

**LA QUALITE
DANS LES ETUDES
GEOTECHNIQUES**

**ABDERRAHMAN MANAL
L . P . E . E**

SOMMAIRE

I/ INTRODUCTION

II/ ASPECTS PARTICULIERS DES ETUDES GEOTECHNIQUES

- II-1 Place des études géotechniques dans le projet
- II-2 : Documents de références existants
- II-3 : Moyens humains et matériels
- II-4 : Importance des délais

III/ CAUSES DE NON QUALITE DANS LES ETUDES GEOTECHNIQUES

- III-1 : La mauvaise définition des besoins à satisfaire
- III-2 : L'insuffisance des prestations matérielles
- III-3 : L'insuffisance des prestations intellectuelles
- III-4 : Le non respect des textes de référence
- III-5 : La mauvaise gestion des interfaces
- III-6 : Le non respect des délais

IV / ROPOSITIONS D'ACTION

I / INTRODUCTION

Dans l'opinion courante, la qualité d'un objet éveille le plus souvent l'idée d'un long usage sans altération sensible des caractères qui l'ont fait choisir, ce qui justifie un prix très élevé.

Au cours de ces dernières décennies le développement des performances des moyens de production, de mesures ,et d'essais ont permis de substituer à cette notion subjective une évaluation quantifiée, et ce n'est donc plus le haut de gamme qui mérite l'appellation de "produit de qualité" mais bien ce qui répondra exactement et de façon sure au besoin exprimé .

Désormais la qualité est définie comme étant "l'ensemble des propriétés et caractéristiques d'un produit ou service qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites" .

Le problème qui se pose donc pour le secteur du bâtiment et des Travaux Publics, comme pour tout autre secteur, est de construire à des prix compétitifs avec un niveau de qualité satisfaisant. Cependant les intervenants sont nombreux dans l'acte de construire. La qualité des ouvrages réalisés sera donc le résultat final de la qualité avec laquelle a été réalisée la tâche de chaque intervenant.

II/ ASPECTS PARTICULIERS DES ETUDES GEOTECHNIQUES

II-1 Place des études géotechniques dans le projet:

La qualité de la route est le résultat final d'un grand nombre d'étapes qui sont les suivantes :

1/ La connaissance des besoins des clients usagers de la route et ceux des autres parties prenantes (collectivités, etc...)

2/ La traduction de ces besoins en commande claire d'un ouvrage passée par le maître d'ouvrage au maître d'oeuvre.

3/ L'établissement par le maître d'oeuvre d'un projet traduisant cette commande en termes techniques et économiques correspondant à la qualité requise. Cette étape correspond à la phase des études du projet en général qui englobe en particulier les études géotechniques.

4/ La passation des marchés.

5/ La réalisation des travaux.

6/ La vérification de la conformité de l'ouvrage.

Les études géotechniques font donc partie intégrante des études en général. Elles englobent deux aspects :

a/ L'aspect reconnaissances géotechniques qui constitue une prestation matérielle.

b/ L'exploitation des résultats de cette reconnaissance qui constitue une prestation intellectuelle. Comme pour toute prestation intellectuelle une étude géotechnique est toujours difficile à évaluer. Une évaluation objective de la qualité d'une étude géotechnique ne peut véritablement être établie qu'à posteriori, c'est à dire après réalisation, voire quelques années de service de l'ouvrage et non pas au moment où cette évaluation serait la plus utile, c'est à dire juste avant la dévolution des travaux, stade où des corrections et des compléments pourraient encore être envisagés.

La réalisation d'un ouvrage routier peut être de trois types :

- 1/ La construction d'une chaussée neuve avec ses annexes.
- 2/ Le renforcement d'une chaussée existante avec réfection de ses annexes
- 3/ La construction d'un ouvrage d'Art (Pont, mur de soutènement, etc...).

Les aspects liés aux études géotechniques d'un ouvrage d'art ne font pas l'objet du présent article.

