

Khaled Taghouti and Arbi Chafai

Etude de stabilité d'une retenue collinaire sur Oued Sahbi (Délégation Rouhia- Tunisie)

International Journal Water Sciences and Environment Technologies

Vol. (x), Issue 2, October 2025, pp. 6-15

e-ISSN: 1737-9350 p-ISSN: 1737-6688, | Open Access Journal |

www.ijstee.org

Scientific Press International Limited

Received: August 2025 / Revised: September 2025 / Accepted: September 2025 / Published: October 2025



Etude de stabilité d'une retenue collinaire sur Oued Sahbi (Délégation Rouhia- Tunisie)

Khaled Taghouti ¹, Arbi Chafai ²

¹ Département de Génie Civil, Institut Supérieur des études technologiques de Siliana, Tunisie

² Département de Géologie, Faculté des Sciences de Tunis, Université de Tunis El Manar, Tunisie

Résumé

Depuis des temps immémoriaux, les hommes ont façonné la terre pour édifier des digues en terre ou en béton le long des cours d'eau dans les parties amont des bassins versants. Ces ouvrages hydrauliques servent à l'alimentation en eau potable, à la production d'énergie électrique et à l'irrigation des cultures.

Les barrages et lacs collinaires sont des constructions particulières qui, en cas de rupture, peuvent entraîner des pertes de vies humaines et causer d'importants dégâts matériels. Afin d'éviter ces dommages, il faut garantir la sécurité de l'ouvrage et prévenir les risques de glissement, de rupture ou d'érosion. Il faut également identifier toute anomalie du comportement des ouvrages ainsi que de leurs fondations et de leurs environs. En effet, la stabilité des digues en terre est influencée par plusieurs facteurs, tels que la géométrie, les propriétés des matériaux utilisés et les forces qu'ils subissent.

Ce travail a pour but d'évaluer la stabilité d'une retenue collinaire sur Oued Sahbi (Délégation Rouhia-Tunisie) à différentes étapes : à la fin de construction, au moment du remplissage et lors de la vidange. Cela est réalisé via une modélisation numérique, en utilisant le logiciel Plaxis.

Mots clés: Retenue collinaire, Stabilité, Digue, Modélisation numérique, Logiciel Plaxis, Tunisie.

Stability study of a hill reservoir on Oued Sahbi (Rouhia delegation - Tunisia)

Abstract

Since time immemorial, man has shaped the earth to build earthen or concrete dykes along watercourses in the upstream parts of watersheds. These hydraulic structures are used to supply drinking water, generate electricity and irrigate crops.

Dams and hill lakes are special constructions, which, in the event of failure, can lead to loss of life and significant material damage. To avoid such damage, it is essential to guarantee the safety of the structure and prevent the risk of slippage, failure or erosion. We must also identify any anomalies in the behavior of the structures, their foundations and their surroundings. The stability of earth embankments is influenced by a number of factors, such as geometry, the properties of the materials used and the forces to which they are subjected.

The aim of this study is to assess the stability of a hill reservoir on Oued Sahbi (Rouhia-Tunisia) at various stages: at the end of construction, during filling and during emptying. This was achieved by means of numerical modelling using Plaxis software.

Keywords: Hill reservoir, Stability, Dike, Numerical modeling, Plaxis software, Tunisia..

