



Full Length Research Paper

Analyse de la stabilité de pentes de la corniche Ouest par la modélisation numérique sous GEO5

Adama DIONE^{1*}, Mohamadou Moustapha THIAM¹, Issa NDOYE¹, Sadio THIAM¹¹Ecole Nationale Supérieure des Mines et de la Géologie, Université Cheikh Anta Diop – Dakar, Sénégal

Received April 2024 – Accepted June 2024

*Corresponding author. ... adama15.dione@ucad.edu.sn

Author(s) agree that this article remain permanently open access under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 International License.

Résumé

L'objectif de cette étude est d'étudier la stabilité de la corniche ouest par modélisation numérique et de proposer, en cas d'instabilité, des solutions de renforcement. Des sondages et une étude topographique ont été effectués afin d'avoir la lithologie et la géométrie des pentes. Une caractérisation géotechnique permet d'avoir les paramètres d'entrées des matériaux utilisés dans une modélisation numérique sur GEO5, en considérant différents scénarios. L'étude de la stabilité au glissement est basée sur un coefficient FS appelé coefficient de sécurité et dans ce contexte on utilise la méthode des tranches de Bishop et celle de Fellenius/Paterson dans le logiciel GEO5. Les résultats ont montré un coefficient de sécurité supérieur à 1, après renforcement du talus et un FS largement inférieur à 1 (FS=0.54) lorsque le talus stabilisé subit une simulation d'érosion marine avec suppression d'une partie avale. Ce qui a amené à la recommandation d'installer un ouvrage de protection en bas du talus pour contrer toute situation ou épreuve semblable.

Mots clés/Keyword: stabilité, corniche ouest, GEO5, sécurité, ouvrage de protection

Cite this article:

Adama DIONE, Mohamadou Moustapha THIAM, Issa NDOYE, Sadio THIAM (2024). Analyse de la stabilité de pentes de la corniche Ouest par la modélisation numérique sous GEO5. Revue RAMReS – Sci. Appl. & de l'Ing., Vol. 6(1), pp. 54-57. ISSN 2630-1164.

1. Introduction

Le littoral sénégalais, frange extrême ouest du continent africain s'ouvre sur l'Océan Atlantique sur près de 700 km de côte, de Saint-Louis (au nord) au Cap Skiring (au sud) [1] (ADJOUSSI, 2001). Il présente un paysage très varié. On distingue :

- les cordons littoraux sur toute la grande côte, de Saint-Louis à Yoff, et sur la petite côte, de Rufisque à Diass et de Mbour à Djifère ;
- les côtes à falaise sur la presqu'île du Cap Vert et par endroit sur la petite côte, de Diass à Mbour ;
- la vasière dans la zone d'estuaires, du Saloum et de la Casamance, [2]

De par leur position géographique, les corniches ont vu leur occupation s'accroître très rapidement. Cette intense occupation du littoral est due notamment aux activités hôtelières. Les fissurations observées au niveau des ouvrages situés sur les corniches et les affaissements de compartiments ont suscité de notre part une interrogation sur la stabilité de ces terrains qui ont d'ailleurs fait l'objet d'études antérieures notamment par Tessier ([3] [4] [5])

et [6], [7]), [8], [9] et [10]. La stabilité de Dakar en général et celle de la Corniche ouest en particulier est un problème récurrent qui a nécessité plusieurs études au regard de l'importance de ce site dans le développement de dans le développement de Dakar, capitale du Sénégal [5] . Les études [9] réalisées sur la corniche ouest de Dakar montrent une stabilité de la corniche ouest avec un coefficient de sécurité de 1,66. Cependant, les corniches présentent des risques naturels parmi lesquelles, les instabilités de talus restent les majeures préoccupations pour l'aménagement urbain de la ville de Dakar. La géologie de Dakar s'inscrit dans celle du bassin sédimentaire Sénégal-mauritanien. Ce bassin s'est formé suite à l'ouverture de l'Océan Atlantique au Jurassique terminal Crétacé. Il a une superficie de 340 000 km² et couvre du Nord au Sud la Mauritanie occidentale, la majeure partie du Sénégal, la Gambie et la Guinée Bissau. Il présente une façade atlantique longue de 1200 km qui va du Cap Blanc au Nord jusqu'au Cap

Roxo au Sud. Ce bassin renferme des sédiments d'âge méso-cénozoïque

Par ailleurs, de par sa position géographique sur le littoral, cette zone fait souvent l'objet d'agressions maritimes (érosion) et du point de vue géologique la Corniche Ouest est marquée par la présence de failles et une forte instabilité qui entraînent des affaissements [10].

