

PROBLEMES SPECIFIQUES RENCONTRES LORS DES GRANDS TERRASSEMENTS

Abderhaman El Harami(CID)
Hicham Worighi (CID)
Anouar Kesmat (CID)

INTRODUCTION

Les travaux de terrassement ont pour objectifs de donner à la future infrastructure les caractéristiques géométriques la rendant compatible avec sa destination fonctionnelle et les contraintes géotechniques des terrains traversés.

La maîtrise du volet géotechnique constitue un point clé pour la réalisation des infrastructures routières. Elle représente la condition la plus critique dans l'exécution des travaux de terrassements.

Cet article traite les problèmes spécifiques rencontrés lors des grands terrassements dans les grands projets des infrastructures routières et autoroutières au Maroc.

Il présente les problèmes géotechniques rencontrés dans les travaux de terrassement, en particulier les grands projets de terrassement, ainsi que les solutions de confortement entreprises et les traitements retenus dans l'exécution.

I- LES PROBLEMES LIES AUX GRANDS TERRASSEMENTS

1- CAS DES DEBLAIS DE GRANDE HAUTEUR

Différentes anomalies géotechniques peuvent se présenter dans le cas du terrassement des déblais de grandes hauteurs. Ces types de désordre peuvent se présenter sous forme de :

- o Glissement du terrain : glissement circulaire, glissement des dièdres, fluage ;
- o Ecoulement rocheux et les coulées boueuses.

Les facteurs déclenchant les dégradations des talus peuvent être de différentes natures :

□ NATURE GEOLOGIQUE

La reconnaissance de la nature géologique du terrain, et les accidents affectants les formations géologiques (failles...), est primordiale pour le dimensionnement des pentes de talus et la définition des mesures de confortement convenables.

En effet les travaux de reconnaissance ont pour objectif l'identification de la nature des sol (sol meuble, rocher..), son comportement géotechnique. La cartographie des anomalies géotechniques permettra d'identifier la nature des dégradations et de les classées par formation géologique.

❑ NATURE HYDROLOGIQUE/HYDRAULIQUE

Les infiltrations des eaux entraînent d'une part, une désorganisation avec lessivage des matériaux fins et une chute de ces caractéristiques intrinsèques, d'autre part elles exercent une pression interstitielle dans la formation géologique entraînant une dégradation des caractéristiques géotechniques.

❑ NATURE GEOMETRIQUE

Les problèmes de géométrie liés aux désordres des pentes de talus ont pour origine :

- o L'inadaptation de la pente avec les caractéristiques géotechniques des formations en question.
- o L'excavation des butées naturelles ou artificielles en pied.



Dégradation de déblai RN16

2- CAS DES REMBLAIS DE GRANDE HAUTEUR

La construction de la route sur un remblai de grande hauteur est souvent confrontée à des anomalies de stabilité et des déformations du remblai. D'où l'importance à accorder à ces zones dès la phase de l'étude du projet.

Les remblais de grande hauteur sont considérés comme des ouvrages d'art (étude spécifique) car leur réalisation réunit à la fois :

- o Les conditions de mise en œuvre des remblais courants,
- o Les conditions de stabilité qui peuvent modifier le choix, la disposition et la mise en œuvre des matériaux dans le corps du remblai.

En particulier, lorsqu'un grand remblai en sol compacté repose sur une couche d'argile molle, de vase ou de tourbe, les ruptures susceptibles de se produire sont profondes. Si la sécurité vis-à-vis de la rupture est faible, il peut se produire un fluage du sol de fondation entraînant un tassement anormal du remblai et un renflement latéral de la couche molle. Cette situation devient de plus en plus critique en présence de l'eau.



Dégradation du remblai RN16

II- ETUDES DE CAS : LES PROBLEMES SPECIFIQUES RENCONTRES LORS DES GRANDS TERRASSEMENTS

1- TERRASSEMENT DES DEBLAIS DE GRANDE HAUTEUR

A- VOIE DE CONTOURNEMENT DE RABAT

[SOURCE : MM. Rmili (DRCR) , Ejjaouani , Labie (LPEE) : 6^{ème} Congrès National de la Route]

❑ CONTEXTE DU PROJET

Les terrassements représentent un total de 2,3 millions de m³ constitués essentiellement de déblais :

Désignation	Remblai (m ³)	Déblai (m ³)
Total	984 210	1 303 650

Les déblais se répartissent sur 16 zones dont la plus importante est située au niveau du déblai D11 dans la montée de Hsein. Ainsi, l'effet des infiltrations des eaux ont rendu plus complexe la stabilité des talus. La hauteur de ce déblai a atteint 30 m.

