



REMBLAI EN SOL FIN

H. EJJAOUANI (LPEE)
LOURIDI (ADM)

Dans cette communication on présentera les différents problèmes liés à l'exécution des remblais, de faible ou de grande hauteur, avec des sols argileux de plasticité élevée. Techniquement la réutilisation de tout matériau en remblai n'est pas exclue, mais seulement il faut prendre les dispositions nécessaires et faire des études spécifiques.

C'est ainsi que pour des questions économiques, éloignement du matériau "noble", on a commencé au Maroc à utiliser de plus en plus des matériaux argileux très plastiques ($I_p > 30$) dans des remblais de hauteur importante.

PROBLÈME GÉNÉRAL DES REMBLAIS EN SOL FIN

Le premier problème qui a limité l'utilisation des sols argileux est celui de l'exécution, et en particulier leur compactage. Mais avec le développement de compacteurs à pieds de moutons et d'autre engins spécifiques a rendu l'utilisation possible. Ce développement technologique a eu lieu surtout dans le domaine des barrages où l'utilisation d'argile comme noyau est courant.

Le deuxième problème qui a limité l'utilisation de l'argile est celui de sa forte sensibilité à l'eau, ainsi ces caractéristiques rhéologiques et mécaniques peuvent changer en cas de variation de sa teneur en eau ; chose qui peut arriver à tout moment. Ainsi les conditions d'utilisation du matériau argileux en remblai de grande hauteur ne peuvent se limiter à de simples conditions de compactage mais à l'étude du comportement du remblai en tant qu'ouvrage.

Le troisième problème mais qui est spécifique à certains sites, et en particulier à celui de Rabat-Fès Tronçon II, est celui de la forte dureté du sol en place. De ce fait on se trouve devant un matériau à l'état foisonné sous forme de blocs d'argiles indurées difficilement compactables.

Dans ce qui suit, nous essayons à travers notre expérience dans quelques ouvrages au Maroc d'énumérer les différents problèmes rencontrés et leur traitement.

Les argiles sont connues par leur induration une fois qu'elles sont "sèches", à faible teneur en eau. De ce fait au moment de l'extraction, on se trouve à faire à des blocs d'argile indurée. L'expérience a montré que même après compactage, sur des épaisseurs de 40cm, des mottes subsistent et ne se brisent pas complètement.

Mais avant d'aborder ce problème revenons à celui de la contradiction qu'on peut avoir entre essais de laboratoire et essais in-situ. En effet au laboratoire, le matériau est mis sous eau jusqu'au délitage complet et les essais de compactage sont effectués effectivement sur un matériau argileux de classe A3 ou A4, et on obtient la courbe Proctor classique.

Sur chantier le matériau, de point de vue granulométrique reste grossier et donc loin de celui testé au laboratoire. Lorsqu'on détermine la densité in-situ on trouve des densités élevées par rapport à celles du laboratoire bien que le matériau n'est pas bien compacté. Des tranchées ouvertes dans le matériau montre la présence de vides entre les blocs.

Il y a lieu de noter que la densité sèche in-situ et donc celle de mottes, est très élevée et généralement avoisine la valeur de 2. Ceci compense le vide existant et on se trouve avec une densité moyenne supérieure à γ_{opt} . Il s'agit d'une fausse comparaison qu'il faut éviter.

Les vides entre blocs auraient ne pas poser de problème s'ils restent tels que, or dès que les mottes en argile se trouvent au contact avec l'eau elles commencent à se déliter ; on est donc en présence d'un matériau qui peut être classé comme évolutif.

A noter que même un arrosage prolongé raisonnable ne permet pas un délitage complet. De ce fait trois précautions sont prises :

- protéger au maximum le remblai contre les infiltrations, en l'enrobant d'une couche relativement très peu préalable.
- compacter à faible épaisseur 15 à 20cm pour briser les mottes.
- utiliser un compacteur à pieds de moutons

En se référant au schéma précédent il faut noter un second point méritant d'être discuté et celui de la densité au Proctor.

Celle-ci est toujours inférieure à la densité in-situ, sauf cas particulier d'argile saturée in-situ (cas très rare).

Ceci s'explique en grande partie par la faible teneur en eau de l'argile in-situ et donc par le retrait. Des essais au laboratoire effectués sur argile complètement remaniée et ramollie puis passée à l'étuve confirment ce résultat. Donc cette densité élevée ne s'explique pas toujours par une surconsolidation du matériau sous d'anciennes charges disparues ce jour. Ainsi le matériau mis en remblai pourrait éventuellement voir sa densité changer par simple changement de teneur en eau.

Ceci nous amène à soulever la question de la teneur en eau du compactage. Faut-il compacter du côté sec, du côté humide ou à l'optimum ?

D'après ce dernier paragraphe la tendance serait de compacter du côté sec, afin de minimiser le retrait. Ceci est aussi avantageux pour la circulation des engins du chantier.

L'inconvénient de ce côté se situe en deux points :

- l'argile a un comportement rigide et donc se fissure au lieu de se déformer. Mais si ce cas est très inquiétant pour les barrages (fissuration du noyau entraîne automatiquement risque de circulation d'eau) et il ne l'est pas pour les remblais routiers.

