

Chapitre I : Rôle et responsabilités du Géotechnicien dans le processus de conception (NF P 94-500 2006)

Objectifs visés par ce chapitre

A la fin de ce chapitre l'étudiant sera capable de :

- ☐ réussir une campagne de reconnaissance géotechnique ;
- ☐ Respecter ses responsabilités en tant qu'un géotechnicien ;
- ☐ Intervenir dans l'étude des projets géotechniques.

1. Introduction

La reconnaissance des sols est une étape très importante pour tout ouvrage de génie civil. Elle permet d'appréhender les problèmes qui peuvent se poser lors de l'étude d'un projet de construction ou lors de l'expertise de sinistres. La reconnaissance des propriétés d'un terrain constitue le lien entre la cause d'un sinistre et les remèdes que l'on se propose de mettre en place. Il y a sommairement, deux catégories de moyens de reconnaissances qui complètent les investigations géologiques de surface à savoir :

- Les méthodes d'observation du terrain, soit en place, soit à l'aide d'échantillons (prolongement en profondeur de la géologie de surface) : puits, tranchées, sondages...
- Les méthodes de mesure "in situ" basées sur la mesure d'une propriété physique du terrain, dont font parti les essais géophysiques.

La reconnaissance géologique est l'identification du sol par observation visuelle des différentes couches, confirmée par l'examen des cartes géologiques. On observe donc pour cela des puits, galeries ou tranchées qui donnent une coupe généralement "fraîche" de sol. Il est aussi possible d'utiliser des cavités existantes. L'examen des carrières ou des tranchées, situées à proximité de la zone considérée, donne des précisions immédiates sur les sous-couches. La reconnaissance peut s'effectuer à l'aide de sondages. Il sera possible d'établir des coupes prévisionnelles ou même un bloc diagramme qui pourra être confirmé par les sondages.

Cependant, les méthodes de reconnaissance géophysiques permettent de déterminer la nature des couches profondes en utilisant par exemple leurs caractéristiques déterminées par des essais géophysiques in-situ les méthodes magnétiques, électriques, sismiques, gravimétriques...etc.

D'autre par, pour plus de précision, la reconnaissance géotechnique du sous sol est la plus implorante qui se base sur des essais in-situ (Essais de pénétration dynamique et statique, essais pressiométrique...etc.) et des essais de laboratoire (Teneur en eau naturelle, Analyse granulométrique, Les limites d'Atterberg, Les essais de cisaillement, Les essais de compactage, L'essai oedométrique...etc.) tout en faisant un rapport géotechnique final portant le système de fondation à adopter et des recommandations vis-à-vis les risques d'instabilités.

2. Objectif de la reconnaissance

L'objectif d'une étude de sol d'avant projet de construction (**étude géotechnique notée : G12**) est de définir la contrainte ou la portance admissible du sous sol de votre terrain. Le résultat de l'étude de sol se traduit à l'aide d'un rapport de mission d'étude géotechnique où il est précisé la faisabilité technique des dallages et des terrassements du projet de construction. Le rapport indiquera clairement le toit d'assise (profondeur) des fondations de l'ouvrage qui devra être scrupuleusement respecté par le constructeur. D'une autre façon, déterminer les propriétés physiques, mécaniques et hydrauliques (compressibilité, résistance et perméabilité) des sols et du roc en place ainsi que le niveau de la nappe phréatique pour la conception et la construction des ouvrages projetés.

Une étude géotechnique et reconnaissance des sols et du roc comprend la réalisation des sondages pour obtenir des échantillons **remaniés et intacts** pour des essais de laboratoire, la réalisation d'essais sur place, l'installation de **piézomètres** pour connaître le niveau d'eau souterraine et d'autres mesures pour obtenir le maximum d'informations géotechniques pour la conception et la construction des ouvrages projetés. Ces informations sont requises pour préciser la nature du sous-sol, déterminer les caractéristiques mécaniques du milieu, définir ou vérifier certaines propriétés des sols (résistance au cisaillement, capacités portantes, tassements, perméabilité, etc.) en relation avec la conception et la construction de l'ouvrage envisagé. Tout rapport géotechnique préparé doit impérativement comporter les informations suivantes:

- Données factuelles (localisation des sondages, rapports des sondages, niveau d'eau de la nappe phréatique, résultats des essais de laboratoire et in-situ, etc.) ;
- Données non-factuelles interprétées (stratigraphie des sols entre les échantillons du même sondage ou forage, stratigraphie des sols entre les forages, propriétés physiques et mécaniques des sols utilisées pour les calculs) ;
- Opinions professionnelles basées sur l'interprétation des données géotechniques obtenues concernant l'objet de l'étude géotechnique. Ces opinions peuvent être sur les sujets suivants en fonction de l'étude géotechnique (*Excavabilité des sols ou du roc, débit d'eau vers une excavation, stabilité du fond d'excavation ou la capacité portante des sols d'excavation, capacité portante admissible des sols de fondation, tassement des sols de fondation suite aux charges apportées par les semelles de fondation projetées, choix de type de fondation, type de pieux suggérés en cas de pieux, techniques d'amélioration des sols en place, méthodes de soutènement temporaire des excavations, méthode de drainage, conception des chaussées, conception des surfaces pavées, interaction des travaux projetés sur les immeubles existants*).

L'étude géotechnique peut comporter certains ou tous les éléments suivants: reconnaissance par sondages et essais sur place, puits d'exploration avec échantillonnage et essais au scissomètre pour les dépôts d'argile, essais pressiométriques, reconnaissance géophysique, observation du niveau de la nappe, description et classification des échantillons, essais de laboratoire sur échantillons, caractérisation environnementale si nécessaire et finalement calculs.

L'étude géotechnique rassemble les informations disponibles sur le site (*cartes géologiques, cartes de sols, photos aériennes, études de sols existantes sur les sites adjacents*). Une visite du site, effectuée pour préparer la proposition d'offre géotechnique, permet d'observer les conditions générales de celui-ci (*topographie, affleurements, présence d'obstacles, d'arbres, de remblai et de structures, etc.*) et d'obtenir des informations sur le comportement des structures existantes.

3. Différentes étapes d'une campagne de reconnaissance

Lors de la réalisation d'un projet géotechnique, tout constructeur doit prendre en compte la nature des formations constituant le **sous-sol** du site où il est prévu de réaliser cet aménagement. Cette prise en compte permet d'adapter le projet au site envisagé, de définir le système de fondation de l'ouvrage avec le meilleur rapport **sécurité/coût** et de se garantir contre les effets de la réalisation des travaux sur les constructions voisines.

3.1 Complémentarité entre le géotechnicien et d'autres spécialistes des sciences de la terre

Pour des raisons de compétence, la responsabilité des problèmes liés aux formations composant le sous-sol est transféré à des spécialistes, **les géotechniciens**, dont leur mission porte généralement sur plusieurs points mais en collaboration avec d'autres spécialistes à savoir les **géologues, hydrologues, hydrogéologues, topographes** et les **géophysiciens**):

- Définition du cadre géologique, hydrogéologique et topographique général d'un site étudié et prise en compte des avoisinants du projet ;
- Définition des aléas existants vis-à-vis des risques naturels : détection des cavités, stabilité général d'un site (par rapport au glissement de terrain par exemple), sismicité ;
- Définitions des terrassements : faisabilité, réemploi des matériaux, tenus des talus et parois des fouilles ;
- Définition de l'influence de circulations d'eaux souterraines, agressivité de l'eau vis-à-vis des bétons ;
- Définition de l'influence de la nature et de la répartition des formations géologiques sur la réalisation des travaux et sur la conception de l'ouvrage : détermination des sollicitations que sont capables de reprendre ces formations en fonction des projets, définition des types de fondations à envisager et évaluation des tassements sous ouvrages ;
- Définition de l'incidence sur l'environnement avoisinant le projet : stabilité des pentes et des constructions voisines, nuisances liés aux futurs travaux ;

3.2 Missions principales du géotechnicien

Pour mener à bien ces missions, l'intervention du géotechnicien se divise généralement en **deux grandes parties** à savoir:

- Une **partie d'investigations** réalisée sur le site étudié et permettant d'obtenir des informations relatives aux formations constituant le sous-sol (homogénéité ou hétérogénéité du sous-sol, détermination des caractéristiques géo-mécaniques des formations constituant le sous-sol, présence de circulations d'eaux

souterraines...). Différents moyens peuvent être utilisés pour obtenir ces informations : reconnaissance géologique visuelle, réalisation d'essais mécaniques en place (sondage par forage destructif avec ou sans réalisation d'essais pressiométriques, sondage par forage carotté, sondage au pénétromètre, etc.), essais en laboratoire géotechnique sur des matériaux prélevés sur site.

- Une **partie d'ingénierie** permettant d'analyser les résultats des investigations, de les synthétiser pour ne garder que les paramètres représentatifs et importants, de modéliser à l'aide de ces paramètres le comportement du futur aménagement sur le site d'implantation envisagé et d'étudier la faisabilité de solutions techniques permettant l'adaptation spécifique d'un aménagement à son site.