Des études spécifiques et des expertises ont été menées pour vérifier cette stabilité et définir les dispositions constructives pour assurer la pérennité de l'infrastructure.

❑ SOLUTIONS ET DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES RETENUES POUR LA STABILITE DU DEBLAI D11

Deux scénarios ont été simulé pour assurer la stabilité du déblai D11:

- Exécuter des talus de pente 1H/2V avec des risbermes de 3 m de largeur tous les 8 m de hauteur ;
- Exécuter des talus raides 1H/5V renforcé par béton projeté et cloutage.

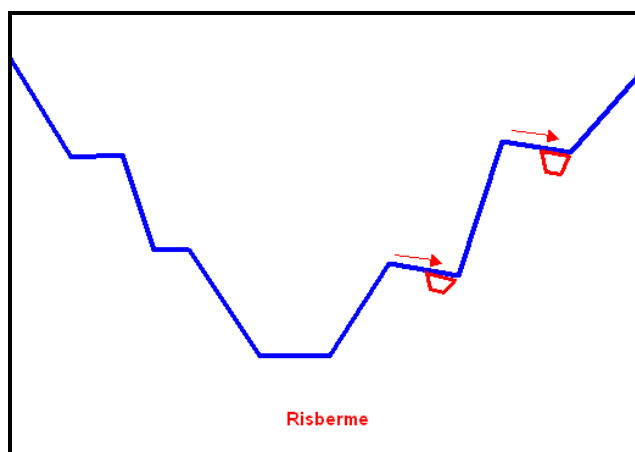
La solution adoptée est celle du terrassement avec des pentes douces et des risbermes.

Au moment des travaux de terrassement les terrains rencontrés sont de très bonne résistance et constitués de marne ou de calcarénite. A l'exception quelques tranches superficielles de marnes altérées, ces matériaux ont une bonne tenue et n'ont pas nécessité de soutènement lourd.

La pente adoptée a été de 2H/3V et des risbermes ont été prévues pour exécuter les entretiens futurs et augmenter la stabilité du talus.

Les venues d'eau constatées ont pour origines les infiltrations des surfaces sub-horizontales des grès et calcarénites sur des marnes sableuses et indurées sous-jacentes. Ces infiltrations ont été traitées par la mise en place de tranchées drainantes longitudinales qui ont été réalisées à partir de risbermes en plaçant des drains sub-horizontaux juste au dessous du contact humide pour intercepter les arrivées d'eau et les renvoyer au point bas du drain.

En effet, pour éviter l'érosion des talus, un glacis bétonné d'étanchéité a été réalisé à partir des arêtes entre talus et risbermes. Ce glacis est penté vers le talus de déblai amont au pied duquel il se raccorde sur une cunette bétonnée renvoyant les eaux à l'assainissement superficiel des chaussées



Terrassement des pentes douces avec des risbermes



Travaux de terrassement au niveau du déblai N°11

B- AUTOROUTE TANGER-PORT OUED R'MEL

[SOURCE : M.Chouh(ADM), journée technique « Géotechnique » Nov.2008]

□ CONTEXTE DU PROJET

Le caractère instable des terrains traversés par cette autoroute, conjugué à la nature des sols rencontrés et au relief accidenté de la région ont constitué les principales contraintes de ce projet.



Travaux de terrassement Tanger-Port méd

L'autoroute Tanger-Port Tanger Méd se développe dans un contexte géotechnique et hydraulique complexe. Elle comprend des ouvrages de terrassement particuliers dont ils ont nécessité un volume très important de terrassement et l'introduction des techniques innovantes. Cette autoroute traverse des zones de grands glissement de terrains et elle passe dans une vallée compressible en longeant l'oued Sghir .

□ TRAITEMENT DES DESORDRES DES TRAVAUX DE TERRASSEMENT

Le traitement des désordres, survenues lors des travaux et après l'achèvement de ces travaux, a constitué un grand obstacle pour la construction de cette autoroute.

En effet, malgré l'adoption des pentes douces, de l'ordre de 3H/1V, une dizaine de glissements sont survenus sur les talus en phase des travaux, dont la plupart sont dus à la présence de marne verdâtre altérée et la circulation des eaux entre cette couche superficielle et le substratum constitué de pélite.

