

MARCHE DE SERVICES

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES (CCTP)

3MT-2023-005

Pouvoir adjudicateur exerçant la maîtrise d'ouvrage

Direction Interdépartementale des Routes Nord-Ouest

Représentant du pouvoir adjudicateur (RPA)

M. le Directeur interdépartemental par délégation de signature de M. le Préfet coordonnateur des itinéraires routiers, préfet de la région Normandie, préfet de la Seine-Maritime, par arrêté n°24-062 du 18/10/2024

Objet du marché

Accord-cadre à bons de commande pour la réalisation de prestations d'études et d'essais géotechniques relatifs aux opérations d'entretien ou de modernisation du réseau routier national géré par la DIR Nord-Ouest

Table des matières

ARTICLE 1 - OBJET DU MARCHÉ.....	4
1.1 - Description du marché.....	4
1.2 – Périmètre du marché et lieu d'exécution.....	4
1.2.1 Périmètre du marché.....	4
1.2.2 Lieu d'exécution.....	5
1.3 - Objet.....	5
1.3.1 Investigations géotechniques.....	5
1.3.2 Études G1, G2, G4, G5 (norme NF P94-500).....	6
1.4 - Interlocuteur privilégié.....	6
ARTICLE 2 - ORGANISATION DES PRESTATIONS SUR SITE.....	7
2.1 - Préparation des opérations.....	7
2.1.1 Déclarations préalables.....	7
2.1.2 Reconnaissance.....	7
2.1.3 Emplacement des opérations et SIG.....	7
2.2 - Procédure d'exécution.....	8
2.3 - Amenées de matériel.....	9
2.4 - Mise en station.....	9
2.5 - Fourniture et approvisionnement d'eau.....	9
2.6 - Signalisation de l'opération et accès.....	9
2.7 - Remise en état des lieux.....	10
2.8 - Travaux de nuit.....	11
2.9 - Repérage avant travaux (cas de l'amiante notamment).....	11
ARTICLE 3 - FORAGES MÉCANIQUES.....	12
3.1 - Sondages carottés.....	12
3.2 - Sondages à la tarière continue.....	13
.....	13
1 3.3 - Sondages à la pelle ou au tracto pelle.....	13
3.4 - Forages destructifs.....	14
3.5 - Fourniture et pose de tube piézométrique ouvert.....	15
3.6 - Fourniture et pose d'un enregistreur piézométrique (tube ouvert).....	15
3.7 - Fourniture et pose de piézométrique fermé (CPI).....	16
3.8 - Fourniture et pose d'inclinomètres.....	16
3.9 - Fourniture et pose tassométrique.....	18
ARTICLE 4 - ESSAIS IN SITU.....	19
4.1 - Sondage pressiométrique.....	19
4.2 - Sondages au pénétromètre dynamique.....	20
4.3 - Sondage au pénétromètre statique (CPT).....	20
4.4 - Sondage scissométrique.....	21
4.5 - Essais de perméabilité.....	22
4.5.1 Essais d'eau en forage.....	22
4.5.2 Essais d'infiltrabilité.....	22
4.6 - Relevés piézométriques.....	23
4.7 - Essais de portance.....	24

4.8 - Relevés géologiques.....	24
ARTICLE 5 - GÉOPHYSIQUE.....	25
5.1 - Imagerie de paroi en terrain rocheux.....	25
5.2 - Radar géologique.....	25
ARTICLE 6 - ESSAIS EN LABORATOIRE.....	25
6.1 - Objet des travaux.....	26
6.2 - Essais d'identification.....	26
6.4 - Les essais de compactage.....	27
6.5 - Les essais de résistance au cisaillement.....	27
6.6 - Les essais de compressibilité.....	27
6.7 - Les essais d'aptitude au traitement des sols.....	27
6.8 - Les essais de traitement des sols en couche de forme.....	28
ARTICLE 7 - ESSAIS EN TRAVAUX.....	28
7.1 - Essais non destructifs sur pieux.....	28
7.2 - Carottage de fondations.....	28
7.3 - Sondages destructifs de fondations profondes.....	28
7.4 - Caméra en forage de fondations.....	29
ARTICLE 8 - MISSIONS D'INGÉNIERIE GÉOTECHNIQUE.....	29
ARTICLE 9 - VACATIONS HORAIRES.....	31

CAHIER DES CLAUSES TECHNIQUES PARTICULIÈRES

ARTICLE 1 - OBJET DU MARCHÉ

1.1 - Description du marché

Le présent marché concerne la réalisation de reconnaissances et études des sols dans le cadre d'études de projets routiers, du domaine public, des infrastructures, des équipements et du patrimoine immobilier de la DIR Nord-Ouest.

Il comprend l'exécution d'investigations géologiques, géotechniques et hydrogéologiques, sur la base d'un programme défini par le titulaire et approuvé par la maîtrise d'ouvrage. Cela comprend notamment les missions suivantes d'investigations géotechniques, au sens de la norme NF P 94-500 de novembre 2013 :

- Études préalables : missions G1 ES (étude de site) et G1 PGC (Principes généraux de construction)
- Étude de conception : missions G2 AVP-PRO-DCE
- Supervision géotechnique d'exécution : missions G4 études et suivi
- Diagnostic géotechnique : mission G5

1.2 – Périmètre du marché et lieu d'exécution

1.2.1 Périmètre du marché

Ce marché concerne les opérations pour lesquelles la DIR Nord-Ouest assure la maîtrise d'ouvrage, à exception des situations suivantes :

- exclusion des essais et sondages réalisés dans le cadre des travaux d'entretien et de réparation des ouvrages d'art gérés par la DIR Nord-Ouest, car ils sont déjà couverts par un marché dédié à l'assistance technique et au contrôle extérieur de ces travaux. Le terme « réparation » peut revêtir le sens de remplacement de toute ou partie d'ouvrage d'art.
- exclusion des opérations dites complexes c'est-à-dire dès lors que le coût global estimé de l'opération est supérieur à 10 M€.
- exclusion des opérations sur des portions de chaussée où la présence d'amiante est avérée (voir § 2.10).
- exclusion des opérations pour lesquelles le Cerema intervient pour le compte de la DIR Nord-Ouest, en quasi-régie ou ponctuellement, dans le cadre de son expertise, par exemple dans le cas de diagnostics géotechniques faisant suite à l'apparition de désordres pouvant être issus de l'effondrement de cavités ou de marnières. Par ailleurs, il convient de noter que le Cerema pourra être chargé d'une mission de contrôle extérieur des prestations exécutés au titre du présent marché.

1.2.2 Lieu d'exécution

Le ou les lieux d'exécution des prestations sont les suivants : l'ensemble du domaine public ou privé de l'État géré par la DIR nord-ouest ou concerné par l'opération d'entretien de modernisation de son réseau routier ou de ses accessoires. Cela comprend : les routes, les ouvrages d'art, les dépendances vertes et bleues, les aires, le patrimoine immobilier, etc.