Par conséquent, le **géotechnicien** résume souvent sa mission (investigations + ingénierie) au sein d'un **rapport d'étude géotechnique** qui correspond à une mission bien définie (un « contrat » entre le client et le géotechnicien). Ce rapport a pour objectif de présenter aux constructeurs le cadre dans lequel ils vont réaliser leurs aménagements (environnement du projet, géologie des sous-sols, eaux souterraines...) ainsi que les solutions techniques pratiques, viables et économiques de manière à réaliser en toute sécurité et à moindre coût l'aménagement projeté.

En France, la **norme NF P 94-500** est le document de référence définissant le **cadre réglementaire de travail du géotechnicien**. Elle définit **plusieurs types de missions géotechniques** permettant au géotechnicien d'adapter son intervention en fonction du niveau d'avancement du projet et en fonction de la finalité recherchée par son étude. Ces missions sont résumées ci-dessous comme suit :

A. Première phase : elle est réservée pour d'autres spécialistes à savoir les géologues, hydrologues, hydrogéologues, topographes et les géophysiciens.

B. Deuxième phase : elle est confiée à un géotechnicien selon la norme **NF P 94-500 (2006) (G1 à G5)**.

- ✓ **G1** : Etude géotechnique préalable (préliminaire & avant projet sommaire, APS) ;
- ✓ **G2** : Etude géotechnique de conception (étude géotechnique d'avant projet définitif, APD) ;
- ✓ **G3** : Etude géotechnique de réalisation (étude et suivi géotechniques d'exécution) ;
- ✓ **G4** : Etude géotechnique de réalisation ou d'exécution (supervision géotechnique d'exécution) ;
- ✓ **G5** : Diagnostic géotechnique.

4. Présentation des missions géotechniques-types (Norme NF P 94500)

4.1. Etape 1: Etudes géotechniques préalables (G1)

Ces missions excluent toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre d'une mission d'étude géotechnique de projet (étape 2). Elles sont normalement à la charge du maître d'ouvrage.

4.1.1. Etude géotechnique préliminaire de site (G11)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire et permet une première identification des risques géologiques d'un site. Elle consiste à :

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique spécifique du site et l'existence d'avoisinants ;
- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats ;
- Fournir un rapport avec un modèle géologique préliminaire, certains principes généraux d'adaptation du projet au site et une première identification des risques.

4.1.2. Etude géotechnique d'avant projet (G12)

Elle est réalisée au stade d'avant projet et permet de réduire les conséquences des risques géologiques majeurs identifiés. Elle consiste à :

- Définir 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, certains principes généraux de construction (notamment terrassements, soutènements, fondations, risques de déformation des terrains, dispositions générales vis-à-vis des nappes et avoisinants).

4.2. Etape 2: Etude géotechnique d'Avant Projet Définitif (APD), (G2)

Elle est réalisée pour définir le projet des ouvrages géotechniques et permet de réduire les conséquences des risques géologiques importants identifiés. Elle est normalement à la charge du maître d'ouvrage et peut être intégrée à la mission de maîtrise d'œuvre générale. Elle s'articule sur les points suivants :

Phase Projet :

- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats ;
- Fournir une synthèse actualisée du site et les notes techniques donnant les méthodes d'exécution proposées pour les ouvrages géotechniques (notamment terrassements, soutènements, fondations, dispositions vis-à-vis des nappes et avoisinants) et les valeurs seuils associées, certaines notes de calcul de dimensionnement niveau projet ;
- Fournir une approche des **quantités/délais/coûts** d'exécution de ces ouvrages géotechniques et une identification des conséquences des risques géologiques résiduels. Phase Assistance aux Contrats de Travaux ;
- Etablir les documents nécessaires à la consultation des entreprises pour l'exécution des ouvrages géotechniques (plans, notices techniques, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel) ;
- Assister le client pour la sélection des entreprises et l'analyse technique des offres.

4.3. Etape 3: Exécution des ouvrages géotechniques (G3 et G4, distinctes et simultanées)

4.3.1. Étude et Suivi géotechniques d'exécution (G3)

Se déroulant en 2 phases (**phases d'étude et de suivi**) interactives et indissociables, elle permet de réduire les risques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures d'adaptation ou d'optimisation. Elle est normalement confiée à l'entrepreneur.

Phase Etude

- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats ;
- Etudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment validation des hypothèses géotechniques, définition et dimensionnement (calculs justificatifs), méthodes et conditions d'exécution (phasages, suivis, contrôles, auscultations en fonction des valeurs seuils associées, dispositions constructives complémentaires éventuelles), élaborer le dossier géotechnique d'exécution.

