

Missions d'ingénierie géotechnique —**Classification et spécifications**

E : Geotechnical engineering missions — Classification and specifications

D : Geotechnikengineeringaufträge — Klassifizierung und Spezifikationen

Norme française homologuée

par décision du Directeur Général d'AFNOR.

Remplace la norme homologuée NF P 94500, de décembre 2006.

Correspondance

À la date de publication du présent document, il n'existe pas de travaux de normalisation internationaux ou européens traitant du même sujet.

Résumé

Le présent document définit les différentes missions de l'ingénierie géotechnique et en donne une classification. Il précise leur contenu et définit leurs limites : étude géotechnique préalable, étude géotechnique de conception, étude et suivi géotechniques d'exécution, supervision géotechnique d'exécution, diagnostic géotechnique.

Il précise leur enchaînement au cours de la conception, de la réalisation et de la vie d'un ouvrage ou d'un aménagement de site. Il donne également le contenu et les limites des prestations d'investigations géotechniques indispensables pour collecter les informations nécessaires à la réalisation de ces missions d'ingénierie géotechnique.

Descripteurs

Ingénierie, géotechnique, ouvrage, classification, sondage, sol, essai, mesurage, mise en œuvre, gestion de projet, diagnostic, contrôle de qualité, relation client-fournisseur.

Modifications

Par rapport au document remplacé, les missions ont été précisées et détaillées.

Missions d'ingénierie géotechniques

AFNOR P94M

Composition de la commission de normalisation

Président : M Jacques ROBERT

Secrétariat : MME HEGO — AFNOR

M	ABAUZIT	EIFFAGE
M	AGUADO	APAVE
M	ANTOINET	ANTEA
M	BARNOUD	GEOTEC SA
M	BAUDRY	FONDOUEST
M	BEAUCOUR	ADP AEROPORTS DE PARIS
M	BERTHELOT	BUREAU VERITAS
M	BRULE	MENARD
MME	BUSQUET	ECOLE DES PONTS PARIS-TECH
M	CARPINTEIRO	SOCOTEC FRANCE
MME	CARRIERE	CABINET D'AVOCAT, MARIE-LAURE CARRIERE
M	CHASSAGNE	ALIOS PYRENEES
M	CUINET	HYDRO GEOTECHNIQUE EST – DIRECTION LORRAINE
M	DAUBILLY	FNTF
M	DE GOYON	ARTELIA BATIMENT & INDUSTRIE — AGENCE IDF
M	DENISART	AMA — ATELIER MATIERES D'ARCHITECTURE (CNOA — CONSEIL NATIONAL ORDRE ARCHITECTES)
M	DEPARDON	EGIS
MME	EMON	FFB — FEDERATION FRANCAISE DU BATIMENT
M	GABORIAUD	FONDASOL
M	GALLET DE SAINT AURIN	SEMOFI
M	GARCIA	SMABTP
M	GAUDIN	EGF BTP — ENTREPRISE GENERALE FRANCE BATI TRAVA
M	GAUTHEY	SPIE FONDATIONS
MME	GERARDIN	RATP
M	GILLI	FPI — FEDERATION PROMOTEURS IMMOBILIERS
M	GLANDY	SOLETANCHE BACHY
MME	GODET	CNOA — CONSEIL NATIONAL ORDRE ARCHITECTES
M	GOTTELAND	FNTF
M	GUERPILLON	EGIS
M	GUILLERMAIN	CABINET GUILLERMAIN
MME	INTES	BOUYGUES BATIMENT ILE DE FRANCE
M	KHATIB	GINGER CEBTP (GINGER CEBTP)
M	LE BISSONNAIS	TERRASOL
MME	LE MOAL	SMABTP
M	LEGENDRE	SOLETANCHE BACHY
MME	LEVERGER	SYNTEC INGENIERIE
M	LIAUSU	MENARD (SOFFONS)
M	LONGEPIERRE	SYNTEC INGENIERIE
M	MAGNAN	IFSTTAR
M	MARGARIT	GINGER CEBTP
M	MAYEUX	ERG — ETUDES RECHERCHES GEOTECHNIQUES
M	MERY	BOUYGUES ILE DE FRANCE TRAVAUX PUBLICS
M	MESTAT	CFMS — COMITE FRANCAIS DE MECANIQUE DES SOLS
M	MOUSSARD	SNCF
M	MOUSSELMON	CINOV
M	PARADIS	SNCF

M	PHILIPPONNAT	SOGEO EXPERT
M	PILLARD	UMGO — UNION MACONNERIE GROS OEUVRE
M	PINÇON	BNTEC
M	PRE	SETEC TPI
M	RAUCH	SAFEGE
M	RAYNAUD	AEROPORTS DE PARIS
M	ROBERT	CETU
M	ROBERT	ARCADIS ESG
M	ROCHER-LACOSTE	SETRA
M	SAITTA	EGIS
M	SALIBA	SETRA
M	THONIER	EGF BTP — ENTREPRISE GENERALE FRANCE
M	TRICHET	CETMEF — CENTRE ETUDES TECHNIQUE MARITIMES FLUVIALES
M	VOLCKE	FRANKI FONDATION (SOFFONS)
M	WEICK	BOUYGUES TRAVAUX PUBLICS

Table des matières

Avant-propos	7
1 - Domaine d'application.....	7
2 - Références normatives	7
3 - Termes et définitions.....	8
3.1 - Termes généraux	8
3.1.1 ouvrage.....	8
3.1.2 règles professionnelles	8
3.1.3 risque géotechnique.....	8
3.2 - Termes relatifs aux intervenants.....	8
3.2.1 client	8
3.2.2 contrôleur technique.....	8
3.2.3 entrepreneur	9
3.2.4 ingénierie géotechnique	9
3.2.5 laboratoire d'essais géotechniques	9
3.2.6 maîtrise d'ouvrage.....	9
3.2.7 maîtrise d'œuvre	9
3.2.8 mandataire du maître d'ouvrage.....	9
3.2.9 sondeur.....	9
3.3 - Termes relatifs à la géotechnique.....	9
3.3.1 aménagement	9
3.3.2 avoisinants	9
3.3.3 dimensionnement d'exécution	10
3.3.4 dimensionnement de projet (G2 PRO)	10
3.3.5 données géotechniques pertinentes.....	10
3.3.6 ébauche dimensionnelle	10
3.3.7 existants.....	10
3.3.8 géotechnique	10
3.3.9 hydrogéologie	11
3.3.10 investigations géotechniques	11
3.3.11 justification du dimensionnement	11
3.3.12 mécanique des sols, mécanique des roches	11
3.3.13 méthode observationnelle	11
3.3.14 ouvrages géotechniques	11
3.3.15 paramètre de calcul d'un ouvrage	12

3.3.16 sol, sous-sol	12
3.3.17 sondage	12
3.3.18 terrain, site	12
3.3.19 valeur caractéristique d'un paramètre géotechnique	12
3.3.20 valeur seuil.....	13
3.3.21 zone d'influence géotechnique (ZIG).....	13
4 - Présentation des missions d'ingénierie géotechnique	13
4.1 - Maîtrise des incertitudes et risques géotechniques	13
4.1.1 - Position de la problématique	13
4.1.2 - Identification des risques.....	14
4.1.3 - Évaluation et hiérarchisation des risques	14
4.1.4 - Traitement des risques	14
4.2 - Classification et enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique	15
4.2.1 - Principes généraux	15
4.2.2 - Enchaînement des missions	16
4.2.3 - Cas particulier du diagnostic géotechnique (G5).....	18
4.2.4 - Tableaux synthétiques	19
5 - Modalités générales de réalisation des missions d'ingénierie géotechnique	22
5.1 - Consultation, offre et contrat.....	22
5.1.1 - Consultation de l'ingénierie géotechnique par le client.....	22
5.1.2 - Préparation de l'offre par l'ingénierie géotechnique.....	22
5.1.3 - Contenu de l'offre technique de l'ingénierie géotechnique	23
5.1.4 - Analyse de l'offre technique par le client et mise au point du contrat.....	23
5.1.5 - Forme et contenu du contrat	23
5.2 - Réalisation de la mission.....	24
5.3 - Rendu de la mission.....	24
6 - Investigations géotechniques.....	24
6.1 - Généralités.....	24
6.2 - Offre technique.....	25
6.3 - Réalisation de la prestation	26
6.4 - Compte rendu	26
7 - Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)	27
7.1 - Généralités.....	27
7.2 - Phase Étude de Site (ES).....	27
7.2.1 - Offre technique	28
7.2.2 - Réalisation de la Phase Étude de Site	28
7.2.3 - Rapport d'Étude géotechnique préliminaire de site	29

7.3 - Phase Principes généraux de construction (PGC).....	29
7.3.1 - Offre technique	30
7.3.2 - Réalisation de la phase principes généraux de construction.....	30
8 - Étape 2 : Étude Géotechnique de Conception (G2)	33
8.1 - Généralités.....	33
8.2 - Offre technique.....	34
8.3 - Réalisation de la phase avant-projet.....	34
8.4 - Réalisation de la phase projet	35
8.5 - Réalisation de la phase DCE / ACT.....	38
9 - Étape 3 : Études géotechniques de réalisation	39
9.1 - Généralités.....	39
9.2 - Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3).....	39
9.2.1 - Phase Étude	40
9.2.2 - Phase Suivi.....	42
9.3 - Supervision géotechnique d'exécution (G4)	43
10 - Diagnostic géotechnique (G5).....	46
10.1 - Offre technique.....	46
10.2 - Réalisation de la mission.....	47
10.3 - Rapport de diagnostic géotechnique	48
Annexe A (informative) - « Exemples de contenu des missions d'ingénierie géotechnique préalable G1 et de conception G2 »	50
Préambule	50
A1 — Contexte géotechnique	51
A2 — Ouvrages en terre	52
A3 — Écrans de soutènement et grandes fouilles.....	53
A4 — Fondations superficielles.....	54
A5 — Fondations profondes	55
A6 — Assises de dallages et voiries	56

Avant-propos

Objectif et points clés de la révision de la norme

Depuis la publication en 2006 de la norme NF P 94-500 relative aux missions d'ingénierie géotechnique, il est apparu indispensable d'apporter des précisions, concernant principalement :

- l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique ;
- l'attribution d'une mission partielle ;
- le contenu de la mission réalisée en fonction de l'état d'avancement du projet, en particulier pour une adéquation entre les missions d'ingénierie géotechnique et les phases classiques de conception en maîtrise d'œuvre générale.

L'objectif de cette révision est de faciliter l'application de la norme et l'enchaînement des missions, réduites en nombre pour suivre les phases de la maîtrise d'œuvre générale. La publication de la norme en 2013 comporte principalement les modifications suivantes :

- l'étape 1 comprenant une seule mission Étude Géotechnique Préalable (G1), avec une phase Étude de Site (ES) correspondant à la mission G11 (version 2006) et une phase Principes Généraux de Construction (PGC) correspondant à une partie seulement de la mission G12 (version 2006) ;
- l'étape 2, dénommée Étude Géotechnique de Conception (G2), avec une phase Avant-Projet (AVP) correspondant à une partie de la mission G12 (version 2006) complétée, une phase Projet (PRO) correspondant à la mission G2 Phase Projet (version 2006) et une phase DCE/ACT correspondant à la mission G2 Phase Assistance aux Contrats de Travaux (version 2006) complétée.

1 - Domaine d'application

Le présent document précise le contenu et les limites des missions d'ingénierie géotechnique ainsi que leur enchaînement au cours de la conception, de la réalisation et de la vie d'un aménagement de site ou d'un ouvrage afin de contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Il précise également le contenu et les limites des prestations d'investigations géotechniques qu'il y a lieu d'effectuer pour la bonne exécution de chaque mission d'ingénierie géotechnique.

Le présent document a pour objet de définir l'enchaînement des différentes missions d'ingénierie géotechnique qui doivent être effectuées pour étudier les propriétés géotechniques des formations géologiques constituant le sous-sol et leurs incidences sur les aménagements de sites ou les ouvrages existants ou à réaliser.

Un projet de construction ou d'aménagement doit se dérouler en respectant l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique précisé dans ce document.

Cet enchaînement doit être respecté par l'ensemble des intervenants dans l'acte de construire pour assurer une bonne réalisation d'un aménagement de site et/ou d'un ouvrage. Il doit être synchronisé avec l'enchaînement des phases de conception puis de réalisation de l'ouvrage global.

Les missions d'ingénierie géotechnique ne couvrent pas les études relatives à la pollution des terrains qui relèvent de la série de normes NF X 31-620, Juin 2011, *Qualité du sol — Prestations de services relatives aux sites et sols pollués*.

2 - Références normatives

Les documents ci-après, dans leur intégralité ou non, sont des références normatives

indispensables à l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

- NF P 03-100, *Critères généraux pour la contribution du contrôle technique à la prévention des aléas techniques dans le domaine de la construction.*
- NF EN 1997-1, Eurocode 7 : *Calcul géotechnique — Partie 1 : Règles générales (Indice de classement : P 942511)*
- NF EN 1997-2, Eurocode 7 : *Calcul géotechnique — Partie 2 : Reconnaissance des terrains et essais (indice de classement : P 94-252-1).*

NF EN ISO 22475-1, Mars 2007, *Reconnaissance et essais géotechniques — Méthodes de prélèvement et mesurages piézométriques — Partie 1 : Principes techniques des travaux (indice de classement : P 94-510-1)*

3 - Termes et définitions

Pour les besoins de la présente norme, les termes et les définitions suivantes s'appliquent. D'autres termes et définitions concernant la géotechnique figurent dans la norme NF EN 1997-1.

3.1 - Termes généraux

3.1.1 ouvrage

bâtiment ou construction de génie civil qu'un maître d'ouvrage réalise ou fait réaliser, sur un terrain dont il est propriétaire ou ayant-droit

3.1.2 règles professionnelles

règles techniques élaborées sur l'initiative d'organisations professionnelles représentatives

NOTE : Ces règles ont fait l'objet de la publication d'un document authentifié par les instances dirigeantes de ces organisations et portées à la connaissance des pouvoirs publics et des organisations représentatives des maîtres d'ouvrage, des constructeurs et des contrôleurs techniques.

3.1.3 risque géotechnique

effet défavorable d'une incertitude géotechnique sur les objectifs du projet

3.2 - Termes relatifs aux intervenants

3.2.1 client

personne physique ou morale, représentée ou non par un mandataire, pour le compte de qui l'ingénierie géotechnique réalise une mission

3.2.2 contrôleur technique

personne physique ou morale, agréée par l'autorité administrative compétente, intervenant pour le maître d'ouvrage

NOTE : L'activité de contrôle technique de la construction est exercée en conformité

avec la norme française NF P 03-100 relative aux critères généraux pour la contribution du contrôle technique à la prévention des aléas techniques dans le domaine de la construction.

3.2.3 entrepreneur

opérateur économique qui conclut le marché de travaux avec le maître de l'ouvrage.
En cas de groupement des opérateurs économiques, l'entrepreneur désigne le groupement, représenté par son mandataire

3.2.4 ingénierie géotechnique

personne physique ou morale qui réalise des prestations d'ingénierie géotechnique et/ou d'investigations géotechniques

3.2.5 laboratoire d'essais géotechniques

personne physique ou morale chargée d'exécuter tout ou partie d'un programme d'essais géotechniques en laboratoire qui lui a été défini

3.2.6 maîtrise d'ouvrage

personne physique ou morale, pour le compte de qui l'ouvrage est construit

3.2.7 maîtrise d'œuvre

personne physique ou morale qui assure la conception générale et/ou la direction et le contrôle des travaux d'exécution de l'ouvrage pour le compte du maître d'ouvrage

3.2.8 mandataire du maître d'ouvrage

personne physique ou morale qui agit pour le compte du maître d'ouvrage lors du déroulement du projet

NOTE 1 Il peut s'agir du maître d'ouvrage délégué, de l'assistant maître d'ouvrage, du maître d'œuvre.

