

# PROPRIETES GEOTECHNIQUES DES TUF VOLCANIQUES DE L'AXE ROUTIER BOUKANOUN - SIDI BOUDJENANE

Par

**Mohamed Amine ALLAL**

Chargé de cours, Institut de Génie Civil, Tlemcen

**Azzeddine BEZZAOUYA**

Ingénieur, SONATRACH, Béthioua

## Résumé

*Le corps de la chaussée de l'axe routier Boukanoun-Sidi-Boudjenane (R.N 7A) a été construit avec un matériau constitué essentiellement de tufs volcaniques et d'andésites. Les tufs qui résultent d'un dépôt et de l'accumulation de cendres, de lapillis et bombes volcaniques projetés dans l'atmosphère, sont des matériaux très hétérogènes (par la taille des grains, par la nature des minéraux présents, par la cimentation et le degré d'altération) qui s'apparentent à des sols. Dans le cadre d'une expertise de l'ouvrage, une étude détaillée des propriétés géotechniques de ces sols a été faite.*

*Outre ces caractéristiques, la publication présente le contexte géologique dans lequel se trouve placé le matériau étudié.*

**Mots clés :** tufs - andésites - roche éruptive - corps de chaussée.

## 1 INTRODUCTION

Les études d'expertise du cas pathologique routier Boukanoun - Sidi Boudjenane (RN 7A) ont permis de mettre en évidence des propriétés géotechniques particulières des tufs volcaniques et andésites constituant l'essentiel du corps de chaussée de l'ouvrage. Cette route (RN 7A) relie les villages de Sidi Boudjenane à Boukanoun (PK0 - PK18), et est située à l'extrême Ouest algérien. Elle traverse une région caractérisée par un climat méditerranéen et de pluviométrie moyenne annuelle variant entre 350 et 600 mm. Cette route, de largeur variant de 8 à 10,5 m, comporte une chaussée souple, construite pour recevoir un trafic atteignant une valeur maximale de 4 800 v/j.

Le matériau utilisé dans les couches de fondation et de base provenant d'une carrière avoisinante est composé essentiellement d'andésites et de tufs volcaniques. Ces deux formations appartiennent au groupe de roches éruptives et sont d'âge tertiaire.

## 2 PRESENTATION GENERALE

Ces roches se présentent sous des formes extrêmement variées suivant les caractéristiques granulométriques de ses constituants. L'examen fait apparaître :

- des tufs fins, constitués presque exclusivement de cendres fines de couleur blanche à grise ;
- des tufs sableux, formés par des éléments de la taille de sables moyens et grossiers cimentés par des cendres fines de couleur beige à grise ;
- des tufs "agglomératiques" qui se caractérisent par la présence de lapillis et de bombes volcaniques de toutes dimensions (jusqu'à 0,20 m de diamètre) également cimentés par des cendres fines ;
- des andésites de consistance vacuolaire composées essentiellement de plagioclase et de pyroxène de couleur grise à noire.

## 3 CARACTERISTIQUES MINERALOGIQUES ET CHIMIQUES

Les analyses minéralogiques et chimiques effectuées sur les échantillons montrent que les minéraux les plus fréquents sont des feldspaths (de type potassique et plagioclase) et de la calcite.

L'analyse de la fraction argileuse met en évidence la présence de montmorillonite en quantité moyenne (38% de la fraction argileuse). Compte tenu de la faible fraction argileuse de ces échantillons (entre 5 et

8% d'éléments inférieurs à  $2\mu$ ), la présence de minéraux très actifs est confirmée par des valeurs d'activité élevées (supérieures à 2.32).

Du point de vue chimique (voir tableau 1), il faut noter la forte proportion de Silice (51.26%) et la faible proportion des oxydes de Fer et d'Aluminium (4.59% et 14.45%). Le rapport ( $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ) est supérieur à 2.0 ce qui permet de les inclure dans les familles de sols latéritiques d'après Bawa (1957).

Toutefois, et comme l'a souligné Townsend (1985) la détermination des limites d'Atterberg de ces matériaux est très sensible au séchage et au remaniement. Le séchage tend à diminuer la plasticité tandis que le remaniement peut entraîner l'effet inverse. Un des effets du séchage est d'augmenter la cimentation par oxydation des sesquioxides (\*) de Fer et d'Aluminium. Quant au remaniement, son effet est de rompre les relations de cimentation qui existent entre les oxydes de Fer ou d'Aluminium et les agrégats d'argile.

#### 4 CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES

En ce qui concerne l'étude de la propagation de l'eau dans le sol, le produit "K.h" mesuré au moule de remontée capillaire varie entre 0.1 et 1.0  $\text{cm}^2/\text{h}$ . Le matériau est donc caractérisé par une remontée capillaire moyenne.

La perméabilité s'est avérée très difficile à mesurer, ce qui est confirmé par la très forte surconsolidation du sol.

#### 5 CARACTERISTIQUES DE COMPRESSIBILITE ET DE GONFLEMENT

Des essais oedométriques ont été réalisés tant sur des échantillons non-remaniés que sur des échantillons remaniés (avec correction de Schmertmann), afin d'apprécier leurs caractéristiques de gonflement et de compressibilité. Les essais ont été poursuivis jusqu'à une pression de 14 bars. L'indice de compression est de l'ordre de 0.23 ce qui caractérise le matériau comme étant moyennement compressible. Les pressions de préconsolidation mesurées sont élevées et dépassent généralement 3 bars (3.81 bars de moyenne), ce qui donne des rapports de surconsolidation compris entre 8 et 10.

Les gonflements observés sont généralement faibles, compris entre 0.3 et 0.8% (0.47% de moyenne). Ce résultat, confirmé par la valeur de limite de retrait (19.75), confère au matériau un potentiel de gonflement faible.

