

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/356781499>

Analyse des effets d'infiltrations sur la stabilité des barrages en terre (Cas du barrage Soubella, commune de Magra, wilaya de M'sila)

Conference Paper · December 2021

CITATIONS

0

READS

419

2 authors:



Ahmed Seddiki

université de Msila, Algérie

15 PUBLICATIONS 2 CITATIONS

SEE PROFILE



Mohamed Khemissa

Université de M'sila

77 PUBLICATIONS 358 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Remote sensing and GIS to derive the movement susceptibility map of the land of the region of Beni Ilmane, Province of Msila, Algeria [View project](#)



Comportement des fondations superficielles sous séisme [View project](#)

Analyse des effets d'infiltrations sur la stabilité des barrages en terre (Cas du barrage Soubella, commune de Magra, wilaya de M'sila)

Ahmed Seddiki^{1,*} - ahmed.seddiki@univ-msila.dz, MCB, Laboratoire de Développement des Géo-matériaux, Université de M'sila, B.P 166, Ichbilia, 28000 M'sila

Mohamed Khemissa² - mohamed.khemissa@univ-msila.dz, Professeur, Laboratoire de Développement des Géo-matériaux, Université de M'sila, B.P 166, Ichbilia, 28000 M'sila

Résumé :

Cette communication a pour objet d'analyser l'effet des infiltrations sur la stabilité de la digue en terre du barrage de Soubella situé dans la commune de Magra (wilaya de M'sila).

Après présentation du site d'étude du point de vue topographique et hydrogéologique, un modèle de la digue à étudier a été choisi.

À l'aide du module SEEP/W du logiciel GeoStudio, une analyse de la stabilité hydraulique par la détermination de la ligne de saturation et du débit de fuite à travers le corps du barrage, a conduit à la proposition et le dimensionnement d'un drain horizontal en aval de la digue pour limiter les effets d'infiltrations sur leur stabilité mécanique et hydraulique.

La stabilité mécanique des talus amont et aval de la digue à l'aide du module SLOPE/W du logiciel GeoStudio, pour différents cas de chargements et selon plusieurs cas de configurations possibles, a été effectuée pour le cas d'un séisme de base SBE et d'un séisme maximal SMD, comme le stipule le manuel utilisé par l'Agence nationale algérienne des barrages A.N.B.

Après calculs et discussions des valeurs du facteur de sécurité obtenues par les différentes méthodes implémentées dans le logiciel GeoStudio, la stabilisation du talus amont dans le cas d'une vidange rapide a été réalisée par la mise en place d'une banquette de dix mètres de largeur en amont de la digue et une confrontation avec les valeurs minimales conseillées par le « manuel de conception et projets typiques des digues en terre » utilisé par l'A.N.B. a été effectuée.

Mots clés : Infiltrations - digue- stabilité – débit – drain – banquette.

1. Introduction

La maîtrise de l'eau par le biais d'aménagement hydraulique approprié constitue une des clés de l'augmentation significative de la qualité de vie. Il a dû très vite sembler naturel aux hommes d'autrefois d'arrêter un cours d'eau par remblai de terre tassé par piétinement. Depuis des siècles, la construction des barrages s'est avérée nécessaire.

La stabilité des digues en terre est très influencée par la quantité d'eau qui les traverse. Le contrôle des infiltrations doit donc être important pour éviter des pressions interstitielles excessives, l'érosion des matériaux et la rupture de la pente en aval. La ligne supérieure d'infiltration d'eau à travers la digue en terre est appelée ligne de saturation. Pour protéger la zone aval de la digue d'une éventuelle rupture, il est nécessaire de maintenir la surface phréatique à l'intérieur de la digue (Jawdat 2016).

La littérature montre que l'analyse des effets d'infiltrations s'effectue généralement par ordinateur par le biais de programmes spécialisés. La méthode des différences finies a été utilisée pour analyser les effets d'infiltrations dans les barrages et les résultats ont été comparés à ceux obtenus par les méthodes de l'équilibre limite implémentées dans le logiciel Geostudio 2007 entre autres. Il a été démontré que la sélection d'incrémentes suffisamment petits conduit à des résultats très satisfaisants. Une analyse numérique réalisée avec le logiciel en différences finies FLAC2D

pour étudier l'influence du débit d'infiltration d'eau sur la stabilité du sol excavé a montré que les formes du mécanisme de rupture sont significativement influencées par les propriétés du sol et de l'interface (Kermani 2012, Benmebarek 2005). La modélisation de l'infiltration à travers le corps de la digue, par une analogie thermique, en se basant sur les théories de base d'écoulement a été élaborée par le code ANSYS (Bekkouche 2008).

Dans notre recherche, le module informatique Seep/w a été utilisé pour analyser la stabilité hydraulique par la détermination de la position de la ligne de saturation, le potentiel hydraulique et, le débit de fuite à travers une digue en terre avec filtre horizontal (Methodology 2012).

La stabilité mécanique a été étudiée selon plusieurs configurations (en fin de construction, en régime permanent et lors d'une vidange) sous sollicitations sismique, afin de montrer l'effet des paramètres hydrauliques sur les résultats de calcul, une confrontation avec les valeurs minimales conseillées par le « manuel de conception et projets typiques des digues en terre » utilisé par l'Agence nationale Algériennes des barrages et transfert (Rodríguez 2004).