¹ Corresponding author: Khaltag@hotmail.fr

1. INTRODUCTION

Une digue est un ouvrage hydraulique longitudinal, le plus souvent constitué en remblai de matériaux terreux ou rocheux, érigé le long d'un cours d'eau, d'un plan d'eau ou du littoral afin de retenir, contenir ou détourner les eaux. Sa fonction principale est d'assurer la protection des terres agricoles, des infrastructures et des populations contre les risques d'inondation, mais elle peut également contribuer à l'aménagement hydraulique, à la gestion des niveaux d'eau et à la régulation des écoulements [1-2-3]. Ce type d'ouvrage est étroitement lié aux enjeux de sécurité hydrique et de développement durable. Toutefois, leur conception et leur exploitation nécessitent une prise en compte rigoureuse des dimensions environnementales, géotechniques et socio-économiques. En effet, bien qu'ils offrent des bénéfices considérables en matière de protection contre les inondations, d'approvisionnement en eau et d'aménagement du territoire, ces ouvrages peuvent également générer des impacts négatifs. Parmi ceux-ci figurent la modification des écosystèmes aquatiques, l'érosion en aval due à l'altération du régime hydrologique, ainsi que le risque de rupture, dont les conséquences peuvent être catastrophiques pour les populations et les infrastructures [4-5]. Ainsi, l'étude de la stabilité des digues repose sur une approche pluridisciplinaire combinant la géotechnique, l'hydraulique et la mécanique des sols. De nombreux travaux scientifiques mettent en évidence la nécessité d'une analyse approfondie des conditions de stabilité afin de prévenir les défaillances. Comme le souligne Fell et al., [6], l'évaluation des risques liés aux digues et barrages doit être systématique et intégrée dans une gestion globale de la sécurité des ouvrages. Dans ce cadre, cette étude vise à évaluer la stabilité d'une retenue collinaire en terre, implantée sur Oued Sahbi, en s'appuyant sur un modèle de comportement intégré dans le logiciel Plaxis.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Site d'étude : Le site de la retenue collinaire sur Oued Sahbi est situé au Nord-Ouest de la Tunisie dans la zone de Drablia et Foundouk debbiche de la délégation Rouhia du gouvernorat de Siliana. Elle est située à 7 km de la délégation et à 70 km de celui du gouvernorat de Siliana. L'axe de la digue est défini selon la carte la carte topographique du Djebel Barbrou - feuille N° 61 à l'échelle 1/ 50. 000 par les coordonnées Carthage UTM ci-après : X=509869.89 m ; Y= 3947578.55 m. La cuvette du bassin versant, montre la succession lithologique d'un empilement de facies formé par des alternances d'argile à lumachelles et de calcaire gréseux en bancs métriques et demi-métriques. Le pendage des couches est de 20° à 25° vers l'amont (Fig.3)

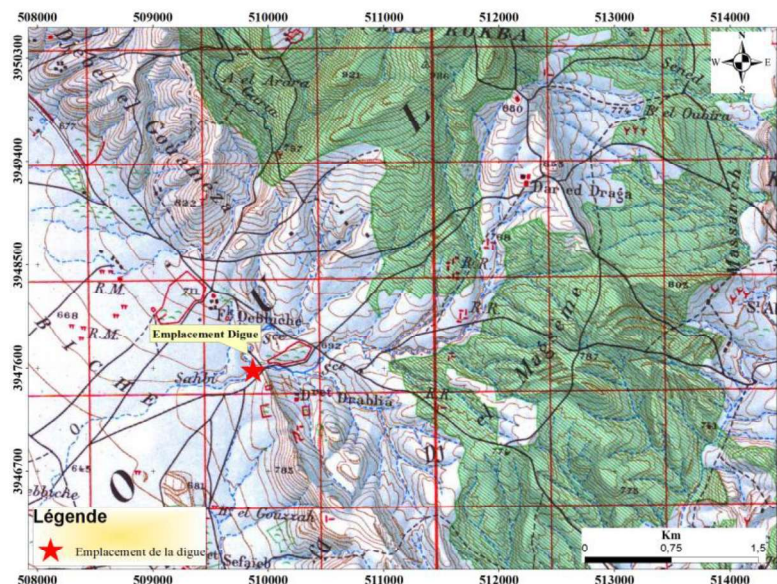


Fig.1 - Situation géographique de la retenue collinaire sur oued Sahbi (Extrait de la carte topographique du Djebel Barbrou, Echelle 1/50 000)