Ces affaissements constituent une menace réelle de coupure de la route de la Corniche, maillon important et incontournable du réseau routier de Dakar, si des travaux de stabilisation d'envergure ne sont pas réalisés en urgence.

Fort de ce constat, une analyse de la stabilité de la corniche ouest sous GEO5 est effectuée dans le but d'assurer la protection des populations et des biens.

2. Matériels et méthodes

La méthodologie adoptée consiste à réaliser des sondages, puis à déterminer les échantillons sur lesquels des essais de laboratoire ont été effectués et des simulations numériques ont été effectuées (figure 1).



Figure 1. – méthodologie de l'étude

Des sondages carottés ont été réalisées à des profondeurs de 15 m et de 25 m et l'analyse du sondage carotté a permis de mettre en évidence les horizons suivants :

- des remblais hétérogènes (sables argileux rougeâtres, tout venant avec concrétions, graves, blocs de béton) de 0 à 4 m;
- des argiles / argiles marneuses beigeâtres à brunâtres ; de 4 m à 6,5 m de profondeur
- des marnes beigeâtres à noirâtres consolidées : 6,50 m à 25 m de profondeur.

Des essais d'identifications physiques et mécaniques ont été effectués et les résultats sont inscrits dans le tableau 1.

Tableau 1 caractéristiques des matériaux

Types de sols/ Paramètres de calcul	Couche de chaussée	Remblai en grave argileux	Graveleux latéritiques	Argile marneuse dégradée	Argile marneuse hors nappe	Argile marneuse très raide	Basalte
Poids volumique du sol (kN/m ³)	20	19	20	17	18	21	22
Module d'élasticité: E (MPa)	6,02	6,02	6,02	4	19	54,81	100
Coefficient de poisson : ν	0,21	0,3	0,2	0,43	0,4	0,4	0,21
Cohésion du sol : c (kPa)	0	3	15	9	40	40	70
Angle de frottement interne : ϕ (°)	35	30	35	5	15	15	50

Les relevés topographiques et les logs de sondage ont permis la définition de la géométrie et d'avoir le modèle suivant sur GEO5 (figure 2)

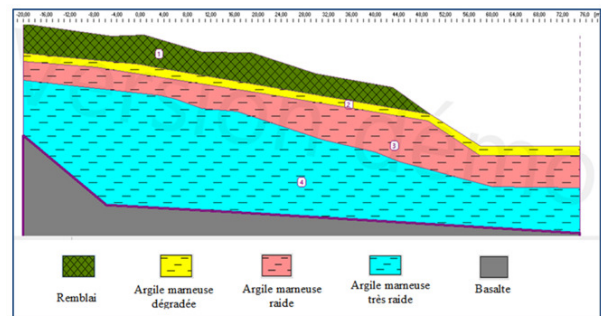


Figure 2. Profil du talus avec les différentes couches de sols

A partir de ce modèle, plusieurs scénarios ont été adoptés en utilisant la méthode des tranches de Bishop et celle de Fellenius/Paterson :

- vérification du talus actuel sans dégradation de la marne argileuse (saison sèche),
- évaluation de la stabilité du talus naturel avec la couche d'argile marneuse altérée ;
- renforcement en micropieux
- influence de la suppression de la forme de butée en fin de talus par l'érosion marine.

3. Résultats

3.1. Vérification du talus actuel sans dégradation de la marne argileuse (saison sèche)

Dans cette étape une surcharge chaussée de 20,25 kPa représentant la route de la corniche et une surcharge piétonnes plus travaux de 5 kPa le long de la pente globale. en plus de la couche de remblai, une couche d'argile marneuse et un substratum basaltique sont considérées (figure 3).

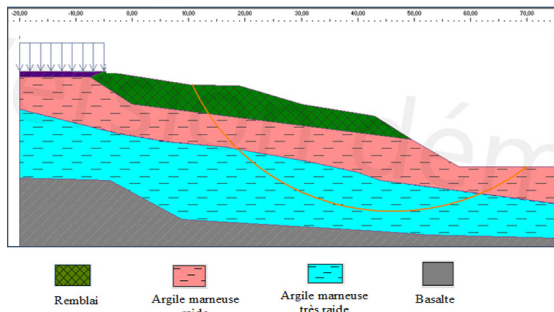


Figure 3 résultat talus naturel sans dégradation de la marne argileuse (saison sèche)

L'analyse de la stabilité donnent les coefficients de sécurités de 1,92 et 1,74 selon Bishop et Fellenius. Ces résultats montrent que le talus est théoriquement stable en l'absence de variation hydrique (altération de la couche superficielle de marne argileuse).

