



Stability and Security Insurance of Special Civil
Engineering Structures in Service Stage by
Geodetic Monitoring

Diana Ioana Morariu, Ion Serbanoiu and Daniel Lepadatu

EasyChair preprints are intended for rapid dissemination of research results and are integrated with the rest of EasyChair.

June 16, 2019

ASSURANCE DE LA STABILITÉ ET DE LA SÉCURITÉ DE FONCTIONNEMENT DES STRUCTURES EN GENIE CIVIL DE L'EAU PAR LA SURVEILLANCE GÉODÉTIQUE

DIANA IOANA MORARIU ¹, ION SERBANOIU ¹, DANIEL LEPADATU ¹

¹UNIVERSITE TECHNIQUE GHEORGHE ASACHI DE IASI
Rue D. Mangeron, No. 67, Roumanie
daniel.lepadatu@gmail.com

Résumé - Dans ce papier, nous présenterons la surveillance des ouvrages de génie civil type de barrage réalisé avec des outils topographique. La nécessité d'une surveillance des structures hydraulique, en particulier les barrages est obligatoire notamment depuis les premiers incidents, voire le collapse de ces type d'objectifs. La surveillance des barrages garantit à la fois une réduction des risques de rupture et des conséquences en cas de fait de se casser. L'étude du comportement en service des ouvrages de génie civil assure la santé structurelle des objectifs, la stabilité, la sécurité et prévient les pertes de vies humaines et matérielles. Parallèlement au développement de la société, les méthodes et technologies topographiques ont évolué pour surveiller le comportement en service des structures en génie civil et notamment pour les structures hydrauliques. Parmi ceux-ci, le niveau numérique reste l'équipement le plus précis utilisé dans la surveillance des déplacements spatiaux verticaux. Le but de ce travail scientifique est de décrire les causes des déplacements spatiaux verticaux sur les barrages surveillés. En outre, l'interprétation de chaque point surveillé sur les objectifs sera discutée au cours de trois cycles d'observations minimum à compter du premier jour de la mise en service.

Abstract - In this article, we will present the monitoring of civil structures, dam type made with the topographic level. The need for timely monitoring of hydro-technical structures, particularly dams, has emerged since the first incidents, or even breaks of these types of objectives. Dams monitoring guarantees both a reduction in the risk of breakage and consequences in the event of breakage. The study of the behaviour of civil engineering in service stage ensures structural health objectives, stability, safety and prevents loss of material and life. In parallel with the development of society, topographic methods and technologies have evolved to monitor behaviour during the achievement phase of objectives. Moreover, the digital level instrument remains the most accurate equipment used in the monitoring of vertical spatial displacements. The aim of this scientific work is to describe the causes of vertical spatial displacements on the monitored dams. In addition, the interpretation of each mark on the objectives will be discussed during three observation cycles from the beginning of their execution.

Mots clés – génie civil, structures spéciales, barrages, nivellement, déplacements spatiaux verticaux

Keywords- civil engineering, special structures, dams, levelling, vertical spatial displacements

1 INTRODUCTION

La surveillance du comportement d'une structure en génie civil dans le temps commence par leur exécution. Le processus de surveillance en service des structures en génie civil est extrêmement complexe et important parce qu'il garantit stabilité, durabilité et sécurité opérationnelle [Morariu D.I et Lepadatu D., 2017, Morariu D.I. et al., 2018] [Albu M..R. et Giurma I., 2018]. Les structures en génie civil nécessitant une surveillance permanente, sont celles étant dans la première classe d'importance - les barrages [Herban S., Satmareanu F., 2016]. Les barrages sont une barrière qui sépare l'eau. Ils peuvent être naturels ou artificiels (créés par des humains) [United States Society on Dams, 2013]. Les ouvrages d'ingénierie de type barrage sont utilisées pour gardes des réserves d'eau potable, d'irrigation, de pisciculture, de groupes électrogènes ou de murs de défense. Les instruments

topographiques ayant une grande précision pour ce type de surveillance spéciale sont les niveaux [Wei L. et Wang C., 2011]. Pour la sécurité et le bon fonctionnement d'un barrage, des informations précises sont nécessaires concernant l'instrumentation et la surveillance des déplacements, les fondations environnantes, le réservoir et le bassin hydrographique. Leur comportement à chaque étape de l'enquête, de la conception, de la construction et de l'exploitation est une information très importante pour les décisions techniques [Mituaki M. et Toshio H., 2006, Gomes J.P., Batista L.A., 2017].

