

# Union Syndicale Géotechnique

## RECOMMANDATIONS SUR LA CONSISTANCE DES INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES POUR LA CONSTRUCTION DE BATIMENTS

### PARTIE I – GENERALITES

#### 1.1 PRESENTATION DES RECOMMANDATIONS

##### *1.1.1 Cadre des recommandations*

Les présentes recommandations professionnelles ont pour objet d'orienter le programme d'investigations géotechniques nécessaires pour l'étude d'avant-projet des ouvrages courants situés dans un environnement géotechnique sans difficulté particulière connue, et relevant de la mission *d'étude géotechnique d'avant-projet*, type G12 au sens de la norme NFP 94-500.

Ces recommandations portent à la fois sur la nature des investigations (type de sondages et d'essais), sur la quantité des investigations (nombre de points de sondage ou d'essais) et sur l'extension des investigations (périmètre à reconnaître, profondeur, espacement entre points de sondage). Ces trois aspects ne peuvent pas être dissociés.

Elles ne sauraient, en aucun cas, prévaloir sur les textes réglementaires.

Il est rappelé que la mission de type G12 doit être complétée, en cours d'avancement du projet, par les missions successives *d'étude de projet géotechnique* type G2, *d'étude et suivi géotechnique d'exécution* type G3 et de *supervision géotechnique d'exécution* type G4. La mission G12 est peut être précédée d'une mission *d'étude géotechnique préliminaire de site* type G11, dont le programme d'investigations peut constituer une partie seulement du programme requis pour une mission G12.



**Union Syndicale Géotechnique**

**RECOMMANDATIONS SUR LA CONSISTANCE  
DES INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES  
POUR LA CONSTRUCTION DE BATIMENTS**

# SOMMAIRE

## PARTIE I - GENERALITES

1-1 PRÉSENTATION DES RECOMMANDATIONS.....	4
1-1-1 Cadre des recommandations.....	4
1-1-2 Ouvrages concernés.....	5
1-1-3 Ouvrages exclus.....	5
1-1-4 Personnes concernées.....	6
1-2 RECOMMANDATIONS GÉNÉRALES POUR L'ÉTABLISSEMENT DU PROGRAMME D'INVESTIGATIONS .....	7
1-2-1 Analyse préliminaire.....	7
1-2-2 Programme d'investigations .....	8
1-2-3 Limites aux connaissances apportées par la campagne d'investigations .....	8
1-2-4 Pertinence des techniques de reconnaissance et d'essais .....	9

## PARTIE II – ANALYSE DES OUVRAGES ELEMENTAIRES

2-1 OUVRAGES INTERFERANT AVEC LES EAUX SOUTERRAINES.....	11
2-1-1 Rappel des contraintes liées à la connaissance des eaux souterraines .....	11
2-1-2 Informations à fournir par le client.....	11
2-2 TERRASSEMENTS .....	13
2-2-1 Informations à fournir par le client.....	13
2-2-2 Commentaires des tableaux du module n°2 (Terrassements).....	13
2-3 FONDATIONS SUPERFICIELLES ET PROFONDES .....	16

2-3-1 Rappel de la réglementation applicable.....	16
2-3-2 Informations à fournir par le client.....	16
2-3-3 Commentaires du tableau du module n°3 (Fondations superficielles et profondes).....	16
2-4 ASSISES DE DALLAGE OU VOIRIE.....	18
2-4-1 Rappel de la réglementation applicable.....	18
2-4-2 Informations à fournir par le client.....	18
2-4-3 Commentaires du tableau du module n°4 (Assises de dallage ou voirie).....	18
2-5 SOUTÈNEMENTS .....	20
2-5-1 Limites de ce module.....	20
2-5-2 Informations à fournir par le client.....	20
2-5-3 Commentaires du tableau du module n°5 (Soutènements).....	20
2-6 STABILITÉ DES TALUS.....	22
2-6-1 Limites du cadre du module n°6 (Stabilité des talus).....	22
2-6-2 Informations à fournir par le client.....	22
2-6-3 Contexte général du site ou du projet.....	22

## **Union Syndicale Géotechnique**

# **RECOMMANDATIONS SUR LA CONSISTANCE DES INVESTIGATIONS GEOTECHNIQUES POUR LA CONSTRUCTION DE BATIMENTS**

## **PARTIE I - GENERALITES**

### **1-1 PRESENTATION DES RECOMMANDATIONS**

#### *1-1-1 Cadre des recommandations*

Les présentes recommandations professionnelles ont pour objet d'orienter le programme d'investigations géotechniques nécessaires pour l'étude de faisabilité des ouvrages courants situés dans un environnement géotechnique sans difficulté particulière connue, et relevant de la mission G12 au sens de la norme NFP 94-500 (étude de faisabilité des ouvrages géotechniques) ; l'exécution des d'investigations relèvera de la mission G0.

Ces recommandations portent à la fois sur la nature des investigations (type de sondages et d'essais), sur la quantité des investigations (nombre de points de sondage ou d'essais) et sur l'extension des investigations (périmètre à reconnaître, profondeur, espacement entre points de sondage). Ces trois aspects ne peuvent pas être dissociés.

Elles ne sauraient, en aucun cas, prévaloir sur les textes réglementaires.

Il est rappelé que la mission de type G12 doit être complétée, en cours d'avancement du projet, par les missions successives de type G2 (étude de projet géotechnique), G3 (étude géotechnique d'exécution) et G4 (suivi géotechnique d'exécution). La mission G12 est peut être précédée d'une mission G11 (étude préliminaire de faisabilité géotechnique), dont le programme d'investigations peut constituer une partie seulement du programme requis pour une mission G12.