Le marché est de plus alloté géographiquement de la façon suivante :

- Lot 1 : le district Normandie-Centre gère le réseau routier suivant : RN 154 (27 et 28), RN 10 (37, 41 et 28), RN 12 (28), RN 123 (28), RN 254 (28) et RN 1154(28) , RN 12 (27 et 61), RN 13 (27 et 78), RN 154 (27) et RN 1013 (27) ;
- Lot 2 : le district Manche-Calvados gère le réseau routier suivant : : A 84 (14 et 50), RN 13 (14 et 50), RN 158 (14), RN 174 (50), RN 175 (50), RN 176 (50) et RN 814(14) ;
- Lot 3 : le district de Rouen gère le réseau routier suivant : : A 28 (76 et 80), A 150 (76), A 151 (76), A 131(76), RN 27 (76), RN 28 (76), RN 31 (76 et 60), RN 138 (76), RN 182 (76), RN 282(76), RN 338 (76) et RN 1338 (76) et RN 2027 (76).

1.3 - Objet

1.3.1 Investigations géotechniques

Les investigations géologiques, hydrogéologiques et géotechniques à réaliser dans le cadre du présent marché comprendront :

- des sondages et essais in situ :
 - des sondages carottés avec prélèvement d'échantillons (diamètre > 90 mm) intacts non remaniés, sous gaine plastique (classe 1 ou 2),
 - des sondages carottés avec prélèvement d'échantillons (diamètre > 90 mm) en caisse,
 - des sondages à la pelle mécanique,
 - des fouilles à la pelle mécanique,
 - des forages destructifs, avec mesure et enregistrement des paramètres de forage,
 - des sondages d'essais in situ :
 - des sondages pressiométriques avec réalisation des essais,
 - des sondages au pénétromètre statique,
 - des sondages au pénétromètre dynamique,
 - des forages pour pose de piézomètres ou inclinomètres,
 - la réalisation d'essais de perméabilité,
 - Sondage à la tarière hélicoïdale,

- des investigations géophysiques :
 - Imagerie de paroi orientée (méthode optique) en terrain rocheux,
 - Radar géologique,
- des essais en laboratoire :
 - essais d'identification,
 - essais de résistance à la compression simple R_c ,
 - essais de traction indirect R_t ,
 - essais de résistance au cisaillement,
 - essais de compressibilité à oedomètre,
 - essais de compactage et essais d'aptitude au traitement des sols,
- des essais sur les structures géotechniques, à réaliser en cours de travaux.

1.3.2 Études G1, G2, G4, G5 (norme NF P94-500)

Les rapports d'étude devront inclure, dans un même document l'ensemble des coupes de sondages, des PV d'essais et leur analyse (liste non exhaustive, voire article 8).

Également, certains éléments devront être transmis au maître d'ouvrage :

- coupes sondeurs au format .pdf ,
- mesures pénétrométriques sous format csv.

Chaque mission_pourra faire l'objet d'un bon de commande spécifique (par exemple, la réalisation d'une G1 ES/PGC ne déclenchera pas automatiquement la réalisation d'une G2 AVP). Pour une même opération ou pour un même site d'étude, un ou plusieurs bons de commandes pourront être ainsi établis.

Le représentant du maître d'ouvrage ou du maître d'œuvre pourra faire une proposition des prestations à réaliser, mais le titulaire devra établir un devis et un programme d'intervention. Le devis sera ajusté a posteriori en fonction des prestations réellement réalisées sur site.

1.4 - Interlocuteur privilégié

Le titulaire du marché s'adressera en priorité à la maîtrise d'œuvre si elle existe.

Dans le cas où aucune maîtrise d'œuvre n'est désignée et la commande faite par le maître d'ouvrage (par exemple dans le cas d'études d'opportunités, d'études préalables ou d'un contrôle dans le cadre d'une mission G5), le titulaire s'adressera directement à la maîtrise d'ouvrage.

ARTICLE 2 - ORGANISATION DES PRESTATIONS SUR SITE

2.1 - Préparation des opérations

2.1.1 Déclarations préalables

Le maître d'ouvrage fournira une déclaration de travaux (DT) au titulaire du marché au moins un mois avant le début des travaux, sauf demande contraire et explicite de sa part.

Le titulaire réalise les déclarations d'intention de commencement des travaux (DICT) et les déclarations au titre du code minier (L. 411-1), si besoin.

2.1.2 Reconnaissance

Préalablement aux investigations, le titulaire organise une reconnaissance des points de sondages en présence d'un représentant de la maîtrise d'ouvrage ou de la maîtrise d'œuvre.

Cette reconnaissance permettra entre autres :

- d'établir les états des lieux avant travaux/essais,
- de valider les implantations envisagées et les cheminements d'accès aux différents sites ; à cet effet, le titulaire doit déterminer les conditions d'accès aux sites et les éventuels travaux d'entretien (y compris les éventuelles demandes d'abattages d'arbres faisant l'objet d'une instruction spécifique) à réaliser préalablement et doit également tenir compte des contraintes d'occupation du site, gêner le moins possible les occupants et riverains, et limiter les dégâts aux cultures (ces implantations pourront être modifiées en fonction des réseaux rencontrés, en accord avec le représentant de la maîtrise d'ouvrage ou de la maîtrise d'œuvre),
- de définir les types de mise en station (normale ou difficile),
- de déterminer les impacts sur l'environnement et les mesures à prendre en compte avec le coordinateur environnemental (s'il existe) et/ou le maître d'œuvre/ maîtrise d'ouvrage.

À l'issue de chaque reconnaissance ou avant le démarrage des interventions (si des actions d'entretien sont à réaliser), le titulaire est tenu de remplir un formulaire d'état des lieux avant travaux et de le transmettre au commanditaire avant l'opération.

2.1.3 Emplacement des opérations et SIG

Le titulaire balise les points des différents sondages et essais in situ par des jalons. Le relevé exact des coordonnées rattachées au système de type Lambert 93 (X,Y) et de l'altitude (Z) en mètres

N.G.F. des têtes de sondages et fouilles est à la charge de l'entrepreneur. La précision demandée pour les carottages et forages pressiométriques est de 5 cm en X et Y, et 1 cm en Z. Pour les fouilles la précision demandée est de 1 m en X et Y, et 10 cm en Z. Pour les observations géologiques celle-ci est de 3 m en X et Y, et 1 m en Z.

Ces différents points seront ensuite placés dans un fichier SIG .gpkg qui sera à rendre avant la mise en place des investigations, puis corrigé au regard de ce qui aura été réellement réalisé, au moment de rendre le rapport d'étude. La dénomination de ces points devra être cohérente avec le rapport d'étude.

Chaque «point» objet sur le fichier fera apparaître au minimum la nature de l'investigation et sa profondeur.

Sur demande du maître d'ouvrage ou de la maîtrise d'œuvre, une démarche similaire pourra être demandée sur des plans simples, des plans d'exécutions ou des plans topographiques (.dwg) de la zone, que le commanditaire devra fournir.

Afin de commencer les travaux, l'emplacement prévisionnel des points (SIG et/ou plans) devra être validé au minimum par la maîtrise d'ouvrage.

2.2 - Procédure d'exécution

Les prestations de sondages, les essais in situ, les essais en travaux et les investigations géophysiques sont exécutés conformément :

- aux normes européennes,
- aux normes et projets de normes françaises AFNOR,
- aux méthodes d'essais LCPC s'il y a lieu,
- au Code de Bonne Pratique de Géophysique Appliquée (mars 1992), diffusé par l'UFG (Union Française des Géologues), dénommé ci-après « Code de bonne pratique ».