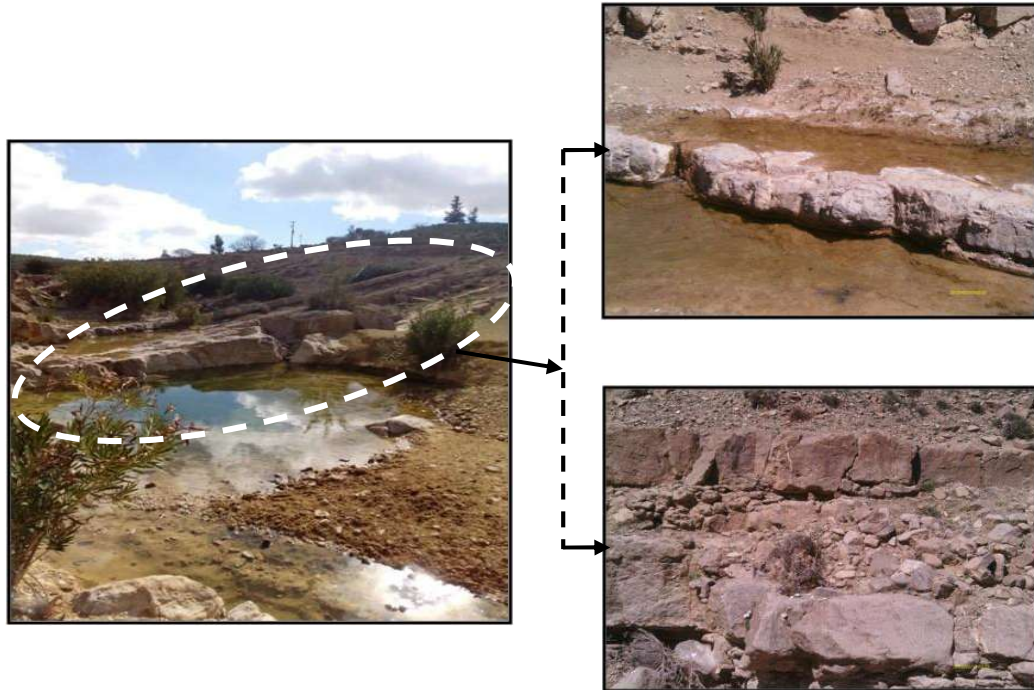


Fig.2 - Alternances d'argile à lumachelles et de calcaire gréseux en bancs métriques et demi-métriques dans la partie aval du bassin versant d'oued Sahbi (**Cuvette du bassin**).

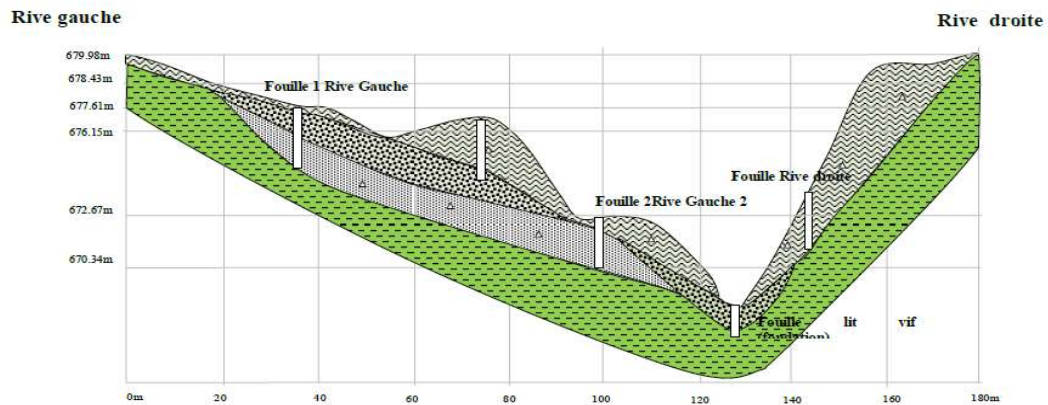


Fig.3 - Coupe géologique au niveau de l'axe de la digue du bassin d'oued Sahbi

La retenue collinaire sur oued Sahbi est un barrage en terre homogène muni d'un drain horizontal pour collecter les eaux d'infiltration dont les caractéristiques géométriques sont :

- ☐ Hauteur maximale : 10 m
- ☐ Longueur en crête : 185 m
- ☐ Largeur en crête : 4,0m
- ☐ Pentes extérieures
- ☐ Amont : 3H : 1V
- ☐ Aval : 2,5H : 1V
- ☐ Volume du remblai HTN : 22 mille m³

Suite à une étude géotechnique menée au niveau de la digue ainsi que sur les deux rives du bassin versant d'oued Sahbi, les caractéristiques mécaniques de la retenue ont été évaluées et sont synthétisées dans le tableau I.