### *1-1-2 Ouvrages concernés*

Les présentes recommandations concernent les bâtiments courants et leurs ouvrages annexes.

Les ouvrages concernés sont notamment :

- les bâtiments d'habitation,
- les zones d'aménagement (lotissements, zones d'activité, ...),
- les bâtiments fonctionnels (bureaux, écoles, ...),
- les bâtiments industriels et commerciaux de surface au sol qui n'excède pas 1 hectare environ,
- et leurs ouvrages annexes : terrassements, talus (hauteur n'excédant pas environ 5 m), soutènements (hauteur n'excédant pas environ 5 m), dallages (charges d'exploitation n'excédant pas environ 20 Kpa) et voiries.

### *1-1-3 Ouvrages exclus*

N'entrent pas dans le cadre de ces recommandations :

- en particulier, les études de grands glissements, de soutènements de grande hauteur, de stabilisation de carrières, de tracés linéaires, de tunnels,
- de manière générale, l'étude de tout ouvrage qui peut être qualifié de non courant par l'homme de l'art ;
- les études d'ouvrages courants situés dans un environnement géotechnique réputé difficile (par exemple, zone exposée à des risques naturels).

Les ouvrages exclus sont notamment:

- les bâtiments de grande hauteur,
- les bâtiments industriels de surface au sol supérieure à environ 1 hectare ou dont les charges d'exploitation dépassent 20 Kpa
- les fouilles en milieu urbain de plus de 2 niveaux enterrés,
- les silos,
- les murs de soutènement de hauteur excédant environ 5 mètres,
- les ouvrages d'art (ponts, tunnels,...),
- les ouvrages de génie-civil en général,
- les ouvrages linéaires (routes, autoroutes, voies ferrées,...),
- les pentes de dénivelée excédant environ 5 mètres,
- les ouvrages en site difficile (carrières, mines, sites karstiques ou de dissolution naturelle ...),
- les ouvrages soumis à des charges spécifiques (vibrations, chocs, séisme...),
- la stabilité d'un versant naturel dans la zone d'influence géotechnique (falaise rocheuse, versant instable...),
- les digues et barrages.
- les bâtiments implantés dans les sites à risques spécifiques (friche industrielle, sol gonflant ...).

#### *1-1-4 Personnes concernées*

Les présentes recommandations s'adressent à tous les intervenants participant à l'acte de construire. La définition et l'appréciation du programme d'investigations géotechniques doivent être élaborées par un géotechnicien ayant la qualification en adéquation avec la nature du projet et justifiant de contrats d'assurances couvrant son activité.

## **1-2 RECOMMANDATIONS GENERALES POUR L'ETABLISSEMENT DU PROGRAMME D'INVESTIGATIONS**

### *1-2-1 Analyse préliminaire*

Un programme d'investigations géotechniques doit être établi en fonction de trois éléments majeurs :

- **la nature de l'ouvrage à réaliser.** La nature et les caractéristiques des ouvrages ainsi que les sujétions éventuelles, doivent être définies conformément à la norme NFP 94-500, mission G12 ; les éléments en sont fournis par le maître d'ouvrage ;
- **le contexte géologique, hydrogéologique et géotechnique.** Il doit faire l'objet d'une analyse préalable à partir des éléments disponibles, notamment :
  - . une enquête documentaire (notamment analyse des cartes géologiques, des banques de données du sous-sol, des Plans de Prévention des Risques, des études antérieures,...),
  - . la visite du site,
  - . une enquête de voisinage,
  - . l'étude de l'historique du site (en particulier la sinistralité connue, l'occupation antérieure, ...).

Les sources d'informations doivent être clairement identifiées (exemple : les études antérieures réalisées à telle distance du site).

- **la Zone d'Influence Géotechnique** au sens de la norme NFP 94-500. C'est dans cette zone qu'il y a interactions entre le projet, le terrain et l'environnement. Son extension doit faire l'objet d'une estimation, à partir des données recueillies sur la nature de l'ouvrage à réaliser et le contexte géotechnique du site.



### *1-2-2 Programme d'investigations*

En préalable, le projet à étudier sera subdivisé en ouvrages élémentaires. Les programmes d'investigations recommandés pour chacun de ces ouvrages élémentaires sont décrits dans la deuxième partie des présentes recommandations.

Le programme d'investigations retenu pour le projet dans son ensemble devra respecter les programmes recommandés pour chacun des ouvrages élémentaires qui le composent.

Dans tous les cas, ce programme devra permettre d'élaborer un modèle géotechnique du site.

Le géotechnicien devra prendre en compte les spécificités du site et des ouvrages et restera juge pour apprécier si des investigations plus complètes sont nécessaires.

En cas de modification du projet, il pourra être nécessaire d'adapter le programme d'investigations.

Ces adaptations sont prévues dans les présentes recommandations. En effet, les tableaux définissent :

- les profondeurs qu'il est recommandé d'atteindre, non pas par rapport au niveau du terrain naturel, mais d'une part par rapport à l'assise réelle des ouvrages géotechniques élémentaires, d'autre part par rapport au toit des horizons susceptibles de recevoir les charges apportées par ceux-ci avec des déformations compatibles avec leur destination ;
- la densité recommandée des reconnaissances, en fonction de l'importance des ouvrages étudiés.

De même, en cas de rencontre d'éléments nouveaux liés au sol (notamment des variations lithologiques importantes, un accident géologique,...) le géotechnicien pourra être amené à faire évoluer le programme.