Préalablement au démarrage des travaux de terrain, une procédure d'exécution est soumise à l'agrément du maître d'ouvrage. La procédure doit renseigner les points suivants :

- 1) Les intervenants.
 1. Un responsable d'opération doit être désigné par le titulaire et proposé au maître d'ouvrage. Il est chargé d'assurer l'articulation et la coordination de l'ensemble de l'intervention.
 2. La liste des personnes intervenant sur l'opération, avec leur CV est également transmise au maître d'ouvrage.
- 2) Le calendrier d'exécution, qui doit notamment préciser la date et la durée des étapes suivantes :
 1. la préparation des prestations (amenée du matériel...),
 2. la mise en place éventuelle de la signalisation temporaire, la réalisation des sondages et essais,

la restitution des résultats des essais.

- 3) Le matériel utilisé.
- 4) Les modalités particulières de réalisation des essais in situ et en laboratoire.
- 5) Les modalités de contrôle interne et externe.

Préalablement à l'intervention, le titulaire devra respecter les prescriptions d'hygiène et sécurité détaillées à l'article 7-6 du CCAP (visite commune et établissement soit d'un PPSP, soit d'un plan de prévention). Il devra notamment veiller à mettre en place des procédures et protections adaptées en cas de travail en site pollué.

2.3 - Amenées de matériel

Pour chaque opération, il est prévu de compter une amenée et un repli de matériel pour chaque machine et outil nécessaire à la réalisation des investigations. L'amenée de matériel comprend :

- la préparation du matériel,
- l'amenée du matériel au site de sondage,
- le déplacement des engins sur le site, et de site à site,
- le repli du matériel en fin d'opération.

2.4 - Mise en station

Il est prévu une mise en station sur chaque point de sondage.

Les travaux nécessaires à la mise en station doivent respecter les conditions définies au cours des visites préalables d'implantation. Deux types de mise en station sont distingués :

- en site accessible à un véhicule 4 x 4,
- en site difficile, non accessible à un 4 x 4 en conditions normales, c'est-à-dire nécessitant des manutentions, montages et démontages du matériel. Elle doit recevoir l'accord préalable du maître d'œuvre et maître d'ouvrage.

2.5 - Fourniture et approvisionnement d'eau

La fourniture et l'approvisionnement en eau sont inclus dans le prix des différents types de forage au mètre linéaire. Les autorisations préalables sont à la charge du titulaire.

2.6 - Signalisation de l'opération et accès

La signalisation est à la charge de la DIR Nord-Ouest. Le représentant du maître d'ouvrage ou du maître d'œuvre transmettra le contact de l'exploitant local (district ou/et CEI) concerné au titulaire, et informera à l'exploitant l'opération à venir. Le titulaire devra alors prendre contact avec l'exploitant local pour définir les modalités de son intervention. À ce titre, le titulaire transmettra :

- le planning de l'opération à réaliser dans le cadre du marché,
- la nature et les dimensions des machines,
- le délai d'intervention nécessaire,
- les plans précis délimitant les limites amont et aval des emprises nécessaires à la réalisation des travaux (y compris les zones d'évolution, de circulation et de stationnement des engins) de chacune des phases de chantier, ainsi qu'une proposition des « accès chantier » qu'il estime nécessaires à la réalisation des travaux dans chacune des phases et les conditions d'utilisation de ces accès.

Le titulaire et l'exploitant local conviendront alors du mode d'exploitation, des dates et heures de l'intervention, et en informeront le commanditaire. Le commanditaire validera ou invalidera le programme envisagé. Le titulaire est tenu de se conformer aux différentes prescriptions du commanditaire telles que les cheminements et la position des sondages dans la parcelle.

Si l'intervention doit passer par le domaine d'un tiers, le commanditaire devra obtenir l'accord des tiers concerné avant l'opération.

En cas de difficultés particulières, le titulaire est tenu d'informer immédiatement le maître d'ouvrage. Il est formellement interdit au titulaire d'entamer toute négociation pouvant engager le maître d'ouvrage, à quelque titre que ce soit, avec les collectivités, les propriétaires et les exploitants.

2.7 - Remise en état des lieux

En fin de sondage, le titulaire est tenu de remettre les lieux en état, en particulier de procéder à un rebouchage soigné de tous les trous et de prendre toute précaution destinée à éviter tout dommage aux personnes et animaux, et de manière générale à l'environnement (les détritiques ne sont pas laissés sur place, aucun matériau n'est laissé par le titulaire).

L'attention du titulaire est attirée sur les points suivants :

- Il doit veiller à ne provoquer aucune pollution accidentelle des eaux souterraines et superficielles. Les peines prévues par la réglementation générale et en particulier la loi sur l'eau incomberont totalement au titulaire.
- Le titulaire est responsable de toute détérioration et des dégâts éventuels apportés de son fait, en particulier en cas de non-respect des cheminements définis jusqu'aux points de sondages. Un état des lieux final est également dressé par un représentant de la maîtrise d'ouvrage ou de la maîtrise d'œuvre en présence du titulaire.

2.8 - Travaux de nuit

Sont définis comme travaux de nuit, l'ensemble des opérations de sondages effectuées entre 21 heures et 6 heures le matin. Ils sont généralement liés aux interventions sur autoroute et à des horaires imposés par le gestionnaire de ce réseau, la plage de travail étant généralement située entre 21h30 (signalisation posée) et 05h00 le matin (signalisation levée)).

Il doit être tenu compte de l'enlèvement et de la remise en place de la sondeuse à chaque poste. La plus-value appliquée tiendra compte de ces contraintes.

Les amplitudes horaires du travail de nuit peuvent être modifiées au cas par cas et sous autorisation explicite de la maîtrise d'ouvrage.

2.9 - Repérage avant travaux (cas de l'amiante notamment)

Lorsqu'un repérage avant travaux est nécessaire (cas de l'amiante notamment) pour permettre la réalisation d'interventions (par exemple, un sondage sous une chaussée), l'analyse est à la charge de la maîtrise d'ouvrage et devra être fourni au minimum une semaine avant le début de l'opération.

Si la présence d'amiante est avérée, les interventions sur les zones concernées par un résultat positif sont annulées.

ARTICLE 3 - FORAGES MÉCANIQUES

Ces forages sont utilisés pour :

- l'établissement d'une coupe de sol,
- le prélèvement d'échantillons intacts ou remaniés,
- la réalisation d'essais in-situ,
- pour la mise en place d'instrumentation (inclinomètre, piézomètre, etc).

3.1 - Sondages carottés

Les échantillons prélevés doivent permettre la réalisation des essais en laboratoire décrits dans le chapitre 6 du présent document.

Les sondages carottés sont réalisés suivant la norme NF EN 22475-1 : Reconnaissance et essais géotechniques - Méthodes de prélèvement et mesurages piézométriques. Par défaut, des échantillons de la meilleure qualité possible (1 ou 2) avec la nature de sol rencontrée doivent être systématiquement recherchés.

Le diamètre minimal de la carotte est de 92 mm (carottage en 120 mm extérieur).

Afin d'éviter le remaniement des terrains, le choix de l'outil de carottage et la pression sur l'outil doivent donc privilégier le non-remaniement des échantillons.

Une coupe sondeur provisoire (document renseigné manuellement sur le terrain et numérisé) doit être remise au fur et à mesure de l'avancement des travaux de reconnaissance, dès la fin de la réalisation de chaque forage. En phase finale, la description et la représentation en coupe doivent détailler les différents faciès rencontrés verticalement pour une même formation et doivent être établies par un géologue du titulaire. Ce géologue établira également la description de l'altération et de la fracturation (indices AM, ID, FD, RQD) selon les recommandations du GT1 de l'AFTES (2003).