La condition de stabilité mécanique du talus amont, dans le cas de la vidange rapide n'est pas vérifiée, pour cela on a proposé de le stabiliser par la réalisation d'une banquette de dix mètres de largeur, en amont de la digue, qui permet d'augmenter le facteur de sécurité à 1,26, ce qui vérifie la condition imposée par le manuel utilisé par l'A.N.B.T. (Michel 2000).

2. Description de la zone d'étude

Le barrage Soubella est situé sur l'oued du même nom Magra, à 60 km à l'est du chef-lieu de la wilaya de M'Sila et approximativement à la même distance au Sud de la ville de Sétif (figure 1). Ce barrage est destiné à l'irrigation et l'alimentation des communes proches par l'eau potable : Ain El-Khadra, Belaïba, Berhoum, Dehahna, Ouled Addi Guebala et Ouled Derradj.

Le site du barrage est caractérisé par une topographie très étroite à l'amont d'une zone habitée. Les rives calcaires sont particulièrement dures voire subverticales au droit du défilé. Cette gorge serrée s'ouvre sur une vaste plaine que l'oued Soubella traverse avant de se propulser dans le Chott el Hodna. Le site est situé à l'amont proche du pont accédant à la RN28, à 4 km au nord de la ville de Magra.



Fig. 1. Localisation géographique du barrage Soubella.

Le site du barrage Soubella a pour coordonnées UTM :

$$X = 694\ 499\ \text{m}$$

$$Y = 3\ 952\ 558\ \text{m}$$

$$Z = 725\ \text{m (fond de vallée)}$$

2.1. Contexte géologique et hydrogéologique du site

La zone d'aménagement est couverte par un levé géologique au 1/50000 (figure 2.). La description stratigraphique et tectonique de l'assiette du projet est basée sur la carte géologique de la région du barrage dressée par la Direction des Mines.

L'étude lithologique (la formation rocheuse) et tectonique (la structure de la croûte d'altitude) et de la mise à niveau affecte les fondements des travaux du projet, et le large développement des processus externes a déterminé la nature et la taille de l'excavation.

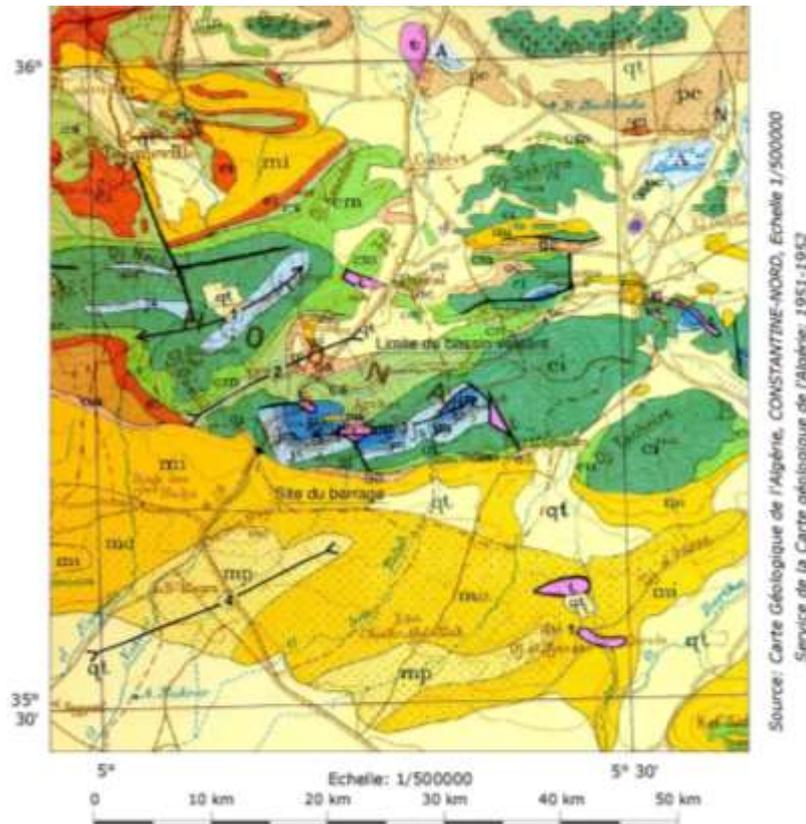


Fig. 2. Carte géologique du site du barrage Soubella.

La zone du bassin occupe les parties extrêmes occidentales du Djebel Boutaleb, caractérisées par le pendage isoclinal SO des alluvions du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur, les couches étant orientées NO-SE. A droite du barrage, les calcaires du Miocène inférieur recouvrent la partie sud de l'antiforme, formant une unité discordante sur les horizons marneux. Il existe une nette discordance entre les structures du Miocène et celles affectant les fondations plus anciennes.

Le niveau de l'oued au milieu est proche de la cote 726. Dans l'emprise de la retenue, le gradient du lit est de 2%. Le complexe rocheux du site du barrage peut être considéré comme un aquifère faible.

La position extrêmement basse du bassin versant indique une perméabilité supérieure à celle suggérée par les résultats des essais. Les fractures ont tendance à rabaisser ce niveau et à drainer la masse.