Le fait d'observer sur site un début de rupture confirme la thèse d'une variation des caractéristiques mécaniques de certaines couches. C'est ainsi que nous passons à l'étape 2 consistant à considérer des infiltrations d'eau abondante, causant une dégradation des paramètres mécaniques de l'argile marneuse sur une épaisseur de 1 m. Les caractéristiques de l'argile marneuse altérée sont calée en supposant une limite de stabilité de la situation actuelle.

3.2. Evaluation de la stabilité du talus naturel avec la couche d'argile marneuse altérée

La géométrie, les surcharges et les caractéristiques du sol restent les mêmes : la géométrie sera celle de la figure 2 avec une surcharge chaussée de 20.25 kPa représentant la route de la corniche et une surcharge piétonnes plus travaux de 5 kPa le long de la pente globale. Mais dans cette partie, on considère en plus de la couche de remblai et du substratum basaltique, une couche de marne argileuse dont les paramètres mécaniques sont dégradés de 1 m d'épaisseur par la pluie, une couche d'argile marneuse raide et une autre très raide au-dessus du substratum (figure 4).

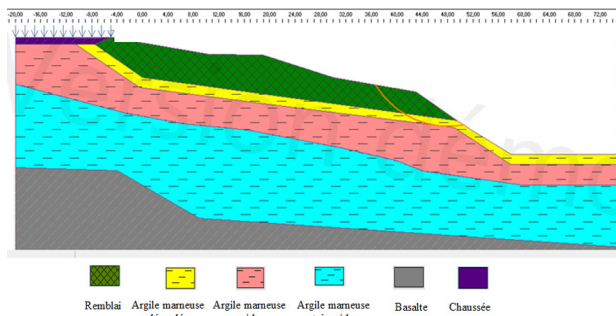


Figure 4. Vérification de l'état actuel du Talus avec infiltration d'eau

L'analyse donne un facteur de sécurité de 0,96 pour Bishop et 0,93 pour Fellenius/Paterson ce qui permet de dire qu'en cas de pluie altération de la couche d'argile marneuse la stabilité n'est pas assurée.

3.3. Renforcement en micropieux

La solution de renforcement proposée consiste en :

- La mise en œuvre, d'un remblai en graveleux latéritique sur une largeur de 5 m, compacté par couche de 25 cm, permettant de garantir la stabilité à long terme du remblai dans sa partie la plus pentée,
- La mise en œuvre de 4 files de l'YPE 330 : profondeur de 12 m dans un forage en 400 mm et scellées au coulis ou au béton espacées de 1 m figure 5.

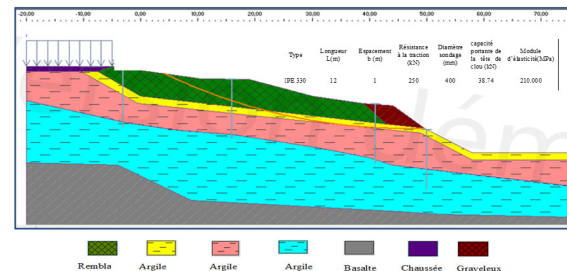


Figure 5. Renforcement du talus par des pieux stabilisateurs

Après simulation, le talus devient stable pour des renforcements en micropieux (clous) avec des IPE 300 sur un forage de 400 mm, avec les coefficients de sécurité de 1,33 et 1,32 respectivement selon Bishop et Fellenius.

3.4. Influence de la suppression de la forme de butée en fin de talus par l'érosion marine

En partant du talus précédent stabilisé, nous avons simulé l'érosion marine, en supprimant une partie aval du talus. Dans les mêmes conditions de pondération nous obtenons les résultats suivants (figure 6).