Dans la section suivante de ce travail, nous présentons la méthode par laquelle des lectures ont été effectuées sur des repères encastre dans les barrages étudiées. Aussi, nous discuterons également des déplacements du chaque repère de surveillance pendant le temps et des causes des déplacements spatiaux verticaux.

2 MATERIEL ET METHODE

La surveillance des déplacements pendant le temps par des méthodes topographiques a été effectuée sur un nombre de dix barrages. Les objectifs étudiés sont situés dans trois départements: Bacau, Vaslui et Iasi. Les barrages sont constitués de fondations, d'élevations ou de corps de barrage, d'ailes (canopée) et moulés [Grudnicki F. et Ciornei I., 2007]. La classification des barrages se fait selon les critères suivants: en mode du fonctionnement du barrage (barrages à gravité, à résistance ou à arc), de la forme du barrage dans le plan (barrages rectilignes ou en arc) et du profil transversal du barrage (barrages avec profil: trapézoïdal, pentagonal, hexagonal, barrages en escalier, avec fondation biseautée, avec bretelles, avec parodies courbes, console et type maison [Grudnicki F. et Ciornei I., 2007]. Les structures du type barrage peuvent également être classées en fonction de l'importance des travaux, de la durée de l'opération, de la zone géographique ou de la manière dont les efforts unitaires sont déployés au niveau du pied en amont [Grudnicki F. et Ciornei I., 2007]. Les repères de tassement sont compris entre 16 et 50 en fonction de la longueur des objets étudiés et sont situés au long de la couronne. Des déplacements spatiaux verticaux ont eu lieu en raison de l'âge des barrages, dus à l'activité sismique, mais également en raison de la force (le poids) de l'eau située dans le bassin des objectifs étudiés. La méthode utilisée pour lire les tassements sur les structures est celle du nivellement. L'équipement utilisé est le niveau électronique Leica SPRINTER (Figure 1 a, b) avec une mire à code de barre (précision élevée).



Figure 1

a) Niveau Leica Sprinter
150 m

b) Niveau et accessoires

3 RESULTATS ET DISCUSSIONS

La surveillance des ouvrages d'art massifs dont les barrages, ponts, viaducs ou immeubles de grande hauteur implique des mesures géodésiques pour déterminer les déplacements spatiaux verticaux avec une grande précision [Morariu D.I et Lepadatu D., 2018, Wei L. et Wang C., 2011]. La méthode du nivellement géométrique est la technique la plus précise et la plus utilisée dans la surveillance en service des ouvrages en génie civil [Bos N. et all., 2015]. Ce travail décrit les déplacements des barrages durant les cycles d'observations sur les repères de tassement ainsi que les causes qui ont générés les déplacements spatiaux verticaux.

Objectif 1 - Barrage Podu Iloaiei

La structure est située dans le village de Podu Iloaiei, département de Iasi, au nord-est de la Roumanie (Figure 2a), sur le cours du rivièrè Bahluiet. Il a été mis en service en 1964 et le couronnement à une longueur de 640 mètres et une hauteur de 14 mètres (Figure 2b). Le type de barrage est de masque en amont, encadré dans la classe d'importance "B" – norme roumaine.



Figure 2 a. Localisation de Podu Iloaiei sur la carte de la Roumanie



Figure 2b. Barrage Podu Iloaiei

Table 1. Caractéristiques Niveau Leica Sprinter

Dénomination niveau	Précision	Distance de visée	Temps de mesure	Mémoire
Leica Sprinter 150 m	1 mm/km	2-100 m	< 3s	1000 points

Le barrage a sur sa longueur un nombre de 19 repères de surveillance R1-R19, matérialisées par des bornes. Les bornes de tassement ont été replantées en 2015. La surveillance de cette structure a eu lieu pour la première fois en 1983, considérée comme la lecture initiale ou le cycle zéro. Les lectures suivantes ont été effectuées à différentes périodes dans deux cycles. La première détermination a lieu en 2016 et la dernière en 2017. Les mesures ont été effectuées dans des conditions météorologiques modérées.