Tab. I- Données mécaniques de la retenue collinaire

α	A court terme α	A long terme α
Angle de frottement Φ_u α	$\Phi_u = 32^\circ \alpha$	$\Phi_u = 20^\circ \alpha$
Poids volumique γ_h α	$\gamma_h = 16.8 \text{ kN/m}^3 \alpha$	$\gamma_h = 16.8 \text{ kN/m}^3 \alpha$
Cohésion C_u α	$C_u = 68 \text{ kN/m}^2 \alpha$	$C_u = 42 \text{ kN/m}^2 \alpha$

2.3. Méthodologie

La modélisation par **éléments finis**, réalisée sous **PLAXIS 8.2**, selon le modèle Mohr-Coulomb, permet d'analyser le comportement du barrage, de sa fondation et de la retenue d'eau à travers l'évaluation des contraintes et des déformations.

Plus élaborée que le calcul à l'équilibre limite, cette approche exige une maîtrise rigoureuse des paramètres d'entrée et une validation par des calculs simplifiés.

Le modèle 2D, basé sur un maillage triangulaire adapté et sur les propriétés géomécaniques issues des essais de laboratoire, intègre les différentes phases de construction et la mise en eau, ainsi que les effets liés à l'eau interstitielle.

L'obtention du facteur de sécurité repose sur la réduction progressive des paramètres de résistance jusqu'à perte de convergence, puis sa comparaison avec les coefficients de sécurité usuels.

3. Résultats et discussion

3.1. Procédure de modélisation

L'étude réalisée sur la retenue collinaire d'oued Sahbi a permis d'analyser le comportement géomécanique de l'ouvrage et de sa fondation au cours des différentes étapes de sa vie : état initial, construction, remplissage et vidange rapide. L'ensemble des simulations a été effectué à l'aide du modèle Mohr-Coulomb représentant fidèlement la géométrie du remblai, les caractéristiques mécaniques des matériaux constitutifs, ainsi que les conditions hydrauliques aux limites.

Phase 0 : état initial

Cette phase correspond à la condition du sol avant le démarrage des travaux. L'analyse met en évidence la distribution initiale des contraintes et la pression interstitielle au niveau de la fondation (Fig 5 et 6). Ces paramètres traduisent l'état de contrainte en place et servent de référence pour l'interprétation des phases ultérieures. Les pressions interstitielles observées sont faibles et bien réparties, ce qui confirme la stabilité initiale du massif.

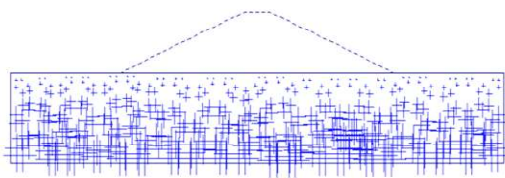


Fig.5 - Distribution des pressions interstitielles au niveau de la fondation

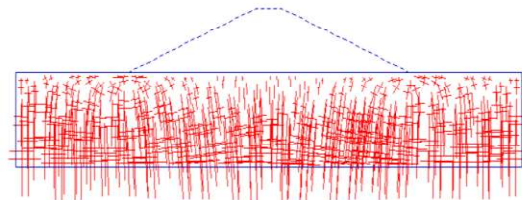


Fig.6 - Distribution des contraintes initiale

Phase I : Construction

Au cours de la phase de construction, l'empilement progressif des couches de remblai induit une augmentation des contraintes effectives, principalement **verticales** dans la partie centrale et **horizontales** au niveau des talus.

Les résultats montrent :

- Un **déplacement vertical maximal de 111,61 mm**, dû au tassement du remblai sous son propre poids,
- Un **déplacement horizontal de 18,64 mm**, localisé principalement dans les zones latérales,
- Un **déplacement total de 111,66 mm**, correspondant au comportement élastoplastique du sol.

Le facteur de sécurité (**SF = 4,806**) obtenu par la méthode de réduction Φ -C indique une stabilité élevée de l'ouvrage pendant cette phase.

