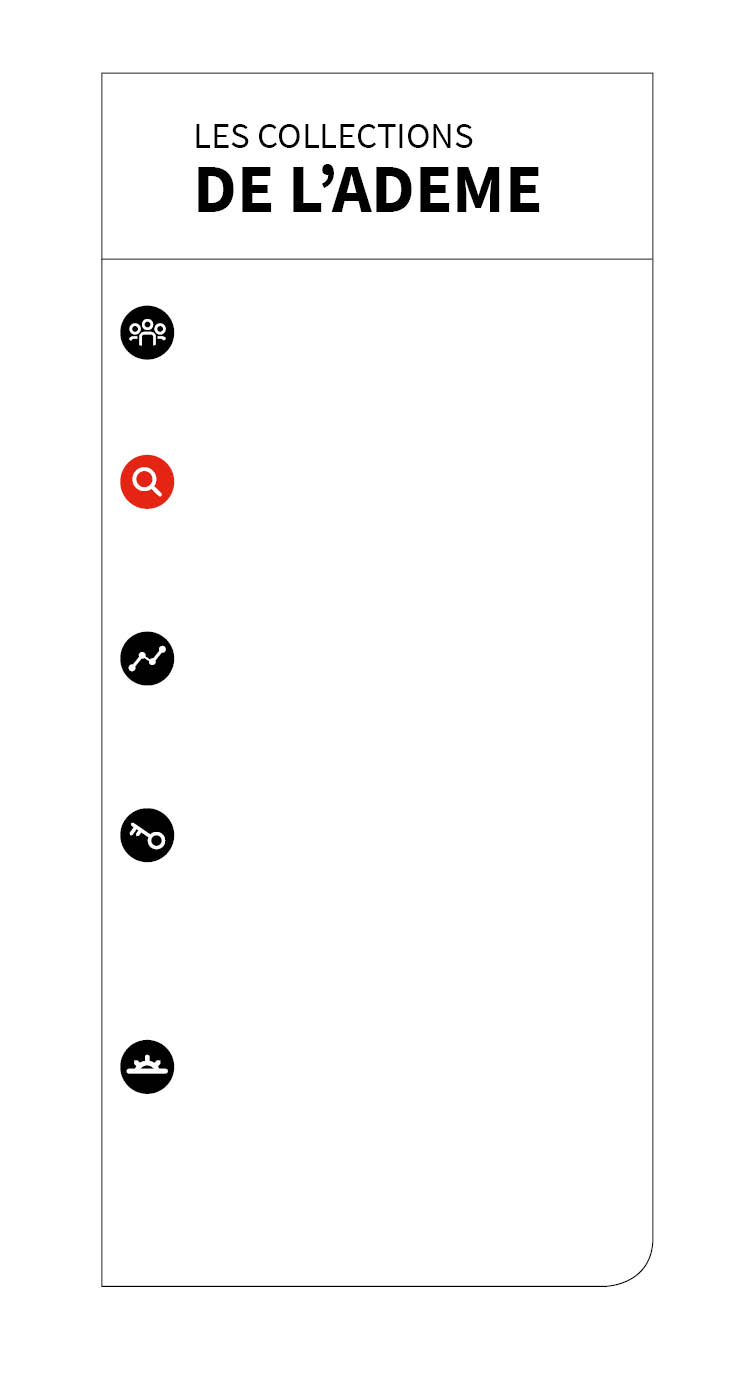
**Equilibrage du circuit géothermique**

L’équilibrage est obligatoire. La procédure et la méthode d’équilibrage sont soumises à l’approbation du Maître d’œuvre. L’équilibrage est vérifié contradictoirement avant la visite en vue de la réception des installations. La précision (écart maximal entre le débit souhaité et le débit obtenu) demandée est de 5 %. La position des organes de réglage doit être verrouillée.

Tous les organes d’équilibrage d’une même opération sont de la même marque et utilisables avec le même appareil de lecture de pression différentielle et de débit.

Sur la base des schémas hydrauliques de principe, l’entreprise établit les schémas d’équilibrage. Ces schémas indiquent notamment la position, le type, la valeur de réglage, le débit souhaité, le débit obtenu et la perte de charge de chaque organe d’équilibrage.

* 1. ANNEXE 1: Localisation des sondes géothermiques à réaliser
  2. ANNEXE 2 : Localisation des sondes géothermiques à réaliser sur fond cadastral
  3. ANNEXE 3: Coupe prévisionnelle géologique et technique des sondes géothermique à réaliser
  4. ANNEXE 4 : Localisation prévisionnelle des canalisations de raccordement et du local PAC



HORIZONS

*L’ADEME tournée vers l’avenir :* Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.

CLÉS POUR AGIR

*L’ADEME facilitateur :* Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation

FAITS ET CHIFFRES

*L’ADEME référent :* Elle fournit des analyses objectives à partir d’indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.

EXPERTISES

*L’ADEME expert :* Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous un regard.

ILS L’ONT FAIT

*L’ADEME catalyseur :* Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.

**l’ademe en bref**

L’Agence de l’Environnement et de la Maîtrise de l’Energie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l’environnement, de l’énergie et du développement durable. Elle met ses capacités d’expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale. L’Agence aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l’efficacité énergétique et les énergies renouvelables, les économies de matières premières, la qualité de l’air, la lutte contre le bruit, la transition vers l’économie circulaire et la lutte contre le gaspillage alimentaire.

L’ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de la Transition Ecologique et Solidaire et du ministère de l’Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l’Innovation.

<https://www.ademe.fr/>





www.ademe.fr

**BOITE A OUTILS TECHNIQUES**

**GEOTHERMIE DE SURFACE (ou GEOTHERMIE TRES BASSE ENERGIE)**

**EXEMPLE CCTP CHAMP DE SONDES**

Le présent document a pour objectifs de présenter un exemple de cahier des clauses techniques (CCTP) pour la mise en œuvre d’un système géothermique à base de sondes.