2.2. Diagramme climatique du bassin versant

Le barrage Soubella est situé dans le bassin du Chott el Hodna. Les précipitations dans la zone d'étude sont caractérisées par trois mois secs (juin-juillet-août) et un régime bimodal, le premier pic en automne et le deuxième pic en hiver.

Compte tenu des irrégularités du climat, l'intensité et le temps des mois les plus pluvieux varient considérablement. La pluviométrie annuelle moyenne du barrage est de 289 mm et de 375 mm sur le bassin versant, dont plus de 90% des précipitations sont enregistrés de septembre à mai.

En somme, le site est caractérisé par des étés chauds et sec et par des hivers froids et humides caractéristiques des zones arides et semi-arides :

- Les températures moyennes mensuelles relevées (Coyne et Bellier 200) au voisinage du projet d'aménagement sont illustrées sur la figure 3.

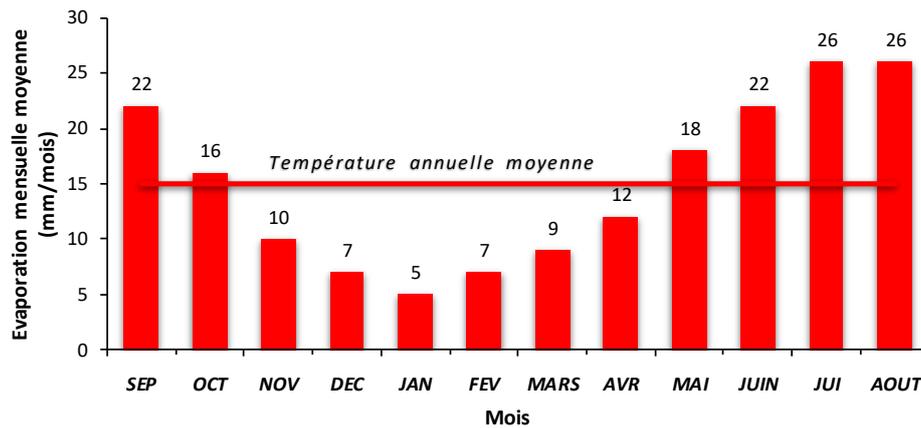


Fig. 3. Températures mensuelles moyenne.

- Sur la base de la carte ANRH d'évapotranspiration possible et des mesures réalisées au bac Colorado, dans la zone d'étude, l'évaporation annuelle moyenne sur le site de Soubella est estimée à 1 650 mm. La figure 4. présente la répartition des valeurs mensuelles moyennes d'évaporation sur le plan d'eau du réservoir de Soubella.

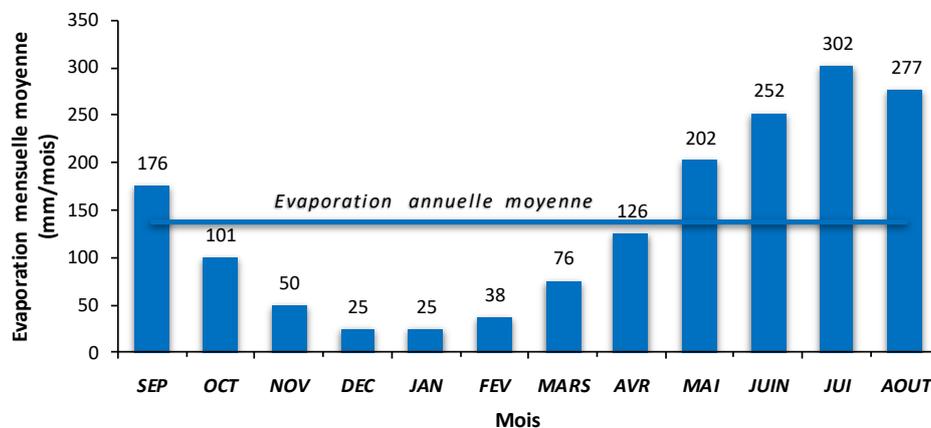


Fig. 4. Evaporation sur plan d'eau - Répartition mensuelle.

- Les données pluviométriques moyennes présentées sur la figure 5 sont tirées des observations effectuées à la station de Sidi Ouadah entre 1973 et 2004. La répartition mensuelle des précipitations est caractéristique du régime à double pic (bimodal), avec de fortes pluies en automne, en hiver et au printemps.

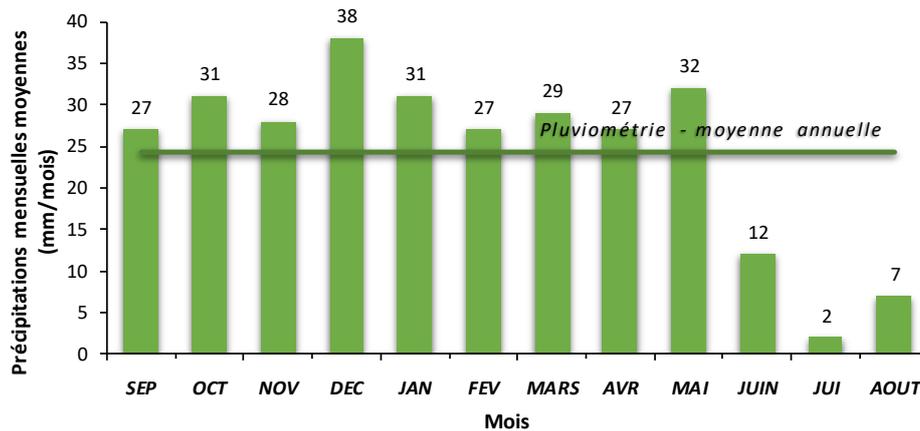


Fig. 5. Pluviométrie - Répartition mensuelle.