### *1-2-3 Limites aux connaissances apportées par la campagne d'investigations*

Toute campagne d'investigations géotechniques comporte un nombre limité de sondages et essais qui ne permettront jamais de lever toutes les incertitudes inhérentes à cette science naturelle. Toutefois, ces incertitudes doivent être réduites de manière économiquement acceptable, selon le contexte du site et du projet : elles devront être prises en compte dans la conception de l'ouvrage géotechnique.

En conséquence, et conformément au contenu de la mission G12 défini par la norme NFP 94-500, les conclusions géotechniques qui reposent sur ces investigations ne peuvent conduire à traiter à forfait le prix des fondations sans prise de risque, compte tenu d'hétérogénéités toujours possibles (naturelles ou du fait de l'homme) et des aléas d'exécution pouvant survenir lors de la découverte des terrains d'assise.

#### 1-2-4 Pertinence des techniques de reconnaissance et d'essais

Le tableau 1 est destiné à guider l'élaboration du programme d'investigations.

Les types de sondages et essais géotechniques les plus couramment réalisés ont été groupés en trois catégories :

- les **sondages** permettant de visualiser les sols, de prélever des échantillons, d'établir la stratigraphie et la structure géologique des terrains,
- les **essais en laboratoire** qui permettent d'identifier et de classer les sols, ainsi que de mesurer certaines caractéristiques mécaniques ou hydrauliques (déformabilité, résistance, perméabilité notamment),
- les **essais in situ** qui permettent de mesurer certains paramètres géotechniques des sols en place, paramètres liés à leur nature, compacité, consistance, perméabilité, déformabilité et résistance..

Un programme d'investigations doit inclure la mise en œuvre de plusieurs techniques de natures différentes. Une reconnaissance de sol pertinente doit notamment comporter une proportion équilibrée de sondages avec prélèvement d'échantillons, d'essais de laboratoire et d'essais in-situ (à adapter par le géotechnicien selon le contexte du site et de l'ouvrage).

Afin de permettre une optimisation des techniques à mettre en œuvre :

- les objectifs de la reconnaissance sont classés en huit catégories ;
- pour chaque catégorie est définie la capacité de chaque type de sondage ou d'essai à fournir les informations recherchées. Le degré de pertinence est donné par une échelle de valeur avec R (Recommandé), S (Satisfaisant), Q (Qualitatif) :

R	Sondage/essai particulièrement bien adapté. A envisager en priorité.
S	Sondage/essai susceptible de fournir des résultats généralement satisfaisants.
Q	Sondage/essai fournissant une information qualitative. A n'envisager qu'en complément d'autres moyens d'investigations.

Le degré de pertinence d'un sondage ou d'un essai tel que présenté ci-après ne préjuge pas de sa faisabilité dans le contexte réel. L'appréciation de la faisabilité par le géotechnicien relève de la connaissance a priori des conditions du site.

Seuls les sondages et essais à caractère purement géotechnique ont été considérés. Les méthodes géophysiques (voir le guide de bonnes pratiques en géophysique) peuvent apporter dans certains contextes des informations utiles notamment sur la succession des couches de terrains et la structure géologique du site. Elles nécessitent dans tous les cas une validation par étalonnage sur des données géotechniques.

**TABLEAU 1-1 : ANALYSE DE LA PERTINENCE DES TECHNIQUES USUELLES DE RECONNAISSANCE**

<b>Objectifs recherchés</b>	<b>Sondages</b>		<b>Essais en laboratoire</b>		<b>Essais in situ</b>	
Géologique	Sondage carotté Benoto Pelle mécanique Tarière Sondage destructif avec échantillonnages	R R R S S	Essais d'identification	R		
Stratigraphie	Sondage carotté Benoto Pelle mécanique Tarière Sondage destructif avec échantillonnages Sondages destructifs avec diagraphies	R R R S S Q			Piézocône Pénétrömètre statique Pénétrömètre dynamique	S S Q
Identification, Classification, Réemploi	Echantillon intact ou remanié représentatif, prélevé dans les sondages précédents	R	Essais d'identification, Essais Proctor, de traitements	R R		
Capacité portante	Sondage carotté +Echantillon intact + Labo	S	Cisaillement triaxial Compression simple Cisaillement direct	S S S	Pressiomètre Pénétrömètre statique Standard Pénétration Test Pénétrömètre dynamique Phicomètre Scissomètre	R R S Q Q Q
Paramètres de déformation et de calcul de tassement	Sondage carotté +Echantillon intact + Labo	R	Œdomètre Essai triaxial Module, compression simple	R R R	Pressiomètre Pénétrömètre statique	R Q
Niveau des nappes					Piézomètre ouvert avec cavité sélective Cellule de pression interstitielle (CPI)	R R
Perméabilité des sols	Forage d'eau + Piézomètres Sondage carotté +Echantillon intact + Labo	R S	Perméabilité en laboratoire	S	Essai de pompage Essai de perméabilité in situ	R S
Problèmes spécifiques						
Cisaillement	Echantillon intact	R	Triaxial, Cisaillement rectiligne	R	Scissomètre Phicomètre	R S
Retrait-gonflement	Echantillon intact	R	Retrait, gonflement	R		
Liquéfaction	Echantillon intact	R	Triaxial cyclique Granulométrie	R R	Piézocône Standard Pénétration Test Pénétrömètre statique	R R S

Voir page précédente :

**R** : sondages/essais recommandés

**S** : sondages/essais satisfaisants

**Q** : sondages/essais qualitatifs

## **PARTIE II – PROGRAMMES D’INVESTIGATIONS DES OUVRAGES ELEMENTAIRES**

### **2-1 OUVRAGES INTERFERANT AVEC LES EAUX SOUTERRAINES**

**Tout projet doit intégrer les contraintes hydrogéologiques qui vont influencer sur la réalisation des travaux et la pérennité des ouvrages. Tous les chapitres qui suivent (N° 2-2 à 2-6) doivent nécessairement intégrer, suivant leur interférence avec les eaux souterraines, tout ou partie des indications contenues dans le présent chapitre.**

#### *2-1-1 Rappel des contraintes liées à la connaissance des eaux souterraines*

Les présentes recommandations définissent les règles de conception d'un programme d'investigations nécessaire à la reconnaissance ponctuelle des eaux souterraines d'un site. Elles excluent, en particulier, toutes études hydrogéologiques et environnementales.

