

Auscultation des zones d'interface des remblais des barrages en terre avec les ouvrages en béton

Nadia SMAIL, Bouchrit ROUISSAT

Université Abou-bekr Belkaid Tlemcen, Algérie. Laboratoire Evaluation et Management du Risque

RESUME La surveillance des barrages, par l'auscultation, vise principalement à suivre et à interpréter les évolutions des mécanismes de dégradations ou de vieillissement en relation avec les critères sécuritaires du barrage, en particulier, sa résistance aux déformations et aux infiltrations d'eau. Pour les barrages en terre, les zones d'interface du remblai avec les structures en béton représentent des points vulnérables à ces deux phénomènes. L'auscultation de ces zones par des cellules de pressions interstitielles et totales constitue un support pour l'analyse du comportement du barrage.

Dans ce contexte, on s'intéresse au barrage de Boughrara, situé au nord ouest de l'Algérie. Il s'agit d'un barrage zoné à noyau central en argile, d'une hauteur de 60 m. On traitera de l'analyse de l'évolution des pressions totales dans les interfaces des remblais avec les ouvrages en béton armé, en l'occurrence, la galerie de dérivation provisoire et la zone de l'évacuateur de crue du barrage. Cette analyse de l'évolution des pressions totales, mesurées pendant 14 années, est conjuguée à celle des valeurs mesurées des pressions interstitielles et des charges des remblais y afférentes. Ce couplage de contraintes a permis de réaliser un diagnostic de l'ouvrage et un jugement sur la validation de son comportement général.

Mots-clefs Barrage, auscultation, diagnostic, béton, pressions interstitielles.

I. INTRODUCTION

L'auscultation vise à détecter, suffisamment tôt, des discontinuités, des évolutions significatives, des irréversibilités traduisant des désordres. Il s'agit toujours, in fine, de grands déplacements de masses ou d'interface, annoncés par des phénomènes précurseurs : montée de pressions interstitielles, fissures, ouvertures de joints, débit de fuite, érosion interne (Bonelli et al, 2005). Dans un barrage en remblai, il importe de contrôler, particulièrement, l'évolution des pressions interstitielles au niveau du remblai, notamment dans le noyau des barrages zonés, ainsi qu'au niveau des fondations (Smail et al, 2018). Certaines zones des barrages en remblai peuvent constituer des faiblesses par rapport aux infiltrations d'eau et aux déformations. Il s'agit des zones de conjugaison des remblais du barrage avec les ouvrages en génie civil, en particulier, au contact des remblais avec les galeries et l'évacuateur de crues. En effet, Foster et al (1998, 2000) montrent que sur un total de ruptures par érosion interne de 36 et un total d'accidents dû à l'érosion interne

de 75, les quoteparts liées à l'érosion autour des ouvrages atténuants au remblai sont respectivement de 19 ruptures et 17 accidents (ICOLD, 2017).

Parallèlement au mécanisme d'érosion interne, lié, en outre, aux valeurs des pressions interstitielles, il peut se produire un détachement de remblai au niveau du contact avec les structures en béton provoquant ainsi des variations de contraintes qu'il ya lieu de suivre pour les rendre "visibles" à travers la mesure (Rouissat et al, 2018). Dans ce contexte, et disposant des mesures d'auscultation du barrage Boughrara, situé au Nord-ouest de l'Algérie sur la période s'étalant de 1997 à 2009, on traitera de l'analyse des évolutions des pressions interstitielles et totales au niveau des interfaces des remblais du barrage avec la galerie de dérivation provisoire et l'évacuateur de crue.

II. PRESENTATION DU BARRAGE BOUGHRARA

Le barrage de Boughrara est situé au Nord-ouest de l'Algérie, dans la wilaya de Tlemcen. Les coordonnées Lambert du barrage sont $X = 102.92$ et $Y=185.20$. L'aménagement comprend: une digue zonée, à noyau central en argile et des recharges en graviers et sables, d'une hauteur de 60 m, un évacuateur de crues, une galerie d'injection et de drainage, une tour de prise et une galerie de dérivation (Tractebel, 2000).