Les photographies des carottes doivent présenter une bonne qualité et doivent comprendre une échelle de colorimétrie. Les photographies doivent être présentées de façon continue, avec mention des cotes de début et de fin de chaque passe de carottage.

Les échantillons intacts (classe 1) sont conditionnés sous gaine PVC rigide, éventuellement transparente. Les longueurs des gaines PVC sont toutes identiques et égales à 1 m. Ils doivent être conditionnés dans leur étui conteneur sans délai et avec soin. Leur conditionnement doit notamment comprendre les éléments suivants :

- paraffinage des extrémités,
- mise en place de bouchons et de rubans adhésifs aux extrémités,
- inscription sur l'étui de :
 - la désignation du site,
 - la désignation du sondage,
 - l'indication de la partie supérieure de l'échantillon intact,

- la nature du matériau prélevé,
- la date de prélèvement.

Le stockage temporaire sur le site de l'opération et le transport au laboratoire doit garantir la protection des échantillons intacts contre le gel et les températures élevées, l'humidité excessive ou le dessèchement, et contre les chocs et les vibrations.

Les autres échantillons seront disposés dans des caisses en matériaux imputrescibles, comportant 2 rangées de 1 m de longueur.

Chaque caisse dispose d'un couvercle sur charnières et crochet de fermeture. Une plaque séparatrice en bois sera insérée à chaque reprise de carottage (2 plaques en cas d'absence de carotte avec indication de la cause). Les indications d'identification du chantier, sondage et profondeur sont portées sur le côté et le couvercle (dessus et dessous).

Les discontinuités d'origine artificielle (liées au carottage ou à la mise en caisse) sont portées sur les carottes au moyen d'un marquage indélébile.

Les échantillons n'ayant pas été utilisés pour essais sont conservés dans des conditions telles que leur représentativité n'est pas modifiée, sauf en ce qui concerne la teneur en eau. Ils sont conservés au moins jusqu'à deux mois après la remise du rapport final.

3.2 - Sondages à la tarière continue

Le diamètre des tarières continues est compris entre 110 mm minimum et 400 mm. La longueur des passes effectuées est de 1 m maximum. Ces investigations permettront une description précise des différents horizons et le prélèvement d'échantillons remaniés (**masse d'au moins 5 kg**), conditionnement permettant de conserver la teneur en eau et étiquetage.

Les échantillons ainsi prélevés seront mis dans des sacs en plastique, fermés avec une rondelle plastique crantée, une étiquette par sac devra indiquer la dénomination de l'opération, le numéro du sondage, la date de prélèvement, et la profondeur en mètre.

Les sacs plastiques devront être conformes aux prescriptions suivantes :

	Dimensions	Épaisseur du film	Usage
sacs « grand modèle »	au minimum 450 x 750 mm	20/100 mm	échantillon complet
sacs « modèle moyen »	250 x 500 mm	10/100 mm	teneur en eau
sacs « petit modèle »	150 x 200 mm	3/100 mm	Cuttings

Les sacs plastiques devront également être résistants aux UV.

1 3.3 - Sondages à la pelle ou au tracto pelle

Les sondages à la pelle sont effectués à la pelle à chenilles à une profondeur maximale de 5 mètres

ou au tracto-pelle avec une profondeur maximale de 3,5 m. Sauf mention contraire, des échantillons sont prélevés tous les 0,5 m et à chaque changement de couche (**masse de 2 à 120 kg selon la demande préalable et le type de sol**). Les trous sont rebouchés avec les terres de déblais, la terre végétale étant repositionnée en dernier lieu.

Une coupe de sondages est établie, faisant notamment apparaître les photographies des 4 faces de l'excavation, la nature des couches de sol, la stabilité des parois et les éventuelles venues d'eau. Une mire sera systématiquement mise à la verticale dans la fouille au moment de la réalisation des photographies.

Les sondages pourront également être utilisés pour les repérages de Terre Armée ou de galeries techniques. Dans ce cas le référentiel à appliquer est celui du guide SETRA «Les ouvrages en terre armée» de 1994.

3.4 - Forages destructifs

Ces forages sont susceptibles d'être utilisés pour :

- l'enregistrement des paramètres de forage,
- la réalisation d'essais pressiométriques,
- la réalisation d'essais d'eau,
- la pose de tube piézométrique ou inclinométrique.

Ils doivent être réalisés avec enregistrement de paramètres (constante de pression sur l'outil, couple de rotation, vitesse d'avancement et pression d'injection a minima).

La coupe de forage destructif doit faire apparaître :

- les différentes couches de terrain rencontrées,
- les outils de forage et leurs caractéristiques (nature et dimensions), les changements d'outils et la cause (par exemple changement de taillant pour cause d'usure,...),
- les modes de soutien des parois éventuels (boue, tubage),
- les enregistrements de paramètres,
- les zones de venues d'eau,
- les difficultés particulières (coincements, pertes de remontées, etc..).

Par ailleurs, les enregistrements de paramètres doivent être fournis au donneur d'ordre sous format csv.

Un échantillonnage des débris de forage ("cuttings") devra être fourni chaque mètre (en sac de 100 g environ).

La méthode de foration pourra être imposée en fonction des objectifs recherchés (par exemple le marteau fond de trou à l'air dans les massifs rocheux, notamment pour diaggraphie microsismique).

3.5 - Fourniture et pose de tube piézométrique ouvert

Un seul tube piézométrique est installé par forage. Le tube piézométrique est mis en place par un procédé qui permet d'assurer la continuité de la perméabilité sur la hauteur crépinée.

L'attention du titulaire est attirée sur le fait que l'utilisation de la boue, même biodégradable, est proscrite lors de l'exécution de ce forage.

Le diamètre intérieur des piézomètres est supérieur à 50 mm. La partie crépinée du tube est enveloppée d'une chaussette géotextile jouant le rôle de filtre.

L'espace annulaire entre la crépine du tube piézométrique et le terrain est rempli avec un matériau perméable, présentant une granulométrie adaptée. La partie supérieure du piézomètre sur au moins 0,5 m (et sur toute la hauteur de l'éventuel avant-trou) est comblée par un matériau imperméable (mélange d'argile-ciment par exemple).

Le nettoyage du tube piézométrique est effectué par pompage de préférence à l'émulsion d'air ou le lavage.

Le piézomètre est protégé par un tube métallique hors sol cadenassé ou par un regard de type bouche à eau, cimenté et revêtu de couleur vive.

Une réception du fonctionnement du piézomètre est effectuée en injectant un volume d'eau initial et en vérifiant le retour à l'équilibre. Cette réception doit être formalisée et jointe à la coupe de pose du piézomètre.

3.6 - Fourniture et pose d'un enregistreur piézométrique (tube ouvert)

Les enregistreurs piézométriques pour tube ouvert doivent permettre la mesure et l'enregistrement des niveaux piézométriques avec les capacités minimales suivantes :

- mesure à +/- 1 cm,
- pas de mesure minimal 1 h,
- capacité de mémorisation 12 mois au pas de temps 1 h,
- compensation barométrique (intégrée à l'enregistreur ou à l'aide d'un second capteur) sur chaque site,
- autonomie électrique supérieure à 6 mois.

L'enregistreur proposé devra être agréé par le maître d'œuvre. La plage de mesure et la position dans le sondage devront être adaptées aux fluctuations piézométriques présagées sur le site.