La connaissance approfondie des variations d'une nappe en fonction du temps et de la météorologie nécessite des relevés réguliers sur une période prolongée sur plusieurs décennies, éventuellement complétés par une modélisation complexe. Ces études dépassent le cadre de l'étude géotechnique et des présentes recommandations. Elles doivent être réalisées par un hydrogéologue.

Les mesures piézométriques, effectuées dans le cadre d'une étude géotechnique immédiatement avant la réalisation d'un projet, ne renseignent que sur une courte période. Elles ne peuvent donc donner que des valeurs ponctuelles, et ne sont utilisables que pour vérifier le calage de la nappe par rapport à des études hydrogéologiques antérieures.

#### *2-1-2 Informations à fournir par le client*

Au stade d'une mission G12, les documents et informations à fournir par le client sont définis dans la norme NFP 94-500.

Le client devra mettre à la disposition du géotechnicien :

- les études antérieures portant sur le régime des eaux souterraines, en particulier celles qui portent sur l'ensemble de la zone dans laquelle le projet s'inscrit,
- les données hydrologiques si nécessaire,
- toute étude permettant d'apprécier les interactions entre les eaux souterraines et le projet.

S'il ne possède aucune information, le client devra missionner un prestataire compétent pour rechercher les données existantes.

**TABLEAU 2-1 – OUVRAGES INTERFERANT AVEC LES EAUX SOUTERRAINES**

OBJECTIFS VISES	PROGRAMME DE RECONNAISSANCES RECOMMANDE		
	MAILLE	NATURE	PROFONDEUR
<p><u>apprécier selon les cas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les conditions hydrogéologiques du site :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>. piézométrie saisonnière</li> <li>. perméabilité, transmissivité</li> <li>. agressivité</li> </ul> </li> <li>- les aquifères et leurs encaissants</li> <li>- les rejets</li> <li>- les pompages existants</li> <li>- les mesures de protection contre les eaux indispensables pour l'ouvrage et son environnement, en phase provisoire et définitive.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 piézomètre par tranche de 3000m2 d'ouvrage</li> <li>- 3 piézomètres si recherche de gradient.</li> <li>- se reporter à la norme pour les essais de pompage</li> </ul>	<p><u>combiner une partie des techniques suivantes conformément au <i>tableau 1-1</i> de pertinence :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- relevés de terrain :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>. puits</li> <li>. sources et résurgences</li> <li>. pompages, rejets</li> <li>. surface de suintement</li> </ul> </li> <li>- observations de la/ou des nappes :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>. piézomètres ouverts</li> <li>. capteurs de pression interstitielle</li> <li>. piézocônes</li> <li>. profils de teneur en eau</li> <li>. suivi des mesures sur une longue période</li> </ul> </li> <li>- essais d'eau :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>. essais de pompage</li> <li>. essais en forage (Lefranc, Lugeon)</li> <li>. essais en surface (Matsuo)</li> </ul> </li> <li>- essais en laboratoire :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>. perméabilité sur échantillon intact</li> <li>. analyses physico-chimiques</li> <li>. analyse granulométrique des sols</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 5 mètres dans la nappe.</li> <li>- 5 mètres sous le point bas de l'ouvrage considéré</li> </ul>

## 2-2 TERRASSEMENTS

### *2-2-1 Informations à fournir par le client*

Au stade d'une mission G12, les documents et informations à fournir par le client sont définis par la norme NFP 94-500.

L'étude géotechnique des terrassements implique la bonne connaissance des caractéristiques du projet avec, notamment :

- les vues en plan,
- les profils en long et les profils en travers,
- l'utilisation prévue pour la plate-forme ainsi créée (dallage, voirie, aire de stockage, lagunage,...),
- la nature et la localisation des ouvrages qui seront inclus dans le remblai (ouvrage hydraulique, par exemple), et les déformations que ceux-ci peuvent subir,
- l'importance des surcharges et leur localisation,
- les exigences vis-à-vis du gel,
- les écoulements superficiels et le drainage éventuel des eaux souterraines.

Toutes les informations sur le passé du site pouvant avoir une influence sur la conception du projet (sismicité, antécédents d'instabilité, passé minier y compris évolution des pompages, incertitudes sur les données historiques disponibles, zones de remblais anciens,...) doivent être fournies.

### *2-2-2 Commentaires des tableaux du présent chapitre*

Dans tous les cas, il y a lieu de prévoir une étude de stabilité des talus à créer selon les recommandations du chapitre 2-6. La stabilité de talus de remblais dépend à la fois des caractéristiques de cisaillement du sol support et de celles du corps de remblai.

La notion d'horizon peu compressible reste à l'appréciation du géotechnicien : il s'agit de l'horizon à partir duquel les déformations sont sans influence préjudiciable sur l'ouvrage.