2.3. Caractéristiques sismiques de la zone d'étude

La commune de Magra est classée dans la zone IIa, zone de sismicité moyenne, où les valeurs d'accélération de zone (A) et les coefficients sismiques horizontal (k_h) et vertical (k_v) correspondants sont définis dans le tableau 1.

Tableau 1. Valeurs de coefficient d'accélération et coefficients sismiques.

Groupe	1A	1B	2	3
A	0,25	0,20	0,15	0,10
k_h (xg)	0,125	0,100	0,075	0,050
k_v (xg)	0,0375	0,0300	0,0225	0,0150

Le Séisme de référence de Ain Taghrouit 04/09/1963 est caractérisé par (Rodríguez 2004):

- SBE : $M_w=5.7$; accélération horizontale recommandée : $a=0.30$ g.
- SMD : $M_w=6.2$; accélération horizontale recommandée : $a=0.39$ g ; durée efficace 7s.

Les analyses les plus fiables sont effectuées en contraintes effectives, c'est-à-dire en prenant comme caractéristiques de résistance des sols les propriétés intrinsèques obtenues avec des essais drainés.

Le Japon a enregistré la rupture de plusieurs barrages (Kokusho 2009, Sasaki 2007) qui ont été largement utilisés pour améliorer les calculs sismiques.

Les mécanismes de rupture du système barrage-fondation sous charge sismique sont fortement liés à la profondeur et à la forme de la couche liquéfiable du sol ainsi qu'à la durée significative du signal d'entrée (Bouraoui 2018).

3. Description de la digue retenue

Pour les besoins des calculs, deux profils ont été considérés pour la digue :

- une digue homogène construite d'un seul matériau constitué d'alluvions provenant de la zone d'emprunte A.
- une digue à noyau (figure 6) dont le corps est composé de deux recharges construit d'alluvions provenant de la zone d'emprunte A et d'un noyau étanche composé d'argile provenant de la zone C.

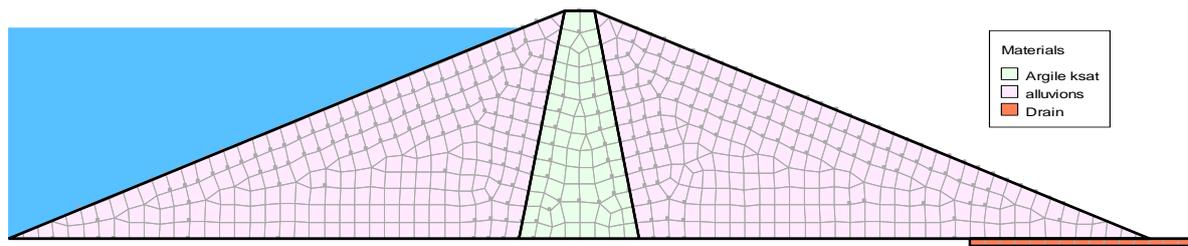


Fig. 6. Profil géométrique de la digue à noyau et drain horizontal.

En plus de la géométrie définie ci-dessus, les caractéristiques géotechniques des matériaux utilisés pour la construction de la digue sont répertoriées dans le tableau 2.

Tableau 2. Caractéristiques géotechniques des matériaux de la digue.

Paramètres	c'	φ'	γ_h	γ_s
Recharge	10	33	20	21
Noyau argileux	25	21	19	20

Le sol de fondation de la digue est constitué d'un matériau rocheux.

4. Calculs de la stabilité de la digue : résultats et interprétation

4.1. Outil numérique utilisé et mise en œuvre des calculs

Les calculs ont été effectués avec le logiciel GeoStudio. Leur mise en œuvre sont décrites dans les manuels correspondants. On notera cependant que la prise en compte de l'action sismique a été faite à l'aide des méthodes d'équilibre limite implémentée dans le module « SLOPE/W » du logiciel Geostudio.

4.2. Stabilité hydraulique de la digue

4.2.1. Stabilité hydraulique de la digue homogène pleine en service

Les conditions aux limites sont définies comme suit :

- Une face d'infiltration potentielle caractérisée par un débit totale d'infiltration nul sur le parement du talus aval.
- Une charge hydraulique maximale sur le parement du talus amont de la retenue simulant que la retenue est pleine.
- Le point le plus bas du parement du talus aval est soumis à une pression nulle.

Les calculs s'effectuent à l'état stationnaire. Les résultats des calculs de la stabilité hydraulique de la digue homogène déterminée par le module « SEEP/W » du logiciel Geostudio sont représentés sur la figure 7. On notera ci qui suit :

- Les lignes de contours des charges hydrauliques qui décroissent de la gauche vers la droite de 60 m jusqu'à 0 m.
- Les lignes de contours des pressions d'eau interstitielles : 0 pour la ligne de saturation et 600 kPa comme maximum ($\gamma_w \cdot z$).