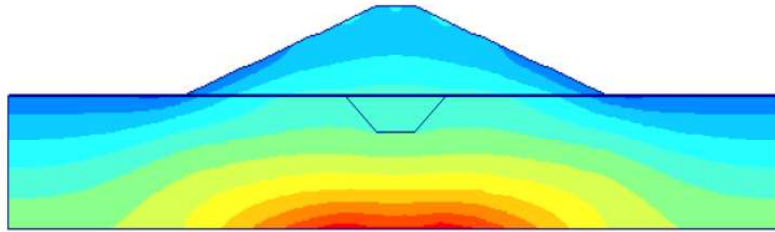


Fig.7- Distribution des contraintes effectives horizontales

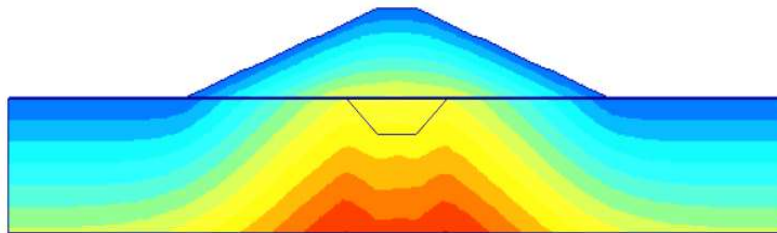


Fig.8- Distribution des contraintes effectives verticales

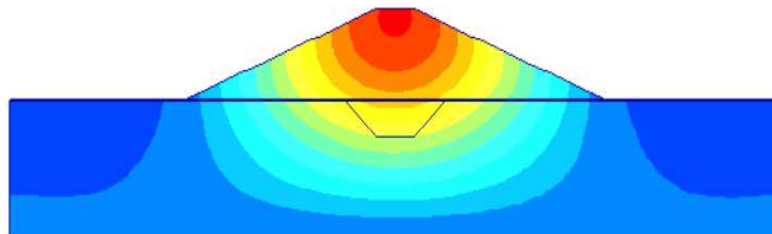


Fig. 9- Déplacements verticaux, cas fin de construction

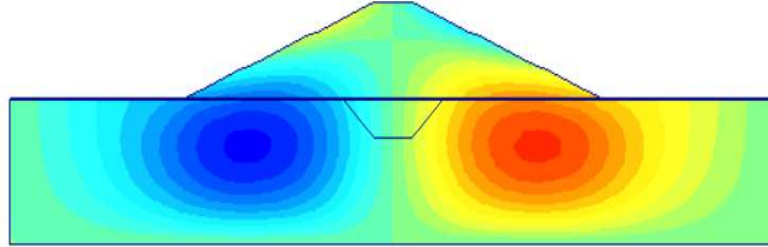


Fig. 10- Déplacements horizontaux, cas fin de construction

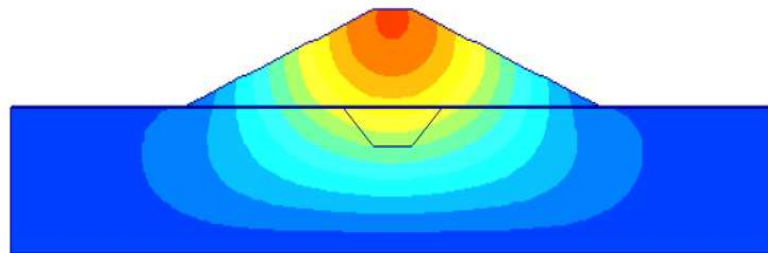


Fig. 11- Déplacements totaux, cas fin de construction

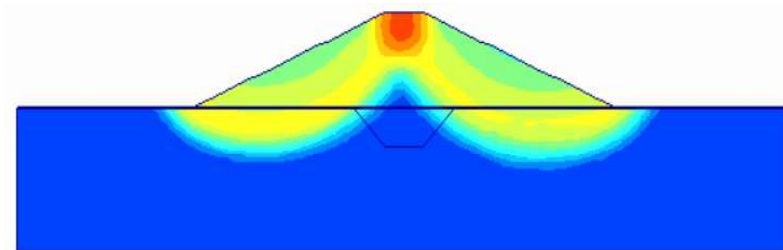


Fig. 12- Surface de glissement – Construction (Phi-C réduction)

Phase 2 : Remplissage (Fonctionnement normal)

La phase de remplissage correspond à la mise en eau du réservoir et au fonctionnement normal du barrage. L'élévation du niveau d'eau engendre une poussée hydrostatique sur le talus amont, provoquant une légère redistribution des contraintes et une augmentation des déplacements horizontaux.