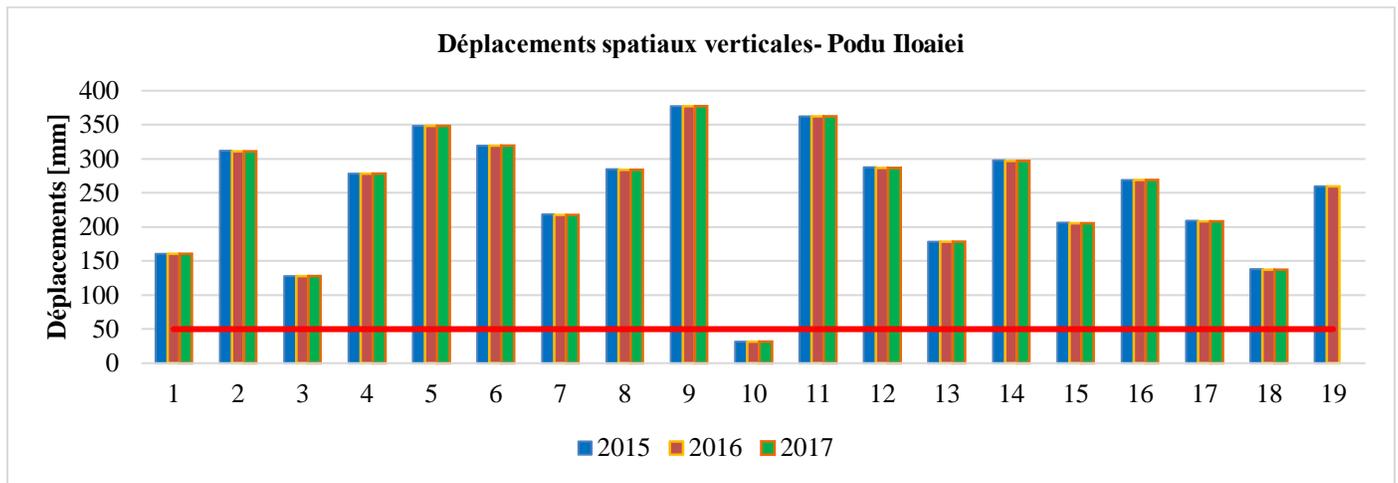


Figure 3 Déplacements spatiaux verticales- Barrage Podu Iloaiei

La Figure 3 montre que les déplacements spatiaux verticaux ne sont pas dans la limite maximale autorisée de 5 centimètres. Les déplacements produits pour ce type de structure sont préoccupants. Des tassements ont également lieu pour tous les repères, en particulier pour les bornes R11 (tassement maximale 360 mm) et R10 (tassements minimale 32 mm). Cela est dû à la longueur du barrage, mais également à la densité des précipitations, en particulier en période de danger d'inondation, qui produit une accumulation importante d'eau qui cause des dommages structurels à l'objectif. Il est conseillé de surveiller le barrage plus attentivement pour éviter tout risque d'accident matériel ou humain afin d'assurer la sécurité de la structure.

Les repères de surveillance de la structure sont au total 9 (R1-R9) plantées au long du couronnement. Les cycles de mesures pour déterminer les déplacements verticaux à ce jour sont au nombre de trois, le premier étant en 1987 étant la lecture de référence pour les mesures suivantes. La Figure 5 montre les déplacements spatiaux verticaux qui ont été enregistrés pour chacune trois lectures.

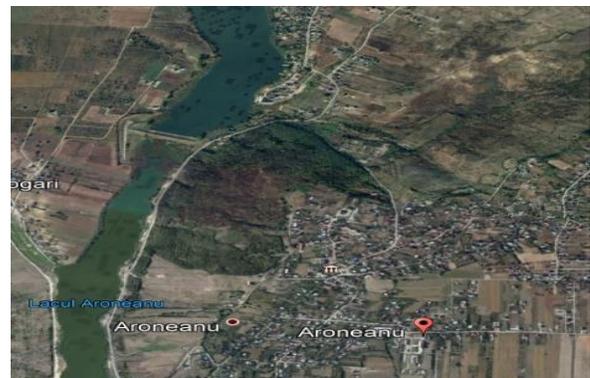


Figure 4. Localisation satellitaire du barrage Aroneanu

Objectif 2- Barrage Aroneanu

Le barrage est situé dans la ville de Iasi, près du village Aroneanu, dans la plaine de la Moldavie, en Roumanie, le long du fleuve Ciric. Sa longueur est de 280 mètres et sa hauteur de 9,30 mètres (Figure 4). Il a été construit en 1964 à partir du sol avec un masque en amont. Le barrage est dans la classe "B" d'une grande importance.