Ce qui nous permet de déterminer le débit de fuite en n'importe quelle section. La valeur du débit au milieu de la digue est de 0,00098 m³/s. A la limite du talus aval, elle est de 0,00132m³/s. La valeur du débit total maximal en six mois est de 20528 m³, valeur très élevée, ce qui nécessite un noyau d'étanchéité. Le débit de fuite calculé nous permet de dimensionner le drain horizontal de longueur compris entre 95 et 130 m. Pour assurer l'étanchéité de la digue, on propose un noyau étanche dont le matériau provient de la zone d'emprunte D. Les pentes des talus du noyau sont

égales à $1H/4.5V$. La longueur du drain est comprise entre le quart et le tiers de longueur totale à la base de la digue, soit $95 < l_d < 126.67$. On prend un drain horizontal de longueur $l_d = 110$ m et d'épaisseur $e_d = 2$ m.

4.2.2. Stabilité hydraulique de la digue à noyau en service

Les conditions aux limites sont définies comme suit :

- Une charge hydraulique maximale sur le parement du talus amont de la retenue simulant que la retenue est pleine.
- Un drain horizontal en aval où la charge hydraulique est nulle.

Les calculs s'effectuent à l'état stationnaire. Les résultats des calculs de la stabilité hydraulique de la digue à noyau déterminée à l'aide du module « Seep/w » du logiciel « Geostudio » sont les suivantes (figure 8.). Les lignes de contours des charges hydrauliques qui décroissent de la gauche vers la droite de 60 m jusqu'à 0 m. Ce qui a permis de rendre la valeur du débit à la limite du talus aval négligeable ($7.10^{-4} \text{m}^3/\text{j}$).

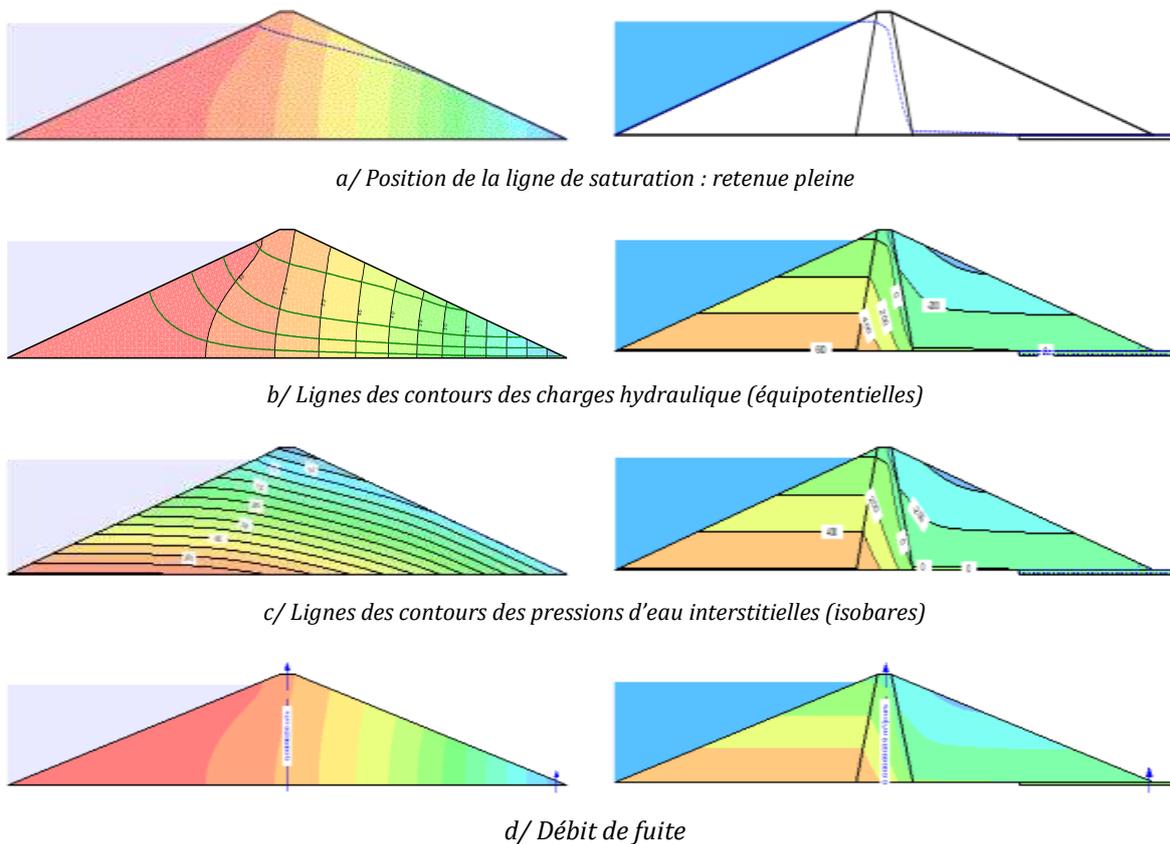


Fig 7. Stabilité hydraulique de la digue homogène en service.

Fig. 8. Stabilité hydraulique de la digue à noyau en service.