Tous le monde s'accorde, en général pour considérer que la qualité d'un ouvrage passe d'abord par de bonnes études ; en effet l'importance des études géotechnique est prépondérante pour connaître avec précision les caractéristiques techniques de ces ouvrages et pour la détermination des solutions de base et éventuellement des solutions variantes.

Une bonne étude géotechnique doit permettre, avant d'entamer les travaux d'exécution, de connaître avec précision les éléments suivants :

1- Dans le cas d'une chaussée neuve :

a) Pour réaliser les terrassements :

-Les difficultés de terrassements (déblais rocheux, zones compressibles, versants instables, zones difficiles, etc...)

- Les mouvements de terres (déblai, remblai, et emprunts éventuels) et un profil géotechnique des sols en place. Le but de l'ensemble étant de définir un niveau de plate-forme à atteindre, par section de tracé.

- Les caractéristiques des matériaux pour remblais et les conditions de leur réutilisation (matériaux issus des déblais et des emprunts).

Le recours à l'utilisation de couches de forme doit être constamment présent à l'esprit en effet en dehors des sections où ce recours est obligatoire (cas des sols SO), il peut s'avérer intéressant de passer par une couche de forme même pour les sols les mieux portants du tracé si ceci peut amener une économie signifiante au niveau du corps de chaussée.

b) Pour réaliser la chaussée :

- La reconnaissance des matériaux pour corps de chaussées, qui passe obligatoirement par un inventaire des potentialités locales en matériaux de construction et la définition exacte des caractéristiques de ces matériaux.

- La définition des structures de chaussées et d'accotements. Dans ce contexte, il est toujours intéressant de proposer en plus des solutions classiques qui figurent dans les documents de base, des structures variantes qui tiennent compte de nouvelles techniques et / ou la valorisation de matériaux locaux.

2- Dans le cas d'un renforcement de chaussée :

- La définition précise des solutions d'entretien par section et les travaux préparatoires à réaliser éventuellement sur le support existants. Ces solutions devant tenir compte des potentialités locales en matériaux de construction.

- La définition des solutions compatibles pour l'entretien de la chaussée et des accotements ayant pour objectif le drainage interne de la chaussée et une facilité d'exécution.

- La proposition précise de travaux annexes sur les ouvrages de rétablissements des écoulements, de soutènement, etc...

II-2: Documents de références existants .

Pour le moment, il n'existe pas de cahier des charges relatif aux reconnaissances géotechniques mais un cahier de prescription communes aux études en général. Toutefois la DRCR a publié avec la collaboration du LPPE.

1/ Un guide d'études géotechniques applicable aux plate-forme et aux chaussées qui a été mis à la disposition des géotechniciens et des projeteurs. Ce document se subdivise en trois parties.

2/ Un manuel de renforcement de chaussées revêtues

Le premier document se subdivise en trois parties qui sont les suivantes :

-La première partie décrit les moyens matériels à utiliser et les essais à effectuer pour le recueil des données nécessaires aux différents niveaux d'études dont il est fait mention dans le CPC des études routières (Etude de définition, étude d'avant projet et étude de projet d'exécution). Ces données sont relatives aux projets de terrassements et de construction de chaussées neuves et renforcées et d'ouvrages de stabilité.

- La seconde partie présente les documents techniques permettant aux géotechniciens d'interpréter les données recueillies et de les présenter en résultats utilisables par les projeteurs et l'entrepreneur.

- La troisième partie présente le mode de présentation des résultats des études géotechniques.

Les différentes tâches à réaliser au niveau de chaque niveau d'études sont clairement explicitées dans ce guide d'études géotechniques.

En ce qui concerne le manuel de renforcement de chaussées revêtues, ce document décrit en détail les différentes actions à mener et présente une gamme large de solutions à proposer pour la chaussée et ses annexes.