Phase Suivi :

- Suivre le programme d'auscultation et l'exécution des ouvrages géotechniques, déclencher si nécessaire les dispositions constructives prédéfinies en phase Etude ;
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des excavations et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats) ;
- Participer à l'établissement du dossier de fin de travaux et des recommandations de maintenance des ouvrages géotechniques.

4.3.2. Supervision géotechnique d'exécution (G4)

Elle permet de vérifier la conformité aux objectifs du projet, de l'étude et du suivi géotechniques d'exécution. Elle est normalement à la charge du maître d'ouvrage.

Phase Supervision de l'étude d'exécution

- Avis sur l'étude géotechnique d'exécution, sur les adaptations ou optimisations potentielles des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, sur le programme d'auscultation et les valeurs seuils associées. Phase Supervision du suivi d'exécution ;

- Avis, par interventions ponctuelles sur le chantier, sur le contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur, sur le comportement observé de l'ouvrage et des avoisinants concernés et sur l'adaptation ou l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur.

4.3.3. 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.

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats ;
- Etudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, rabattement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans d'autres éléments géotechniques. Des études géotechniques de projet et/ou d'exécution, de suivi et supervision, doivent être réalisées ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique, si ce diagnostic conduit à modifier ou réaliser des travaux.

5. Résumé des missions-types du géotechnicien

Les missions-types du géotechnicien (de G1 à G5) sont clairement récapitulées dans l'organigramme présenté ci-dessous (**Figure I.1**).

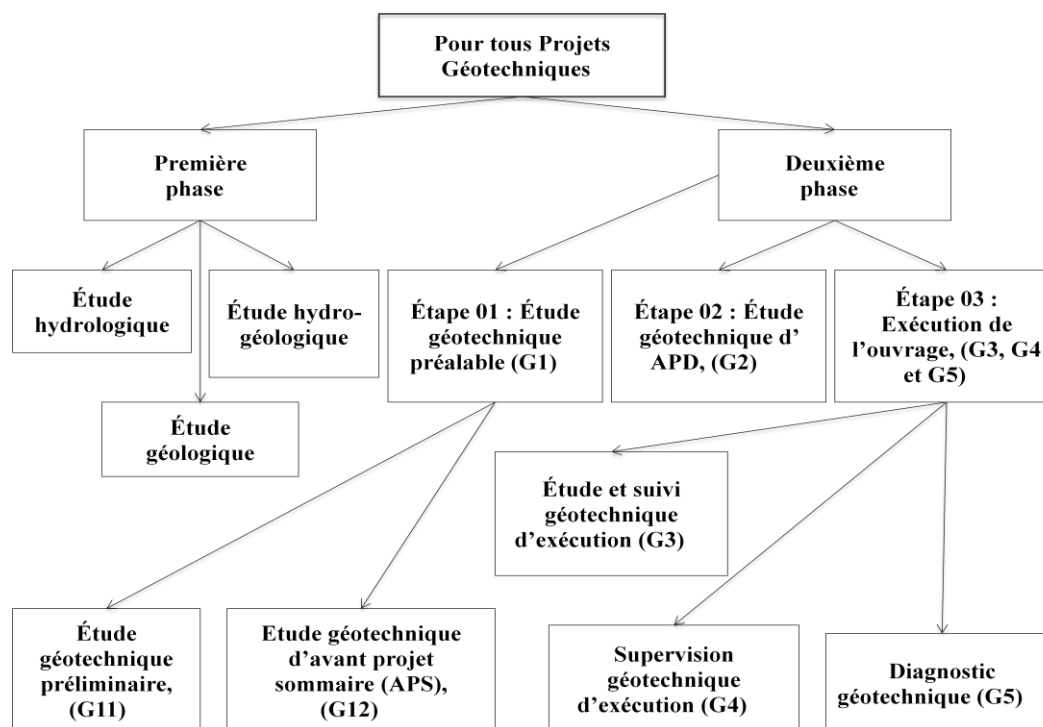


Figure I.1 : Classification des missions géotechniques-types (Norme NF P 94500)

Sources :

- « Fondations et ouvrages en terre » Philipponnat, Hubert – Edition 2007 – Eyrolles
- « Forages, sondages et essais in situ géotechniques » Reiffsteck, Lossy, Benoît - Edition 2012 – Presses des Ponts
- Extrait de la norme Française sur les missions d'ingénierie géotechnique (NF P 94 500 de novembre 2013)
- <http://www.fondasol.ca/etude-geotechnique/>