4.2.3. Stabilité hydraulique de la digue à noyau en cas de vidange rapide

Une vidange est dite rapide si sa durée est inférieure ou égale à 30 jours (A. E. Methodology 2012). Deux cas de vidange rapide peuvent se poser (figure 9) :

a/ Cas d'une vidange instantanée : La charge hydraulique passe du niveau maximal $h=62$ m vers une charge hydraulique $h=0$ m instantanément. Les conditions aux limites sont les suivantes :

- Face amont instantanée : débit total nul le long de la ligne mouillée inclinée de 62 à 0 m.

- Niveau rabattement 0 m amont : Le premier point du talus amont (0,0).
- Drain en aval tous : charge hydraulique nulle dans la région du drain horizontal.

Le calcul s'effectue à l'état transitoire. L'allure de la ligne de saturation après une vidange instantanée qui a duré 6 heures est représentée sur la figure 9a1. Les contours des pressions interstitielles et la ligne de saturation qui correspond à une pression nulle sont représentées sur la figure 9a2.

b/ Cas d'une vidange fonction du temps : La charge hydraulique est fonction du temps, elle passe de $h=62$ m vers $h=0$ m en cinq jours. Les conditions aux limites sont les suivantes :

- La charge hydraulique est introduite par une fonction linéaire du temps.
- Drain en aval tous : charge hydraulique nulle dans la région du drain horizontal.

Le calcul se fait à l'état transitoire. Les contours des pressions d'eau interstitielles après trois jours de vidange rapide en fonction du temps (figure 9b1). Le débit de fuite au milieu de la digue au bout d'une durée de 30 jours de vidange est de 0.0027 m^3 (figure 9b2).

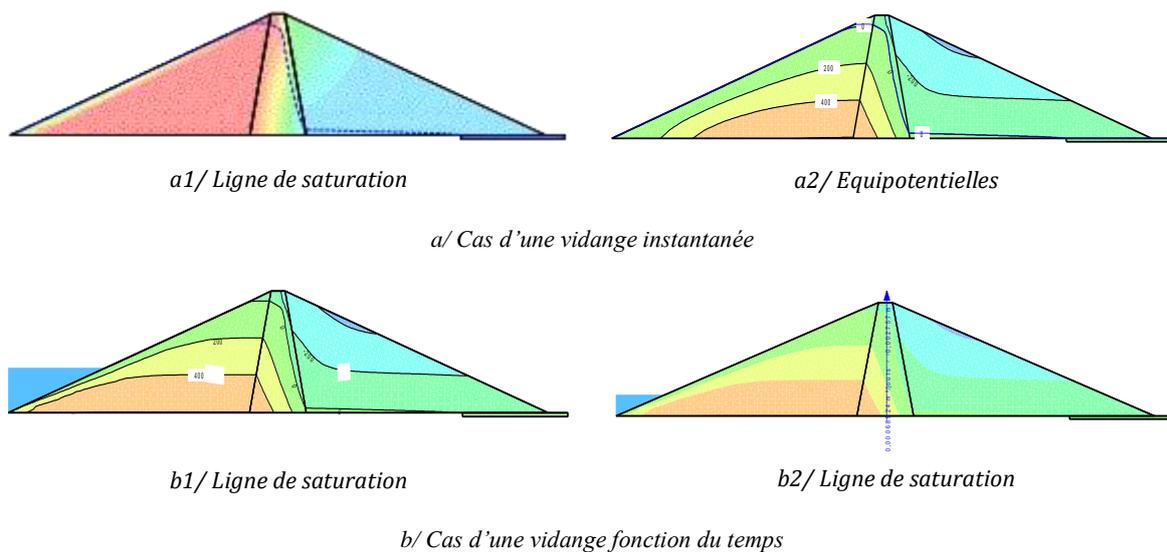


Fig 9. Stabilité hydraulique de la digue à noyau.

4.3. Stabilité mécanique de la digue à noyau

4.3.1. Stabilité mécanique du talus aval en fin de construction

Le calcul se fait en une seule étape sous chargement gravitaire seul (modélisé par le module SLOPE/W). Le facteur de sécurité est calculé par plusieurs méthodes d'équilibre limite. La méthode du facteur de sécurité donné par la méthode SPENCER est $FS \approx 3$, comme le montre la figure 11a.

4.3.2. Stabilité mécanique du talus aval en utilisation normale

Le calcul du facteur de sécurité se fait en deux phases successives : une phase initiale sous l'effet du poids propre et la charge hydraulique (modélisé par le module SEEP/W) suivie d'une phase de calcul du facteur de sécurité (modélisé par le module SLOPE/W). La valeur du facteur de sécurité minimal sans prise en compte de l'action sismique, donnée par la méthode de SPENCER est $FS=2.22$ comme le montre la figure 11b.

4.3.3. Stabilité mécanique du talus aval en utilisation normale pendant un séisme SBE

Le calcul du facteur de sécurité se fait en deux phases successives : une phase initiale sous l'effet du poids propre et de la charge hydraulique, suivie d'une phase de calcul du facteur de sécurité. Le coefficient d'accélération sismique horizontale pris en compte est de 0.15g. La valeur du facteur de sécurité minimal est donnée par la méthode de SPENCER est $FS=2.11$ comme indiqué sur la figure 11c.