Le logiciel et les éventuels câbles nécessaires à la collecte des données seront fournis au maître d'œuvre si les relevés ne sont pas inclus dans la mission.

L'enregistreur et les accessoires restent la propriété du maître d'ouvrage en fin de période de mesure, celui-ci pouvant faire poursuivre le suivi par un autre prestataire.

3.7 - Fourniture et pose de piézométrie fermé (CPI)

Les CPI seront de type « corde vibrante ». La plage de mesures sera de 3 bars avec une précision de $\pm 0.1\%$ sur cette mesure.

Cette prestation comprend :

- le tubage provisoire du trou sur toute sa hauteur sauf exception (diamètre intérieur du tubage supérieur ou égale à 80 mm) ;
- les étapes de mise en œuvre suivant :
 - la mise en place d'une lanterne en sable grossier propre (diamètre des grains : 0.2 – 2 mm) d'une longueur totale de 3 m.
 - Un bouchon étanche supérieur de 2 m d'épaisseur minimum sera mis en œuvre ;

Le tubage provisoire sera remonté simultanément à chaque phase de réalisation des bouchons ou lanternes.

- la fourniture et la pose des CPI ;
- la fourniture et la pose de l'ensemble des accessoires (câbles de connexion, etc...) nécessaires à la pose.

L'Entreprise devra utiliser une tête de forage permettant la sortie latérale des tubes et/ou des câbles de la CPI et du capteur automatique sous-jacents. Une tête de protection aménagée avec socle béton, plaque en fonte et cadenas sera mis en œuvre.

L'appareil devra pouvoir réaliser une mesure quotidienne et comprendra également l'ensemble du système (panneaux solaires, enregistreur automatique, régulateur, batteries, câbles, logiciel, etc.).

Le dispositif devra permettre de modifier le pas des mesures (exemple : passage d'une mesure hebdomadaire à une mesure quotidienne).

La station d'acquisition des données devra permettre de stocker a minima 2 mois de mesures, à raison d'une mesure journalière.

3.8 - Fourniture et pose d'inclinomètres

On réalisera des forages carottés ou de type destructif d'un diamètre suffisant pour qu'ils puissent être équipés d'un tubage de diamètre intérieur au moins égal à 80 mm. Le forage sera vidé avant toute pose de tubage.

En outre des spécifications stipulées dans la norme NF EN ISO 18674-3, les opérations seront effectuées de la manière suivante :

- réalisation du forage en recherchant la verticalité la plus parfaite et une déviation minimale ; tubage provisoire du trou sur toute sa hauteur sauf exception (diamètre intérieur du tubage supérieur à 80 mm) ;
- mise en place des tubes inclinométriques avec étanchéité au droit des manchonnages et

bouchon de pied. L'orientation des rainures sera définie par le Maître d'œuvre ;

- fabrication du coulis de blocage au moyen d'un malaxeur de l'opération à haute turbulence ; sa composition sera conforme aux spécifications de l'annexe C de la norme NF EN ISO 18674-3 ;
- réalisation du scellement par mise en place du coulis à la pompe d'injection à la base du forage, jusqu'à substitution complète du fluide de forage, avec reprise éventuelle en cas de ressuage ou perte de coulis après extraction du tubage provisoire, autant de fois qu'il sera nécessaire. Pendant cette opération, le tube sera maintenu en place en le lestant par exemple avec un train de tiges introduit à l'intérieur. Le maintien en force sur la tête du tube est formellement prohibé ;
- dans les terrains karstifiés et fracturés, le tube inclinométrique sera préalablement équipé d'une « chaussette » en géotextile de qualité pérenne (risque d'hydrolyse) dont le modèle devra recevoir l'agrément préalable du Maître d'œuvre.

Les tubes rainurés seront de type Glötlz en ABS ou en ABS/EX.

La protection des têtes sera conforme à l'exemple donné dans la norme NF EN ISO 18674-3 (figure 3).

La réception de pose des tubes inclinométriques sera effectuée par le Maître d'œuvre selon les critères suivants :

1. contrôle par fausse sonde :

- conformité de la longueur du tube avec la cote à atteindre,
- défaut géométrique du tube,
- défaut de nettoyage du tube (obturation par du coulis ou de la boue) ;

2. premier relevé donnant la pente approximative du tube qui sera comparée aux critères ci-après :

Longueur du tube	Déviations inférieures à :
≤ 15 m	2% (30 cm à 15 m)
≤ 30 m	3% (90 cm à 30 m)

En cas de refus pour non conformité, le forage inclinométrique sera refait à la charge de l'entreprise.

3.9 - Fourniture et pose tassométrique

Le tassomètre magnétique à anneaux magnétiques à fournir et à poser sera de type Telemac ou Gloetz ou équivalent selon la norme NF EN ISO 18674-2 et devra être validé par le MOA.

Le tube tassométrique sera composé d'éléments Glötz (éléments de 1 m de type TFO comprenant 2 parties télescopiques et 1 anneau magnétique, élément de pied comprenant un élément magnétique, et éléments déformables de 1m sans anneau).

ARTICLE 4 - ESSAIS IN SITU

4.1 - Sondage pressiométrique

Les essais sont réalisés conformément à la norme NF EN ISO 22476-4 .

Seules les techniques de forage recommandées (type « R ») par le tableau C.I de la norme NF EN ISO 22476-4 sont acceptées.

De plus, afin d'assurer la qualité des essais, les dispositions complémentaires suivantes s'appliquent :

- un diamètre de tiges nettement inférieur au diamètre du trou de forage est utilisé,
- une pompe pour injection de bentonite suffisamment sensible est utilisée le cas échéant, afin de pouvoir régler le débit et la pression d'injection.

Les essais pressiométriques doivent être réalisés à l'aide d'appareillage pressiométrique standard, permettant l'application de pression d'essais pouvant aller jusqu'à 5 MPa. De plus, l'acquisition des données doit être automatique. Tout essai réalisé sans cet enregistrement est à recommencer aux frais du titulaire.

À la demande du maître d'ouvrage, lors des visites de l'opération, l'entrepreneur est tenu de présenter les coupes sondeurs, les courbes imprimées ou tracées (même si le système d'enregistrement des données ne permet pas de sortie graphique de la courbe, une visualisation sur site doit être possible). Ces éléments sont par ailleurs transmis électroniquement avec une fréquence quotidienne. Le détail des courbes pression-volume (y compris calibrage et étalonnage) est fourni.

En particulier, les essais suivants ne seront pas facturés :

- les essais pour lesquels la technique de forage préalable n'est pas recommandée (type « R ») par le tableau C.I de la norme NF EN ISO 22476-4,
- les essais dont la hauteur de passe préalable n'est pas conforme au tableau C.2 de la norme NF EN ISO 22476-4,
- les essais présentant de façon concomitante une pression finale inférieure à 5 MPa et un volume inférieur à :
 - 450 cm³ pour la sonde courte
 - 600 cm³ pour la sonde longue
- les essais dont l'inertie de la sonde est trop importante par rapport à la résistance du sol, conformément au 6.2.5 de la norme NF EN ISO 22476-4.
- les essais présentant moins de 8 points de mesure.

Le procès verbal d'essai est établi selon la même norme NF EN ISO 22476-4, et précise notamment :

- le fluide de forage éventuel,
- la longueur des passes de forage,
- la date et l'heure de réalisation des essais,
- l'outil utilisé,
- les caractéristiques géométriques de la sonde pressiométrique et des tubulures.