Le traitement des anomalies survenus et les désordres relevés sur le déblai a nécessité les techniques de traitement suivantes :

- Purger des matériaux déconsolidés sur les talus pour mettre en œuvre des masques ou des éperons drainants. Pour certains déblais où le plan de rupture est assez profond il a été nécessaire

- Adopter des solutions de confortement plus lourdes du genre, murs cloués sur les talus, clouage des pieds de talus par un écran de pieux fichés dans le substratum et pour le déblai (D13 de la section 3.1),
- Parois moulées avec tirants d'ancrage actifs pour stabiliser les déblais qui se trouvent dans une zone de chevauchement avec le projet ferroviaire.



[Mise en place des matériaux drainant pour bêche d'ancrage](#)

Après l'achèvement des travaux et la mise en service de l'autoroute de desserte du port Tanger méd, un certain nombre de glissements et de décrochements superficiels ont révélé la présence de nouvelles zones critiques.

Les modes de confortement adoptés pour stabiliser les points de glissement :

- Masque drainant : sur une base minimale de $1.5H+10$ m où H désigne la hauteur du terrain traité, les matériaux utilisés ont un pourcentage de fine de 5% et un angle de frottement interne de 35° ceci afin de conférer au déblai le drainage et la stabilité requis.
- Clouage : cette technique consiste à fixer le talus de déblai par un clouage avec des barres métalliques passives scellées au terrain stable et à le revêtir d'un béton projeté. La profondeur des forages varient entre 8 et 16 m, l'inclinaison des ces clous par rapport à l'horizontale est de 10° . L'épaisseur totale du parement en béton projeté est de l'ordre de 18 cm. Les clous sont implantés selon un maillage triangulaire de 1.5 m de coté.

Le projet a prévu la technique de mur cloué au niveau de certains ouvrages en déblai auxquels il n'était pas possible de conférer une pente générale des talus de 2H/1V leur assurant la stabilité requise.

Le béton projeté constituant le parement des murs cloués est de type B30 dosé au minimum à 450 Kg/m³.

- Parois moulées avec tirants d'ancrage actifs : dans la zone moyenne entre la ligne ferroviaire et l'autoroute, le projet ONCF prévoit une purge de 10 m de puissance à l'aval d'un ouvrage en remblai autoroutier. Pour assurer la stabilité dans cette zone la technique de parois

moulées renforcées par quatre lignes de barres actives. Cet ouvrage a été réalisé au pied du remblai autoroutier préalablement aux travaux de purge prévu par ONCF.



Déblai traité par clouage et béton projeté

2- TERRASSEMENT DU REMBLAI DE GRANDE HAUTEUR

A- ZONE COMPRESSIBLE DE L'AUTOROUTE LARACHE-SIDI LYAMANI(ZONE LOUKKOS)

[SOURCE : ADM, journée technique « Géotechnique » Nov.2008]

□ CONTEXTE DU PROJET

L'autoroute Larache-Sidi Lyamani traverse la vallée compressible de l'oued Loukkos sur une longueur de 3.5 km (entre PK4+500 et PK8+000).

Cette vallée est de formation géologique récente. Les couches lithologiques qui la composent sont des argiles molles plus au moins consolidées, des vases molles et sables fins se présentant parfois sous une forme lenticulaire.

Pour assurer la traversée de la vallée, un remblai de 3 m est mis en place, dans la zone des rives de l'oued Loukkos, il atteint une hauteur de 6 m.

Les premiers calculs ont montré un tassement de 20 à 170 cm, ce qui est incompatible avec les exigences d'exploitation. Pour répondre au délai de réalisation, des technique d'accélération de consolidation ont été entreprises.

□ TRAITEMENT DE LA CONSOLIDATION

▪ Couche drainante :

Après débroussaillage du terrain naturel entre les PK 4+500 et PK8+000, il a été appliqué une couche drainante (filtre) de sable sur une épaisseur comprise entre 50 et 80 cm. Cette opération a nécessité l'utilisation de 130.000 m² de matériaux.

- Drains verticaux :

Les drains verticaux utilisés sont de type SOLPAC C430. Ils sont fabriqués en PVC enrobés de membrane en géotextile.

La maille de pose des drains est répartie de façon triangulaire de 1 m, avec une profondeur variant entre 18 et 25 m.