4.3.4. Stabilité mécanique du talus aval en utilisation normale pendant un séisme SMD

Le calcul du facteur de sécurité se fait en deux phases successives : une phase initiale sous l'effet du poids propre et de la charge hydraulique, suivie d'une phase de calcul du facteur de sécurité. Le coefficient d'accélération sismique horizontale pris en compte est de 0.195g. La valeur du facteur de sécurité minimal est donnée par la méthode de SPENCER est $FS=1.94$ comme indiqué sur la figure 11d.

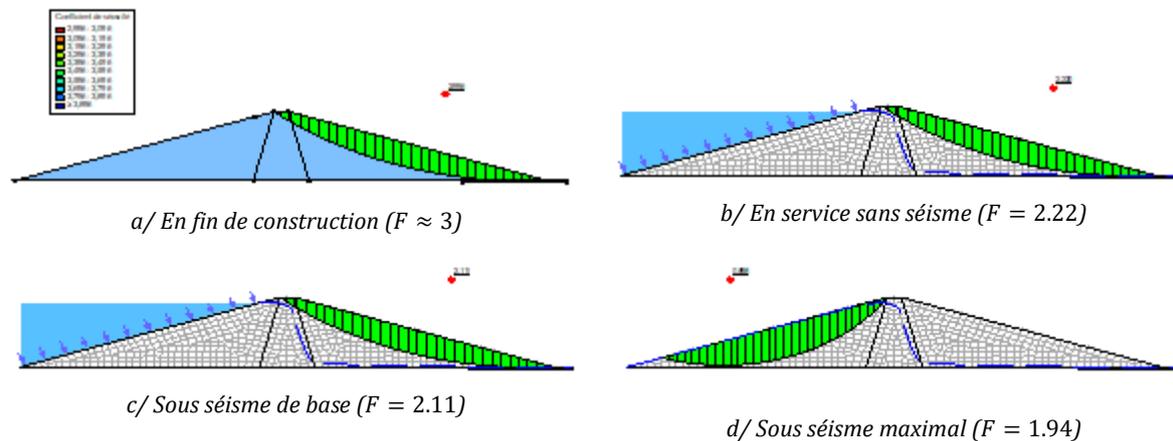


Fig 11. Stabilité mécanique du talus aval de la digue à noyau : Facteur de sécurité.

4.3.5. Stabilité mécanique du talus amont après vidange rapide instantannée

Le calcul du facteur de sécurité se fait en trois phases : une phase initiale sous l'effet du poids propre et de la charge hydraulique maximale à l'état stationnaire, suivie d'une seconde phase sous l'effet de la charge hydraulique représentant une vidange instantannée à l'état transitoire puis d'une troisième phase de calcul du facteur de sécurité qui démarre à partir de l'état initial. La valeur du facteur de sécurité minimal est donnée par la méthode de SPENCER est $FS < 1$, comme indiqué sur la figure 12a.

4.3.6. Stabilité mécanique du talus amont après vidange rapide fonction du temps

Le calcul du facteur de sécurité se fait en trois phases : une phase initiale sous l'effet du poids propre et de la charge hydraulique maximale à l'état stationnaire, suivie d'une seconde phase sous l'effet de la charge hydraulique représentant une vidange fonction du temps pour rabattre le niveau de 62 m vers un niveau nul pendant cinq jours à l'état transitoire puis d'une troisième phase de calcul du facteur de sécurité qui démarre à partir de l'état initial. La valeur du facteur de sécurité minimal donnée par la méthode de SPENCER est $FS \approx 1.20$ comme indiqué sur la figure 12b.

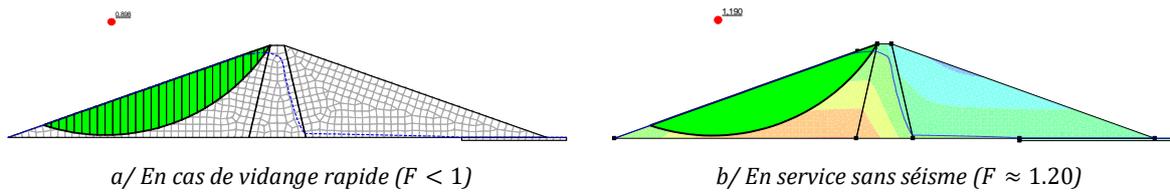


Fig 12. Stabilité mécanique du talus amont de la digue à noyau : Facteur de sécurité.

4.3.7. Stabilité mécanique du talus aval avec banquette sous séisme

La réalisation d'une banquette en amont de la digue, permet d'obtenir un facteur de sécurité $FS \approx 1,27$ valeur qui dépasse la valeur imposée par le « manuel de conception et projets typiques des digues en terre » utilisé par l'A.N.B.T., ce qui rend le talus amont stable en cas d'une vidange rapide. La réalisation de deux autres banquettes en aval de la digue permet aussi d'améliorer la stabilité du talus aval sous différents cas de chargement, notamment sous séisme (figure 13).