Avec le Catalogue Marocain de structures de chaussées neuves (dont une refonte est en cours d'élaboration avec la collaboration du LPEE) on peut dire qu'en matière de documents de référence les géotechniciens disposent déjà du minimum nécessaire pour réaliser des études géotechniques permettant d'avoir les caractéristiques minimales à savoir :

- Le dimensionnement divers (couche de forme , chaussée, talus, réseaux de drainage, etc...).

- Les mouvements de terres.

- Les méthodes constructives concernant les points instables et les points particuliers en général.

II-3: Moyens humains et matériels:

Le fait de disposer d'une gamme si large soit-elle de documents de référence et de logistique de reconnaissance et d'essais ne peut être suffisant pour réaliser des études géotechniques de bonne qualité, car il est absolument nécessaire de disposer d'une personne compétente pour la réalisation de telles études. En effet le responsable d'une étude géotechnique doit être simultanément:

- Un géologue, car seul le raisonnement géologique peut justifier les interpolations des caractéristiques des sols entre deux points de sondages ce qui est la démarche rationnelle pour optimiser le volume de la reconnaissance géotechnique.

- Un géotechnicien, car il doit connaître avec précision les multiples aspects du comportement des sols et des roches et les différents agencements à faire à partir d'une gamme de sols pour aboutir au projet le plus adéquat sur le plan technico-économique.

- Un terrassier, quand il s'agit d'un projet de chaussée neuve, pour pouvoir apprécier les difficultés d'application des modalités qu'il propose dans son étude géotechnique.

II4: Rôle des délais:

Les délais ont une grande influence sur la qualité des études géotechniques. Il est nécessaire de réaliser l'étude géotechnique simultanément à la mise au point du projet géométrique pour permettre un travail interactif entre le projeteur et le géotechnicien. Le CPC des études routières qui a été élaboré par la DRCR a d'ailleurs entériné la réalisation des études en progression continue dans laquelle on distingue les études de définition, les études d'avant projet et les études de projet d'exécution. les études géotechniques se placent alors avec des degrés de précision croissante à ces 3 étapes et ceci a été détaillé dans le guide d'études géotechniques dont il a été fait mention ci-dessus.

III / CAUSES DE NON QUALITE DANS LES ETUDES GEOTECHNIQUES

Les causes de non qualité sont nombreuses, on peut citer notamment :

- 1/ La mauvaise définition des besoins à satisfaire.
- 2/ L'insuffisance des prestations matérielles.
- 3/ L'insuffisance des prestations intellectuelles.
- 4/ Le non respect des textes de référence ou le manque de ces textes.
- 5/ La mauvaise gestion des interfaces.
- 6/ Le non respect des délais.

Ces causes sont explicitées un peu plus ci-après :

a) La mauvaise définition des besoins à satisfaire :

La définition du besoin à satisfaire est en général de la compétence du maître d'ouvrage. En toute rigueur elle ne fait pas partie de l'étude proprement dite. C'est le cas par exemple de la mauvaise définition du niveau d'étude à réaliser, le manque d'une délimitation précise des couloirs pour une étude de définition, la mauvaise définition du confort à assurer à l'utilisateur, la non précision du délai de réalisation, en effet ce dernier paramètre peut jouer énormément sur le choix des solutions de consolidation dans le cas de traversée de sols compressibles. Ces carences ont une influence sur l'étude en général et sur l'étude géotechnique en particulier.

b) L'insuffisance des prestations matérielles :

Les prestations matérielles correspondent plus ou moins à la phase recueil de données sur le terrain et au laboratoire . Ces prestations doivent donner l'image la plus fidèle possible des formations géotechniques existantes. Le non respect des cadences habituellement admises (pour un niveau d'étude donné) pour la réalisation d'essais in-situ, de puits de reconnaissance, ou d'essais au laboratoire peut amener à une mauvaise connaissance des sols en place et de leurs comportements ce qui peut poser énormément de problèmes au niveau de la réalisation du projet.