Les résultats montrent :

- Un **déplacement horizontal maximal de 38,38 mm**,
- Un **déplacement vertical de 27,95 mm**,
- Un **déplacement total de 46,10 mm**,
- Un **facteur de sécurité de 4,371**.

L'analyse du champ de déplacement indique une bonne homogénéité du mouvement global du remblai, sans déformation excessive ni rupture localisée. La ligne de saturation se stabilise au sein du corps du barrage, confirmant le bon fonctionnement du système de drainage.

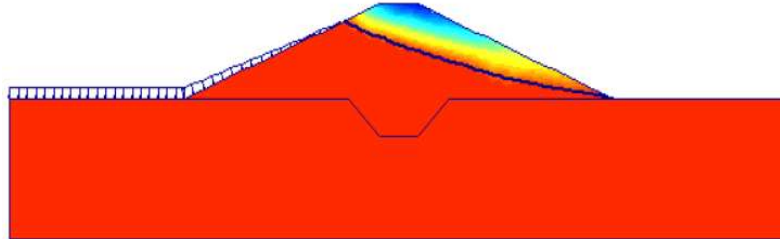


Fig. 13- Ligne de saturation et degré de saturation

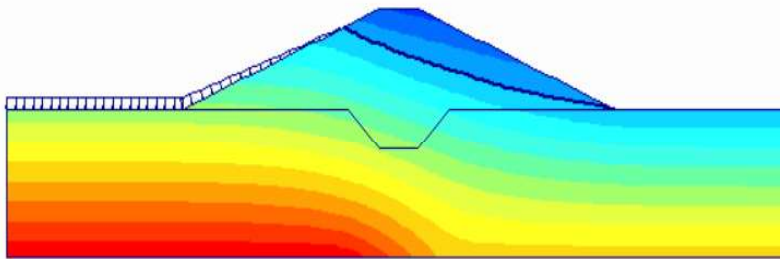


Fig. 14- Pression interstitielle

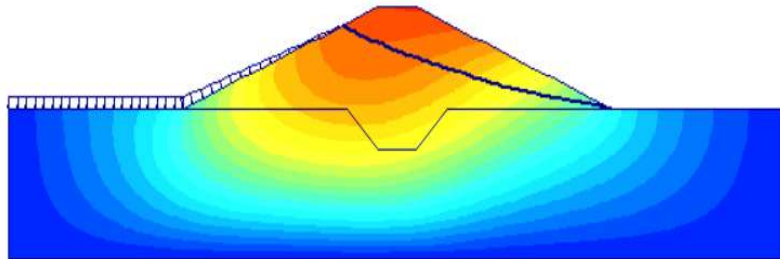


Fig. 15- Répartition des déplacements horizontaux (fonctionnement normale)

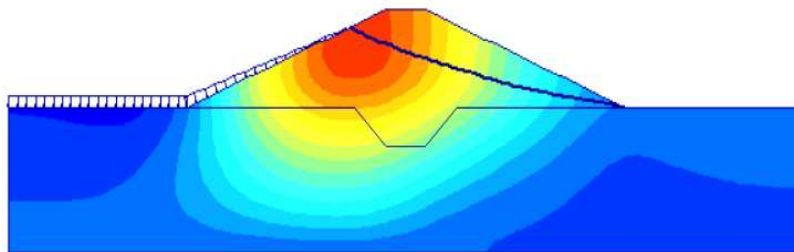


Fig. 16- Répartition des déplacements verticaux (régime permanent)

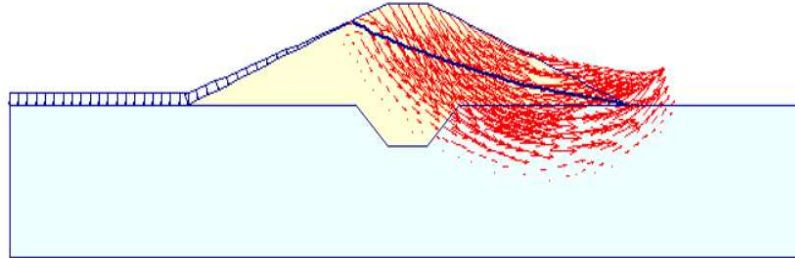


Fig. 17- Concentration des vecteurs de déplacement (Fonctionnement normal)