4.2 - Sondages au pénétromètre dynamique

Les sondages pénétrométriques sont effectués conformément à la norme NF EN ISO 22476-2.

Les sondages pourront également être réalisés à l'aide d'un pénétromètre dynamique léger à énergie variable de type PANDA (NF P94-105) et pénétromètre dynamique lourd à énergie constante (NF P 94-063).

Si le sondage nécessite un équipement monté sur chenilles ou si l'entrepreneur doit réaliser une piste d'accès (plaques ou autres dispositifs), alors la mise en place s'apparente à une mise en place difficile.

En plus de la coupe de sondages, les mesures réalisées sont fournies au format csv.

4.3 - Sondage au pénétromètre statique (CPT)

L'essai est exécuté conformément à la norme NF EN ISO 22476-1.

L'équipement est de type pénétromètre lourd 200 kN et doit être capable d'accéder à des endroits où la portance du sol est très mauvaise. Dans ce cas, l'équipement est monté sur chenilles ou l'entrepreneur réalise une piste d'accès (plaques ou autres dispositifs). Cette mise en place s'apparente à une mise en place difficile.

Lors de la mise en place de l'équipement, l'entrepreneur veillera à s'assurer de l'absence d'obstacles pouvant empêcher la pénétration (dalle, conduites...). Si nécessaire, il procédera à une pré fouille et il déplacera son équipement en cas de présence d'obstacle.

Lorsqu'un essai est bloqué à moins de 3 mètres de profondeur sur un obstacle infranchissable par simple pénétration, l'essai est déplacé et recommencé au frais de l'entrepreneur. Les dégâts éventuels ainsi que les conséquences de ceux-ci, occasionnés à des tiers (conduites, câbles...), sont à la charge de l'entrepreneur.

La pénétration continuera tant que l'un des critères suivants n'est pas atteint :

- la profondeur maximale fixée est atteinte
- le « refus » est atteint, se traduisant par l'une des valeurs suivantes :
 - effort total sur le train de tiges égal à 200 kN,
 - contrainte sur la pointe égale à 60 MPa.

En cas de blocage du train de tiges dû à une augmentation trop importante du frottement latéral, l'opérateur pratique un coulissage de ce train de tiges pour le briser.

L'entrepreneur n'utilise la pointe mécanique qu'en cas de passage de remblais durs, de silex, de

graves pouvant détériorer la pointe électrique. La pointe électrique est obligatoirement utilisée dans tous les autres cas.

Les enregistrements suivants sont réalisés en fonction de la profondeur :

- résistance à la pointe,
- frottement latéral unitaire et rapport de frottement,
- temps.

La pointe électrique doit être de type piézocône et permettre l'enregistrement en continu, en plus de la résistance de pointe et du frottement latéral, la mesure de la pression interstitielle au cours du fonçage, avec une saisie de valeurs tous les 2 cm. La pointe de pénétromètre statique doit être équipée au moins de deux filtres, permettant de mesurer les pressions interstitielles u_1 et u_2 selon la définition de la norme NF EN ISO 22476-1.

Le système de mesure de la pression interstitielle doit être saturé au début de chaque essai. Compte tenu de la nature fine de certains sols, les filtres poreux doivent présenter une dimension de pores garantissant le maintien de la saturation pendant l'essai, sachant que la sonde risque de traverser certaines couches non saturées.

Dans les sols plutôt perméables, les mesures des pressions interstitielles doivent être maintenues jusqu'à une stabilisation qui permettra d'évaluer le niveau piézométrique initial de la nappe (u_0). Dans les couches des sols plutôt peu perméables, pour lesquelles des surpressions sont détectées, il convient de procéder à la réalisation d'essais de dissipation. Pour ce faire, le matériel utilisé devra permettre une visualisation en direct et en continu des paramètres enregistrés par le piézocône de telle manière que l'opérateur, qui disposera des compétences nécessaires, puisse valider la cote de réalisation des essais de dissipation. Les essais comprenant la mesure de la dissipation interstitielle sont réalisés pendant une durée inférieure ou égale à 4 heures.

L'entrepreneur fournit en fonction du logarithme du temps l'évolution de la résistance de pointe en parallèle de la pression interstitielle mesurée.

Les données brutes et interprétées de chaque essai (résistance de pointe, frottement, pression interstitielle u_0 , u_1 , u_2 , résultats d'essais de dissipation) seront transmises au format csv, en plus des éléments joints au rapport.

4.4 - Sondage scissométrique

Le forage, les essais et l'exploitation des essais scissométriques sont réalisés en conformité avec la Norme NF P94-112. Par défaut, les essais sont réalisés tous les 50 centimètres dans les sols fins ou les sols organiques.

L'appareil devra être muni d'un dispositif annulant tout frottement parasite sur les tiges. Il sera l'objet d'une réception de la part du Maître d'œuvre.

L'entreprise remettra :

- les feuilles d'essais scissométriques avec la courbe de résistance au cisaillement en fonction du maître-couple où apparaîtront les valeurs de la cohésion s_u , de la cohésion remaniée s_r et de la sensibilité S_t (figure D1 annexe D de la norme),

- la présentation graphique des résultats (figure D2, annexe D de la norme).

4.5 - Essais de perméabilité

4.5.1 Essais d'eau en forage

De façon à lever l'incertitude sur l'étanchéité incertaine d'un tubage, l'isolation de la partie supérieure de la cavité est réalisée à l'aide d'un obturateur dilatable ou au moyen d'un bouchon d'argile placé au-dessus de la cavité.

Afin d'éviter les fuites, la gaine de l'obturateur a une longueur supérieure ou égale à 10 fois le diamètre du forage. Son diamètre avant dilatation est supérieur ou égal à 0,7 fois le diamètre du forage. Il doit permettre d'atteindre des pressions de dilatation d'au moins 2 MPa.

Les essais d'eau de type Lefranc ou Nasberg (selon la position de la nappe) sont réalisés conformément à la norme NF EN ISO 22282-2.

En fonction des formations rencontrées, le forage est réalisé avec un taillant étagé ou un tricône et son diamètre est supérieur à 100 mm.

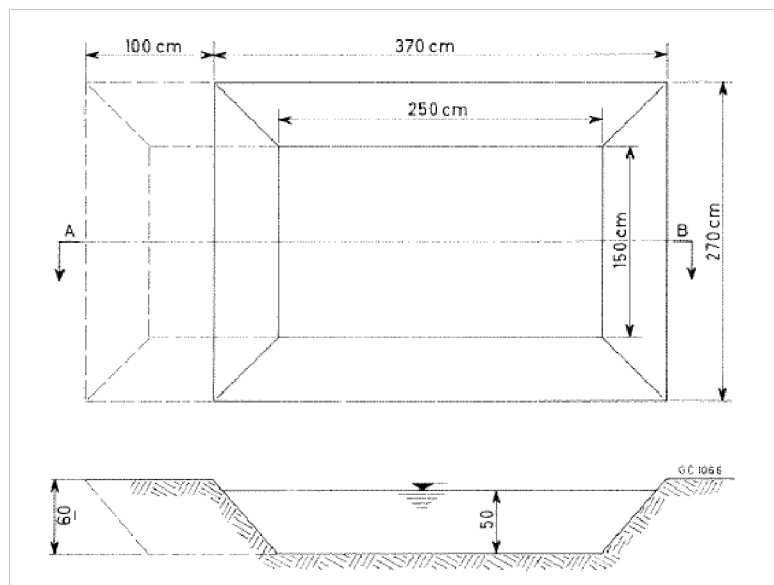
Sauf mention contraire, les essais sont réalisés par pompage. Le régime permanent est dans la mesure du possible favorisé.