(\*) Sols dont l'altération géochimique est une hydrolyse neutre ou peu acide qui conduit à une concentration des oxydes libérés, plus élevée que celle qui caractérise les sols tempérés. Il s'agit donc essentiellement d'oxydes de Fer et d'Aluminium.

### 6 CARACTERISTIQUES MECANQUES

Les caractéristiques mécaniques ont été mesurées à l'aide d'essais à la boîte de cisaillement lents, consolidés drainés (CD). Les différents échantillons sont de compacité variable.

Dans le cadre de l'expertise routière, des essais de poinçonnement CBR ont été réalisés.

#### 5.1 Caractéristiques mécaniques à long terme (CD)

La vitesse d'essai à la boîte de Casagrande était de 0.1 mm/min. L'interprétation de certains essais s'est révélée difficile surtout lorsque le comportement des matériaux ressemblait davantage à celui d'une roche qu'à celui d'un sol (courbe intrinsèque de forme parabolique).

Les résultats fournissent des valeurs très dispersées tant pour l'angle de frottement interne (variable entre  $21^\circ$  et  $48^\circ$ ) que pour les cohésions effectives (variables entre 0.26 et 1.43 bars). Ces valeurs affectées de l'indice des vides correspondant ( $0.55 \leq e \leq 1.02$ ) sont conformes aux corrélations proposées par J. Binquet et Al (1989) pour les tufs volcaniques du Nicaragua.

Par ailleurs, les fortes cimentation et surconsolidation confèrent aux échantillons un comportement très rigide (déformation à la rupture relativement faible) et fragile (forte perte de résistance après le pic).

La forte surconsolidation induit un comportement très dilatant durant le cisaillement.

Ces observations montrent que les caractéristiques mécaniques de pic ne peuvent être utilisées dans une étude de stabilité de remblais fondés sur ces tufs, puisqu'il n'existe pas d'homogénéité de comportement entre les remblais peu rigides et peu fragiles. Ces différences font penser que les matériaux rigides agissent comme concentrateurs de contraintes qui peuvent ainsi initier une rupture progressive.

#### 5.2 Caractéristique mécanique de portance (CBR)

Après compactage, la densité sèche maximale obtenue était de 2.01 et correspondait à une teneur en eau optimale de 10.7%. L'essai CBR, qui caractérise la portance d'un sol, a été fait à une vitesse de 1.25 mm/min. L'indice mesuré ( $I_{\text{CBR}}$ ) est de 84.7%, ce qui induit une très bonne portance pour les usages routiers. L'essai a aussi montré, qualitativement, que le matériau avait une perméabilité très faible sans que les mesures soient réellement fiables. Des essais complémentaires ont fait ressortir l'influence de la teneur en eau ( $w$ ) sur l'Indice Portant Californéen ( $I_{\text{CBR}}$ ), d'une manière inversement proportionnelle (plus  $I_{\text{CBR}}$  diminue, plus  $w$  augmente). C'est pour cela qu'il est toujours recommandé de compacter du "côté sec" de la courbe Proctor.

## 7 CONCLUSIONS

Les tufs volcaniques utilisés dans l'axe routier Boukanoun - Sidi Boudjenane (RN 7A) possèdent des propriétés géotechniques particulières :

- La fraction argileuse est faible mais très active (Montmorillonite).
- Les propriétés mécaniques à long terme sont essentiellement commandées par l'indice des vides.
- Les propriétés de portance varient d'une manière inversement proportionnelle avec la teneur en eau.
- Les fortes cimentation et surconsolidation confèrent un comportement rigide et très dilatatant durant le cisaillement, ce qui fait penser que la résistance à l'état critique est une bonne approche de la résistance de ces matériaux quand on peut craindre une rupture progressive.
- Les caractéristiques d'identification et les résultats des analyses chimiques permettent de classer ces matériaux dans la famille des oxysols (ou latosols).
- Les essais d'eau ont mis en évidence une très faible perméabilité, difficilement mesurable et une remontée capillaire moyenne.

Ces matériaux, très hétérogènes, doivent être utili-

sés avec le maximum d'attention en raison de la complexité de leur comportement ①

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] K.S Bawa : "Laterite Soils and their Engineering Characteristics". Journal of the Soils Mech. and Found. Eng. Div., ASCE, Vol 82, 1976, N° SM4 (USA) 1957.
- [2] A. Bezzaouya : "Géotechnique routière : Application au cas pathologique de l'axe Boukanoun - Sidi Boudjenane (RN 7A)". Projet de Fin d'Etudes - Ingénieur, Institut de Génie Civil, Tlemcen (Algérie) 1991.
- [3] J. Binquet et Al : "Propriétés géotechniques des tufs volcaniques du projet hydroélectrique Larreynaga au Nicaragua". Revue Fran. de Géot. N° 47, pp 61-67 (Avril 1989) (France) 1989.
- [4] J.K Mitchell et N. Sitar : "Engineering properties of Tropical Residual Soils". ASCE, Geotechnical Eng. Specialty Conf. on Eng. and Const. in Trop. and Res. Soils. Honolulu (Hawaï) 1982.
- [5] F.C Townsend : "Geotechnical Characteristics of Residual Soils". Proc. ASCE, Journal of Geotechnical Eng., Vol. 111, N°1, (USA) 1985.

### AU SOMMAIRE DU PROCHAIN NUMÉRO :

*"Les cinq dimensions de la gestion efficace de projet"...*

... Par S. Seghir

*"Méthode de chauffage par plancher solaire direct.  
Bilan d'une campagne de mesures"...*

... Par A. Tahakourt

RÉSERVEZ-LE DÈS MAINTENANT