- Instruments de suivi de la consolidation

En parallèle avec le système de traitement, un système de suivi du degré de consolidation a été réalisé moyennant la mise en place d'un ensemble d'instruments comprenant des :

- Repères topographiques placés dans la partie supérieure du remblai ;
- Inclinomètres de surface aux pieds de talus ;
- Boules de tassement sous le remblai ;
- Capteur de pression interstitielle ;
- Inclinomètres.

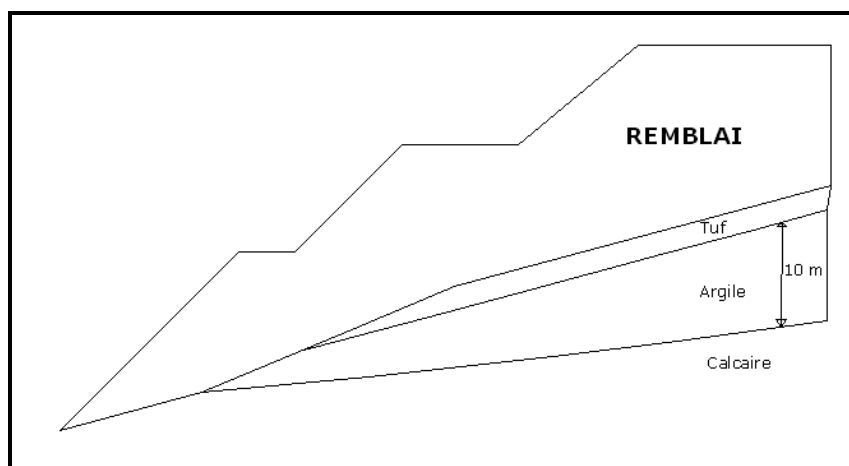
Cette instrumentation a été prévue pour contrôler d'une part la stabilité du remblai à ses différentes phases et d'autre part suivre la consolidation du sol pour se prononcer sur les phases à entamer. Ainsi ces mesures sont d'une importance capitale tant pendant la construction qu'après.

B- AUTOROUTE RABAT- FES (CAS REMBLAI 38)

[SOURCE : MM.Ejjaaouani (LPEE) , Louridi (ADM) : 6^{ème} Congrès National de la Route]

□ CONTEXTE DU PROJET

Il s'agit d'un remblai d'une hauteur de l'ordre de 20 mètres qui subit régulièrement des affaissements depuis Avril 1998. Ces glissements sont dus à la présence d'une argile en fondation qui engendre des déformations en surface à cause de l'obturation des vides sous la circulation d'eau et des charges, ainsi que du fluage des argiles.



❑ CONFORTEMENT PROPOSES

Les principes de traitement sont basés sur les deux sources de déformations (obturation des vides par circulation des eaux, fluage des argiles).

Le confortement de tassement est basé sur l'action sur les deux paramètres:

- Action sur les paramètres qui favorisent les déformations afin de diminuer leur ampleur :
 - Diminution des efforts verticaux agissant sur l'assise toute en traitant une bonne partie du remblai par substitution avec un remblai léger. La solution consiste à décaisser sur 7 m et à monter le remblai en polystyrène expansé.
 - Diminution des infiltrations d'eau dans le corps du remblai à travers le TPC par des géomembranes protégés en haut par des géotextiles et de la terre végétale.
 - Favoriser la circulation des eaux à la base du remblai, par la réalisation de drain en PVC entourés avec un géotextile.
- Obstruer tous les vides et consolider la partie du sol qui peut engendrer des déformations, ainsi que le traitement de l'argile pour qu'il soit très peu sensible à l'eau à travers le malaxage du sol avec des liants hydrauliques (chaux et/ou ciment) à travers des colonnes jointives et des tarières avec injection du coulis.
- Adopter une solution de déviation de l'autoroute pour palier à ces problèmes de tassement répétitifs.

CONCLUSIONS

Le bon déroulement, dans la construction d'un ouvrage de terrassement est exposé à de multiples aléas. L'expérience vécu dans les projets précités permettra d'avoir une réflexion de rétro-analyse et retour d'expérience. Ces aspects doivent être pris en comptes dans les différentes phases du projet :

- Au moment des études : les reconnaissances géotechniques doivent être exhaustives ;
- Au moment des travaux : les maîtres d'œuvre doivent ordonner la réalisation systématique de campagnes de reconnaissance complémentaires afin de lever tous les doutes sur la configuration géotechnique et anticiper sur les problèmes bien en avance.