En cas d'implantation du projet sur un site en pente, il conviendra d'examiner la stabilité générale des terrains au glissement avant, pendant et après construction de l'ouvrage.

**TABLEAU 2-2A - TERRASSEMENTS EN DEBLAI**

OBJECTIFS VISES	PROGRAMME DE RECONNAISSANCES RECOMMANDE		
	MAILLE	NATURE	PROFONDEUR
<p><u>apprécier selon les cas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les sols qui vont être excavés pour définir :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>. le mode d'extraction,</li> <li>. les conditions de réemploi des matériaux extraits,</li> </ul> </li> <li>- la stabilité des talus (chapitre 2-6),</li> <li>- la stabilité des soutènements à créer (chapitre 2-5),</li> <li>- l'interaction avec les eaux souterraines (chapitre 2-1),</li> <li>- les conditions de préservation des ouvrages existants ou avoisinants,</li> <li>- la qualité de la plate-forme créée, en fonction de sa destination à court et à long terme.</li> </ul>	<p><b><i>Voiries :</i></b> 1 sondage géologique tous les 100m</p> <p><b><i>Zone d'aménagement :</i></b>  <u>- si plate-forme sans charge</u> 1 sondage géologique tous les 2500m<sup>2</sup>, avec un minimum de 3  <u>- si plate-forme recevant des charges</u> 1 sondage géologique par tranche de 1000m<sup>2</sup>, avec un minimum de 3</p> <p><b><i>Dans tous les cas :</i></b> 2 identifications GTR par nature géologique et par hectare. 1 teneur en eau tous les mètres par sondage</p>	<p><u>combiner une partie des techniques suivantes conformément au <i>tableau I-I</i> de pertinence :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la reconnaissance géologique :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>. affleurements (morphologie, analyse structurale)</li> <li>. fouilles à la pelle mécanique</li> <li>. sondages à la tarière</li> <li>. forages destructifs avec échantillons et diagraphies.</li> <li>. sondages carottés</li> </ul> </li> <li>- la géophysique</li> <li>- les essais en laboratoire :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>. identification GTR (nature, état, compactage)</li> <li>. essais d'aptitude au traitement (chaux, liants hydrauliques)</li> <li>. mesures de vitesse sonique</li> </ul> </li> <li>- piézomètre ou CPI</li> </ul>	<p>Profondeur nécessaire à l'étude de stabilité d'une part des talus (chapitre 2-6) et au risque de grand glissement, et d'autre part des soutènements (chapitre 2-5)</p> <p align="center">Et</p> <p>2m en dessous du fond de forme</p>

**TABLEAU 2-2B – TERRASSEMENTS EN REMBLAI**

OBJECTIFS VISES	PROGRAMME DE RECONNAISSANCES RECOMMANDE		
<p><u>apprécier selon les cas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les paramètres de rupture des différentes formations rencontrées,</li> <li>- les paramètres de déformabilité verticale des sols (tassements),</li> <li>- les paramètres spécifiques de comportement des sols (liquéfaction, instabilité structurelle,...),</li> <li>- la stabilité des talus (chapitre 2-6),</li> <li>- les eaux souterraines susceptibles d'avoir une influence sur le projet (voir chapitre 2-1),</li> <li>- les conditions de réalisation des remblais :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>. améliorations de sols</li> <li>. phasage des travaux</li> <li>. validation des matériaux de remblai lorsque leur origine est connue,</li> </ul> </li> <li>- la qualité de la plate-forme créée, en fonction de sa destination.</li> </ul>	MAILLE	NATURE	PROFONDEUR
	<p><u>Surface &lt; 2500 m<sup>2</sup></u> 3 sondages</p> <p><u>Surface &gt; 2500 m<sup>2</sup></u> 1 sondage supplémentaire par tranche de 2500 m<sup>2</sup> au-delà de 2500 m<sup>2</sup></p> <p><u>Laboratoire :</u> - 2 essais de détermination des caractéristiques de cisaillement par nature de sol étudié</p> <p>- 2 essais de compressibilité par nature de sol étudié constituant le sol support</p> <p>- si cela fait partie de l'étude, une identification GTR au sens large pour 5000 m<sup>3</sup>, avec un minimum de 2 par nature de matériaux.</p>	<p><u>combiner une partie des techniques suivantes conformément au tableau I-1 de pertinence :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la reconnaissance géologique :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>. affleurements (morphologie, analyse structurale)</li> <li>. fouilles à la pelle mécanique</li> <li>. sondages à la tarière</li> <li>. forages destructifs + échant.</li> <li>. sondages carottés</li> </ul> </li> <li>- détermination des caractéristiques géotechniques in situ ; selon les sols :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>. essais pressiométriques</li> <li>. essais pénétromètre statique</li> <li>. essais scissométriques</li> <li>. essais phicométriques</li> <li>. essais SPT</li> </ul> </li> <li>- piézomètres ou CPI</li> <li>- essais en laboratoire :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>. identifications GTR, état et comportement du sol d'arase</li> <li>. essais triaxial, cisaillement</li> <li>. œdomètre</li> </ul> </li> </ul>	<p>Profondeur nécessaire à l'étude de stabilité d'une part des talus (chapitre 2-6) et au risque de grand glissement, et d'autre part des soutènements (chapitre 2-5)</p> <p style="text-align: center;">et</p> <p>2 m sous le toit de l'horizon peu compressible</p>



## **2-3 FONDATIONS SUPERFICIELLES ET PROFONDES**

### *2-3-1 Limites du cadre du présent chapitre*

Les présentes recommandations définissent les règles de conception d'un programme d'investigations géotechniques de reconnaissance du contexte géologique, hydrogéologique et géotechnique dans lequel s'inscrivent les fondations superficielles et profondes dont les règles de conception, de réalisation et de contrôle sont définies par les règlements et normes en vigueur.