Parmi les prestations matérielles on peut citer aussi le relevé de dégradation d'une chaussée et de son environnement géotechnique et hydrique lors d'une étude de renforcement et également le recueil de données sur le trafic ainsi que les mesures de déflexion et d'uni. La fiabilité de l'étude de renforcement dépend largement de la fiabilité de ces prestations matérielles, en effet, un relevé de dégradations sommaire ne peut permettre de connaître avec précision les causes et le processus de dégradation d'une chaussée.

Un relevé sommaire de l'environnement géotechnique et hydrique de la route auscultée engendre une perte de données importantes pour expliquer le comportement de cette route. Les mesures de déflexions elle mêmes doivent être systématiquement réalisées pour les itinéraires dont l'agressivité du trafic est supérieur ou égale à T2 surtout si une solution de renforcement avec des matériaux traités au bitume est envisageable. Les mesures de déflexions doivent être réalisées pendant la période la plus défavorable du comportement de la chaussée qui correspond en général à la saison du printemps; de même si les épaisseurs des couches bitumineuses sont importantes en place il est nécessaire d'utiliser pour effectuer ces mesures de déflexion les deflectographes à long chassis.

Enfin une mauvaise présentation d'un rapport définitif d'étude géotechnique peut être considéré comme étant une insuffisance de prestations matérielles.

c) L'insuffisance des prestations intellectuelles :

Les prestations intellectuelles consistent en la définition d'un programme de prestations matérielles et à l'interprétation des résultats de ces prestations pour les intégrer à l'étude en général. Par exemple la définition d'un scénario de mouvement de terre. Une insuffisance de ce type découle en général de l'incompétence de la personne chargée de l'exécution, de ces prestations. Elle peut résulter aussi d'un manque de documentation adéquate ou de logiciels appropriés. L'expérience du géotechnicien joue un grand rôle dans ce domaine et demeure irremplaçable.

Il est à signaler aussi que souvent pour des questions de disponibilité des crédits, certains éléments proposés par le géotechnicien dans le cadre de la solution définitive ne sont pas retenus ou sont remplacés par d'autres solutions plus économiques qui peuvent ne plus répondre aux problèmes posés c'est le cas par exemple du remplacement d'un drainage par tapis dans une zone où il est nécessaire par un drainage en arête de poissons, ou la diminution des épaisseurs de certaines couches de la chaussée, ou l'abandon de la couche de forme. Avec de telles pratiques il ne faut pas s'attendre à un comportement convenable dans le temps de l'ouvrage réalisé.

d) Le non respect des textes de référence :

Il s'agit souvent de la non utilisation ou de la mauvaise utilisation des documents édités par la DRCR à savoir :

- Le guide des études géotechniques
- Le manuel de renforcement de chaussées revêtues
- Le catalogue Marocain des structures de chaussées
- Les différentes notes et recommandations de la DRCR concernant certains aspects particuliers des études géotechniques (sur le drainage interne, sur les routes en zones désertiques, etc...)

Les tâches à réaliser sont bien explicitées dans les documents énoncées ci-dessus et tout écart par rapport à ce qui est demandé (en plus ou en moins) constitue une non-qualité.

En ce qui concerne l'application du guide des études géotechniques, pour le moment, rares sont les études qui ont été réalisées conformément à ce guide dans la mesure où en général on se contente d'une seule étude géotechnique d'un niveau qui s'apparente plus ou moins à celui d'une étude d'avant projet qui satisfait les différents intervenants et qui en général ne fait pas ressortir un vrai scénario de mouvements de terre.

Pour le Manuel de Renforcement, il propose en général pour un cas donné toute une gamme de solutions dont on se contente en général de retenir la plus classique qui n'est pas forcément la plus économique. Les solutions avec valorisation de matériaux locaux (GNC, GND, GVC, GAC, MHN etc...), de

retraitement en place, ou de type (GBB + RS) ne sont en général pas retenues. Si ceci se justifie plus ou moins pour les solutions avec retraitement, pour lesquelles les routiers nationaux ont peu d'expérience, et qui à notre avis constituent des solutions intéressantes, il l'est moins pour la valorisation des matériaux locaux et le choix de solutions progressives types (GBB + RS).