A. Dispositif d'auscultation du barrage

Le dispositif d'auscultation des barrages doit être conçu de manière à ne suivre que les paramètres significatifs du comportement en un nombre limité de points et selon des périodicités fixées à l'avance (Swiss Committee on Dams, 2006). Le barrage de Boughrara est doté d'un dispositif d'auscultation, implanté sur sept profils du barrage, permettant le contrôle des nivellements, de la planimétrie, des tassements et d'inclinaisons, de la piézométrie, des pressions interstitielles et totales et des fuites et sous pressions.

B. Ouvrages atténuants au remblai

La galerie de dérivation provisoire, en forme de fer à cheval possède 10 m de haut, une largeur maximale au radier de 9 m et une pente de 0.8% pour une longueur de 220 m. L'évacuateur principal est un déversoir latéral implanté en rive droite avec coursier à deux pentes et un saut de ski.

III. ANALYSE DES PRESSIONS AUTOUR DE LA GALERIE DE DERIVATION

L'approche relative à la détection des risques d'érosion interne ou de variations des contraintes au niveau des zones de contact du remblai avec les ouvrages en béton conduit à des appréciations qualitatives du risque. Certains indicateurs sont par contre très pertinents pour estimer la probabilité de défaillance: concentrations des infiltrations, valeurs élevées de pressions, déformations importantes...etc (Goodarzi et al, 2010). Des pressions interstitielles atteignant les poids des terres, annulent les contraintes effectives et créent par conséquent une fracturation hydraulique sur les zones de contact.

Des cellules des pressions totales PT et de pressions interstitielles PI ont été installées au sommet et sur les côtés de la galerie de dérivation comme le montre la figure 1.

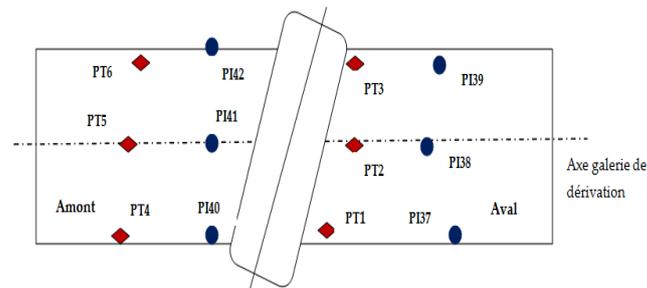


FIGURE 1. Localisation des cellules de pressions autour de la galerie (Tractebel, 2000)

La figure 2 résume l'évolution des pressions interstitielles notées CPI et des pressions totales notées PT autour de la galerie de dérivation durant la période 1997-2009.

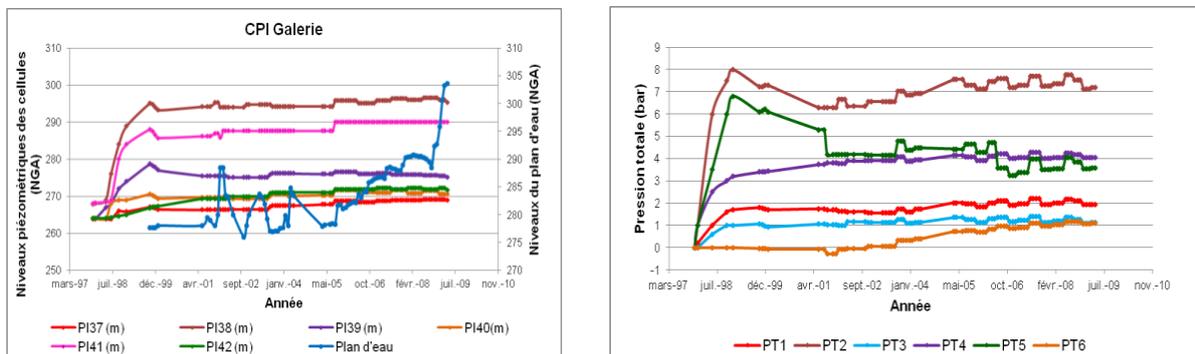


FIGURE 2. Evolution des pressions interstitielles (CPI) et totales (PT) autour de la galerie

Les pressions totales relevées sur la partie haute de la galerie en fin de construction, de l'ordre de 7 à 8 bars, sont en adéquation avec la charge induite par le remblai (environ 40 m). Aussi, la comparaison des évolutions des pressions totales et interstitielles a montré que, sur l'ensemble des cellules, les pressions interstitielles restent inférieures à celles totales à l'exception des cellules PI 39 et PI 42 où les pressions totales sont inférieures à celles interstitielles. La période correspondante à cet écart est relative à la mise en eau du barrage.