3.2.9 sondeur

personne physique ou morale chargée d'exécuter tout ou partie d'un programme d'investigations géotechniques in situ qui lui a été défini

3.3 - Termes relatifs à la géotechnique

3.3.1 aménagement

conception et réalisation d'un traitement ou d'une modification physique ou géométrique du terrain par apport, enlèvement ou déplacement de matériaux du site ou extérieurs au site

3.3.2 avoisinants

bâtiments, ouvrages, aménagements de terrains ou biens, situés dans la zone d'influence géotechnique (ZIG) de l'opération de construction

3.3.3 dimensionnement d'exécution

activité ayant pour but d'établir, par des méthodes de calcul et de justification reconnues et éventuellement imposées par contrat, les données nécessaires à la réalisation d'un ouvrage géotechnique

NOTE : Le dimensionnement d'exécution comprend notamment les plans et les coupes, ainsi que les annotations et les spécifications concernant les dimensions, les matériaux, les produits et les procédés nécessaires.

3.3.4 dimensionnement de projet (G2 PRO)

a pour but d'établir, par des méthodes de calcul reconnues, les données nécessaires à la conception d'un ouvrage géotechnique pour l'établissement du Dossier de Consultation des Entreprises (DCE). Il ne permet pas d'exécuter les travaux

3.3.5 données géotechniques pertinentes

données géotechniques issues d'investigations qui permettent de définir les caractéristiques géotechniques d'un site où doit être construit un ouvrage ou un aménagement compte tenu des règles de l'art et de la phase d'étude du projet

3.3.6 ébauche dimensionnelle

approche établie à partir des résultats de la phase AVP d'une étude géotechnique de conception (G2), par utilisation de méthodes de calculs reconnues

NOTE 1 Elle donne des ordres de grandeur des caractéristiques dimensionnelles envisageables ainsi qu'un premier aperçu des sujétions techniques d'exécution.

NOTE 2 Elle ne permet pas le dimensionnement d'un projet.

3.3.7 existants

bâtiments, ouvrages, aménagements de terrains ou biens présents sur le site au moment de la mission géotechnique, en infrastructures ou superstructures, qui peuvent faire l'objet de démolition, dépose des équipements, rénovation, réhabilitation, transformation, etc.

3.3.8 géotechnique

ensemble des activités liées aux applications de la mécanique des sols, de la mécanique des roches et de la géologie de l'ingénieur

NOTE 1 La géotechnique englobe l'étude des propriétés géotechniques des sols et de l'interaction entre les terrains et les ouvrages environnants d'une part, l'ouvrage objet de la prestation du fait de sa réalisation et/ou de son exploitation d'autre part.

NOTE 2 La géotechnique s'appuie principalement sur les différentes sciences de la terre suivantes :

- la géologie qui retrace l'histoire de la terre, précise la nature et la structure des matériaux et leur évolution dans le temps ;
- l'hydrogéologie (définie ci-après), partie spécialisée de la géologie ;

- la mécanique des sols et des roches (définie ci-après) ;
- la rhéologie des matériaux ;
- la géophysique qui permet d'approcher par des mesures physiques certaines caractéristiques de structure et propriétés des matériaux de l'écorce terrestre ;
- la dynamique des sols qui étudie le comportement des matériaux soumis à des sollicitations dynamiques ;
- la géochimie qui analyse la composition chimique des eaux et des matériaux.

3.3.9 hydrogéologie

science de l'eau souterraine. Elle a notamment pour objectif la caractérisation des différents aquifères et l'étude de leur impact sur le milieu naturel et les ouvrages

3.3.10 investigations géotechniques

ensemble des recherches et reconnaissances effectuées par l'utilisation des matériels de forages, sondages, mesures et essais géotechniques in situ et en laboratoire, mesures géophysiques, mis en œuvre pour recueillir des informations géologiques et géotechniques sur les sols et les roches d'un site, telles que leur nature, leur composition, leur structure et leur répartition spatiale, ainsi que leurs caractéristiques physiques et chimiques, géomécaniques et hydrogéologiques

3.3.11 justification du dimensionnement

opération consistant à prouver que le dimensionnement d'un ouvrage sous l'aspect géotechnique est conforme aux règlements, normes, règles professionnelles et règles de l'art applicables en fonction de la nature, de la date et des modalités du contrat

3.3.12 mécanique des sols, mécanique des roches

sciences qui appliquent aux constituants de l'écorce terrestre considérés comme matériaux impliqués dans la construction des ouvrages, les lois et les principes de la rhéologie, de la mécanique des milieux continus et de l'hydraulique notamment

NOTE 1 Elles visent à modéliser leur comportement du point de vue de la déformabilité et de la résistance des matériaux soumis à des sollicitations statiques en les considérant comme homogènes, tout en distinguant les sols par leur caractère polyphasique, et les roches par l'existence entre les constituants minéraux d'une cimentation et d'une fracturation.

3.3.13 méthode observationnelle

méthode choisie dès la conception d'un ouvrage, consistant, en cas de comportements géotechniques difficilement prévisibles, à modifier l'exécution de l'ouvrage, sur la base d'un plan d'adaptation préétabli, activé en fonction de la comparaison entre des comportements préalablement quantifiés et définis comme admissibles, et des comportements constatés en cours de travaux

3.3.14 ouvrages géotechniques

ouvrages ou parties d'ouvrage assurant le transfert des interactions entre un ouvrage dans sa globalité et les terrains dans lequel il s'insère

NOTE 1 Les ouvrages géotechniques sont notamment pour les plus courants et sans exhaustivité :

- les fondations (semelles, radiers, puits, pieux, barrettes, murs enterrés) ;
- les soutènements par tout procédé (murs préfabriqués, murs coulés en place, béton projeté, inclusions, clouage, terre armée) ;
- les ouvrages en terre (avec les matériaux du site ou extérieurs au site) et les aménagements de terrains par terrassement, havage, dragage, talutages, modifications de pente, déblais, remblais, assises de dallage et de voirie, digues, barrages ;
- les ouvrages souterrains, avec ou sans dispositifs de soutènement (puits, excavations, galeries, tunnels, chambres de stockage) ;
- les ouvrages de drainage, d'épuisement, de pompage ;
- les améliorations de sols.

3.3.15 paramètre de calcul d'un ouvrage

donnée nécessaire à un modèle de calcul, liée aux caractéristiques du sol et aux actions dues à l'ouvrage ainsi qu'à leurs interactions

3.3.16 sol, sous-sol

<géotechnique> tout terrain naturel ou artificiel, susceptible d'être mobilisé par la construction d'un ouvrage, englobant les sols et les roches en place ou en remblai

NOTE 1 Il diffère tout à fait du sens littéral usuel dans lequel le sol ne désigne que la surface du terrain, le reste (ou sous-sol) étant constitué tout d'abord d'une couche superficielle plus ou moins épaisse (sol au sens de l'agriculture et de la pédologie) résultant de l'altération des roches sous-jacentes, puis de l'ensemble des constituants minéraux de l'écorce terrestre qui sont des roches au sens géologique.

3.3.17 sondage

exploration locale et méthodique d'un terrain à partir d'une excavation, d'un trou de forage, de la pénétration d'une sonde ou de l'utilisation de techniques physiques ou géophysiques pour en déterminer la nature, la structure ou effectuer des mesures de propriétés physiques ou chimiques, mécaniques ou hydrauliques

3.3.18 terrain, site

lieu délimité dont le maître d'ouvrage est généralement propriétaire ou ayant-droit. Dans la présente norme, le terme « site » lui sera préféré

3.3.19 valeur caractéristique d'un paramètre géotechnique

estimation prudente de la valeur qui influence l'occurrence de l'état limite

3.3.20 valeur seuil

dans la méthode observationnelle, valeur théorique d'un paramètre mesurable à laquelle se comparent les valeurs mesurées du même paramètre

NOTE 1 Elle définit, préalablement à la réalisation des mesures, la valeur à partir de laquelle des actions prédéfinies visant à garantir un comportement admissible de l'ouvrage et de sa zone d'influence géotechnique (ZIG) seront mises en œuvre. Il peut exister plusieurs types de valeurs seuil (seuil d'alerte, d'intervention, d'arrêt pour l'ouvrage, pour ses avoisinants).

NOTE 2 Hors méthode observationnelle, valeur limite d'un paramètre à partir de laquelle, des dispositions spécifiques doivent être prises.

3.3.21 zone d'influence géotechnique (ZIG)

volume de terrain au sein duquel il y a interaction entre d'une part l'ouvrage ou l'aménagement de terrain (du fait de sa réalisation et de son exploitation) et d'autre part, l'environnement (sols, ouvrages, aménagements de terrains ou biens environnants). La forme et l'extension de cette zone d'influence géotechnique sont spécifiques à chaque site et à chaque ouvrage ou aménagement de terrain

4 - Présentation des missions d'ingénierie géotechnique

4.1 - Maîtrise des incertitudes et risques géotechniques

4.1.1 - Position de la problématique

Tout site peut générer des incertitudes et risques géotechniques pouvant compromettre la réalisation d'un projet d'aménagement de site ou de construction d'ouvrage.

Les études géotechniques répondent à la nécessité d'identifier les incertitudes et risques induits et en réduire ainsi les impacts sur le projet ou les avoisinants par application, en phase conception, de mesures préventives et en phase réalisation, de dispositions correctives prédéfinies. Au fil des années, plusieurs facteurs ont évolué défavorablement :

- les terrains encore disponibles sont souvent de qualité géotechnique médiocre ;
- la complexité des projets augmente. Les nouvelles méthodes d'exécution sont souvent sophistiquées et s'adaptent mal aux incertitudes et risques géotechniques ;
- l'environnement et/ou le voisinage est de plus en plus sensible à toute perturbation.

Ce constat justifie l'intervention de nombreux spécialistes, d'où des problèmes d'interfaces plus nombreux et une coordination difficile.

Devant cette complexité croissante des projets et des risques associés, une connaissance approfondie du sous-sol est requise. Or, le sous-sol est par nature le domaine privilégié des incertitudes parce qu'il n'est pas visible, parce qu'il est hétérogène et que les risques géotechniques associés sont parfois difficiles à identifier avant leur survenance.

La connaissance du contexte géologique et géotechnique du site et la prévision du comportement de l'ouvrage projeté (interaction sol-structure), tant en phase de réalisation que pendant sa durée de vie, sont donc primordiaux pour assurer une bonne maîtrise des risques géotechniques inhérents à tout projet. La gestion des risques géotechniques est indispensable pour fiabiliser le délai de réalisation, le coût final et la qualité de l'ouvrage, en toute sécurité et à la satisfaction du voisinage : elle doit être permanente (mise à jour au fur et à mesure du déroulement des phases

de conception et de réalisation du projet) et comporter les trois volets habituels pour toute gestion efficace des risques : identification, évaluation, traitement.

L'expérience montre que tout investissement fait par le maître d'ouvrage en phase de conception permet une meilleure maîtrise des risques et des coûts liés au site et aux sols, comme le montre par exemple, l'approche quantitative faite pour les ouvrages souterrains. En conséquence, il est particulièrement important de veiller à la bonne réalisation de l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique, en les synchronisant avec les phases de conception puis de réalisation de l'ouvrage.

4.1.2 - Identification des risques

Dans le cadre de l'enchaînement des missions successives d'ingénierie géotechnique, des risques géotechniques sont identifiés en fonction des données collectées et des spécificités de l'ouvrage géotechnique projeté, puis font l'objet d'une évaluation et d'un traitement.

Les risques géotechniques sont liés à une connaissance partielle des caractéristiques géologiques, hydrogéologiques et géotechniques du site susceptibles d'avoir des conséquences sur le comportement des ouvrages ou des aménagements. Ils dépendent donc des incertitudes, de la variabilité naturelle des paramètres et des accidents géologiques. Une bonne identification des risques impose donc nécessairement des investigations géotechniques suffisantes et pertinentes en regard des besoins des différentes phases de conception, voire des études d'exécution, ainsi qu'un suivi géotechnique en phase de travaux. Cette progressivité des investigations permet de réduire les incertitudes résiduelles.

Les dommages potentiels aux avoisinants et les méthodes d'exécution envisagées doivent être pris en compte dans l'analyse des risques.

4.1.3 - Évaluation et hiérarchisation des risques

Les risques géotechniques identifiés doivent être évalués puis hiérarchisés pour apprécier leur impact sur le projet :

- les risques majeurs peuvent remettre en cause le projet ;
- les risques importants peuvent nécessiter des mesures appropriées en phase conception et lors de l'étude géotechnique d'exécution ainsi qu'un suivi spécifique en phase réalisation pour décider si nécessaire de la mise en œuvre d'adaptations ou de mesures prédéfinies ;
- les risques mineurs peuvent justifier une optimisation en phase conception et lors de l'étude géotechnique d'exécution ainsi qu'un suivi spécifique en phase réalisation pour aboutir à un faible impact en termes de qualité, sécurité, coût et délai.

4.1.4 - Traitement des risques

Face à chaque risque identifié, il convient de définir les actions préventives possibles pour le réduire (réduction des incertitudes ou de l'impact potentiel de ces incertitudes), les dispositions à mettre en œuvre pour détecter sa survenance le plus tôt possible (programme de suivi et de contrôle avec valeurs seuils associées) et les actions correctives pour en minimiser l'impact s'il se réalise (adaptation du projet).

Le traitement des risques est adapté à chaque phase de déroulement du projet. Le canevas de traitement habituel est le suivant :

- le risque majeur identifié est réduit ou annulé par des recommandations appropriées pour le futur ouvrage dès le stade de l'étude géotechnique préalable (étape 1) ;
- le risque important identifié est réduit ou annulé par des mesures appropriées au stade de l'étude géotechnique de conception (étape 2) : adaptation du projet, suivi spécifique avec

des mesures prédéfinies et des valeurs seuils associées, ainsi que des adaptations possibles à mettre en œuvre en phase de réalisation ;

- le risque mineur identifié a un faible impact sur la qualité, les coûts, la sécurité et les délais, et peut justifier une solution d'optimisation au stade de la réalisation (étape 3).

La gestion des risques (et donc de leur coût potentiel) est axée sur leur détection le plus tôt possible et sur le contrôle de l'efficacité des solutions correctives prévues. Elle s'appuie sur les actions suivantes :

a) au stade de la conception de l'ouvrage :

- évaluation des incertitudes et de la variabilité des paramètres influents, avec réalisation d'investigations géotechniques complémentaires pour les réduire ;
- reconnaissance de l'environnement, en particulier des avoisinants potentiellement concernés ;
- définition des éventuelles dispositions constructives complémentaires à mettre en œuvre si le contexte géotechnique ou le comportement de l'ouvrage observé n'est pas conforme aux prévisions ;
- définition des adaptations possibles avec recherche d'opportunités ;
- prise en compte des risques inhérents par leur budgétisation et leur incidence sur les délais ;
- prise en compte de la maintenance inhérente à certains types d'ouvrages géotechniques (drains, tirants...) : accessibilité, coûts...

b) pendant l'étape 3 de réalisation de l'ouvrage : étude géotechnique d'exécution, puis suivi et contrôle géotechnique en continu (en fonction des valeurs seuils associées) ;

c) pendant l'exploitation de l'ouvrage : mise en œuvre éventuelle de la maintenance inhérente à certains types d'ouvrages géotechniques, adaptée au contexte géotechnique du site et à la spécificité de l'environnement de l'ouvrage.

4.2 - Classification et enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

4.2.1 - Principes généraux

L'enchaînement des missions contribue à la maîtrise des risques géotechniques en vue de fiabiliser la qualité, le délai d'exécution et le coût réel des ouvrages géotechniques.

Tout ouvrage est en interaction avec son environnement géotechnique. Le maître d'ouvrage doit associer l'ingénierie géotechnique au même titre que les autres ingénieries à la maîtrise d'œuvre et ce, à toutes les étapes successives de conception puis de réalisation de l'ouvrage.

Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit veiller à la synchronisation des missions d'ingénierie géotechnique avec les phases effectives de la maîtrise d'œuvre du projet.

L'enchaînement et la définition synthétique des missions d'ingénierie géotechnique sont donnés dans les tableaux 1 et 2. Deux ingénieries géotechniques différentes doivent intervenir : la première pour le compte du maître de l'ouvrage ou de son mandataire lors des étapes 1 à 3 ; la seconde pour le compte de l'entreprise lors de l'étape 3.

Toute mission d'ingénierie géotechnique doit s'appuyer sur des données géotechniques pertinentes issues de la réalisation de prestations d'investigations géotechniques spécifiées à l'Article 6.