### *2-3-2 Informations à fournir par le client*

Au stade d'une mission G12, les documents et informations à fournir par le client sont définis dans la norme NFP 94-500.

L'étude géotechnique des fondations implique la bonne connaissance des caractéristiques du projet avec, notamment :

- la nature et le type de structure de l'ouvrage,
- le plan du site et de l'ouvrage,
- le niveau bas prévu,
- les descentes de charges,
- les conditions d'exploitation de l'ouvrage,
- les tassements absolus et différentiels admissibles.

Toutes les informations sur le passé du site pouvant avoir une influence sur la stabilité des ouvrages voisins et des talus (sismicité, antécédents d'instabilité, passé minier y compris évolution des pompages, incertitudes sur les données historiques disponibles, zones de remblais anciens,...) doivent être fournies.

### *2-3-3 Commentaires du tableau du présent chapitre*

La notion d'horizon peu compressible reste à l'appréciation du géotechnicien : il s'agit de l'horizon à partir duquel les déformations sont sans influence préjudiciable sur l'ouvrage.

En cas d'implantation du projet sur un site en pente, il conviendra d'examiner, la stabilité générale des terrains au glissement avant, pendant et après construction de l'ouvrage.

**TABLEAU 2-3 - FONDATIONS SUPERFICIELLES ET PROFONDES**

OBJECTIFS VISES	PROGRAMME DE RECONNAISSANCES RECOMMANDE		
	MAILLE	NATURE	PROFONDEUR
<p><u>apprécier selon les cas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les paramètres de rupture des différentes formations rencontrées,</li> <li>- les paramètres de frottement latéral des fondations profondes,</li> <li>- sous toutes sollicitations envisagées pour les fondations, les paramètres de déformabilité horizontale et verticale des sols,</li> <li>- les paramètres spécifiques du comportement des sols (gonflement, retrait, liquéfaction, agressivité,...),</li> <li>- les conditions de réalisation des fondations.</li> </ul>	<p><u>Bât. Bureaux et habitation (Surface au sol S &lt; 50 m<sup>2</sup>).</u> 2 points de reconnaissance</p>	<p><u>combiner une partie des techniques suivantes conformément au <i>tableau 1-1</i> de pertinence :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la reconnaissance géologique:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>. examen des affleurements</li> <li>. fouilles à la pelle</li> <li>. sondages à la tarière</li> <li>. forages destructifs + échant.</li> <li>. sondages carottés</li> </ul> </li> <li>- la détermination des caractéristiques géotechniques in situ:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>. essais pressiométriques</li> <li>. pénétromètre statique</li> <li>. pénétromètre dynamique</li> <li>. essais SPT</li> </ul> </li> <li>- piézomètres ou CPI</li> <li>- essais en laboratoire :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>. identifications,</li> <li>. essais de rupture et de compressibilité,</li> <li>. analyses physico-chimiques,...</li> <li>. retrait-gonflement</li> </ul> </li> </ul>	<p><u>Fondations superficielles :</u> 3 fois la largeur de la fondation avec un minimum de 6 m sous le niveau d'assise</p> <p><u>Fondations profondes :</u> 10 fois la largeur de la fondation avec un minimum de 6 mètres sous le niveau d'assise prévisionnel</p> <p><u>Semi-profondes :</u> 3 fois la largeur de la fondation avec un minimum de 6 m sous le niveau d'assise</p> <p><u>Radier ou aire de stockage à proximité :</u> Jusqu'à l'horizon peu compressible reconnu sur 2 m avec un maximum de 1,5 fois la largeur du radier</p>
	<p><u>Bât. Bureaux et habitation (Surface au sol S &gt; 50 m<sup>2</sup>).</u> 1 point de reconnaissance tous les 250 m<sup>2</sup> avec un minimum de 3 points et une distance maximale de 25 m entre points</p>		
	<p><u>Bâtiments industriels (Surface &lt; 10000 m<sup>2</sup>)</u> 1 point de reconnaissance tous les 500 m<sup>2</sup> avec un minimum de 3 points et une distance maximale de 40 m entre points</p>		
	<p><u>Lotissement</u> 1 point tous les 1.000 m<sup>2</sup> ou 1 point par lot</p>		

## 2-4 ASSISES DE DALLAGE OU VOIRIE

### *2-4-1 Limites du cadre du présent chapitre*

Les présentes recommandations définissent les règles de conception d'un programme d'investigations géotechniques de reconnaissance du contexte géologique, hydrogéologique et géotechnique dans lequel s'inscrivent les assises de dallage ou voirie dont les règles de conception, de réalisation et de contrôle sont définies par les règlements et normes en vigueur.

### *2-4-2 Informations à fournir par le client*

Au stade d'une mission G12, les documents et informations à fournir par le client sont définis dans la norme NFP 94-500.

L'étude géotechnique des assises de dallage ou voirie implique la bonne connaissance des caractéristiques du projet avec, notamment :

- les charges d'exploitation : surcharges uniformes et/ou locales,
- nature et quantification du trafic, circulation d'engins particuliers,
- machines vibrantes,
- Les conditions particulières d'exploitation : desserte filoguidée, salle frigorifique, températures élevées,...
- Les déformations admissibles du sol support : tassements absolus, tassements différentiels, déformations locales.

Toutes les informations sur le passé du site pouvant avoir une influence sur la conception du projet (sismicité, antécédents d'instabilité, passé minier y compris évolution des pompes, incertitudes sur les données historiques disponibles, zones de remblais anciens,...) doivent être fournies.