Les essais d'eau de type "lugeon" (en terrain rocheux) sont réalisés selon la norme NF EN ISO 22282-3. Leur interprétation sera conduite selon l'annexe B de la norme.

4.5.2 Essais d'infiltrabilité

Des essais d'infiltrabilité à la fosse de type « Matsuo » sont envisagés. Ces essais sont réalisés en deux passes successives conformément au protocole original de l'essai Matsuo qui consiste à mesurer le débit Q permettant de maintenir le niveau d'eau constant à l'intérieur d'une fouille rectangulaire.

Les dimensions de la fouille rectangulaire sont en conséquence les suivants :



Méthode en régime transitoire proposée (plus facile à mettre en œuvre)

Les essais d'infiltration seront réalisés dans des fouilles de 2 m² de surface environ (fond 2 x 1 m) et au minimum 1 m de profondeur. Il s'agit d'un essai à charge variable.

Préalablement à l'essai on procédera à une saturation du sol par un volume d'eau minimal de 2 m³.

Après infiltration de ce volume de saturation l'essai sera conduit avec une hauteur d'eau initiale de 1 m et un volume minimal de 2 m³. Le volume injecté devra être mesuré avec au moins 5 % de précision,

Les niveaux d'eau seront mesurés à des intervalles de temps régulier permettant d'obtenir au moins 10 points de mesure lors de la descente du niveau.

Le protocole d'essai détaillé sera précisé dans la notice technique jointe à l'offre et devra indiquer notamment les méthodes de calcul utilisées, en régime transitoire.

4.6 - Relevés piézométriques

Deux types de relevés sont prévus, manuels et automatiques.

Dans le cas de relevés automatiques, le matériel doit être prévu pour réaliser une acquisition toutes les heures.

Le prestataire précisera dans son offre le type de sonde utilisé, ses caractéristiques ainsi que celles du logiciel associé.

Les mesures automatisées seront fournies dans un format numérique standard (ascii par exemple).

4.7 - Essais de portance

Les essais de portance à la dynaplaque seront réalisés selon la méthode du LCPC et la norme NF P 94-117-2.

Pour les essais à la plaque dynamique légère, les sols ou matériaux auront une dimension maximale est de 63 mm. Les résultats sont valables pour des épaisseurs de matériaux de 40 cm maximum et pour une plage EV2 allant jusqu'à 180 MPa.

4.8 - Relevés géologiques

Les relevés géologiques de terrains sont à réaliser sur le secteur du projet afin de préciser, à l'échelle du projet, les caractéristiques observables du terrain.

Le parcours terrain devra permettre de décrire les affleurements visibles aux environs immédiats du secteur étudié. Cette description est à but géotechnique et comporte :

- la nature des terrains (lithologie),
- leur état (altération, fracturation, selon les recommandations du GT1 de l'AFTES 2003),
- leur structure (orientation et qualification des discontinuités, failles,..),
- la localisation des points particuliers (zones humide, sources, puits, zones instables ou douteuses, etc..).

Chaque point d'observation sera positionné (GPS) sur un document cartographique comportant également le positionnement des reconnaissances effectuées.

Le document de synthèse rattachera les observations d'une part aux étages géologiques de la carte BRGM et d'autre part aux observations issues des reconnaissances.

ARTICLE 5 - GÉOPHYSIQUE

L'ensemble des prestations géophysiques sont exécutées conformément au « Code de Bonne Pratique du 15 janvier 1992 » établie par l'AGAP qualité et téléchargeable sur le site (<http://www.agapqualite.org/>).

5.1 - Imagerie de paroi en terrain rocheux

Les mesures sont réalisées trou nu.

Il s'agit d'une imagerie de paroi avec fourniture :

- image développée 360° et orientée de la paroi du forage,
- relevé exhaustif de fracturation (position, orientation en azimut et pendage),
- qualification des structures (typologie, ouverture, remplissage, etc).

En plus de la fourniture des logs, tableaux des structures identifiées (position, type, orientation, ouverture) et des images numériques, les informations ci-dessus seront traitées :

- statistiquement en termes d'orientation (identification des familles, directions moyennes et dispersion),
- en termes de zone structurale (localisation de plis, faille, détermination de zones homogènes),
- de densité de fracturation (indices ID FD RQD établis globalement ; par zone structurale et par familles de discontinuité).

La restitution de la trajectométrie du sondage pourra être demandée (exploitation de la mesure d'imagerie).

5.2 - Radar géologique

Les opérations seront conformes à la fiche "92.1-EMA-31" du guide AGAP.

Le radar géologique est réalisé avec des antennes de 200, 400 ou 900 MHz. Il peut être réalisé à partir d'un matériel tracté ou porté par l'opérateur.

Toute campagne de radar géologique fait l'objet préalable d'une planche d'essais, permettant de vérifier la pertinence du matériel envisagée.

Le rapport de la campagne de radar géologique reporte l'intégralité des profils radars et leur interprétation.

Les données brutes seront fournies sous forme numérique (csv) ré-exploitable ultérieurement.

ARTICLE 6 - ESSAIS EN LABORATOIRE

6.1 - Objet des travaux

Les travaux, objet de ce présent chapitre, consistent à réaliser des essais géotechniques en laboratoire dans le cadre des différentes opérations citées à l'article 1 du chapitre I du présent document.

Il s'agit des essais suivants :

- d'essais d'identification,
- d'essais de compactage,
- d'essais de résistance en compression,
- de mesures de perméabilité,
- d'essais de résistance au cisaillement,
- d'essais de compressibilité, d'essais de compression simple
- d'essais d'aptitude au traitement des sols.

Ces différents essais se déroulent suivant les normes en vigueur, rappelées ci-dessous. À l'issue de chaque essai, un rapport de présentation d'essai (dont les éléments sont précisés dans chaque norme d'essai) est établi et transmis au maître d'ouvrage.

6.2 - Essais d'identification

Les essais à envisager sont les suivants :

- Teneur en eau pondérale : NF P94-410-1
- Masse volumique apparente : NF EN ISO 787-11
- Masse volumique sèche de roche : NF P 94-064
- Limites d'Atterberg : NF EN ISO 17892-12
- Teneurs en matières organiques : XP P94-047, NF EN 15935
- Granulométrie : NF EN ISO 17892-4/ NF EN 933-1
- Sedimentométrie : NF EN ISO 17892-4
- Valeur au bleudu sol : NF P94-068
- Essai Los Angeles : NF EN 1097-2
- Essai MDE et MDA : NF EN 1097-1
- Sensibilité au gel des roches : NF EN 1367-1
- Vitesse de propagation du son : NF P94-411
- Essai de fragmentabilité : NF P94-066
- Essai de dégradabilité : NF P94-067

- Essai de friabilité des sables : NF P18-576

6.3 - Essais de résistance en compression

Les essais à envisager sont les suivants :

- Essai de résistance à la compression simple NF P94-420 (roche)
- Essais de résistance à la traction indirecte (brésilien) NF P 94-422 (Roche).

6.4 - Les essais de compactage

Les essais suivants sont envisagés :

- Essai Proctor Normal/modifié : NF P94-093
- Indice Portant Immédiat : NF P94-078
- Indice de portance Californien (CBR) : NF EN 13286-47

6.5 - Les essais de résistance au cisaillement

Le but de ces essais est d'étudier la stabilité de différents ouvrages géotechniques.