4.2.2 - Enchaînement des missions

4.2.2.1 - À la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire

L'ingénierie géotechnique réalisée pour le compte du maître de l'ouvrage ou de son mandataire, doit suivre l'enchaînement des missions décrites ci-après. Ces missions s'appuient sur des données géotechniques pertinentes (voir le Tableau 1 et l'Article 6). Il est recommandé de confier l'ensemble de ces missions à une même entité afin de lui donner une vue globale sur le projet et son évolution, dans la recherche des optimisations tout en assurant une bonne maîtrise des risques géotechniques.

Le maître d'ouvrage ou son mandataire organise la diffusion aux divers intervenants (contrôle technique, ingénierie géotechnique, entreprise...) des documents et informations émis par chacun d'entre eux au fur et à mesure de l'enchaînement qu'il coordonne.

À l'étape 1, l'étude géotechnique préalable (G1) comprend deux phases :

- la phase Étude de Site (ES), à lancer avant l'étude préliminaire ou l'esquisse ou l'APS de l'ouvrage. Elle permet de définir un modèle géologique préliminaire du site, avec ses principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs pour un futur ouvrage non encore étudié ;
- la phase Principes Généraux de Construction (PGC), qui contribue à la mise au point de l'étude préliminaire, ou de l'esquisse ou de l'APS de l'ouvrage pour la part des ouvrages géotechniques. Elle synthétise les données géotechniques à prendre en compte à ce stade et propose certains principes généraux de construction envisageables pour les ouvrages géotechniques. Elle permet, d'une part, de compléter le modèle géologique et de définir le contexte géotechnique, d'autre part, de mieux sérier, en fonction de l'ouvrage qui sera projeté, les risques géotechniques et de réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs en cas de survenance. Elle ne comprend pas d'ébauche dimensionnelle.

Les contraintes géotechniques de site sont conditionnées par la nature de l'ouvrage et variables dans le temps, puisque les formations géologiques se comportent différemment en fonction des sollicitations auxquelles elles sont soumises (géométrie de l'ouvrage, intensité et durée des efforts, cycles climatiques, procédés de construction, phasage des travaux notamment). C'est au cours de toutes les phases de l'étape 2 qu'il faut étudier les conséquences des risques majeurs et leur réduction éventuelle. L'étude géotechnique de conception (G2), réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière, comprend trois phases :

- la phase Avant-projet AVP, qui contribue à la mise au point de l'AVP ou de l'APD de l'ouvrage pour la part des ouvrages géotechniques. Elle peut compléter le modèle géologique et le contexte géotechnique. Elle définit les hypothèses géotechniques à prendre en compte à ce stade et les principes de construction des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et des voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants). Elle fournit une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique, une première approche des quantités et conclut sur la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure gestion des risques géotechniques.

Le rapport produit à l'issue de cette phase sert de donnée d'entrée pour la phase suivante.

- la phase Projet PRO, qui contribue à la mise au point du Projet de l'ouvrage pour la part des ouvrages géotechniques. Elle définit les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en

particulier). Elle établit les notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et des voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement niveau projet de ces ouvrages, les valeurs seuils et une approche des quantités. Si nécessaire, elle donne les principes de maintenance des ouvrages géotechniques.

Le dossier produit à l'issue de cette phase définit techniquement les ouvrages géotechniques. Il sert de base à l'élaboration du DCE.

- La phase DCE / ACT, qui contribue d'abord à l'établissement du Dossier de Consultation des Entreprises de l'ouvrage pour la part des ouvrages géotechniques, ensuite à l'Assistance pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour réaliser les ouvrages géotechniques. Elle établit ou participe à la rédaction des documents techniques nécessaires à la consultation des entreprises et à leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges techniques particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel). Elle assiste le maître d'ouvrage ou la maîtrise d'œuvre pour la sélection des entreprises, dont elle analyse les offres techniques (projet de base et variantes éventuelles) et elle participe à la finalisation des pièces techniques définitives des contrats de travaux concernés par les ouvrages géotechniques. Ces pièces techniques servent de données d'entrée pour les missions d'ingénierie géotechnique suivantes de l'étape 3 : Études géotechniques de réalisation.

À l'étape 3 de réalisation des ouvrages géotechniques, la supervision géotechnique d'exécution (G4), réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière, comprend deux phases interactives :

- la phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution, qui émet un avis pour le visa donné par la maîtrise d'œuvre. Elle donne un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et des méthodes d'exécution, des adaptations ou des optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils ;
- la phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution. Par interventions ponctuelles sur le chantier, en fonction des observations et des données fournies dans le cadre de la mission G3, elle donne un avis sur la pertinence :
 - du contexte géotechnique ;
 - du comportement de l'ouvrage et des avoisinants ;
 - de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée ;
 - de la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et des documents fournis pour le dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO).

4.2.2.2 - À la charge de l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire

L'entreprise base son ingénierie géotechnique G3 sur les données géotechniques fournies par le maître d'ouvrage ou son mandataire à la phase G2 DCE/ACT, et sur les résultats des éventuelles investigations complémentaires.

À l'étape 3 de réalisation des ouvrages géotechniques, l'étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) comprend deux phases interactives :

- la phase Étude, qui contribue à l'étude d'exécution des ouvrages géotechniques. Elle établit la note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat Travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires. Elle donne le dimensionnement des ouvrages géotechniques, leurs méthodes et conditions d'exécution, leurs phasages généraux. Elle définit les suivis, les auscultations et les contrôles à prévoir, les valeurs seuils. Elle définit les moyens à mettre en œuvre pour sécuriser l'ouvrage et les éventuels avoisinants concernés ainsi que les adaptations du projet vis-à-vis des risques géotechniques identifiés en cas de survenance en cours de réalisation. Elle établit ou participe à l'établissement du dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs avec plans d'exécution, de phasage et de suivi ;
- la phase Suivi, qui contribue fortement à une bonne maîtrise des risques géotechniques pendant la réalisation des ouvrages géotechniques. Par un suivi en continu des travaux géotechniques (relevés, auscultations et application du plan de contrôle), elle permet d'une part de valider ou de mettre à jour le modèle géologique et les hypothèses géotechniques du site, et d'autre part de s'assurer que le comportement en cours d'exécution de l'ouvrage et des avoisinants concernés est conforme aux prévisions ou de mettre en œuvre à temps les adaptations nécessaires (mesures correctives prévues) ou les optimisations possibles notamment en cas d'application de la méthode observationnelle. Elle participe à l'établissement de la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO).

4.2.3 - Cas particulier du diagnostic géotechnique (G5)

Une ingénierie géotechnique peut réaliser un diagnostic géotechnique (G5), à tout moment et en dehors de tout enchaînement de missions pour le compte de tout intervenant (maître d'ouvrage, maître d'œuvre, entrepreneur...).

Le diagnostic géotechnique n'est pas suffisant pour réaliser directement des travaux, lesquels doivent toujours faire l'objet de l'enchaînement classique des missions d'ingénierie géotechnique : étude géotechnique de conception (G2) et/ou étude et suivi géotechniques d'exécution (G3), avec supervision géotechnique d'exécution (G4).

Ce cadre convient à l'étude strictement limitative d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques dans le cadre d'une mission ponctuelle : par exemple, adaptations circonscrites sur ouvrage géotechnique bien délimité, analyse de singularités, survenance d'un risque non identifié préalablement, causes géotechniques de la survenance d'un désordre, étude des solutions de renforcement d'un ouvrage existant...

4.2.4 - Tableaux synthétiques

Tableau 1 – Enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique

Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'œuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investigations géotechniques à réaliser
Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)		Étude géotechnique préalable (G1) Phase Étude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Étude préliminaire, esquisse, APS	Étude géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Étude géotechnique de conception (G2)	APD/AVP	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet	avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE / ACT		Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)		À la charge de l'entreprise	À la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Étude (en interaction avec la phase Suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision du suivi)	Étude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
	DET/AOR	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Suivi (en interaction avec la phase Étude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage		Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

Tableau 2 – Classification des missions d'ingénierie géotechnique

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)

Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :

Phase Étude de Site (ES)

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisnants avec visite du site et des alentours.
- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

Phase Principes Généraux de Construction (PGC)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)

Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend trois phases :

Phase Avant-projet (AVP)

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisnants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

Phase Projet (PRO)

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisnants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

Phase DCE / ACT

Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.

- Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
- Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

Tableau 2 – Classification des missions d'ingénierie géotechnique

ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées) ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Étude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)

SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière. Elle comprend deux phases interactives :

Phase Supervision de l'étude d'exécution

- Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils.

Phase Supervision du suivi d'exécution

- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).
- donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.

DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'état de l'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

5 - Modalités générales de réalisation des missions d'ingénierie géotechnique

La définition du contenu des diverses missions d'ingénierie géotechnique qui accompagnent la conception, la réalisation et la vie d'un ouvrage est donnée dans les tableaux des Articles 7 à 10. Ces tableaux précisent en particulier pour chaque mission :

- ses caractéristiques et ses objectifs ;
- les prestations à réaliser et les documents à fournir par l'ingénierie géotechnique ;
- les éléments à fournir par le client. En effet, pour remplir sa mission, l'ingénierie géotechnique doit disposer de données fiables. Ces données sont précisées dans la colonne « à fournir par le client ou son mandataire » de chaque tableau. Si le client ne dispose pas d'un ou plusieurs éléments nécessaires au bon déroulement de la mission, il doit faire réaliser les prestations correspondantes pour pouvoir les fournir.

Dans le présent article sont présentés les éléments communs au déroulement de l'ensemble des missions d'ingénierie géotechnique.

Il est recommandé que le dialogue entre l'ingénierie géotechnique et le client soit établi en amont des phases de consultation (présentation des services offerts par l'ingénierie géotechnique, réunions ou entretiens) pour assurer la bonne définition des missions à réaliser (besoins liés à la géotechnique vis-à-vis de l'ouvrage) et la cohérence entre les objectifs de ces missions et les moyens indispensables pour garantir la qualité de leur réalisation.

5.1 - Consultation, offre et contrat

5.1.1 - Consultation de l'ingénierie géotechnique par le client

Le dossier de consultation doit comporter :

- a) l'identification du client et le nom du contact ;
- b) les informations sur le projet :
 - liste et références des documents remis ;
 - liste des documents à fournir dans l'offre ;
 - présentation du projet ;
 - étape d'élaboration du projet ;
 - destination de l'ouvrage ;
 - plan de situation ;
 - plan d'implantation du projet ou plan masse ;
 - plan topographique ;
 - mission demandée par référence à la présente norme ;
 - anciens modes connus d'utilisation du site ;
 - toute étude géotechnique ou tout compte-rendu d'investigations concernant le site ;
 - caractéristiques des existants (ouvrages, réseaux) et des servitudes ;
 - caractéristiques et vulnérabilité des avoisinants ;
 - conditions d'accès au site et autorisation de visite ;
 - un Cahier de Clauses Techniques Particulières (CCTP) ou un cahier des charges définissant les critères techniques à respecter pour les prestations à exécuter ;
 - un Cahier de Clauses Administratives Particulières (CCAP).

5.1.2 - Préparation de l'offre par l'ingénierie géotechnique

La préparation de l'offre nécessite :

- l'analyse de la demande du client ;
- l'analyse des documents fournis par le client ;
- la mise en évidence des éléments exclus de l'offre ;
- l'analyse des contraintes liées à l'intervention sur le site.

5.1.3 - Contenu de l'offre technique de l'ingénierie géotechnique

L'offre doit contenir :

- le rappel de la mission demandée par le client selon la classification décrite à l'Article 4 de la présente norme ;
- la liste des démarches administratives à entreprendre auprès des autorités locales nécessaires à l'exécution de la mission sauf dispositions contraires du CCAP ;
- le rappel des documents requis pour l'exécution de la mission et en particulier, s'il ne s'agit pas de l'étape 1, le rapport de la mission d'ingénierie géotechnique précédente dans le cadre de l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique ;
- l'indication de la mission proposée par l'ingénierie géotechnique, avec justification si elle est différente de celle demandée par le client ;
- la forme sous laquelle seront remis les résultats de la mission.

L'offre technique doit préciser :

- les conditions générales d'intervention ;
- les conditions de participation aux diverses réunions (d'études, de suivi de chantier) ;
- la part et l'identification des prestations sous-traitées ;
- le planning des études et des éventuelles investigations géotechniques ;
- les délais et la durée de la mission ;
- les conditions particulières sur :
 - la propriété intellectuelle du programme défini (les propositions techniques restent la propriété de l'ingénierie géotechnique) ;
 - la fourniture des documents intermédiaires ;
 - l'acceptation du rapport de fin de mission.

5.1.4 - Analyse de l'offre technique par le client et mise au point du contrat

Le client doit :

- vérifier la conformité de l'offre avec la demande ;
- vérifier la disponibilité des éléments qu'il doit fournir à l'ingénierie géotechnique ;
- mettre au point le contenu du futur contrat, après négociation avec l'ingénierie géotechnique.

5.1.5 - Forme et contenu du contrat

Le contrat est constitué d'une commande et d'une description technique des missions et prestations à réaliser, avec référence à la classification des missions d'ingénierie géotechnique.

La description technique des missions et prestations peut être constituée par l'offre de l'ingénierie géotechnique approuvée par le client, ou par un document spécifique établi par l'ingénierie géotechnique ou le client.

Exceptionnellement une mission d'ingénierie géotechnique peut ne contenir qu'une partie d'une mission uniquement après accord explicite entre le client et l'ingénierie géotechnique. Le client doit alors confier le complément de la mission à une autre ingénierie qui utilise ou non les résultats de la mission partielle et qui assume la mission complète.

Si une mission ne porte que sur une partie des ouvrages géotechniques, elle consistera nécessairement en un diagnostic géotechnique (G5).

5.2 - Réalisation de la mission

Se reporter à chacune des missions décrites dans les articles 7 à 10.

5.3 - Rendu de la mission

La mission doit faire l'objet d'un dossier. Celui-ci comprend par exemple : un rapport de fin de mission, des notes techniques, des notes de calcul, des notes méthodologiques, un récolement des contrôles réalisés, des notes de synthèses, un dossier de plans.

L'objectif est de rendre compte des résultats de la mission. Le dossier forme un ensemble indissociable.

Le rapport de fin de mission doit comporter au minimum :

- le nom du demandeur ;
- la référence de la commande ;
- la référence à la présente norme ;
- la date de réalisation de la mission ;
- le problème posé par le client ;
- la liste des documents fournis par le client ;
- la mission réalisée selon la classification de la présente norme ;
- le contenu précis de la mission ;
- les résultats de la mission ;
- les limites de validité des résultats de la mission ;
- les compléments de mission éventuellement nécessaires et les missions suivantes à réaliser pour réduire les incertitudes et les risques géotechniques en conformité avec l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique.

6 - Investigations géotechniques

6.1 - Généralités

La prestation d'investigations géotechniques comprend l'exécution de sondages, essais et mesures en place ou en laboratoire, mesures géophysiques, selon un programme défini au préalable dans le cadre d'une mission type d'ingénierie géotechnique. Elle se conclut par un compte rendu factuel donnant les coupes des sondages, les procès-verbaux d'essais in situ et en laboratoire, les résultats des mesures.

Cette prestation d'investigations géotechniques ne comprend ni étude ni conseil (en particulier pour l'exploitation de ce compte-rendu factuel).

NOTE : Pour cette prestation, le client peut être représenté par l'ingénierie géotechnique, auteur du programme d'investigations géotechniques demandé.