### *2-4-3 Commentaires du tableau du présent chapitre*

Les essais de chargement à la plaque ne sont pas suffisants pour dimensionner l'assise de dallage ou de voirie. En effet, le module de réaction qu'ils définissent ne concerne qu'une épaisseur de terrain de l'ordre du diamètre de la plaque, ce qui ne permet pas de prendre en compte l'influence des terrains situés plus en profondeur. Ces essais sont destinés aux contrôles de réception des plates-formes.

La notion d'horizon peu compressible reste à l'appréciation du géotechnicien : il s'agit de l'horizon à partir duquel les déformations sont sans influence préjudiciable sur l'ouvrage.

En cas d'implantation du projet sur un site en pente, il conviendra d'examiner la stabilité générale des terrains au risque de glissement.

**TABLEAU 2-4 - ASSISES DE DALLAGE OU DE VOIRIE**

OBJECTIFS VISES	PROGRAMME DE RECONNAISSANCES RECOMMANDE		
<p><u>apprécier selon les cas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la nature des terrains d'assise,</li> <li>- les paramètres de rupture des sols sous charge de dallage ou de voirie,</li> <li>- sous toutes les sollicitations envisagées à court et long terme, la déformabilité du support naturel,</li> <li>- les paramètres spécifiques de comportement des sols (gonflement, retrait, liquéfaction, agressivité,...),</li> <li>- les conditions de réalisation d'une plate-forme destinée à recevoir un dallage ou une voirie.</li> </ul>	MAILLE	NATURE	PROFONDEUR
	<p>Les sondages doivent être répartis de façon régulière sous le bâtiment ou la voirie (distance maximale entre points de 40m)</p> <p><u>Bâtiment ou voirie de surface au sol inférieure à 500 m2</u> 2 sondages</p> <p><u>Bâtiment ou voirie de surface au sol de 500 m2 à 10000 m2</u> 1 sondage par tranche de 500 m2, avec un minimum de 3</p> <p>dont</p> <p><u>pour tous les bâtiments et voiries :</u> 1 sondage profond pour 2.500 m2 avec un minimum de 1.</p> <p>Ce maillage peut intégrer les sondages déjà prévus pour l'étude des fondations du projet</p>	<p><u>combiner une partie des techniques suivantes conformément au <i>tableau 1-1</i> de pertinence :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la reconnaissance géologique : <ul style="list-style-type: none"> <li>. examen des affleurements</li> <li>. fouilles à la pelle</li> <li>. sondages à la tarière</li> <li>. sondages SPT</li> <li>. forages destructifs + échant.</li> <li>. sondages carottés</li> </ul> </li> <li>- la détermination des caractéristiques géotechniques in situ : <ul style="list-style-type: none"> <li>. essais pressiométriques</li> <li>. essais pénétromètre statique</li> <li>. essais SPT</li> </ul> </li> <li>- piézomètres ou CPI</li> <li>- des essais en laboratoire : <ul style="list-style-type: none"> <li>. identification GTR</li> <li>. essais d'aptitude au compactage</li> <li>. essais d'aptitude au traitement par les liants</li> <li>. essais œdométriques</li> <li>. analyses physico-chimiques (agressivité)</li> <li>. retrait-gonflement</li> </ul> </li> </ul>	<p>2 mètres minimum par rapport au sol fini et/ou au sol initial.</p> <p>Jusqu'à 2m au moins sous le toit de l'horizon peu compressible, pour les sondages profonds</p>

## 2-5 SOUTÈNEMENTS

### *2-5-1 Limites du cadre du présent chapitre*

Les présentes recommandations définissent les règles de conception d'un programme d'investigations géotechniques de reconnaissance du contexte géologique, hydrogéologique et géotechnique pour l'étude des soutènements dont la hauteur n'excède pas 5 mètres.

### *2-5-2 Informations à fournir par le client*

Au stade d'une mission G12, les documents et informations à fournir par le client sont définis dans la norme NFP 94-500.

L'étude géotechnique des soutènements implique la bonne connaissance des caractéristiques du projet avec, notamment :

- la géométrie des ouvrages,
- les surcharges d'exploitation en amont et en aval,
- les déformations acceptables en phases provisoires et définitive,
- les caractéristiques des ouvrages susceptibles d'être affectés par les travaux (dans la ZIG).

Toutes les informations sur le passé du site pouvant avoir une influence sur la stabilité de l'ouvrage (sismicité, antécédents d'instabilité, passé minier y compris évolution des pompages, incertitudes sur les données historiques disponibles, zones de remblais anciens,...) doivent être fournies.

### *2-5-3 Commentaires du tableau du présent chapitre*

La notion d'horizon peu compressible reste à l'appréciation du géotechnicien : il s'agit de l'horizon à partir duquel les déformations sont sans influence préjudiciable sur l'ouvrage.

En cas d'implantation du projet sur un site en pente, il conviendra d'examiner, la stabilité générale des terrains au glissement avant, pendant et après construction de l'ouvrage.