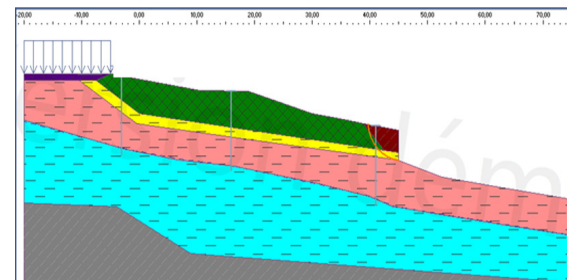


Figure 6 : Simulation de l'érosion marine en pied de talus

Cette situation montre une instabilité du talus avec facteur largement inférieur à 1 (0,54). Alors dans ces conditions, il est nécessaire d'installer un ouvrage de protection du bas de talus (figure 7).



Figure 7 : Installation d'un ouvrage de protection en pied de pente

4. Conclusion

La zone de la corniche ouest est marquée par de discontinuités et de failles, en cela s'ajoute le remblai non compacté, ce qui favorise l'infiltration abondante des eaux de pluie. Ce phénomène aurait tendance à altérer la partie superficielle des argiles marneuses qui perdent leurs caractéristiques mécaniques et favorisent l'instabilité des remblais. Ces caractéristiques mécaniques de la couche altérée sont obtenues par calage à rebours, en supposant être en état de limite de stabilité sous pondération unitaire.

Ce dernier modèle incluant l'altération des argiles marneuses a été par la suite utilisé dans les étapes suivantes. Un calcul à l'état naturel du talus (sans stabilisation) avec pondération E7 révèle un talus non stable. Par la suite, le renforcement en micropieux de 350 mm de forage avec IPE 300 espacé de 1m sur 4 files est fait pour obtenir une amélioration considérable de la stabilité mais toujours inférieure aux objectifs de sécurité de 1,1.

Cette situation a nécessité un redimensionnement du renforcement prenant en compte les phasages liés aux travaux, qui fait passer la solution de base de 4 files de IPE de 300 dans un forage de 350 mm espacés de 1 m, à 4 files de IPE 330 de 12 m de longueurs espacés de 1m ou 4 files de IPE 300 espacés de 0,75m.

En fin au vu de l'instabilité du talus suite à une érosion marine possible, nous recommandons la mise en place d'ouvrage de protection en pied de talus dont l'étude devrait se faire spécifiquement tenant compte des caractéristiques des houles (vitesses, hauteur, période, angle d'incidence)

REFERENCES

- [1] **ADJOSSI P.** Impacts du prélèvement du sable marin sur l'évolution du trait de côte à Yoff: essai d'étude de vulnérabilité, (Presqu'île du Cap Vert, Sénégal). Mémoire de D.E.A. Faculté des Lettres et Sciences Humaines, UCAD
- [2] **DIOP E., S., (1986)** : Estuaires holocènes tropicaux. Etude de géographie physique comparée des « rivières du Sud », du Saloum à la Méllacorée. Thèse de doctorat d'Etat ULP. 498 p
- [3] **TESSIER, F. (1950).** - Première note sur les glissements de terrain du palais du Gouvernement Général à Dakar.
- [4] **F. Tessier,** "Contributions à la stratigraphie et à la paléontologie de la partie ouest du Sénégal (Crétacé et Tertiaire)," Dakar, Grande Impr.Africaine, Vol. 265, 1952, p. 63.
- [5] **TESSIER, F. (1953).** - Troisième note sur les glissements de terrain du palais du Gouvernement Général à Dakar.
- [6] **S. Gladima,** "Etude de la stabilité de la corniche Est de Dakar," Mémoire IST, No. 0012, 1988.
- [7] **M. Fall,** "Etude de la stabilité du versant naturel des Madeleines," Mémoire IST, No. 41, 1993.
- [8] **DIOP, S. (2000).** – Contexte géologique et risques naturels : Déterminants structuraux de l'instabilité des corniches de la partie Sud de Dakar. Mém. Ing. IST., n° 0091, UCAD, 91 p
- [9] **M. Fall et al.** Cam-Clay Models Using Castem 2000© and Plaxis© for the Study of the Slope Stability of the "Corniche Ouest" of the Dakar Peninsula (Senegal, West Africa) *Geomaterials*, 2011, 1, 51-58
- [10] **Ndoye, I. (2009)** - Etude de la stabilité de la tête de la presqu'île de Dakar — Corniche Est
- [11] **MPASSI, D.R. (2004).** – Contribution à l'étude tectonique de la partie occidentale du bassin sénégalo-mauritanien. Thèse de doctorat 3^{em} cycle, Département de Géologie, UCAD, 254 p