6.2 - Offre technique

N°	Caractéristiques et objectifs de la prestation	Prestations à réaliser et documents à fournir par le prestataire	À fournir par le client ou son mandataire
6.2.1	Analyser la demande du client	Adéquation des moyens aux techniques de reconnaissance, aux terrains et aux essais demandés.	Programme des sondages et des essais demandés par la mission d'ingénierie géotechnique, notamment le plan d'implantation et l'altimétrie des sondages (informations sur le positionnement des réseaux).
		Visiter le site.	
		Examiner les documents topographiques existants et les autres documents fournis par le client.	CCTP ou document équivalent.
			Données géotechniques en sa possession, ou la liste de ces données et les conditions de leur consultation.
6.2.2		Pour les sondages, essais et mesures en place : estimer les difficultés dues à la géologie, aux spécificités locales, aux accès du site (gabarit, traficabilité, inondabilité), et aux réseaux.	Référence aux normes ou procédures d'essais. Plan d'implantation et altimétrie des sondages. Autorisation de visite et conditions particulières d'accès au site (dangers éventuels). Sujétions connues : réglementation particulière sur site, horaires particuliers, conditions d'accès, contraintes de sécurité liée à l'exploitation du site. Contraintes de délais et de réalisation des sondages et essais sur site
6.2.3		Pour les essais en laboratoire : <ul style="list-style-type: none"> • vérifier la compatibilité entre les modes de prélèvement prévus et les essais demandés ; • vérifier que les délais imposés sont compatibles avec les essais demandés. 	Références aux normes ou procédures d'essai. Contraintes de délais de réalisation des essais.
6.2.4	Proposer le mode de réalisation des sondages, essais et mesures en place ou en laboratoire. Choisir des procédés et techniques de sondage adaptés aux sols rencontrés et aux essais à réaliser. Respecter le CCTP (profondeur, normes et procédures à appliquer, etc.). Préciser les conditions de présentation des résultats (fichiers informatiques éventuellement).	Dossier de présentation des différents types de matériels de sondage et d'essais in situ réalisables. Dossier de présentation des différents types de matériels d'essais en laboratoire	Implantation théorique et altimétrie des sondages. Profondeur des sondages. Niveaux d'essais et/ou de prélèvement. Descriptif technique des sondages. Conditions de stockage des prélèvements Prévoir si besoin est : <ul style="list-style-type: none"> • conditions de mise à disposition de fluides nécessaires (eau, électricité...) ; • conditions éventuelles de protection des têtes de sondage ; • conditions spécifiques de remise en état du site (rebouchage des trous de sondage, nettoyage...) si prévues dans le CCTP.
6.2.5	Pour les essais en laboratoire sur échantillons fournis par le client : <ul style="list-style-type: none"> • qualification du laboratoire ; • engagements sur délais à réception des échantillons. 	Conditions de réception du compte rendu factuel de fin de mission (délai d'acceptation tacite). Certificats de qualification. Planning prévisionnel par type d'essai.	Spécifications particulières des essais (par exemple : niveau de contrainte ou essais particuliers). Conditions de prélèvement suivant la norme NF EN ISO 22475-1. Conditionnement et modalités de transport des échantillons.

6.3 - Réalisation de la prestation

N°	Caractéristiques et objectifs de la prestation	Prestations à réaliser et documents à fournir par le prestataire	À fournir par le client ou son mandataire
6.3.1	Prestation « sondages, essais et mesures en place ». Réaliser le travail conformément à la commande, suivant le programme de reconnaissance, dans le respect du CCTP éventuel et des normes en vigueur.	Faire la « Déclaration d'Intention de Commencer les Travaux (DICT) » si nécessaire Avertir le client du démarrage et du planning prévu. Élaborer le programme de travail conforme à la commande. Rendre compte au correspondant désigné de l'avancement des investigations géotechniques et des résultats obtenus. Donner le repérage et l'altimétrie des têtes de sondage par rapport à un système défini. Rendre compte immédiatement des aléas rencontrés et demander des instructions écrites pour la suite de la mission. Réaliser et dépouiller les essais. Remettre le site dans l'état requis, mettre en place une protection des têtes de sondage conformément au CCTP.	Fournir les réponses à la déclaration de travaux (DT) établie au démarrage de l'affaire, dans un délai permettant au prestataire de fournir les DICT à temps. Nom de son correspondant et modalités pour le joindre. Instructions écrites pour toutes modifications de la prestation.
6.3.2	Prestation « essais en laboratoire ».		
	Réception des échantillons et confirmation du programme des essais.	Réceptionner et vérifier les échantillons (identification visuelle, état de l'échantillon, faisabilité des essais). Valider le programme détaillé des essais.	Bordereau d'envoi des échantillons visé par le client comportant : nombre et identification des échantillons ; confirmation des essais demandés par échantillon.
	Donner les caractéristiques des échantillons de sols.	Réaliser et dépouiller les essais.	

6.4 - Compte rendu

N°	Caractéristiques et objectifs de la prestation	Prestations à réaliser et documents à fournir par le prestataire	À fournir par le client ou son mandataire
	La prestation d'investigations géotechniques donne lieu à un compte rendu factuel.	En plus des prescriptions à l'Article 5 : le repérage et l'altimétrie des têtes de sondage par rapport à un système défini ; la description des moyens et modes opératoires mis en œuvre ; la référence aux normes d'essais (tout écart par rapport aux normes doit être clairement précisé) ; les coupes de sondage sans interprétation ; le résultat détaillé des essais et mesures en place ou en laboratoire ; les minutes d'essais sur demande ; les rapports d'essais ; tout événement particulier survenu pendant les essais ; la validation des résultats en vue de l'émission du compte-rendu factuel de la prestation.	

7 - Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)

7.1 - Généralités

Cette mission est nécessaire pour initier un projet à construire sur ou dans le sol, mais elle n'est pas suffisante pour définir et dimensionner les ouvrages géotechniques du projet. Pour cela, la mission suivante d'Étude géotechnique de conception G2 doit être réalisée. L'étude géotechnique préalable comporte 2 phases :

7.2 - Phase Étude de Site (ES)

Cette phase, réalisée en amont des études préliminaires, d'esquisse ou d'APS, permet de décrire un modèle géologique préliminaire et les spécificités géotechniques du site ainsi que d'établir une première identification des risques géotechniques majeurs :

- en prenant en compte le contexte géologique général du site, l'historique fourni par le client des aménagements réalisés sur le site et aux alentours, ainsi que la présence d'avoisinants susceptibles d'être concernés ;
- en énonçant certaines recommandations en vue d'y implanter un ouvrage non encore défini, notamment les zones d'implantation préférentielles et les zones à éviter, la sensibilité des sols aux tassements, l'opportunité ou non de créer des sous-sols, les risques d'instabilité de versants et les risques naturels.

Cette phase de la mission constitue le point de départ des différentes études géotechniques successives qui seront réalisées pour la conception des ouvrages géotechniques du projet. Cette phase comporte une enquête documentaire visant à établir les connaissances géologiques et géotechniques disponibles sur le site, ainsi qu'une visite du site et des alentours (existants et avoisinants).

Après interprétation et évaluation des connaissances disponibles et recoupement avec les observations faites lors de la visite du site, si les premiers résultats sont insuffisants pour caractériser le modèle géologique préalable du site, cette mission doit comporter :

- la définition d'investigations géotechniques ;
- leur suivi et l'interprétation de leurs résultats ;

afin de permettre :

- de préciser/compléter le modèle géologique préalable ;
- de réduire, autant que possible, les incertitudes et risques géotechniques à ce stade d'une étude préalable.

7.2.1 - Offre technique

N°	Caractéristiques et objectifs de l'étude géotechnique préalable (G1 — Phase ES)	Prestations à réaliser et documents à fournir par l'ingénierie géotechnique	À fournir par le client ou son mandataire
7.2.1.1	Analyser la demande du client.	Analyser les données et identifier les types de problèmes qui seront rencontrés.	Le dossier concernant le site à étudier. Les documents demandés à l'Article 5. Les conditions d'accès au site.
7.2.1.2	Proposer un programme adapté aux problèmes identifiés, pour répondre au besoin du client.	Définir un programme d'étude présentant : les objectifs de l'étude ; la stratégie envisagée pour la reconnaissance du site ; les étapes suivies ; la liste et le contenu des documents qui seront remis en fin d'étude ; la définition de cette phase de la mission et ses limites ; la liste des éléments complémentaires restant à fournir par le client dans le cas de réalisation de cette phase de la mission.	
7.2.1.3	Cas particulier d'un programme d'investigations géotechniques prédéfini par le client : s'assurer que ce programme répond aux besoins exprimés par le client, est adapté aux problèmes identifiés et valider le programme.	Mêmes moyens qu'en 7.2.1.2 ci-dessus, avec définition des adaptations préconisées pour le programme d'investigations géotechniques.	Décision sur les propositions éventuelles d'adaptation du programme

7.2.2 - Réalisation de la Phase Étude de Site

N°	Caractéristiques et objectifs de l'étude géotechnique préalable (G1 — Phase ES)	Prestations à réaliser et documents à fournir par l'ingénierie géotechnique	À fournir par le client ou son mandataire
7.2.2.1	Définir ou confirmer de manière détaillée le programme d'investigations géotechniques nécessaire à l'étude pour atteindre les objectifs de cette phase de la mission.	Réaliser l'enquête documentaire (archives, géologie, publications,...) avec visite du site et des alentours Apprécier la représentativité des données collectées et définir si besoin le programme d'investigations géotechniques en fonction des données géologiques et géotechniques existantes, précisant : type, nombre, implantation et altimétrie des forages, essais et mesures ; profondeur théorique des forages et essais, avec conditions d'arrêt ; nature et conditions de réalisation des essais et mesures ; conditions et caractéristiques de prélèvement des échantillons pour essais en laboratoire ; programme des essais en laboratoire.	Valider et commander l'étude proposée Tout complément ou modification ultérieure devra faire l'objet d'une notification écrite
7.2.2.2	Dans le cas où un programme d'investigations géotechniques serait inclus, on se reportera pour son suivi, son contrôle et son interprétation aux paragraphes 7.3.2.3 à 7.3.2.5.		

N°	Caractéristiques et objectifs de l'étude géotechnique préalable (G1 — Phase ES)	Prestations à réaliser et documents à fournir par l'ingénierie géotechnique	À fournir par le client ou son mandataire
7.2.2.3	Examiner et valider la cohérence des données collectées et faire la synthèse.	Confronter les données entre elles. Établir les éventuelles coupes et profils interprétatifs. Identifier les formations et déterminer leurs caractéristiques principales.	
7.2.2.4	Étude de site. L'objectif de cette phase de la mission est de fournir un modèle géologique préliminaire du site, ainsi que certaines recommandations en vue d'y implanter un ouvrage non encore défini.	Identifier les documents fournis. Valider les objectifs et les limites de cette phase de la mission. Analyser le site et son environnement : Situation, topographie, pente, présence d'avoisinants, inventaire des risques naturels connus. Définir le modèle géologique préalable du site. Donner certaines recommandations en vue d'y implanter un ouvrage non encore défini.	

7.2.3 - Rapport d'Étude géotechnique préliminaire de site

N°	Caractéristiques et objectifs de l'étude géotechnique préalable (G1 — Phase ES)	Prestations à réaliser et documents à fournir par l'ingénierie géotechnique	À fournir par le client ou son mandataire
	Rédiger un document qui rende compte des résultats de cette phase de la mission.	En plus du contenu précisé à l'Article 5.3 de la présente norme, le rapport d'étude de site doit préciser : les données collectées lors de la réalisation de cette phase de la mission ; le modèle géologique préalable du site ; les zones d'implantation préférentielles et les zones à éviter, la sensibilité des sols aux tassements, l'opportunité de créer ou non des sous-sols, les risques d'instabilité de versants, l'identification des risques naturels ; les incertitudes et risques géotechniques qui subsistent après cette phase de la mission quant à la connaissance du site ; les types d'investigations envisageables pour réduire ces incertitudes et risques géotechniques.	Acceptation du rapport suivant les conditions de l'offre.

7.3 - Phase Principes généraux de construction (PGC)

L'objectif de cette phase, entreprise après la phase Étude de Site (ES), est de donner des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'étude préliminaire ou d'esquisse ou d'APS de l'ouvrage (première approche de la zone d'influence géotechnique ZIG, contraintes pour la création d'éventuels sous-sols, horizons porteurs potentiels, modes de fondations possibles, améliorations de sols possibles) ainsi que certains principes généraux de construction envisageables. Elle n'intègre pas d'ébauche dimensionnelle.

Cette phase de mission permet au maître d'ouvrage d'effectuer un premier classement du futur ouvrage projeté dans une « catégorie géotechnique » au sens de l'Eurocode 7 partie 1 et de son Annexe Nationale NF P 942512.

Cette phase de mission permet d'une part de compléter le modèle géologique et de définir le contexte géotechnique, d'autre part de mieux sérier, en fonction de l'ouvrage projeté, les risques géotechniques et de réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs en cas de survenance.

Pour ce faire, elle se base sur des données géotechniques pertinentes issues de la réalisation de prestations d'investigations géotechniques.

Sauf cas particulier, cette phase comprend la définition, la réalisation ou le suivi technique et l'exploitation des résultats des investigations géotechniques indispensables pour atteindre les

objectifs qui lui sont fixés.

La conception des ouvrages géotechniques du projet, qui commence dès le début de l'AVP ou APD, fait appel à l'étape 2 suivante d'étude géotechnique de conception (G2).

7.3.1 - Offre technique

N°	Caractéristiques et objectifs de l'étude géotechnique préalable (G1 — Phase PGC)	Prestations à réaliser et documents à fournir par l'ingénierie géotechnique	À fournir par le client ou son mandataire
7.3.1.1	Analyser la demande du client	Analyser les données et les documents fournis par le client. Identifier les types de problèmes, notamment ceux relatifs aux avoisinants. Compléter en cas de besoin l'enquête documentaire du cadre géotechnique.	En plus des documents fournis pour l'étude de site listés en 7.2.1, fournir les documents suivants : jeu de plans et coupes définissant l'ouvrage au stade de l'étude préliminaire ou esquisse ou APS (situation, emprise, extensions).
7.3.1.2	Proposer un programme d'étude incluant un programme d'investigations géotechniques pour répondre au besoin du client, adapté aux problèmes identifiés.	Définir un programme d'étude des principes généraux de construction présentant : les objectifs de l'étude ; le programme d'investigations géotechniques à réaliser ou faire réaliser et les étapes suivies ; la liste et le contenu des documents qui seront remis en fin de cette phase de la mission ; la définition de la phase de la mission et de ses limites, ainsi que les exclusions éventuelles ; la liste des éléments complémentaires restant à fournir par le client, en cas de réalisation de cette phase de la mission.	Éléments complémentaires demandés, à fournir par le client.
7.3.1.3	Cas particuliers d'un programme d'investigations géotechniques prédéfini par le client ou d'une collecte de données fournie par le client : s'assurer que ce programme ou que les données fournies sont adaptés aux problèmes identifiés, valider le programme ou ces données collectées	Mêmes moyens qu'en 7.3.1.2 ci-dessus, avec définition des adaptations et/ou compléments d'investigations préconisés pour le programme d'investigations géotechniques détaillé.	Accord sur les propositions d'adaptation du programme.

7.3.2 - Réalisation de la phase principes généraux de construction

N°	Caractéristiques et objectifs de l'étude géotechnique préalable (G1 — Phase PGC)	Prestations à réaliser et documents à fournir par l'ingénierie géotechnique	À fournir par le client ou son mandataire
7.3.2.1	Définir ou confirmer, de manière détaillée, le programme d'investigations géotechniques nécessaire à cette étude pour atteindre les objectifs de cette phase de la mission.	Analyser le résultat de la phase Étude de site (ES). Établir une note technique de définition du programme d'investigations géotechniques précisant : type, nombre, implantation, altimétrie et profondeur théorique des forages, essais et mesures, avec conditions d'arrêt ; nature et conditions de réalisation des essais et mesures ; conditions et caractéristiques de prélèvement des échantillons pour essais en laboratoire ; programme des essais en laboratoire.	Le dossier complet (étude préliminaire ou esquisse ou APS) concernant l'ouvrage à étudier. Tout complément et/ou modification ultérieurs concernant l'étude préliminaire ou esquisse ou APS devra faire l'objet d'une notification écrite.