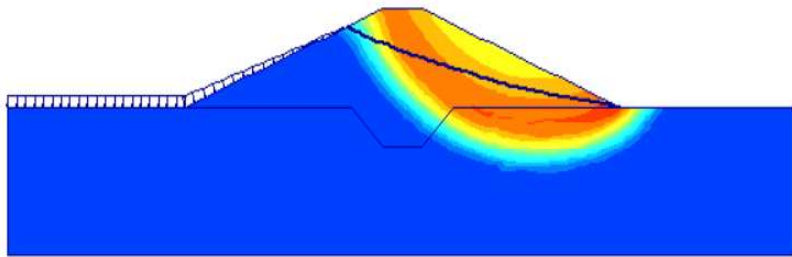


Fig. 18- Surface de glissement (Fonctionnement normal)

Phase 3 : Vidange rapide

La vidange rapide constitue une situation critique, caractérisée par une chute brusque du niveau d'eau. Cette décompression hydraulique engendre un déséquilibre temporaire entre les pressions interstitielles et les contraintes effectives, pouvant favoriser l'apparition de surfaces de glissement sur le talus amont. Les résultats obtenus montrent :

- Un déplacement horizontal de 19,78 mm,
- Un déplacement vertical de 15,79 mm,
- Un déplacement total de 24,27 mm,
- Un facteur de sécurité de 4,739.

Ces valeurs indiquent que malgré la sollicitation rapide, la stabilité globale du barrage reste satisfaisante, aucun signe de rupture ni déformation majeure n'étant observé.

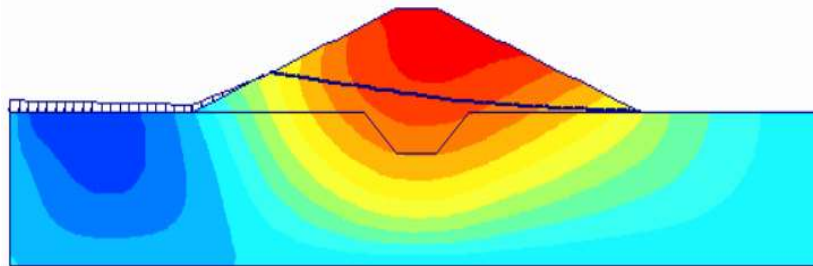


Fig. 19- Répartition des déplacements horizontaux (vidange rapide)

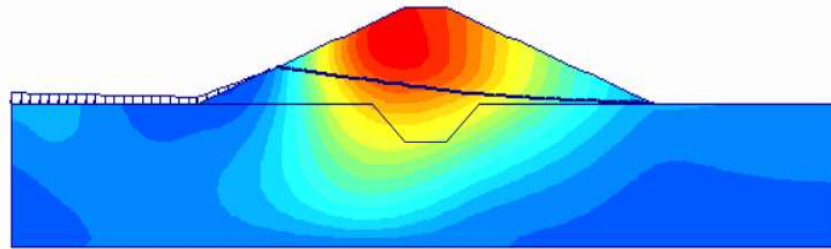


Fig. 20- Répartition des déplacements verticaux (vidange rapide)