**TABLEAU 2-5 – SOUTÈNEMENTS**

OBJECTIFS VISES	PROGRAMME DE RECONNAISSANCES RECOMMANDE		
	MAILLE	NATURE	PROFONDEUR
<p><u>apprécier selon les cas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les paramètres de rupture et de déformabilité des différentes formations rencontrées sous la fondation (chapitre 2-5),</li> <li>- les paramètres de frottement latéral des fondations profondes et des ancrages éventuels,</li> <li>- sous toutes sollicitations envisagées, les paramètres de déformabilité horizontale et verticale des sols,</li> <li>- les paramètres de cisaillement des sols (cohésion et angle de frottement, intrinsèques et/ou résiduels),</li> <li>- les paramètres spécifiques de comportement des sols (gonflement, retrait, liquéfaction, agressivité,...),</li> <li>- les eaux souterraines susceptibles d'avoir une incidence sur le projet (chapitre 2-1),</li> <li>- la stabilité générale du site (chapitre 2-6),</li> <li>- les conditions de réalisation des soutènements.</li> </ul>	<p><i>Soutènement : <math>H &gt; 5m</math> Hors du cadre de ces recommandations</i></p> <p><i>Soutènement : <math>L &lt; 30m</math> 1 profil de 2 sondages</i></p> <p><i>Soutènement : <math>30 \leq L &lt; 60m</math> 2 profils de 2 sondages</i></p> <p><i>Soutènement : <math>L \geq 60m</math> 1 profil de 2 sondages au minimum tous les 30m,</i></p>	<p><u>combiner une partie des techniques suivantes conformément au tableau 1-1 de pertinence :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la reconnaissance géologique :               <ul style="list-style-type: none"> <li>. l'examen des affleurements</li> <li>. les sondages carottés</li> <li>. fouilles à la pelle</li> <li>. sondages à la tarière</li> <li>. sondages SPT</li> <li>. forages destructifs + échant.</li> </ul> </li> <li>- la détermination des caractéristiques géotechniques in situ ; selon les sols :               <ul style="list-style-type: none"> <li>. essais pressiométriques</li> <li>. essais phicométriques</li> <li>. essais de pénétration statique</li> <li>. essais SPT</li> </ul> </li> <li>- piézomètres ou CPI</li> <li>- des essais en laboratoire :               <ul style="list-style-type: none"> <li>. identifications</li> <li>. essais triaxial, cisaillement rectiligne</li> <li>. essais de compressibilité</li> </ul> </li> </ul>	<p>Respecter simultanément les 4 conditions suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 m sous la base de la fondation</li> <li style="text-align: center;">et</li> <li>. 3 fois la largeur de la fondation si fondation superficielle</li> <li>. 10 fois la largeur de la fondation si fondation profonde</li> <li>. 3 fois la largeur de la fondation si fondation semi-profonde</li> <li style="text-align: center;">et</li> <li>- jusqu'à 2m sous le toit de l'horizon peu compressible si remblaiement</li> <li style="text-align: center;">et</li> <li>- au minimum jusqu'au niveau le plus bas des ancrages</li> </ul>

## 2-6 STABILITE DES TALUS

### *2-6-1 Limites du cadre du présent chapitre*

Les présentes recommandations définissent les règles de conception d'un programme d'investigations géotechniques de reconnaissance du contexte géologique, hydrogéologique et géotechnique pour l'étude de stabilité des talus dont la dénivelée reste inférieure à 5 mètres.

### *2-6-2 Informations à fournir par le client*

Au stade d'une mission G12, les documents et informations à fournir par le client sont définis par la norme NFP 94-500.

Une étude de stabilité des talus implique la bonne connaissance des caractéristiques du site et du projet avec, notamment :

- les vues en plan avec les données topographiques du site. Les documents fournis doivent déborder largement de l'emprise du projet étudié,
- les profils en long et les profils en travers du terrain naturel et du projet,
- les surcharges en amont et en aval,
- le plan des ouvrages connus susceptibles de se trouver dans la Zone d'Influence Géotechnique.

Toutes les informations sur le passé du site pouvant avoir une influence sur la stabilité de l'ouvrage (sismicité, antécédents d'instabilité, passé minier y compris évolution des pompages, incertitudes sur les données historiques disponibles, zones de remblais anciens,...) doivent être fournies.

### *2-6-3 Contexte général du site ou du projet*

En cas d'implantation du projet sur un site en pente, il conviendra, bien évidemment, d'en tenir compte dans l'étude du glissement.

**TABLEAU 2-6 - STABILITE DES TALUS**

OBJECTIFS	PROGRAMME DE RECONNAISSANCES RECOMMANDE		
	MAILLE	NATURE	PROFONDEUR
<p><u>apprécier selon les cas:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les surfaces de glissement potentielles,</li> <li>- l'interaction avec les eaux souterraines (chapitre 2-1),</li> <li>- les risques pour les tiers,</li> <li>- les méthodes de stabilisation.</li> </ul>	<p><i>Talus : H &gt; 5m</i> Hors du cadre de ces recommandations</p> <p>2 sondages par profil au moins</p> <p><i>1 profil tous les 30 ml</i></p>	<p><u>combiner une partie des techniques suivantes conformément au tableau I-1 de pertinence :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- reconnaissance géologique :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>. lever de terrain</li> <li>. fouilles à la pelle</li> <li>. sondages carottés</li> <li>. sondages SPT</li> <li>. forages destructifs + échant.</li> </ul> </li> <li>- piézomètres ou CPI</li> <li>- détermination des caractéristiques géotechniques in situ ; selon les sols :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>. essais pressiométriques</li> <li>. essais scissométriques</li> <li>. essais phicométriques</li> <li>. essais pénétromètre statique</li> <li>. essais pénétromètre dynamiques</li> <li>. essais SPT</li> </ul> </li> <li>- essais en laboratoire :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>. identifications GTR,</li> <li>. essai triaxial, cisaillement rectiligne</li> </ul> </li> </ul>	<p>6 m au-dessous de la position des surfaces de glissement les plus probables, en se limitant à 2 m dans un horizon résistant</p>