N°	Caractéristiques et objectifs de l'étude géotechnique préalable (G1 — Phase PGC)	Prestations à réaliser et documents à fournir par l'ingénierie géotechnique	À fournir par le client ou son mandataire
7.3.2.2	Dans le cas où les investigations géotechniques font l'objet d'une consultation, comparer les offres aux besoins du projet.	Donner un avis sur les offres techniques des prestataires sélectionnés par le client pour les investigations géotechniques.	Offres techniques des prestataires sélectionnés pour les investigations géotechniques.
7.3.2.3	Suivre et contrôler l'exécution des investigations géotechniques.	Assurer une surveillance régulière Si le programme d'investigations est important, rendre compte régulièrement des avancements (exemple : réunions de chantier périodiques).	Dans le cas où les investigations géotechniques ne sont pas confiées à l'ingénierie géotechnique, la commande passée au prestataire chargé de ces investigations. Le client doit faire obligation au prestataire de fournir régulièrement à l'ingénierie géotechnique le résultat de ses sondages et essais.
7.3.2.4	Adapter le programme d'investigations géotechniques en fonction des premiers résultats obtenus	Analyser régulièrement les résultats recueillis pour permettre d'orienter et de modifier si nécessaire le programme.	Accord écrit sur les modifications proposées par l'ingénierie géotechnique ou compte-rendu de réunion.
7.3.2.5	Interpréter les résultats des investigations géotechniques, les analyser et les comparer à celles obtenues antérieurement.	Contrôler le dépouillement des essais et en faire l'analyse critique (le dépouillement des essais fait partie de la prestation d'investigations géotechniques). Établir le dossier des données de base.	
7.3.2.6	Examiner et valider la cohérence des données collectées et en faire la synthèse.	Confronter les données entre elles. Établir les coupes et profils interprétatifs, en rapport avec le maillage et la nature des investigations géotechniques réalisées. Définir les formations identifiées comme homogènes au regard du problème posé. Confirmer ou adapter leurs caractéristiques en rapport avec les résultats des essais effectués.	
7.3.2.7	Principes Généraux de Construction L'objectif de cette phase de la mission est de fournir des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'étude préliminaire ou d'esquisse ou d'APS ainsi qu'un avis sur certains principes généraux de construction et d'adaptation de l'ouvrage au site.	Les éléments à fournir sont ceux décrits en 7.2.2.4 complétés des éléments suivants : donner une première approche de la zone d'influence géotechnique ; élaborer une synthèse géotechnique. Mentionner les incertitudes à réduire si possible lors de l'étude géotechnique de conception, concernant notamment la structure géologique, la géomorphologie, la tectonique, l'hydrogéologie (niveau de nappe et incertitudes sur ses fluctuations en particulier), les propriétés géotechniques des formations ; étudier l'adaptation au site de l'ouvrage (stade étude préliminaire ou esquisse ou APS) : implantation préférentielle, opportunité de création de sous-sols ; donner les principes de fondation envisageables (horizons porteurs potentiels, modes de fondations possibles) ; définir les principes généraux de construction des ouvrages géotechniques.	Le dossier de définition de l'ouvrage projeté (stade étude préliminaire ou esquisse ou APS), avec au minimum : plans, coupes, niveaux de référence. Le degré de protection requis vis-à-vis des infiltrations d'eau. Le degré de protection requis vis-à-vis des séismes. Toutes les données collectées sur l'historique d'utilisation du site, ainsi que les études géotechniques existantes concernant ce site.

N°	Caractéristiques et objectifs de l'étude géotechnique préalable (G1 — Phase PGC)	Prestations à réaliser et documents à fournir par l'ingénierie géotechnique	À fournir par le client ou son mandataire
7.3.2.8	<p>Rapport d'étude des principes généraux de construction</p> <p>Rédiger un document de synthèse qui rend compte des résultats de cette phase de la mission.</p>	<p>En plus des prescriptions données au 7.2.3 de la présente norme, le rapport d'étude des principes généraux de construction doit :</p> <ul style="list-style-type: none"> préciser les données collectées lors de la réalisation de cette mission ; valider l'ensemble des résultats à prendre en compte, y compris ceux issus de la phase Étude de site ; fournir des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'étude préliminaire ou esquisse ou APS (première approche de la ZIG, contraintes pour la création d'éventuels sous-sols, horizons porteurs potentiels, modes de fondations possibles, améliorations du sol possibles), ainsi que certains principes généraux de construction envisageables. <p>Cette phase de la mission exclut toute approche dimensionnelle. Celle-ci sera abordée dans le cadre de l'étape suivante d'étude géotechnique de conception (G2) ;</p> <ul style="list-style-type: none"> indiquer les incertitudes et les risques géotechniques qui subsistent, identifiés après cette phase de la mission, et les risques encourus inhérents au projet ; préciser les investigations complémentaires pour réduire ces incertitudes et les conséquences des risques géotechniques en cas de survenance ; rappeler les missions géotechniques nécessaires pour la mise au point des ouvrages géotechniques du projet et leur réalisation. <p>L'Annexe A donne un exemple de données géotechniques qui peuvent être fournies pour différents types d'ouvrages géotechniques à ce stade d'étude G1/PGC.</p>	<p>Acceptation du rapport suivant les conditions de l'offre.</p>

8 - Étape 2 : Étude Géotechnique de Conception (G2)

8.1 - Généralités

L'objectif de cette mission est de concevoir les ouvrages géotechniques, en tenant compte des recommandations énoncées lors de l'étude géotechnique préalable (G1) et en réduisant au mieux l'impact potentiel des risques géotechniques identifiés et jugés importants : adaptations nécessaires du projet, définition de dispositions constructives à mettre en œuvre si nécessaire à l'exécution et qui seront précisées dans l'étude et le suivi géotechniques d'exécution de l'étape 3.

Cette mission est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et doit être réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à celle-ci. Elle comporte trois phases, dont la synchronisation avec celles de la conception générale de l'ouvrage doit être assurée :

- la phase Avant-projet, qui contribue à la mise au point de l'AVP ou de l'APD de l'ouvrage pour la part des ouvrages géotechniques. Elle permet d'une part d'affiner le modèle géologique et le contexte géotechnique, d'autre part de mieux identifier, en fonction de l'ouvrage projeté, les risques géotechniques et de réduire les conséquences des risques géotechniques importants en cas de survenance. Elle définit les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables pour les ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et des voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants) et identifie les contraintes liées aux phases provisoires de travaux. Elle fournit une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et une première approche des quantités. Elle conclut sur la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure gestion des risques géotechniques. Le rapport produit à l'issue de cette phase sert de donnée d'entrée pour la phase suivante ;
- la phase Projet, qui contribue à la mise au point du Projet de l'ouvrage pour la part des ouvrages géotechniques. Elle définit les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier). Elle établit les notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (phasages, terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et des voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants). Elle fournit des notes de calcul de dimensionnement niveau projet des ouvrages géotechniques, les valeurs seuils et précise si l'application de la méthode observationnelle est conseillée pour une meilleure gestion des risques géotechniques résiduels. Si nécessaire, elle donne les principes de maintenance des ouvrages géotechniques. Le dossier produit à l'issue de cette phase définit techniquement les ouvrages géotechniques : il sert de base à la rédaction du DCE de l'ouvrage ;
- la phase DCE/ACT, qui contribue d'une part à l'établissement du Dossier de Consultation des Entreprises de l'ouvrage pour la part des ouvrages géotechniques, d'autre part à l'Assistance pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour réaliser les ouvrages géotechniques. Elle établit ou participe à la rédaction des documents techniques nécessaires à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges techniques particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel). Elle assiste le maître d'ouvrage ou la maîtrise d'œuvre pour la sélection des entreprises, puis elle analyse les offres techniques (projet de base et variantes éventuelles). Elle participe à la finalisation des pièces techniques définitives des contrats de travaux concernés par les ouvrages géotechniques. Ces pièces techniques servent de données d'entrée pour les missions

d'ingénierie géotechnique suivantes de l'étape 3 : Études géotechniques de réalisation. Dans le cadre de la mise en œuvre de la méthode observationnelle, la phase DCE/ACT permet le chiffrage des moyens complémentaires éventuellement nécessaires ainsi que la définition des délais supplémentaires correspondants.

Chacune de ces phases doit s'appuyer sur des données géotechniques pertinentes, ce qui peut nécessiter la réalisation d'un programme spécifique d'investigations géotechniques. Il faut souligner que pour une meilleure adaptation et optimisation de ces programmes aux spécificités de l'ouvrage à construire et aux risques identifiés, il est indispensable de ne les définir qu'à l'issue de la réalisation de chacune des phases d'étude précédentes.

8.2 - Offre technique

N°	Caractéristiques et objectifs de l'étude géotechnique de conception	Prestations à réaliser et documents à fournir par l'ingénierie géotechnique	À fournir par le client ou son mandataire
8.2.1	Analyser la demande du client.	Analyser les données. Analyser les documents fournis par le client. Identifier les types de problèmes, notamment ceux relatifs aux avoisinants.	Étude géotechnique préalable (G1) et toute étude géotechnique existante concernant le site. Toute donnée connue du maître d'ouvrage relative à l'état environnemental des sols et des nappes, de nature à interférer avec le projet en phase de conception, d'exécution ou d'exploitation.
8.2.2	Proposer un programme d'étude géotechnique incluant normalement un ou plusieurs programmes successifs d'investigations géotechniques spécifiques qui seront adaptés aux problèmes identifiés à chaque phase pour répondre aux besoins du client.	Définir un programme d'étude géotechnique présentant : les objectifs de l'étude ; le ou les programmes successifs d'investigations géotechniques spécifiques à adapter à chaque phase et à réaliser et/ou en assurer le suivi ; la liste et le contenu des documents qui seront remis en fin de chaque phase de la mission ; la définition de chaque phase et ses limites ; la liste des éléments complémentaires restant à fournir par le client, en cas de réalisation de la mission.	
8.2.3	Cas particulier d'un programme spécifique d'investigations géotechniques prédéfini par le client : s'assurer que ce programme répond aux besoins exprimés par le client et est adapté aux problèmes identifiés ; valider le programme ou proposer si nécessaire des adaptations.	Mêmes moyens qu'en 8.2.2 ci-dessus avec définition des adaptations préconisées pour le programme d'investigations géotechniques.	Accord sur les propositions d'adaptation du programme.

8.3 - Réalisation de la phase avant-projet

N°	Caractéristiques et objectifs de l'étude géotechnique de conception (G2 — Phase AVP)	Prestations à réaliser et documents à fournir par l'ingénierie géotechnique	À fournir par le client ou son mandataire
8.3.1	Analyser les données géotechniques issues de l'étude géotechnique préalable (G1) ou du diagnostic géotechnique (G5). Définir (ou confirmer de manière détaillée) le programme d'investigations géotechniques	Analyser le rapport de l'étude géotechnique préalable (G1) ou du diagnostic géotechnique (G5) et faire une enquête documentaire complémentaire si nécessaire. Établir la note technique de définition du programme d'investigations géotechniques spécifique précisant :	Le dossier concernant l'ouvrage à étudier et comportant en particulier tous les rapports géotechniques établis dans le cadre de la mission précédente.

N°	Caractéristiques et objectifs de l'étude géotechnique de conception (G2 — Phase AVP)	Prestations à réaliser et documents à fournir par l'ingénierie géotechnique	À fournir par le client ou son mandataire
	nécessaire pour atteindre les objectifs de cette phase de la mission.	type, nombre, implantation et altimétrie, profondeur théorique des sondages, essais et mesures, avec conditions de réalisation de ces essais et mesures ; conditions et caractéristiques de prélèvement, de conditionnement et de transport des échantillons pour les essais en laboratoire ; programme détaillé des essais en laboratoire.	Tout complément ou modification ultérieurs doivent faire l'objet d'une notification écrite.
8.3.2	Pour le suivi, le contrôle et l'interprétation d'un programme d'investigations géotechniques, on se reportera aux paragraphes correspondants de la mission d'étude géotechnique préalable (G1).		
8.3.3	Compléter la synthèse géotechnique de l'étude géotechnique préalable (G1) Définir les ouvrages géotechniques au stade avant-projet Identifier les contraintes liées aux phases provisoires de travaux Assurer la cohérence de l'ensemble des données collectées et réduire les incertitudes et risques géotechniques	Confronter les données entre elles. Préciser les coupes et profils interprétatifs établis lors de l'étude géotechnique préalable, en rapport avec les investigations réalisées. Compléter l'identification des formations et déterminer leurs caractéristiques en rapport avec les résultats des essais effectués. Rédiger une note de synthèse géotechnique actualisant la note de synthèse de l'étude géotechnique préalable. Par type d'ouvrage géotechnique donner le ou les principes constructifs envisageables ; donner les principes d'adaptation sol-structure ; affiner la ZIG ; fournir une ébauche dimensionnelle et une première approche des quantités. L'Annexe A donne un exemple des données géotechniques qui peuvent être fournies pour différents types d'ouvrages géotechniques à ce stade d'étude G2 AVP	Enveloppe de la descente de charges, contraintes liées à l'adaptation sol structure Période de réalisation

8.4 - Réalisation de la phase projet

N°	Caractéristiques et objectifs de l'étude géotechnique de conception (G2 — Phase PRO)	Prestations à réaliser et documents à fournir par l'ingénierie géotechnique	À fournir par le client ou son mandataire
8.4.1	Définir (ou confirmer de manière détaillée) le programme d'investigations géotechniques nécessaire à l'étude pour atteindre les objectifs de cette phase de la mission, en tenant compte de la synthèse géotechnique issue de la phase Avant-projet ou du diagnostic géotechnique (G5).	Établir la note technique de définition du programme d'investigations géotechniques spécifique précisant : <ul style="list-style-type: none"> • type, nombre, implantation et altimétrie, profondeur théorique des sondages, essais et mesures, avec conditions de réalisation de ces essais et mesures ; • conditions et caractéristiques de prélèvement, de conditionnement et de transport des échantillons pour les essais en laboratoire ; • programme détaillé des essais en laboratoire. 	Le dossier concernant l'ouvrage à étudier pour la phase Projet. Tout complément ou modification ultérieurs doivent faire l'objet d'une notification écrite.

8.4.2	Pour le suivi, le contrôle et l'interprétation d'un programme d'investigations géotechniques, on se reportera aux paragraphes correspondants de la mission d'étude géotechnique préalable (G1).		
8.4.3	Compléter la synthèse géotechnique de l'étude géotechnique de conception phase Avant-projet. Assurer la cohérence de l'ensemble des données collectées et réduire les incertitudes et risques.	Confronter les données entre elles. Préciser les coupes et profils interprétatifs établis lors de l'étude géotechnique de conception phase Avant-projet, en rapport avec les investigations complémentaires réalisées. Compléter l'identification des formations et déterminer leurs caractéristiques en rapport avec les résultats des essais effectués. Rédiger une note de synthèse géotechnique actualisant la note de synthèse de l'étude géotechnique de conception phase Avant-projet.	
8.4.4	Conception des ouvrages géotechniques.		
8.4.4.1	Établir des notes techniques concernant les choix constructifs des ouvrages géotechniques et les dispositions particulières.	<p>Pour chaque note, rappeler notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> • la connaissance du site et de son environnement ; • la connaissance du projet et du dossier mis à disposition ; • les objectifs de l'étude, les moyens mis en œuvre et les limites de cette phase de la mission. <p>Notes techniques sur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • les choix constructifs des ouvrages : terrassements, soutènements, fondations ; • les dispositions à prendre vis-à-vis des existants, des nappes, et des avoisinants. • Pour chaque note, préciser notamment : • les aspects géotechniques en relation avec l'ouvrage (ou la partie d'ouvrage) étudié ; • la nécessité des travaux notamment terrassements et/ou soutènements en relation avec les sous-sols ; • les diverses solutions techniques possibles et les choix recommandés ; • dans le cas des terrassements : les fouilles à talus (pentes, protections et autres dispositions), les fouilles à l'abri de soutènements, les méthodes types, le traitement du fond de fouille, la maîtrise de la nappe ou des venues d'eau ; • dans le cas des soutènements : la préconisation du type de soutènement à retenir, le phasage d'exécution ; • dans le cas des fondations : les dispositions à détailler pour les fondations superficielles (semelles isolées ou filantes, radiers) ou les fondations spéciales (puits, pieux, barrettes, parois moulées...) ; • les assises de dallages et voiries ; • dans tous les cas, les documents de référence utilisés (normes, recommandations, DTU et autres). 	Dossier complet de définition de l'ouvrage projeté (notamment plans détaillés, coupes, torseur de l'ensemble des efforts). Dans le cas d'avoisinants ou d'existants, le diagnostic structure de ces ouvrages et les critères de déformation admissible pour ces ouvrages. Accord sur les dispositions proposées (réunions d'étude avec compte-rendu) et sur les documents définitifs, suivant les conditions de l'offre.