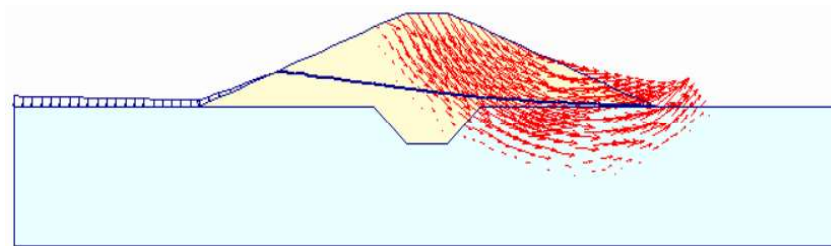


Fig. 21- Concentration des vecteurs de déplacement – vidange rapide

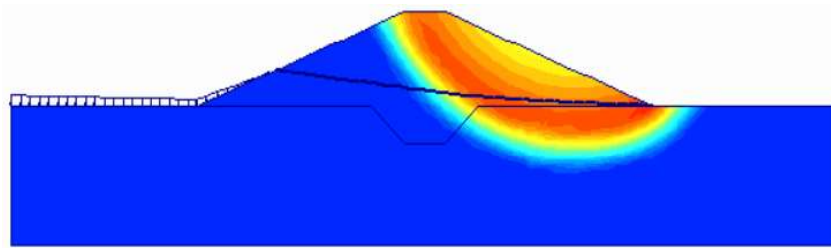


Fig. 22- Surface de glissement – vidange rapide

3.2. Modèle de comportement de Mohr-Coulomb :

Les résultats de simulation en utilisant le modèle de comportement de Mohr-Coulomb sont récapitulés dans le tableau 2.

Tab.2- Résultats de simulation de la retenue collinaire (comportement Mohr-Coulomb)

	Construction	Remplissage	Vidange Rapide
Déplacement Horizontal	18.64 mm	38.38 mm	19.78 mm
Déplacement Vertical (T)	111.61 mm	27.95 mm	15.79 mm
Déplacement Total	111.661 mm	46.1 mm	24.27 mm
Facteur de sécurité (SF)	4.806	4.371	4.739

L'ensemble de ces résultats (Tab.2) met en évidence une bonne performance géotechnique de la retenue d'oued Sahbi dans toutes les phases simulées. Le comportement mécanique est dominé par les tassements pendant la construction et les déformations horizontales durant le remplissage. Les facteurs de sécurité élevés (> 4) confirment que le remblai et sa fondation présentent une stabilité remarquable aussi bien en phase de construction qu'en conditions d'exploitation et de vidange rapide. Ces résultats traduisent la qualité du matériau utilisé, la bonne conception géométrique du remblai et l'efficacité du système de drainage interne, contribuant ainsi à la pérennité de l'ouvrage.

CONCLUSION

L'analyse numérique conduite sur la retenue collinaire d'oued Sahbi a permis d'évaluer de manière approfondie la stabilité et le comportement mécanique de l'ouvrage au cours de ses différentes phases de vie : construction, remplissage et vidange rapide. Les résultats obtenus ont mis en évidence que les déplacements verticaux les plus importants se produisent durant la phase de construction, traduisant le tassement du remblai sous son propre poids, tandis que les déplacements horizontaux dominent lors du remplissage en raison de la poussée hydrostatique exercée sur le talus amont. La vidange rapide, bien qu'étant une situation critique, n'a engendré que des déformations limitées et un comportement globalement stable.

Les facteurs de sécurité supérieurs à 4 pour l'ensemble des scénarios simulés confirment la stabilité satisfaisante de l'ouvrage, aussi bien pendant la mise en œuvre que durant son exploitation. Le bon comportement observé est attribuable à la qualité du matériau constitutif, à une géométrie de remblai bien adaptée et à un drainage efficace qui limite l'accumulation des pressions interstitielles.

En conclusion, la retenue collinaire d'oued Sahbi présente une stabilité globale robuste et un comportement mécanique conforme aux exigences de sécurité. Ces résultats valident la conception géotechnique adoptée et constituent une base fiable pour le suivi et la gestion future de l'ouvrage, notamment face aux variations hydrauliques et climatiques susceptibles d'affecter son équilibre à long terme.

Références

- [1] CIRIA (2007). The International Levee Handbook. London: Construction Industry Research and Information Association (CIRIA).
- [2] ICOLD (International Commission on Large Dams), 2011. Dams and Reservoirs, Societies and Environment in the 21st Century. CRC Press.
- [3] Novak, P., Guinot, V., Jeffrey, A., & Reeve, D. (2017). Hydraulics of Dams and River Structures. CRC Press.
- [4] Fell, R., et al. (2003). Risk Assessment for Dam Safety. John Wiley & Sons.
- [5] Batalla, R. J., Gómez, C. M., & Kondolf, G. M. (2004). Reservoir-induced hydrological changes in the Ebro River basin (NE Spain). Journal of Hydrology, 290(1–2), 117–136.
- [6] Fell, R., MacGregor, P., Stapledon, D., & Bell, G. (2005). Geotechnical Engineering of Dams. CRC Press.