En ce qui concerne le Catalogue Marocain des Structures des Chaussées, son application en général est respectée mais cette application est parfois trop simpliste dans la mesure où elle consiste à utiliser uniquement la grille des structures sans se préoccuper des agencements à faire pour les sols pour tirer le meilleur profit de manière à atteindre la meilleure classe de plate-forme possible.

Le Catalogue Harocain des Structures de Chaussées est actuellement en cours de refonte avec la collaboration du L.P.E.E. Dans sa version actuelle il présente certains lacunes qui jouent sur la qualité des études, à savoir :

- Le manque de structures complètes avec accotements et profils en travers types.

d) Le non respect des textes de référence :

Il s'agit souvent de la non utilisation ou de la mauvaise utilisation des documents édités par la DRCR à savoir :

- Le guide des études géotechniques
- Le manuel de renforcement de chaussées revêtues
- Le catalogue Marocain des structures de chaussées
- Les différentes notes et recommandations de la DRCR concernant certains aspects particuliers des études géotechniques (sur le drainage interne, sur les routes en zones désertiques, etc...)

Les tâches à réaliser sont bien explicitées dans les documents énoncés ci-dessus et tout écart par rapport à ce qui est demandé (en plus ou en moins) constitue une non-qualité.

En ce qui concerne l'application du guide des études géotechniques, pour le moment, rares sont les études qui ont été réalisées conformément à ce guide dans la mesure où en général on se contente d'une seule étude géotechnique d'un niveau qui s'apparente plus ou moins à celui d'une étude d'avant projet qui satisfait les différents intervenants et qui en général ne fait pas ressortir un vrai scénario de mouvements de terre.

Pour le Manuel de Renforcement, il propose en général pour un cas donné toute une gamme de solutions dont on se contente en général de retenir la plus classique qui n'est pas forcément la plus économique. Les solutions avec valorisation de matériaux locaux (GNC, GND, GVC, GAC, MHN etc...), de retraitement en place, ou de type (GBB + RS) ne sont en général pas retenues. Si ceci se justifie plus ou moins pour les solutions avec retraitement, pour lesquelles les routiers nationaux ont peu d'expérience, et qui à notre avis constituent des solutions intéressantes, il l'est moins pour la valorisation des matériaux locaux et le choix de solutions progressives types (GBB + RS).

En ce qui concerne le Catalogue Marocain des Structures des Chaussées, son application en général est respectée mais cette application est parfois trop simpliste dans la mesure où elle consiste à utiliser uniquement la grille des structures sans se préoccuper des agencements à faire pour les sols pour tirer le meilleur profit de manière à atteindre la meilleure classe de plate-forme possible.

Le Catalogue Marocain des Structures de Chaussées est actuellement en cours de refonte avec la collaboration du L.P.E.E. Dans sa version actuelle il présente certains lacunes qui jouent sur la qualité des études, à savoir :

- Le manque de structures complètes avec accotements et profils en travers types.

- La non prise en compte de la valorisation de matériaux locaux tels que les MHN, GND, GNC, GVC et GAC de manière à proposer une gamme plus large de solutions surtout pour les faibles trafic et à rester homogène avec le Manuel de renforcement des chaussées revêtues.

- La non prise en compte des couches de forme même pour les sols de portance supérieures à SO dans la mesure où l'introduction de ces couches de forme permet d'économiser sur la structure de la chaussée.

- Le manque de certains types de structures (Béton, Grave ciment, Grave émulsion etc...).