- l'argile en cas d'absorption d'eau risque de gonfler d'une manière notable. Ce cas est à vérifier par des essais de laboratoire en fonction de la charge appliquée par le remblai.

Le compactage du côté humide permet d'atténuer ces deux phénomènes mais en contre partie pose un problème en cas de retrait et celui de risque des générations de pression interstitielle sur laquelle on reviendra à part.

En tout cas des déformations sont à prévoir avec les remblais en sols fins à cause de la variation de teneur en eau et qu'il faut cerner pour arrêter les dispositions nécessaires.

DÉFORMATION DES REMBLAIS

(PARTIE CENTRALE)

Le meilleur moyen pour évaluer les déformations c'est la réalisation des essais oedométriques, sous différentes teneurs en eau, sous différentes densités et avec mise en eau retardée sous différentes charges. La courbe type qu'on obtient se présente sous la forme suivante :

Pour chaque énergie de compactage et une teneur en eau donnée on obtient une valeur σ_g , en deçà de laquelle et en cas d'absorption de l'eau le sol gonfle et au delà de laquelle le sol tasse.

Ceci montre que dans le remblai il y a une hauteur limite ($g = \sigma_g / \gamma_h$) ; séparant la partie du remblai potentiellement gonflante et la partie potentiellement tassante.

A l'aide de ces essais on arrive à prévoir les dispositions constructives, et aussi d'exécution pour réduire ces déformations potentielles.

Ce qu'il est à retenir aussi est d'éviter le drain central et prévoir des pentes vers l'extérieur pour minimiser les infiltrations d'eau.

DÉFORMATION DES TALUS

Dans tous les remblais, et même en sol stable pulvérulents, on a des déformations du coté talus à cause de la dissymétrie des charges.

Dans le cas des sols fins, ce problème s'accroît avec les cycles de dessiccation et d'imbibition. Le sol a tendance à se déplacer vers le bas. Ceci a été illustré par Combefort en prenant un échantillon d'argile posé sur une pente et qui à chaque saison, soit pluvieuse soit sèche le centre de gravité avance toujours vers le bas.

Cette déformation peut être plus ou moins rapide selon la nature de l'argile, peu ou très plastique. A noter que le suivi de certains remblais en France, et qui sont de loin moins plastiques que ceux que nous avons rencontrés dans le tronçon de l'Autoroute Rabat-Fès, a permis d'avoir des déplacements importants en 7 ans de 25cm en horizontal (Dx) et 6,5cm (Dz) en vertical.

Ces déformations sont néfastes pour le comportement de la chaussée et des accotements. Pour se prémunir de ces désordres, il y a lieu soit de prévoir un matériau inerte vers les bords sur une largeur variable, mais au moins de 2m, soit de prévoir une sur largeur du remblai avec le matériau lui-même. Ce remblai excédentaire sert de protection pour le remblai supportant la chaussée et ses accotements.

Dans ce sens il faut noter que même avec des matériaux inertes il y a lieu toujours de prévoir une sur largeur (=1m) servant comme épaulement et que celui-ci est appelé à se fissurer, quelque soit le soin qu'on apporte à son exécution, à moins qu'on le traite.

ÉROSION DES TALUS

Les sols fins une fois réutilisés perdent leur cohésion et donc leur aptitude à s'opposer à l'érosion. Ils sont certes moins érodables que les sols purement pulvérulents, mais ils restent sujets à des érosions si des précautions ne sont pas prises. Pour ce problème on se trouve dans un dilemme soit d'augmenter les pentes pour minimiser les infiltrations, au profit du ruissellement, source d'instabilité, soit de les radoucir en vue de minimiser les vitesses du courant d'eau, source d'érosion.

Pour les argiles la tendance serait la première, en essayant de casser les vitesses d'eaux et réduire les quantités d'eaux ruissilées sur le talus par des descentes d'eau.

Une protection en terre végétale serait toujours souhaitable, mais il faut lui associer des géogrilles pour les pentes élevées.

GENERATION DE LA PRESSION INTERSTITIELLE

Un point particulier à observer lors de l'exécution des remblais en sol fin est celui du développement des pressions interstitielles. En effet lors de l'exécution une partie du remblai et en particulier la basse se trouve saturée et pour laquelle la dissipation de la pression interstitielle est lente.

La pression interstitielle commence donc à augmenter, au détriment de la contrainte effective et on pourrait assister à un déclenchement de rupture surtout si la montée du remblai est rapide.

CONCLUSION

L'utilisation des sols très plastique en remblai, et même pour de grande hauteur, est tout à fait possible compte-tenu du développement des moyens de compactage. Toutefois il y a lieu à faire des études spécifiques comme des Ouvrages d'Art en cernant au mieux leur comportement rhéologique et mécanique pour dégager les dispositions à prendre.

A l'inverse des remblais normaux, le compactage seul n'est pas suffisant pour se prononcer sur le comportement du remblai.

Le LPEE dispose actuellement des moyens pour faire des essais géotechniques sur sols non-saturés, cas des remblais, nécessaires pour leur dimensionnement.