		<p>Dispositions particulières concernant les nappes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • conséquences sur les choix constructifs : par exemple maîtrise de la nappe (pompage en fond de fouille, rabattement et autres dispositions), poussée et phénomène de renard, stabilité des parois d'excavation des fondations spéciales ; • conséquences sur les ouvrages : cuvelage étanche, reprise des sous-pressions (tirants ou autres), agressivité des eaux, dispositifs de sécurité en cas de montée de nappe (par exemple sous-sols noyés volontairement), rabattement permanent (par exemple puits de pompage, tranchée drainante, paroi drainante, risques de colmatage). <p>Dispositions particulières concernant les avoisinants et les existants conservés :</p> <ul style="list-style-type: none"> • conséquences sur les choix constructifs : leur présence et leur comportement (stabilité, tassement) peuvent introduire des précautions supplémentaires telles que distances à respecter, influence des pompages ou rabattements, prise en compte de leurs charges (notamment pour la stabilité des talus de fouille et les soutènements) ; • conséquences sur les ouvrages : distances à respecter, impossibilité éventuelle d'un rabattement permanent, prise en compte du report de charge des avoisinants et existants. <p>L'Annexe A donne un exemple des données géotechniques qui peuvent être fournies pour différents types d'ouvrages géotechniques à ce stade d'étude G2 PRO</p>	
<p>8.4.4.2</p>	<p>Établir une note technique relative aux conditions d'exploitation et de maintenance des ouvrages géotechniques lorsque nécessaire.</p>	<p>Dans le cas d'ouvrages géotechniques dont le dysfonctionnement pourrait entraîner une ruine de l'ouvrage ou une impossibilité d'exploitation et dont le fonctionnement est susceptible de s'altérer dans le temps (drainages, pompages, pré ou post tension, etc...) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • décrire les fréquences prévisibles d'entretien ; • donner les moyens et méthodes nécessaires d'entretien ; • indiquer la nécessité de faire appel à un organisme professionnel (contrat d'entretien). 	
<p>8.4.4.3</p>	<p>Élaborer et fournir les notes de calcul de dimensionnement de niveau projet pour les ouvrages géotechniques concernés.</p>	<p>Rappeler les hypothèses de calcul qui découlent directement des notes techniques décrites en 8.4.4.1. Donner les valeurs caractéristiques nécessaires au dimensionnement des ouvrages retenus. Ce dimensionnement de niveau projet doit concerner en particulier :</p> <ul style="list-style-type: none"> • les dispositifs de maîtrise de la nappe ; • la stabilité des talus et des soutènements ; • la force portante des fondations (sécurité par rapport à la rupture) ; • le comportement des fondations 	<p>Données complémentaires éventuellement nécessaires. Accord sur les dispositions proposées et les documents définitifs, suivant les conditions de l'offre.</p>

		<p>soumises aux diverses sollicitations prévues (déplacements verticaux et horizontaux, moments et autres) ;</p> <ul style="list-style-type: none"> les valeurs seuils associées au projet et aux avoisinants, notamment lors de la mise en place de la méthode observationnelle. <p>Préciser les méthodes de calcul avec mention des documents de références utilisés (normes, recommandations, DTU et autres). Souligner les incertitudes qui subsistent et les risques géotechniques résiduels, conformément au Tableau 1 et au paragraphe 5.4 (définition de dispositions constructives à mettre en œuvre si nécessaire à l'exécution et qui seront précisées dans la mission d'étude et de suivi géotechniques d'exécution). Recommander les études à faire pour la poursuite du projet (étape 3 : exécution des ouvrages géotechniques).</p>	
8.4.4.4	Approcher les quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques compte tenu de l'ouvrage global défini (structure, aménagements périphériques, équipements,...).	<p>Faire une approche des quantités résultant des notes de dimensionnement.</p> <p>Faire une approche des coûts correspondants.</p> <p>Définir les moyens souhaitables à mettre en œuvre et en déduire les cadences des travaux et les délais partiels possibles.</p>	

8.5 - Réalisation de la phase DCE / ACT

N°	Caractéristiques et objectifs de l'étude géotechnique de conception (G2 — Phase DCE/ACT)	Prestations à réaliser et documents à fournir par l'ingénierie géotechnique	À fournir par le client ou son mandataire
8.5.1	Établir les documents géotechniques nécessaires à l'élaboration du DCE	Les éléments nécessaires résultent directement du paragraphe 8.4.4. Les notices techniques peuvent être faites sous forme d'une synthèse des notes détaillées en 8.4.4. La mise au point du dossier peut nécessiter des réunions de travail avec tous les intervenants concernés (pour les modifications et adaptations éventuelles).	Certains documents ou plans servant de base au dossier. Accord sur les documents définitifs suivant les conditions de l'offre.
8.5.2	Assister techniquement le client pour la sélection des entreprises spécialisées aptes à réaliser les travaux géotechniques.	Participer à l'analyse des références des entreprises spécialisées.	Les références des entreprises spécialisées pressenties.
8.5.3	Assister le client pour l'analyse technique des offres. S'assurer de la conformité des réponses des entreprises aux spécifications du dossier d'appel d'offre.	Analyse technique des réponses des entreprises (base et variantes éventuelles) avec vérification complète de la partie géotechnique : hypothèses géotechniques ; plans ; notices techniques sur l'exécution et le dimensionnement (en particulier les méthodes de calcul et les résultats) ; prix unitaires et détail estimatif ; planning et phasage ; dans le cas de variantes, leurs incidences sur l'ouvrage global en étroite collaboration avec le maître d'œuvre général, dans le respect du programme du maître d'ouvrage et la mise au point correspondante du ou des contrats de travaux.	Réponses détaillées des entreprises. Accord sur le dossier suivant les conditions de l'offre.

9 - Étape 3 : Études géotechniques de réalisation

9.1 - Généralités

L'étape de réalisation des ouvrages géotechniques concerne tout ou partie de la réalisation du projet global. Les missions d'études géotechniques de réalisation à faire à cette étape sont entreprises après l'étude géotechnique de conception (G2 DCE/ACT) figurant dans le contrat de travaux.

Il doit être réalisé deux missions distinctes et simultanées :

- l'étude et suivi géotechniques d'exécution (G3), mission confiée à l'entrepreneur qui réalise le ou les ouvrages géotechniques sauf disposition contractuelle contraire ;
- la supervision géotechnique d'exécution (G4), mission à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière.

9.2 - Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3)

Cette mission d'ingénierie géotechnique étudie dans le détail les ouvrages géotechniques. Par le suivi continu sur site des travaux, elle permet de confirmer le modèle géotechnique retenu pour la conception des ouvrages. En cas de rencontre de conditions géotechniques ou de comportement des ouvrages géotechniques en cours de réalisation significativement différents de ceux prévus mais identifiés comme risques possibles, ce suivi permet d'adapter ou de modifier la partie correspondante de l'ouvrage géotechnique concerné selon les mesures correctives prédéfinies. Dans le cas de conditions géotechniques non identifiées au stade de l'étude, ce suivi permet si nécessaire une sécurisation de l'ouvrage et des éventuels avoisinants concernés, puis la réalisation des investigations géotechniques nécessaires au diagnostic géotechnique (G5) à entreprendre dans les meilleurs délais et à la reprise correspondante de l'étude géotechnique d'exécution (missions supplémentaires à la mission G3 initiale) ou de l'étude géotechnique G2 si la conception est modifiée.

Elle se déroule en deux phases interactives :

Phase Étude :

Son objectif est d'étudier dans le détail les ouvrages géotechniques :

- en définissant un programme d'investigations géotechniques spécifiques, si nécessaire en fonction des données existantes et en assurant le suivi technique puis l'exploitation des résultats ;
- en établissant la note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par l'Étude Géotechnique de Conception (G2 DCE/ACT) et le contrat Travaux ainsi que les résultats de ces éventuelles investigations ;
- en définissant ces ouvrages, leur dimensionnement (calculs justificatifs) et les plans d'exécution ;
- en établissant les méthodes et les conditions d'exécution, le phasage, les spécifications et les plans correspondants ;
- en mettant à jour l'identification et le management des risques résiduels réalisés lors de l'Étude Géotechnique de Conception (G2 DCE/ACT) et repris dans le contrat de Travaux ;
- en établissant le plan de suivi et contrôle des travaux avec définition des auscultations à réaliser et des valeurs seuils ainsi que des dispositions constructives complémentaires nécessaires en cas d'atteinte de celles-ci dans le cas d'application de la méthode observationnelle.

Cette étude d'exécution doit être réalisée en amont des travaux correspondants et fait l'objet d'un visa de la maîtrise d'œuvre après avis de l'ingénierie géotechnique en charge de la mission G4.

La phase Suivi :

Son objectif est de vérifier que les ouvrages géotechniques sont exécutés dans le respect des règles de l'art et de contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Pour cela, cette phase Suivi doit être continue pendant la réalisation des ouvrages géotechniques et :

- vérifier la conformité du contexte géotechnique réellement rencontré avec celui pris en compte dans la phase Étude ;
- suivre le programme d'auscultation. En cas de dépassement des valeurs seuils, faire appliquer les dispositions conservatoires nécessaires. Dans le cas d'application de la méthode observationnelle, faire appliquer les dispositions constructives prédéfinies en phase Étude (mesures correctives prévues). Dans le cas où les conditions géotechniques ainsi que le comportement de l'ouvrage et des avoisinants observés seraient plus favorables que ceux envisagés au stade de la phase Étude, proposer la mise en œuvre des mesures d'optimisation prédéfinies en phase Études ;
- établir un programme d'investigations complémentaires si nécessaire, le réaliser ou en assurer le suivi technique et en exploiter les résultats ;
- établir au fur et à mesure les documents synthétiques précisant les conditions géotechniques rencontrées, le comportement des ouvrages en phase de construction et l'impact sur les avoisinants ;
- établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO).

L'ingénierie en charge de cette mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution peut sous-traiter la phase Étude à une autre ingénierie géotechnique mais elle garde l'entière responsabilité de la réalisation de cette mission et a à sa charge les obligations résultant du caractère interactif de ces deux phases : en particulier, elle doit assurer la bonne mise en œuvre du Plan de Contrôle, et prendre toutes les initiatives de déclenchement d'analyses en retour, de reprise des études d'exécution et de mise en œuvre des mesures sécuritaires et correctives si nécessaire en fonction des observations faites sur site.

9.2.1 - Phase Étude

9.2.1.1 - Offre technique

N°	Caractéristiques et objectifs de l'étude géotechnique d'exécution (G3 – Phase Étude)	Prestations à réaliser et documents à fournir par l'ingénierie géotechnique	À fournir par le client ou son mandataire
9.2.1.1.1	Analyser la demande du client.	Analyser les données et identifier les problèmes posés. Analyser les documents fournis par le client.	En complément des éléments demandés en 7.2.1.1 pour l'étude géotechnique préalable (G1) phase Étude de site : les rapports des missions d'ingénierie géotechnique antérieures, notamment l'étude géotechnique de conception (G2 DCE/ACT) ; le dossier du contrat de travaux (avec les modifications éventuelles par rapport à l'étude géotechnique de conception en cas de variante).
9.2.1.1.2	Proposer un programme d'étude géotechnique d'exécution répondant aux besoins du client.	Définir un programme d'étude géotechnique d'exécution présentant : la liste des ouvrages concernés ; les objectifs de l'étude, et les étapes	La liste des ouvrages géotechniques concernés. Les éléments complémentaires éventuellement demandés par

N°	Caractéristiques et objectifs de l'étude géotechnique d'exécution (G3 – Phase Étude)	Prestations à réaliser et documents à fournir par l'ingénierie géotechnique	À fournir par le client ou son mandataire
		suivies ; le programme d'investigations géotechniques spécifique si nécessaire ; la liste et le contenu des documents qui seront remis en fin de phase d'étude ; la définition de la mission et de ses limites ; la liste des éléments complémentaires restant à fournir par le client, en cas de réalisation de la mission.	l'ingénierie géotechnique qui a réalisé l'Étude Géotechnique de Conception. Le CCTP présentant notamment les objectifs concernant les avoisinants, les débits de pompage maximum autorisés, la classe d'exposition.

9.2.1.2 - Réalisation de la mission

N°	Caractéristiques et objectifs de l'étude géotechnique d'exécution (G3 – Phase Étude)	Prestations à réaliser et documents à fournir par l'ingénierie géotechnique	À fournir par le client ou son mandataire
9.2.1.2.1	Donner un avis sur les données géotechniques fournies dans l'étude géotechnique de conception (G2). Faire une analyse critique des paramètres de calcul prévus.	Analyse détaillée des documents issus des missions précédentes. Notes d'hypothèses géotechniques précisant les éventuelles incertitudes à lever par des investigations géotechniques complémentaires.	Dossiers de l'étude géotechnique de conception (G2 DCE / ACT) figurant dans le contrat de travaux
9.2.1.2.2	Définir en fonction des données existantes le programme d'investigations géotechniques complémentaires nécessaire pour atteindre les objectifs de la mission	Établir la note technique de définition du programme d'investigations géotechniques spécifique précisant : <ul style="list-style-type: none"> • type, nombre, implantation et altimétrie, profondeur théorique des sondages, essais et mesures, avec conditions de réalisation de ces essais et mesures ; • conditions et caractéristiques de prélèvement, de conditionnement et de transport des échantillons pour les essais en laboratoire ; • programme détaillé des essais en laboratoire. 	Le dossier concernant l'ouvrage à étudier et comportant en particulier tous les rapports géotechniques établis dans le cadre des missions antérieures. Tout complément ou modification ultérieurs doivent faire l'objet d'une notification écrite.
9.2.1.2.3	Actualiser les données géotechniques en cas de réalisation d'investigations complémentaires	Note d'hypothèses géotechniques complétée et actualisée, avec définition et justification des paramètres de calcul.	
9.2.1.2.4	Établir les notices d'exécution détaillées des ouvrages	Fournir des notes techniques détaillées sur : <ul style="list-style-type: none"> • les méthodes d'exécution des ouvrages : terrassements, soutènements, fondations ; • les dispositions à prendre vis-à-vis des existants (à conserver ou à démolir), des nappes, des avoisinants ; • le phasage et le planning ; • les incertitudes qui subsistent et les risques résiduels encourus conformément au Tableau 1 et au paragraphe 5.4 sur l'enchaînement des missions et la maîtrise des risques géotechniques. Les dispositions constructives complémentaires à mettre en œuvre lors de la survenance de certains risques identifiés. Préciser le programme de suivi à mettre en œuvre, objet de la phase de Suivi géotechnique d'exécution, notamment : <ul style="list-style-type: none"> • levés géologiques ; • auscultations ; • mesures ; • critères permettant de juger de la 	Données complémentaires s'avérant nécessaires en cours d'étude. Accord sur les dispositions proposées (réunions d'études avec comptes rendus) et les documents définitifs, suivant les conditions de l'offre.

N°	Caractéristiques et objectifs de l'étude géotechnique d'exécution (G3 – Phase Étude)	Prestations à réaliser et documents à fournir par l'ingénierie géotechnique	À fournir par le client ou son mandataire
		<p>nécessité d'une adaptation du projet (notamment valeurs seuils) ;</p> <ul style="list-style-type: none"> éléments à intégrer dans l'organisation du contrôle de la qualité (plan de contrôle avec points critiques et points d'arrêt). 	
9.2.1.2.5	Effectuer le dimensionnement détaillé des ouvrages concernés	<p>Fournir des notes de calcul comprenant :</p> <ul style="list-style-type: none"> le rappel des hypothèses de calcul qui découlent directement des notes techniques décrites en 9.2.1.2.1 à 9.2.1.2.4 ; les méthodes de calcul utilisées avec mention des documents de référence (normes, recommandations, DTU,...) ; un commentaire sur les résultats obtenus 	<p>Données complémentaires s'avérant nécessaires en cours d'étude.</p> <p>Accord sur les dispositions proposées (réunions d'études avec compte rendus) et les documents définitifs, suivant les conditions de l'offre.</p>
9.2.1.2.6	Établir les plans d'exécution, de phasage et de suivi	Établir les plans d'exécution des ouvrages géotechniques comprenant en particulier les principales hypothèses retenues, les phases provisoires critiques.	