Une étude géotechnique de bonne qualité d'un tracé neuf doit entre autre donner les modalités des terrassements des sols rencontrés, actuellement il n'existe pas de document qui détaille cet aspect des études (équivalent de la R.T.R Française) tout en tenant compte des spécificités Marocaines (sols tuffacés, sols schisteux, tirseux , marneux , etc...).

e) La mauvaise gestion des interfaces

En matière d'études géotechniques un des interfaces les plus importants à gérer est celui qui existe entre les prestations matérielles et les prestations intellectuelles. Ces prestations seront désormais et le plus souvent réalisées par des responsables différents le Laboratoire d'un coté et le bureau d'étude de l'autre coté. Dans l'établissement des programmes de reconnaissance et d'essais par les bureaux d'études il a été constaté dans la plus part des cas une mauvaise connaissance de la part des bureaux d'études de l'aspect comportement des sols et des paramètres à déterminer pour caractériser ce comportement. Et ceci parait évident au niveau de l'établissement des programmes de reconnaissance et d'essais qui sont parfois sommaires ou au contraire très onéreux et irréalistes. La compétence des personnes responsables des études géotechniques est la seule garantie pour une bonne gestion de cet interface.

Un autre aspect est celui de l'interface entre l'étude géométrique et l'étude géotechnique ces deux études doivent progresser en parallèles et de manière interactive, en général le manque de communication entre les responsables de ces études contribue à une mauvaise qualité des études.

f) Le non respect des délais :

Une des causes importantes du mécontentement d'un client est le non respect des délais. Cependant le délai accordé aux études se compose du délai réservé à l'étude géométrique et du délai réservé à l'étude géotechnique proprement dite qui doivent progresser en parallèle. Un dérapage dans les délais de l'une de ces deux types de prestations entraîne automatiquement un dérapage sur le délai global. Dans le cadre de l'étude géotechnique, les délais réservés aux prestations matérielles sont en général sous-estimés. L'expérience montre aussi que dans bon nombre de cas l'étude géotechnique fait l'objet d'une commande tardive ce qui pose un dilemme :

1/ Réaliser l'étude convenablement et automatiquement avoir un dérapage sur les délais.

Ou 2/ Respecter les délais et prendre le risque de réaliser une étude plus ou moins incomplète.

IV / PROPOSITIONS D'ACTIONS

Les actions à mener pour minimiser les causes de la non qualité doivent porter sur les différents aspects cités dans le chapitre ci-dessus, mais avant tous il parait utile de signaler que la démarche qualité est d'abord une éducation, un souci et une motivation de chacun des intervenants à savoir le maître d'ouvrage, le maître d'oeuvre ou le bureaux d'études, le Laboratoire et l'entreprise. Le facteur humain est important et la formation des acteurs impliqués est indispensable et ceci l'est d'autant plus au niveau des études en général qu'au niveau de la réalisation.

Un autre aspect important est celui de l'organisation. L'organisme chargé de la réalisation des études géotechniques doit disposer d'une organisation interne permanente de gestion de la qualité. Ce point sera très probablement abordé plus en détail par d'autres communications c'est la raison pour laquelle il en est fait uniquement mention dans cet article.

En ce qui concerne les causes citées ci-dessus, parmi les actions à mener il faut citer :

- La programmation des études en général et des études géotechniques en particulier suffisamment à l'avance pour réaliser ces études dans des délais acceptables et réaliser les études géotechniques de façon progressive conformément au guide des études géotechniques routières.

- Le respect des documents de références existants et leur application.

- L'élaboration d'autres documents concernant les terrassements et la refonte du catalogue de structures de chaussées neuves.

- La désignation des responsables compétents, et disposant de la logistique nécessaire, pour la réalisation des études géotechniques. Ces responsables doivent être capables de gérer les différents interfaces et notamment l'interface entre les prestations matérielles et les prestations intellectuelles.

- L'amélioration des prestations matérielles : relevés fiables des données de trafic, mesures de déflexions représentatives des états critiques de fonctionnement des chaussées, développement et mise en place de moyens de reconnaissance et d'essais plus fiables.

- L'établissement des bilans critiques des études après réalisation des ouvrages pour pouvoir apporter des améliorations.