Ces essais relèvent de plusieurs méthodologies distinctes :

- essai de cisaillement rectiligne à la boîte de Casagrande : cisaillement direct (NF P94-071-1)
- essai triaxial (UU, CD ou CU+u) (NF P94-070 et NF EN ISO 17892-9)

6.6 - Les essais de compressibilité

Deux types d'essais sont projetés :

- essai par palier : (NF EN ISO 17892-5),
- essai de compressibilité avec drain central
- essai de fluage (méthode d'essai LPC n°13).

Dans tous les cas, les mesures de déformation de l'éprouvette en fonction du temps de chaque palier de chargement sont fournies au format csv.

Les coefficients de consolidation verticale c_v (coefficients de consolidation radiale c_r dans le cas d'essai avec drain central) sont déterminés sur l'ensemble des paliers, y compris les paliers de déchargement.

6.7 - Les essais d'aptitude au traitement des sols

Ces essais sont destinés à indiquer si l'utilisation des terrains en place est envisageable ou à proscrire et dans quelles conditions. L'essai d'évaluation de l'aptitude d'un sol au traitement est effectué suivant la norme NF P94-100.

6.8 - Les essais de traitement des sols en couche de forme

Ces essais pour étude de traitement des sols en couches de forme sont destinés à déterminer l'utilisation des sols en place (ou de fourniture extérieure) en couche de forme.

Les méthodes d'étude sont définies dans le Guide technique "Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques". Ces études pourront être du niveau 1, 2 ou 3 selon le GTS.

Les éprouvettes de sol traité seront confectionnées selon les normes NF EN 13286-52 ou NF EN 13286-53.

Le délai de maniabilité sera évalué selon la NF P 98-231, parties 5 et 6.

Les essais correspondant répondent aux normes indiquées au 6.2 et 6.3 ainsi qu'aux :

- NF EN 13286-41 sol traité Essai de résistance à la compression simple
- NF EN 13286-42 sol traité Essais de résistance à la traction indirecte (brésilien).

ARTICLE 7 - ESSAIS EN TRAVAUX

7.1 - Essais non destructifs sur pieux

Les essais suivants sont envisagés :

- auscultation sonique : NF P94-160-1,
- essai par réflexion : NF P94-160-2,
- essai par impédance : NF P94-160-4.

Le détail des signaux d'enregistrements pourront être demandés à tout moment, sous format csv.

Pour les essais de réflexion ou d'impédance, le détail des trois mesures consécutives doivent en particulier être fournies au format csv, dans les domaines temporel et fréquentiel.

7.2 - Carottage de fondations

Le carottage de fondations est envisagé. Un diamètre de carottes de 8 cm est demandé recherché. Les carottes seront stockées en caisse.

Une coupe du carottage est attendue, accompagnée des photographies des carottes juxtaposées.

7.3 - Sondages destructifs de fondations profondes

Ces sondages destructifs permettent de forer des zones sans nécessité de prélèvement d'échantillons, pour réaliser ultérieurement :

- soit un carottage,
- soit un passage caméra.

Un diamètre minimal de 10 cm est recherché.

7.4 - Caméra en forage de fondations

Une image continue sur l'intégralité des parois du forage est attendue. La position et l'orientation de la caméra doivent être déterminées.

ARTICLE 8 - MISSIONS D'INGÉNIERIE GÉOTECHNIQUE

Six types de mission sont visés ici (au sens de la norme NF P 94-500) :

- étude G1 ES et PGC (Étude de site et Principes Généraux de Construction)
- étude G2 AVP (Avant-projet géotechnique)
- étude G2 PRO
- étude G2 DCE/ACT
- supervision géotechnique d'exécution G4 en phase d'étude d'exécution
- supervision géotechnique d'exécution G4 en phase travaux
- suivi géotechnique G5

Dans le cadre de ces études, et si des investigations sont jugées nécessaires, leur programme argumenté est soumis préalablement à l'approbation du maître d'ouvrage.

Pour chaque restitution finale, les documents sont fournis en :

- 1 exemplaire électronique au format .pdf et présentant une taille « raisonnable » (tout en maintenant une bonne qualité des objets graphiques et assimilés).
- Si la maîtrise d'ouvrage/maîtrise d'œuvre fournit un relevé topographique sous format .dwg, l'emplacement des sondages sera représenté sur ce tracé
- 1 fichier .gpkg où seront représentés l'emplacement, la nature et la profondeur des sondages.

Dans tous les cas, la mission comprend notamment :

- la participation à une réunion de démarrage,
- la participation à une réunion de présentation finale,
- la reprise du rapport suite aux remarques du maître d'ouvrage.

Les rapports d'ingénierie géotechnique pourront porter sur les problématiques suivantes :

- ouvrages géotechniques,
- terrassement et ouvrages en terre.

Les éléments relatifs au choix, à la faisabilité et à la justification des ouvrages géotechniques sont les suivants :

- fondations d'ouvrages d'art, superficielles, profondes, semi-profondes ou mixtes,
- fondations de murs anti-bruit,
- ouvrages de soutènement,
 - murs de soutènement,
 - écrans de soutènement, autostables ou tirantées
 - ouvrages en sol renforcé,
 - ouvrages en remblai renforcé,
 - parois clouées.

Les éléments relatifs aux problématiques de terrassement sont les suivants :

- Extraction des matériaux
- Réutilisation des matériaux
 - valorisations possibles des sols meubles (y/ traitement), et rocheux (y/c en couche de forme, et le cas échéant en granulats pour chaussées ou béton),
 - traficabilité des formations terrassées par le projet,
 - définition d'emprunts,
 - définition des zones de dépôts.
- Stabilité des ouvrages en terre
 - stabilité de talus de déblais,
 - remblais et dépôts sur sols compressibles, en intégrant les éléments relatifs à l'amélioration mécanique des terrains et l'accélération des phénomènes de tassement,
 - conditions de construction sur versants instables, conception de pentes des talus (remblais et déblais).

Par ailleurs, le rapport (de tout niveau G1 à G2 PRO + G5) devra impérativement, présenter un profil en long géotechnique, reprenant l'ensemble des investigations réalisées ainsi qu'un report en plan des relevés géologiques et des investigations réalisées (sondages et géophysique y/c éléments d'archives). Ces documents auront une échelle adaptée au niveau d'étude et à l'extension de la zone d'étude.

Les ouvrages géotechniques sont classés en 2 catégories : simple ou complexe. Un ouvrage géotechnique simple est un ouvrage aillant une dimension faible ou un prix modeste, e.g. un panneau, un portique, des réseaux, chaussée de moins de 100 m², etc. Un ouvrage géotechnique complexe est un ouvrage ayant une dimension importante ou un prix élevé, e.g. un ouvrage d'art, chaussée de moins de plus de 100 m², un bassin d'assainissement, etc.

ARTICLE 9 - VACATIONS HORAIRES

Les vacations horaires sont à définir indépendamment des missions d'ingénierie. Il s'agit de mettre à disposition un technicien, un ingénieur ou un expert à la demi-journée pour avis sur des documents, avis sur un projet. Le donneur d'ordre pourra demander au titulaire de se présenter sur le lieu du projet, dans ces locaux ou par visioconférence. Dans le cas d'une réunion en présentiel, le prix inclut également le déplacement.