9.2.1.3 - Dossier d'étude géotechnique d'exécution

N°	Caractéristiques et objectifs de l'étude géotechnique d'exécution (G3 – Phase Étude)	Prestations à réaliser et documents à fournir par l'ingénierie géotechnique	À fournir par le client ou son mandataire
		Dossier récapitulatif de la mission comprenant : une note de présentation générale ; tout ou partie des notes et plans détaillés dans les paragraphes 9.2.1.2.3 à 9.2.1.2.6.	<p>Accord sur la constitution du dossier</p> <p>Accord sur le dossier suivant les conditions de l'offre.</p>

9.2.2 - Phase Suivi

N°	Caractéristiques et objectifs de l'étude géotechnique d'exécution (G3 – Phase Suivi)	Prestations à réaliser et documents à fournir par l'ingénierie géotechnique	À fournir par le client ou son mandataire
9.2.2.1.	Analyser la demande du client.	Analyser les données et identifier les problèmes posés. Analyser les documents de l'étude géotechnique d'exécution.	L'ensemble des documents établis au cours de la phase Étude géotechnique d'exécution. Les rapports géotechniques des missions antérieures.
9.2.2.1.	Analyser le programme de contrôle et d'auscultation défini dans l'étude géotechnique d'exécution répondant aux besoins du client.	Liste des ouvrages concernés, programme et nature des contrôles. La liste et le contenu des documents contrôlés. La définition de cette phase de la mission et de ses limites.	La liste des ouvrages géotechniques concernés. Les éléments complémentaires éventuellement demandés par l'ingénierie géotechnique en charge de la mission G4.
9.2.2.2	RÉALISATION DE LA MISSION		
9.2.2.2.1	Avis sur le contexte géotechnique réellement rencontré.	Vérification de la conformité aux hypothèses géotechniques retenues pour l'étude géotechnique d'exécution.	Résultats des reconnaissances géotechniques complémentaires et des levés géologiques et hydrogéologiques.
9.2.2.2.2	Avis sur le mode de réalisation des ouvrages, les procédures d'exécution	Vérification de la conformité des travaux aux études et plans d'exécution, aux règles de l'art, aux règlements, aux normes et recommandations, au plan de contrôle établi en phase Étude	
9.2.2.2.3	Avis sur le comportement observé de l'ouvrage et des avoisinants concernés.	Vérification de la conformité des valeurs mesurées par rapport aux valeurs seuils prédéfinies.	Résultats des auscultations spécifiques (méthode observationnelle). Résultats des contrôles extérieurs.

N°	Caractéristiques et objectifs de l'étude géotechnique d'exécution (G3 – Phase Suivi)	Prestations à réaliser et documents à fournir par l'ingénierie géotechnique	À fournir par le client ou son mandataire
		Application de la méthode observationnelle.	
9.2.2.2.4	<p>Alerter en cas de dépassement des valeurs seuils.</p> <p>Alerter en cas de survenance d'un risque non identifié.</p>	<p>Suivre les résultats des auscultations, alerter son client et le maître d'œuvre et déclencher l'application des mesures sécuritaires ou des mesures correctives prédéfinies.</p> <p>En cas de survenance d'un risque non identifié, alerter l'entrepreneur, le maître d'ouvrage (ou la maîtrise d'œuvre ou l'ingénierie en charge de la mission G4), les tenir informés des constats réalisés, des mesures sécuritaires prises si nécessaire.</p> <p>Le maître d'ouvrage lancera les missions complémentaires de diagnostic géotechnique et d'adaptation de l'étude géotechnique de conception et/ou d'exécution si nécessaire.</p>	
9.2.2.3	DOSSIER DE SUIVI GÉOTECHNIQUE D'EXÉCUTION		
		<p>Dossier récapitulatif de la mission comprenant tout ou partie des notes détaillées dans les paragraphes 9.2.2.2.1 à 9.2.2.2.3 et notamment les éléments géotechniques nécessaires à l'établissement du Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE) et du Dossier d'Interventions Ultérieures sur l'Ouvrage (DIUO).</p>	<p>Accord sur le dossier.</p>

9.3 - Supervision géotechnique d'exécution (G4)

L'objectif de la mission de supervision géotechnique d'exécution G4 est la vérification de conformité de l'étude et du suivi géotechniques d'exécution des ouvrages géotechniques G3 dans le respect des règles de l'art, pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Pour une meilleure efficacité, il est recommandé de confier cette mission G4 à l'ingénierie géotechnique qui a réalisé la mission G2.

À la charge du Maître d'Ouvrage ou son mandataire, et réalisée en collaboration avec la maîtrise d'œuvre ou intégrée à cette dernière, cette mission d'ingénierie géotechnique, confiée avant démarrage de la mission G3, se décompose en deux phases interactives :

Phase Supervision de l'étude d'exécution

Cette phase de supervision de l'étude géotechnique d'exécution permet de vérifier que les documents établis dans le cadre de cette étude respectent les dispositions du projet géotechnique et sont conformes aux objectifs du projet. L'ingénierie géotechnique chargée de cette supervision donne un avis sur :

- la note d'hypothèses géotechniques, les notes de calcul et de dimensionnement, la définition et les plans des ouvrages géotechniques, les méthodes d'exécution et les phasages ;
- les adaptations ou les optimisations potentielles des ouvrages géotechniques proposées ;
- le programme d'investigations complémentaires et d'auscultations proposées ;
- les valeurs seuils et la procédure de leur suivi
- en cas d'application de la méthode observationnelle, les dispositions constructives complémentaires lorsqu'une des valeurs seuils est atteinte.

Phase Supervision du suivi d'exécution

Cette phase de supervision du suivi géotechnique d'exécution a pour objectif, par une intervention périodique et discontinue sur le chantier, de vérifier que le suivi géotechnique d'exécution, continu et à la charge de l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, permet de confirmer à l'avancement des travaux le modèle géologique et le contexte géotechnique retenus ainsi que la similitude entre comportement prévu et comportement observé de l'ouvrage et des ouvrages avoisinants, et ainsi de contribuer à la maîtrise des risques géotechniques.

Les modalités d'intervention de l'ingénierie géotechnique en charge de la supervision du contrôle opéré par l'ingénierie géotechnique de la mission G3 doivent être définies ou proposées par l'ingénierie géotechnique et validées par le maître d'ouvrage ou son mandataire avant le démarrage de la mission G3.

L'ingénierie géotechnique chargée de cette supervision donne un avis sur :

- le contexte géotechnique observé dans le cadre d'investigations complémentaires et/ou lors des travaux de réalisation des ouvrages géotechniques, ce contexte observé étant synthétisé dans le cadre du suivi géotechnique d'exécution ;
- le comportement de l'ouvrage et des avoisinants concernés tels qu'observés dans le cadre du suivi géotechnique d'exécution ;
- toute adaptation ou optimisation (solutions variantes ou adaptations aux conditions réelles de chantier) que l'entreprise serait amenée à proposer pour un ouvrage géotechnique du projet en cours de réalisation dont le comportement observé ne serait pas conforme aux prévisions faites au stade de l'étude géotechnique d'exécution ;
- l'utilité et la définition d'une campagne d'investigation complémentaire proposée par l'entrepreneur dans le cadre du suivi géotechnique d'exécution ;
- l'opportunité d'une mission de diagnostic géotechnique (mission G5) à la charge du maître d'ouvrage sauf dispositions contraires, dans le cas de survenance d'un risque non identifié ;
- le dossier géotechnique de fin de travaux à intégrer au dossier de suivi des ouvrages exécutés (DOE), et les recommandations de maintenance des ouvrages géotechniques exécutés à incorporer au dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO).

N°	Caractéristiques et objectifs de la mission de supervision géotechnique d'exécution (G4)	Prestations à réaliser et documents à fournir par l'ingénierie géotechnique	À fournir par le client ou son mandataire
9.3.1	OFFRE TECHNIQUE		
9.3.1.1	Analyser la demande du client.	Analyser les données et identifier les problèmes posés. Analyser les documents fournis par le client. Analyser les missions antérieures et juger de leurs pertinences.	Le dossier du marché comprenant le dossier de consultation des entreprises avec les modifications éventuelles en cas de variante ou à défaut le dossier de projet. Les éléments techniques qui ont dirigé le choix des éventuelles variantes Les rapports géotechniques antérieurs.
9.3.1.2	Proposer un programme de supervision de l'étude et suivi géotechniques d'exécution répondant aux besoins du client.	Liste des ouvrages géotechniques concernés, programme et nature des supervisions. La liste et le contenu des documents objet de la supervision. La définition de la mission et de ses limites.	La liste des ouvrages géotechniques concernés. Les éléments complémentaires éventuellement demandés par l'ingénierie géotechnique. Les modalités d'intervention de l'ingénierie géotechnique en charge de la G4
9.3.2	RÉALISATION DE LA MISSION Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution		
9.3.2.1	Donner un avis sur le projet d'exécution géotechnique. Faire une analyse critique des paramètres de calcul.	Analyse détaillée des documents de l'étude géotechnique d'exécution. Note de commentaires.	Étude d'exécution géotechnique (G3), et en particulier : Note d'hypothèses géotechniques Notice détaillée d'exécution des ouvrages géotechniques Note d'impact sur la zone d'influence

N°	Caractéristiques et objectifs de la mission de supervision géotechnique d'exécution (G4)	Prestations à réaliser et documents à fournir par l'ingénierie géotechnique	À fournir par le client ou son mandataire
			géotechnique, en termes de stabilité ou d'hydrogéologie.
9.3.2.2	Donner un avis sur les plans et notices techniques (méthodes d'exécution et de dimensionnement). En cas d'application de la méthode observationnelle, donner un avis sur la procédure de suivi des valeurs seuils.	Effectuer l'analyse détaillée des documents. Rédiger une note de commentaires.	Plans et Notices techniques (G3), et en particulier : terrassements ; fondations ; soutènements.
9.3.2.3	Donner un avis sur les notices d'exécution détaillées des ouvrages. En cas d'application de la méthode observationnelle, donner un avis sur les actions prévues lorsque les valeurs seuils sont atteintes.	Analyse des méthodes d'exécution des ouvrages : dispositions à prendre, phasages détaillés ; planning et éléments dans l'organisation du contrôle de la qualité.	
9.3.2.4	Donner un avis sur le dimensionnement détaillé des ouvrages concernés.	Vérification des notes de calcul comprenant : un commentaire sur les résultats obtenus ; les incertitudes qui subsistent et les risques résiduels encourus.	
9.3.2.5	Valider le programme d'investigations complémentaires et de suivi proposé dans le cadre de l'étude et du suivi géotechniques d'exécution.	Avis sur le programme, notamment : investigations géotechniques ; levés géologiques ; auscultations ; mesures ; critères permettant de juger de la nécessité d'une adaptation du projet	Programme prévu dans le cadre de l'étude et du suivi géotechniques d'exécution.
9.3.3	DOSSIER DE SUPERVISION DE L'ETUDE GEOTECHNIQUE D'EXECUTION		
	Dossier de synthèse des supervisions effectuées.	Dossier récapitulatif de la mission : Note de présentation générale. Tout ou partie des notes détaillées dans les paragraphes 9.3.2.1 à 9.3.2.5.	Accord sur le dossier.
9.3.4	RÉALISATION DE LA MISSION Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution		
9.3.4.1	Avis sur le contexte géotechnique réellement rencontré.	Vérification de la conformité aux hypothèses géotechniques issues des études de projet.	Notamment résultats des investigations géotechniques complémentaires et des levés géologiques et hydrogéologiques (G3).
9.3.4.2	Avis sur le comportement observé de l'ouvrage et des avoisinants concernés.	Vérification de la conformité des valeurs mesurées par rapport aux valeurs de seuil dans le cas d'application de la méthode observationnelle.	Résultats des auscultations spécifiques, des contrôles intérieurs (G3) et extérieurs s'ils ne font pas partie de la mission G4.
9.3.4.3	Avis sur l'adaptation ou l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entreprise.	Vérification de la conformité des ouvrages adaptés aux objectifs du projet.	Plans et notes d'adaptation des ouvrages proposés par l'entrepreneur.
9.3.5	DOSSIER DE SUPERVISION DU SUIVI GEOTECHNIQUE D'EXECUTION		
	Dossier de synthèse de la supervision de suivi effectuée à intégrer au dossier de suivi des ouvrages exécutés (DOE) et au dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO) pour les ouvrages géotechniques exécutés.	Dossier récapitulatif de la mission : note de présentation générale ; compte rendus de chantier concernant les ouvrages géotechniques ; tout ou partie des notes détaillées dans les paragraphes 9.3.4.1 à 9.3.4.3.	Accord sur le dossier.

10 - Diagnostic géotechnique (G5)

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative et dans le cadre défini par le client, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique réalisable à tous les stades d'avancement d'un projet ou pour un ouvrage existant avec ou sans désordre, précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

Cette mission ne concerne strictement que l'ouvrage ou la partie d'ouvrage géotechnique spécifiée sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.

Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).

10.1 - Offre technique

N°	Caractéristiques et objectifs du diagnostic géotechnique (G5)	Prestations à réaliser et documents à fournir par l'ingénierie géotechnique	À fournir par le client
10.1.1	Analyser la demande du client	Analyser les données et identifier les problèmes posés. Analyser les documents fournis par le client. Faire une enquête de voisinage, si nécessaire. Faire une enquête documentaire du cadre géotechnique.	Plan de situation. Plan de masse. Plans et coupes. Liste de tous les rapports géotechniques existants concernant le site. Documents d'étude antérieurs, en relation avec la partie d'ouvrage à étudier. Sujétions d'accès. Historique du site. État d'avancement dans la chronologie de la construction, et événements significatifs survenus. Contraintes spécifiques éventuelles qui régissent le projet : notamment critères de l'ouvrage (tolérances, maintenance), durée d'exécution, phasage, niveau de protection requis contre les infiltrations d'eau, classification de l'ouvrage vis-à-vis des séismes. Tout autre document nécessaire à la définition et à la compréhension du ou des éléments géotechniques et du ou des problèmes géotechniques spécifiques à traiter. Préciser le cadre du diagnostic : demande de la part du maître d'ouvrage, d'un constructeur, d'un assureur, d'un expert.
10.1.2	Après analyse, valider le cas échéant les données géotechniques disponibles et proposer un programme d'étude de diagnostic incluant, si le géotechnicien le juge nécessaire, un programme d'investigations et/ou d'auscultation adapté aux problèmes identifiés, pour répondre aux besoins du client ou du demandeur.	Définir un programme d'étude de diagnostic présentant : les objectifs de l'étude ; le programme d'investigation et/ou d'auscultation spécifique éventuelle nécessaire à l'établissement du diagnostic, à exécuter ou faire exécuter ; les étapes suivies ; la liste et le contenu des documents qui seront remis en fin de mission ;	Accord sur le programme. Les sujétions particulières relatives à l'ouvrage, à son environnement. Les sujétions particulières relatives à la procédure éventuellement engagée (ouvrage avec sinistre).