IV. ANALYSE DES PRESSIONS INTERSTITIELLES AU VOISINAGE DE L'ÉVACUATEUR DE CRUE

L'augmentation des sous pressions provoque une modification de l'état de contraintes. La réduction des contraintes effectives dans cette situation induit une diminution considérable de la résistance au cisaillement. Des cellules de pressions interstitielles sont placées sous l'évacuateur afin de contrôler les sous pressions dans cette région et vérifier le soulèvement de l'évacuateur. Ces cellules sont placées le long du déversoir et suivant l'axe de la galerie de drainage. Selon la figure 3, l'évolution des pressions interstitielles en relation avec la variation des niveaux du plan d'eau, montre que les cellules des pressions interstitielles indiquent des niveaux proches de leur côte de pose. Le risque des sous pressions de soulèvement de l'évacuateur est donc à écarter.

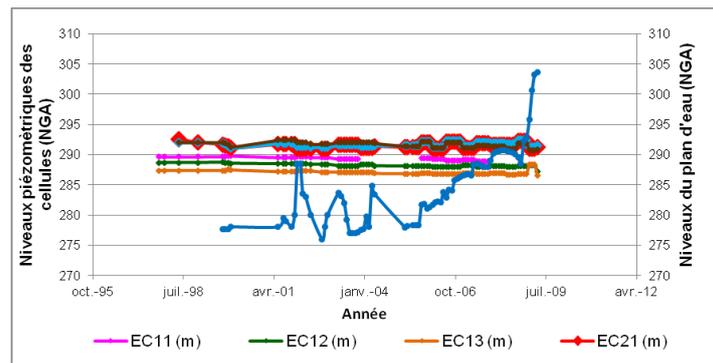


FIGURE 3. Evolution des pressions interstitielles (EC) dans la zone de l'évacuateur

V. CONCLUSION

Parmi les mécanismes de dégradations, l'érosion interne est l'une des principales causes de rupture des barrages en remblai. Les zones autour des ouvrages atténuants au remblai, sont les plus vulnérables aux mécanismes de déformations et d'érosion interne et doivent faire l'objet de suivi régulier et continu, notamment en terme de pressions interstitielles et totales. Pour le barrage Boughrara, la situation relative aux valeurs élevées des pressions interstitielles (Cellules PI 39 et PI 42) situées sur le parement gauche de la galerie de dérivation est à suivre en terme de périodicité des mesures en vue d'écarter tout risque d'érosion mécanique au niveau de ce contact, qui constitue une zone sensible des infiltrations des eaux du réservoir.

REFERENCES

- Bonelli, S., Radzicki, K., Szczesny, J., Tourment, R., & Félix, H. (2005). L'auscultation des barrages en terre : une nécessité. *Revue Française de Géotechnique*, (108), 13-22.
- Goodarzi, E., Shui, L.T., Ziaei, M., & Haghizadeh, A. (2010). Estimating Probability of Failure Due to Internal Erosion with Event Tree Analysis. *EJGE journal*, 15(J), 935-948.
- International Commission on Large Dams. (2017). Internal erosion of existing dams, levees and dikes, and their foundations, bulletin 164.
- B. Rouissat, N. Smail, I. Guenifed, & N. Guechairi. (2018). Hydraulic fracturing analysis of earth dam's cores. 4^{ème} Colloque International Sols Non Saturés & Construction Durable Unsat, 309-313
- N. Smail, B. Rouissat, & A. Bekkouche. (2018). Contribution of monitoring measurements for interstitial pressures analysis in earth dams foundations. 4^{ème} Colloque International Sols Non Saturés & Construction Durable Unsat, 299-303.
- Swiss Committee on Dams. (2006). Dam Monitoring Instrumentation, Concepts, Reliability and Redundancy. The 22nd Congress of the International Commission on Large Dams.
- Tractebel engineering. (2000). Barrage Hammam Boughrara sur l'oued Tafna, Monographie.