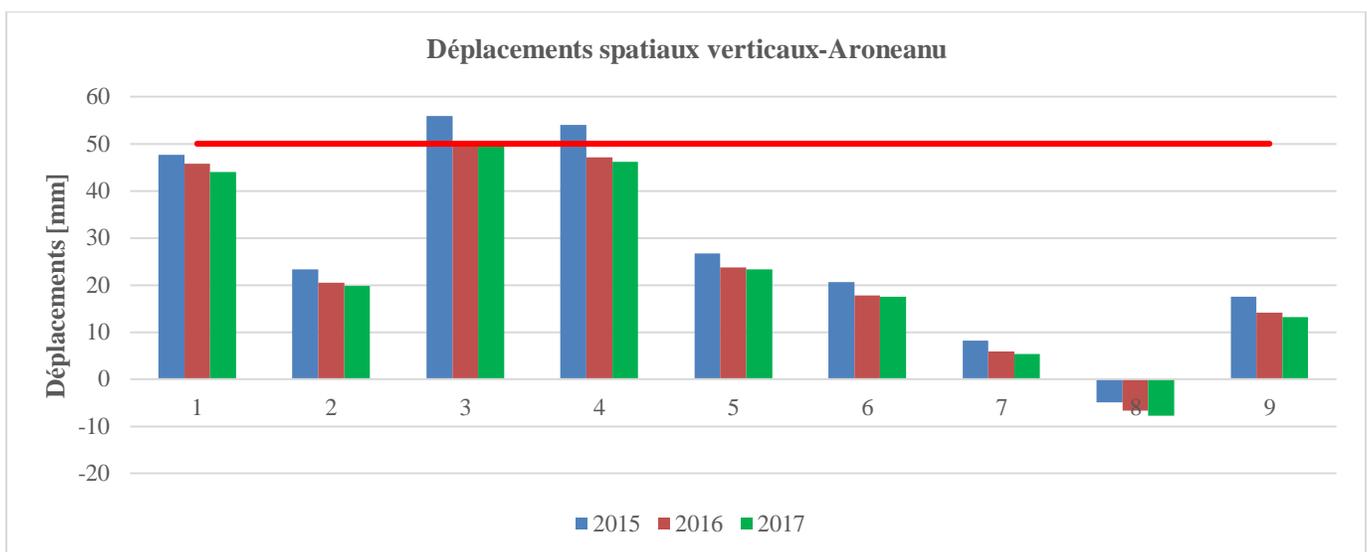


Figure 5. Déplacements spatiaux verticaux -Barrage Aroneanu

La surveillance peut être observée au-dessus de la limite de 2015 pour les valeurs des repères R3 et R4 de 62 millimètres. Les autres bornes sont dans les limites normales pour ce type de structure, bien que le repère R8 indique des valeurs négatives. Cela peut être dû à un autre phénomène appelé gonflement du béton et de la terre. Le tassement minimale est trouvée pour les valeurs des repères R6 et R7. De plus, R1 nécessite de replanter dans une zone stable parce qu'il a subi des modifications de cote. Il est recommandé de procéder à un contrôle minutieux de ces zones afin d'éviter une éventuelle infiltration d'eau et ces conséquences dévastatrices pour la population.

Objectif 3- Barrage Ciric III

L'objectif numéro 3 est situé dans la partie nord-est de la ville de Iași en Roumanie se trouvant dans la zone de relief de la plaine de Moldavie (Figure 6). La structure a été mise en service en 1978 avec une longueur de 258 mètres et une hauteur de 11,5 mètres. Les lectures pour le barrage de Ciric ont eu lieu sur les suivantes années: 2014, 2016 et 2017, 2014 étant la première de ce cycle.



Figure 6. Localisation satellitaire du barrage Ciric III

Les déterminations ont été effectuées sur les sept repères (R1-R7) situés sur le couronnement de la structure. La Figure 7 décrit le schéma du traçage pour le barrage de Ciric pour 2016 et 2017 pour les sept repères de surveillance. Les déterminations ont été effectuées dans des conditions normales pour ce type de travail topographique.