N°	Caractéristiques et objectifs du diagnostic géotechnique (G5)	Prestations à réaliser et documents à fournir par l'ingénierie géotechnique	À fournir par le client
		<p>la définition des prestations et de leurs limites, avec en particulier l'intégration ou non de la supervision des investigations géotechniques éventuelles ;</p> <p>la liste des éléments complémentaires restant à fournir par le client en cas de réalisation de la mission.</p> <p>Prise de contact préalable avec le client et les tiers concernés pour se mettre d'accord à l'avance sur les conditions générales d'intervention : visite des lieux ;</p> <p>établissement de la liste des sujétions et autorisations d'accès et d'intervention, des aménagements à effectuer, des dégâts prévisibles et des moyens de remise en état.</p>	

10.2 - Réalisation de la mission

N°	Caractéristiques et objectifs du diagnostic géotechnique (G5)	Prestations à réaliser et documents à fournir par l'ingénierie géotechnique	À fournir par le client
10.2.1	<p>Définir ou confirmer le plan d'étude du diagnostic, si nécessaire, en fonction des données connues du terrain, de l'expérience locale, de la nature de l'élément et du problème spécifique à traiter.</p> <p>Obtenir les données nécessaires pour atteindre les objectifs de la mission et vérifier la validité des informations fournies par le client.</p>	<p>Enquête documentaire (archives, géologie, publications, antécédents,...). Note technique de définition du programme des investigations géotechniques et d'auscultation éventuellement nécessaires pour l'établissement du diagnostic, précisant :</p> <ul style="list-style-type: none"> • type, nombre, implantation et altimétrie, profondeur théorique des forages, essais et mesures avec conditions d'arrêt ; • nature et conditions de réalisation des essais et mesures ; • conditions et caractéristiques de prélèvement des échantillons pour essais en laboratoire ; • programme des essais en laboratoire ; • tout autre essai ou investigation nécessaire à la réalisation de la mission ; • adaptation possible des investigations et auscultations, en fonction des premiers résultats obtenus. 	<p>Dossier complet relatif à l'ouvrage ou à la partie d'ouvrage concernée et tout document existant, demandé par l'ingénierie géotechnique.</p> <p>Tout complément et/ou modification ultérieure devra faire l'objet d'une notification écrite.</p>
10.2.2	<p>Assister techniquement le client pour le choix des entreprises devant réaliser les investigations géotechniques.</p>	<p>Participer à l'analyse des références des prestataires.</p> <p>Faire l'analyse technique des réponses des prestataires.</p>	<p>Référence des prestataires pressentis.</p> <p>Réponses détaillées des prestataires.</p>
10.2.3	<p>Suivre et contrôler l'exécution des investigations géotechniques et des auscultations.</p>	<p>Assurer une surveillance régulière.</p> <p>Rendre compte régulièrement des avancements (réunions de chantier périodiques).</p>	<p>La commande passée au prestataire chargé des investigations géotechniques.</p> <p>Le client doit faire obligation au prestataire de fournir régulièrement le résultat de ses sondages et essais</p>
10.2.4	<p>Adapter le programme des</p>	<p>Analyser régulièrement les résultats</p>	<p>Accord écrit sur les modifications proposées</p>

N°	Caractéristiques et objectifs du diagnostic géotechnique (G5)	Prestations à réaliser et documents à fournir par l'ingénierie géotechnique	À fournir par le client
	investigations géotechniques et/ou d'auscultation en fonction des premiers résultats obtenus.	recueillis pour permettre d'orienter et de modifier si nécessaire le programme.	par l'ingénierie géotechnique ou compte-rendu de réunion.
10.2.5	Interpréter les résultats de la campagne d'investigations géotechniques. Valider les données factuelles fournies par le prestataire chargé de la campagne d'investigations géotechniques.	Contrôler le dépouillement des essais et en faire l'analyse critique.	
10.2.6	Examiner et valider la cohérence des données collectées et en faire la synthèse.	Confronter les données entre elles. Établir les coupes et profils interprétatifs, en rapport avec le maillage et la nature des investigations réalisées. Définir les formations identifiées comme homogènes au regard du problème posé, confirmer ou adapter leurs valeurs caractéristiques en rapport avec les résultats des essais effectués. Confirmer les objectifs et les limites de la mission.	NOTE Les données antérieures sont également prises en compte si elles sont jugées représentatives
10.2.7	Diagnostic géotechnique	Identifier les documents fournis et valider la connaissance de l'ouvrage. Valider la connaissance et l'environnement géotechniques du site. Essayer d'apprécier au mieux la Zone d'Influence Géotechnique. Confirmer les objectifs et les limites de la mission. Dans le cadre de l'étude approfondie d'un ou des éléments géotechniques spécifiques faisant l'objet de la mission, étudier les techniques employées pour l'adaptation au sol de l'ouvrage ou de la partie d'ouvrage concernée. Dans le même cadre, vérifier ou faire vérifier la géométrie, la nature et le comportement des ouvrages en cours de réalisation ou réalisés. Mener les études adaptées sur le ou les éléments géotechniques spécifiques faisant l'objet de la mission, en fonction du problème posé. Identifier la ou les causes se trouvant à l'origine du désordre (ouvrage avec désordre). Définir les mesures conservatoires et les méthodes possibles de stabilisation ou de réparation (ouvrage avec désordre). Examiner la nécessité des compléments d'étude éventuels.	Dossier complet remis en 10.2.1

10.3 - Rapport de diagnostic géotechnique

N°	Caractéristiques et objectifs du diagnostic géotechnique (G5)	Prestations à réaliser et documents à fournir par l'ingénierie géotechnique	À fournir par le client
10.3.1	Rendre compte des résultats de la mission	Respecter un plan type qui doit au minimum : <ul style="list-style-type: none"> • comprendre les éléments généraux définis en 5.3 de la 	Acceptation du rapport suivant les conditions de l'offre.

N°	Caractéristiques et objectifs du diagnostic géotechnique (G5)	Prestations à réaliser et documents à fournir par l'ingénierie géotechnique	À fournir par le client
		<p>présente norme ;</p> <ul style="list-style-type: none"> • tenir compte des documents de référence utilisés (normes, recommandations, DTU) ; • présenter les données collectées lors de la réalisation de cette mission ; • identifier et valider les résultats à prendre en compte, issus des études géotechniques préalables ; • fournir les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du diagnostic ; • étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant ; • le cas échéant, indiquer les principes généraux de solutions ou de construction envisageables (ouvrage sans sinistre) ou encore de réparation envisageable (ouvrage avec sinistre) ; • indiquer les incertitudes et risques qui subsistent, identifiés après cette mission ; préciser notamment l'influence de cet (ces) élément(s) géotechnique(s) sur les risques géotechniques identifiés pour le projet ou l'ouvrage existant ; • préciser les investigations complémentaires pour réduire ces incertitudes et les conséquences de ces aléas ; • rappeler les missions nécessaires pour la mise au point du projet et sa réalisation. Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3). 	

Annexe A (informative) - « Exemples de contenu des missions d'ingénierie géotechnique préalable G1 et de conception G2 »

Préambule

Cette annexe informative énumère des exemples de données géotechniques à fournir au niveau des études géotechniques préalables (G1) et des études géotechniques de conception (G2).

Le contenu des tableaux est une liste de problématiques à étudier qui peut être adaptée en fonction du projet. En ce sens, cette liste peut-être simplifiée ou complétée.

L'annexe A.1 (contexte géotechnique) concerne tous les projets quel que soit le type d'ouvrage géotechnique.

Les annexes A.2 à A.6 concernent des spécificités pour des ouvrages géotechniques particuliers :

- Ouvrages en terre (annexe A.2)
- Ecrans de soutènement et grandes fouilles (annexe A.3)
- Fondations superficielles (annexe A.4)
- Fondations profondes (annexe A.5)
- Assises de dallages et voiries (annexe A.6)

A1 — Contexte géotechnique

Tableau A.1 – Exemple d'études à faire à chaque phase d'une mission

Problématique à étudier	G1 PGC	G2 Avant-Projet	G2 Projet
Modèle géologique	Cadre géologique général	Première approche d'un modèle géologique	Modèle géologique retenu et définition des profils de calcul
Identification et impact potentiel des risques naturels	Liste des risques identifiés	Étude des différents risques identifiés	Prise en compte des risques identifiés dans la définition du projet
Contexte hydrogéologique	Cadre général	Première approche d'un modèle hydrogéologique (ordres de grandeur des perméabilités, niveaux relevés dans le temps pour les différents aquifères)	Modèle hydrogéologique retenu (*) (propriétés des différents aquifères, niveaux d'eau caractéristiques EB, EF, EH, EE, PHEC)
Impact du projet sur la stabilité générale du site	Identification du risque éventuel d'instabilité	Étude de la stabilité générale du site pour un profil type	Étude de la stabilité générale du site avec étude détaillée des éventuels renforcements
Définition de la ZIG	Indication générale	Première approche de la ZIG	Définition de la ZIG retenue pour le projet
Susceptibilité de liquéfaction	Première approche du risque	Qualification du risque de liquéfaction	Définitions d'éventuels confortements (fondations profondes, améliorations de sols)
Caractéristiques géotechniques	non	Première estimation des caractéristiques importantes	Valeurs caractéristiques proposées pour le projet
Caractéristiques dynamiques du sol	non	non	oui (si nécessaire)
Agressivité du milieu ambiant hors pollution	non	non	oui (si nécessaire)
Points sensibles à suivre lors de la réalisation	non	non	oui
Entretien et suivi des ouvrages géotechniques dans le temps	non	non	Conditions de suivi et d'entretien, définition des dispositifs d'instrumentation éventuels
(*) Ces points peuvent nécessiter l'intervention d'un hydrogéologue missionné soit par le maître d'ouvrage ou son mandataire soit par l'ingénierie géotechnique			

A2 — Ouvrages en terre

Tableau A.2 – Exemple d'études à faire à chaque phase d'une mission

Problématique à étudier	G1 PGC	G2 Avant-Projet	G2 Projet
Terrassabilité des matériaux à extraire (si nécessaire)	Principes généraux	Modes de terrassements envisageables	Modes de terrassement envisagés et devenir des terres excavées du point de vue géotechnique
Stabilité interne et mixte	Identification du risque	Étude d'un cas type	Étude pour l'ensemble du projet
Impact sur l'hydrogéologie du site	Identification du risque	Étude générale pour minimiser l'impact	Étude détaillée pour minimiser l'impact du projet
Phasage des travaux (déblais, amélioration de plateforme, drainage, remblais...)	Non	Principes généraux	Définition du phasage des travaux et définition des dispositions constructives envisagées (amélioration de sol, drainage...)
Portance de l'assise	Identification du risque	Étude d'un cas type	Étude pour l'ensemble du projet
Évaluation des déplacements	Identification du risque	Première approche des déplacements potentiels et de la durée de consolidation	Calcul des déplacements et des temps de consolidation tenant compte du phasage, de l'amélioration de sols envisagée...
Comportement sous sollicitations sismiques (si nécessaire)	Identification du risque	Étude du risque de liquéfaction	Calcul détaillé
Réutilisation des matériaux de déblai en remblai	Non	Conditions générales de réemploi des matériaux	Conditions de réemploi : épaisseur, compactage, traitements, contrôles...
Sujétions d'exécution (drainage, rabattement provisoire, phasage, traficabilité...)	Non	Principes généraux (dispositions constructives, phasage)	Étude détaillée (dispositions constructives, phasage)

A3 — Écrans de soutènement et grandes fouilles

Tableau A.3 – Exemple d'études à faire à chaque phase d'une mission

Problématique à étudier	G1 PGC	G2 Avant-Projet	G2 Projet
Nature des ouvrages de soutènement	Familles d'ouvrages envisageables	Étude comparative des soutènements envisageables	Définition des ouvrages retenus pour le projet et des profils de calcul
Dimensionnement de l'écran (poussées/butées, ancrages, renard solide, fiche hydraulique, efforts)	non	Première approche dimensionnelle pour un profil type	Calcul sur profils définis, pour toutes les phases provisoires et définitives
Évaluation des déplacements	Non	Première approche dimensionnelle pour un profil type et avis sur l'application de la méthode observationnelle	Calcul des différents profils, pour toutes les phases provisoires et définitives ; avis sur les valeurs seuils
Capacité portante du soutènement (si nécessaire)	Non	Exemples de calculs pour un profil type	Calcul pour chaque profil défini
Tirants, clous, butons	Faisabilité générale	Première approche dimensionnelle pour un profil type	Calcul sur profils définis, pour toutes les phases provisoires et définitive*
Comportement sous sollicitations sismiques (si nécessaire)	Identification des risques	Calcul pour un profil	Calcul détaillé pour chaque profil défini
Influence des ouvrages géotechniques sur le voisinage (nappe, mitoyens,...)	identification des risques	Étude pour un profil type	Étude pour les différents profils du projet
Stabilité du fond de fouille au soulèvement	Identification du risque	Première approche pour les phases jugées critiques	Étude pour toutes les phases de construction (provisoires et définitive)
Rabattement de la nappe (si nécessaire)	Identification des risques	Solutions envisageables et première approche du débit d'exhaure (si essai de pompage réalisé)	Définition de la solution retenue et détermination d'une fourchette de débits d'exhaure probables
Sujétions d'exécution (talus, blindage, drainage, rabattement provisoire, phasage,...)	non	Objectifs de performance à rechercher	Nature, faisabilité (fonçage), critères de réception
(*)la liaison entre les murs, parois et liernes, d'une part, et les tirants et butons, d'autre part, ne relèvent pas de cette mission d'ingénierie géotechnique			

A4 — Fondations superficielles

Tableau A.4 – Exemple d'études à faire à chaque phase d'une mission

Problématique à étudier	G1 PGC	G2 Avant-Projet	G2 Projet
Formations géologiques mobilisables	oui	oui	oui
Profondeur des formations géologiques mobilisables	ordre de grandeur	Variations envisageables	Modèle proposé
justification de la stabilité locale (portance, renversement, glissement)	non	Exemples de calcul pour quelques fondations types	Calcul pour les fondations
Amélioration de sol (si nécessaire)	principe général	Première approche (objectif, caractéristiques principales)	Définition et calcul de l'amélioration envisagée (objectif, caractéristiques, contrôles)
retrait-gonflement	1ère approche du risque	Propositions de prise en compte du risque (méthodes de protection, dispositions constructives)	Définition des dispositions pour prise en compte du risque (méthodes de protection, dispositions constructives)
évaluation des déplacements	non	Première approche	Calcul pour chaque profil défini
comportement sous sollicitations sismiques (si nécessaire)	identification des risques potentiels	Étude du risque de liquéfaction	Calcul pour chaque profil défini
comportement sous sollicitations dynamiques (si nécessaire)	non	non	Calcul pour chaque profil défini
sujétions d'exécution (drainage, blindage, rabattement provisoire, phasage, substitution...)	non	Principes généraux	Étude détaillée

A5 — Fondations profondes

Tableau A.5 – Exemple d'études à faire à chaque phase d'une mission

Problématique à étudier	G1 PGC	G2 Avant-Projet	G2 Projet
Formations géologiques mobilisables	oui	Oui	oui
Profondeur des formations géologiques mobilisables	Ordre de grandeur	Variations envisageables	Modèle proposé
Type de pieux (classes et catégories)	Non	Liste des différentes techniques envisageables	Catégorie de pieux envisagée
Frottement latéral	Non	Première approche des valeurs envisageables	Valeurs retenues
Terme de pointe	Non	Première approche des valeurs envisageables	Valeurs retenues
Frottement négatif (si nécessaire)	Non	Première approche des valeurs envisageables	Valeurs retenues
Calcul de capacité portante	Non	Exemple de calculs pour quelques fondations types	Calcul pour les fondations
Comportement sous sollicitations horizontales (si nécessaire)	Non	Première approche pour quelques fondations types	Calcul du comportement des fondations
Dimensionnement de la structure de la fondation	Non	Type de matériaux envisageables et vérification de la contrainte moyenne admissible	Vérification des dimensions des fondations
Évaluation des déplacements (si nécessaire)	Non	Première approche	Calcul pour chaque profil défini
Comportement de groupes de pieux (si nécessaire)	Non	Première approche	Calcul pour chaque profil défini
Comportement sous sollicitations dynamiques	Non	Non	Calcul pour chaque profil défini (si nécessaire)
Sujétions d'exécution (présence d'eau, stabilité des parois, terrains durs, phasage...)	Non	Grands principes	Étude détaillée

A6 — Assises de dallages et voiries

Tableau A.6 – Exemple d'études à faire à chaque phase d'une mission

Problématique à étudier	G1 PGC	G2 Avant-Projet	G2 Projet
Caractérisation de l'assise	Faisabilité d'un dallage sur terre-plein	Première approche de la classe de la plateforme (PST AR)	Définition de la classe de la plateforme (PST AR) après travaux préparatoires éventuels (décapage, purges,...)
Module Es et épaisseur des différentes couches du sol d'assise	non	Première approche des valeurs envisageables	Valeurs caractéristiques
Évaluation des déformations	Identification des zones compressibles	Première approche des déformations sous chargements uniformes	Calcul des déformations sous différents cas de charges (chargements différentiels, appuis de racks,...)
Amélioration de sol (si nécessaire)	Principe général	Première approche (objectif, caractéristiques principales)	Définition et calcul de l'amélioration (objectif, caractéristiques, contrôles)
Couche de forme	non	Première approche	Dimensionnement (constitution, épaisseur...) et critères de réception
Traitement du sol support (si envisageable)	non	Traitement envisageable pour les sols concernés	Définition du traitement envisagé (épaisseur, dosage...)
Drainage de la plateforme	non	Principe général	Dispositions constructives et dimensionnement du drainage
<p>NOTA : le dimensionnement du dallage (évaluation des sollicitations pour déterminer l'épaisseur béton et le ferrailage y compris la prise en compte des effets thermiques) ne relève pas de ces missions d'ingénierie géotechnique</p>			