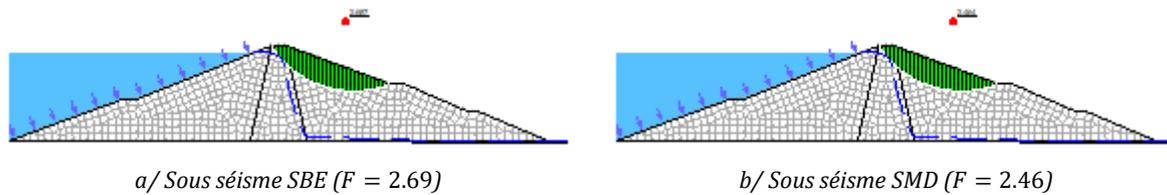


Fig 13. Stabilité mécanique du talus amont de la digue à noyau : Facteur de sécurité.

5. Conclusions

L'utilisation des outils numériques, à savoir les modules SEEP/W et SLOPE/W du logiciel GeoStudio, a permis de vérifier la stabilité générale de la digue sous différents cas de chargements possibles (chargement gravitaire, nappe et séisme). Cette étude a permis de mettre en œuvre deux modules d'un outil numérique performant dédié à ce type d'études : le logiciel GeoStudio ; le premier module SEEP/W pour l'analyse des infiltrations hydraulique et le second module SLOPE/W pour l'analyse de la stabilité mécanique des talus en ruptures circulaires et non circulaires par un calcul en équilibre limite avec la méthode des tranches (méthodes de Fellenius, de Bishop, de perturbation et méthode de calcul à la rupture).

L'analyse effectuée a permis de vérifier la stabilité hydraulique de la digue Soubella en réduisant le débit de fuite au sein du massif par abaissement de la ligne de saturation en plaçant un drain horizontal à proximité du parement du talus aval, ainsi que la stabilité mécanique des talus amont et aval de cette digue en distinguant quatre cas de configuration à savoir le calcul en fin de construction, le calcul en régime permanent, la vidange que ce soit rapide ou lente et le calcul sismique par l'approche pseudo-statique sous un séisme de base SBE et un séisme maximal SMD.

Les résultats des calculs obtenus montrent que les talus amont et aval de la digue Soubella sont stables pour toutes les configurations de chargement sauf pour le cas de la vidange rapide où la valeur du facteur de sécurité est inférieure à la valeur imposée par le manuel de conception et projets typiques des digues en terre utilisé par l'A.N.B.T. En abaissant le débit de fuite à la limite du talus aval de la digue homogène, de la valeur $1,32 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ à la valeur $6.10^{-15} \text{ m}^3/\text{s}$ pour la même position pour la digue à noyau et tapis drainant horizontal, on peut dire que la stabilité hydraulique est très satisfaisante. La stabilité mécanique du talus amont, dans le cas de la vidange rapide pourra être améliorée en plaçant une banquette de dix mètres de largeur, en amont de la digue, le facteur de sécurité est $FS=1,26$, ce qui vérifie la condition imposée par la réglementation en vigueur imposée par l'A.N.B.T., qui est $FS=1,25$. Il en va de même pour la stabilité du talus aval de cette digue.

6. Références

- Bekkouche, A., Ghefir, M., Benadla, Z., Houmadi, Y., Berrabeh, A.T. (2008). «Etude d'infiltrations du barrage en terre el izdihar par analogie thermique.» *Colloque international, terre et eau 2008, Annaba, algérie*, 2008.
- Benmebarek, N., Benmebarek, S., Kastner, R. (2005). «Numerical studies of seepage failure of sand within a cofferdam.» *Computers and Geotechnics*, 2005.
- Bouraoui, Z., Benmebarek, S. (2018). «Modélisation numérique de la déformation induite par la liquéfaction de barrages en terre soumis à des chargements sismiques. » *First International Conference on Dams. ICDBiskra-2018*. 2018.
- Coyne et Bellier, (2009). *Barrage de Soubella*. Avant-projet détaillé, mémoire de synthèse, Agence nationale des barrages et transferts, 2009.
- Jawdat, K. A. (2016). «Determination of Flow through Homogeneous Earth Dams with Triangular Toe Filter.» *Tikrit Journal of engineering sciences*, 2016: 81-88.
- Kermani, E. F, Barani, G. A. (2012). «Seepage Analysis through Earth Dam Based on Finite Difference Method.» *J. Basic. Appl. Sci. Res.*, 2012: 11621-11625.
- Kokusho, T. (Ed.). (2009). «Earthquake Geotechnical Case Histories for Performance-Based Design.» *ISSMGE TC4 2005-2009 Term Volume*. CRC Press. 2009.
- Methodology, An Engineering. "Seepage Modeling with SEEP/W". GEO-SLOPE International Ltd., 2012.
- Methodology, An Engineering (2012). " Stability Modeling with SLOPE/W". GEO-SLOPE International Ltd., 2012.
- Michel, L., Patrice, M., Paul, R. (2000). *Méthodologie de diagnostic des digues*. Cemagref Editions. 75-77., 2000.
- Rodríguez, B. A., Santos, L. R. (2004). *Manuel de conception et projets typiques des digues en terre*. Alger: Unité "Retenues Collinaires" de l'ANB, 19-21., 2004.
- Sasaki, Y., & Tamura, K. I. (2007). «Failure mode of embankments due to recent earthquakes in Japan.» *In 4th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering (No. 1479)*. . 2007.