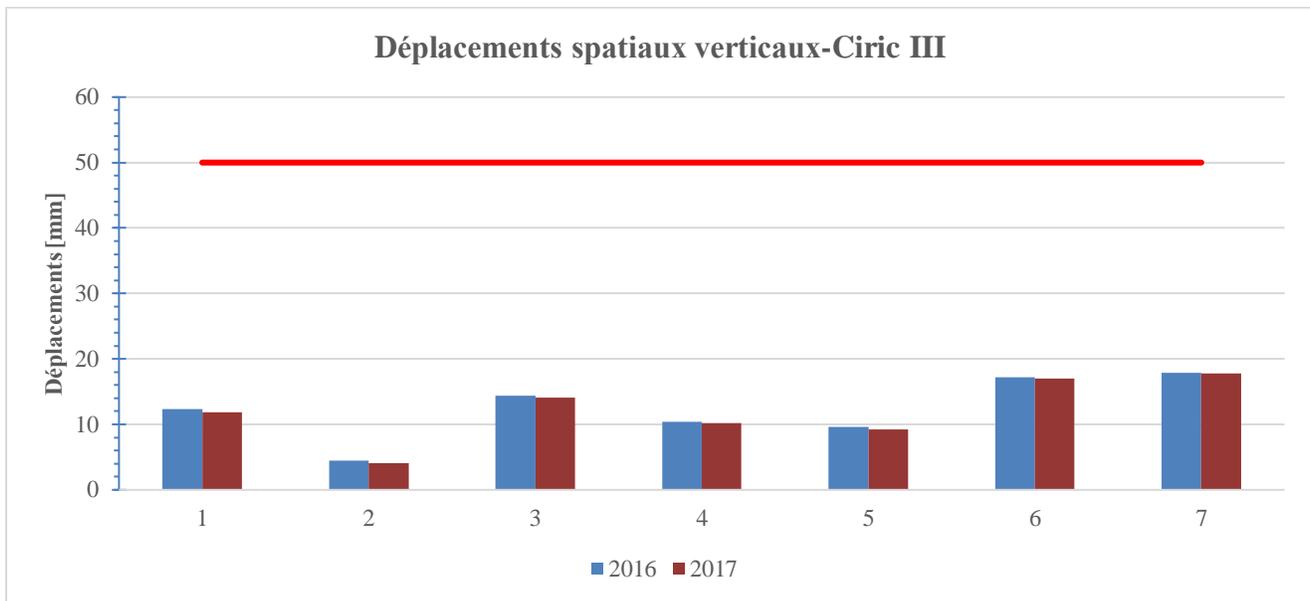


Figure 7. Déplacements spatiaux verticaux barrage Ciric III

La figure 7 montre les déplacements entre 5 mm et 18 mm, dans les limites de tolérances acceptables maximales de 5 centimètres. Les déplacements ont eu lieu pour tous les repères, le tassement minimal étant enregistré pour le repère R2 et le tassement maximal pour R7. Les déplacements pour cet objectif ne sont pas graves, mais il est conseillé de maintenir la structure sous contrôle en surveillance permanente au ayant un cycle de surveillance toutes les 6 mois au minimum.

Objectif 4- Baragge Ezareni

Le barrage de Ezereni est situé dans le village de Miroslava département de Iasi, Roumanie, sur un lac artificiel du plateau Central de Moldavie, à 192 mètres d'altitude (Figure 8). Le barrage a une longueur de 273 mètres et une hauteur de 8,50 mètres, mise en service en 1964. Sur la longueur du couronnement sont situés 5 repères (R1-R5) de surveillance en temps du barrage.

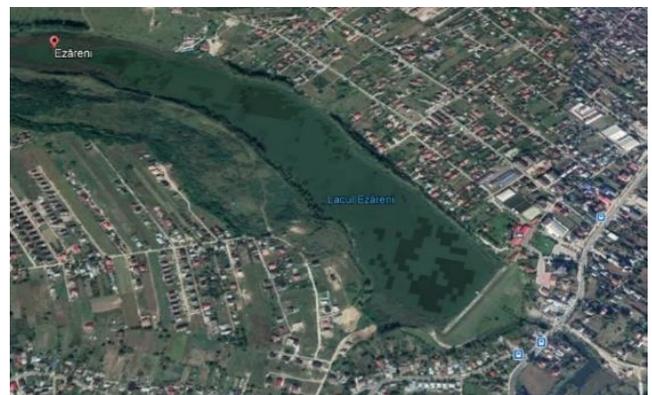


Figure 8. Localisation satellitaire du barrage Ezareni

Les premières observations ont eu lieu le 5 octobre 2003. Trois cycles de détermination des déplacements depuis sa mise en service.

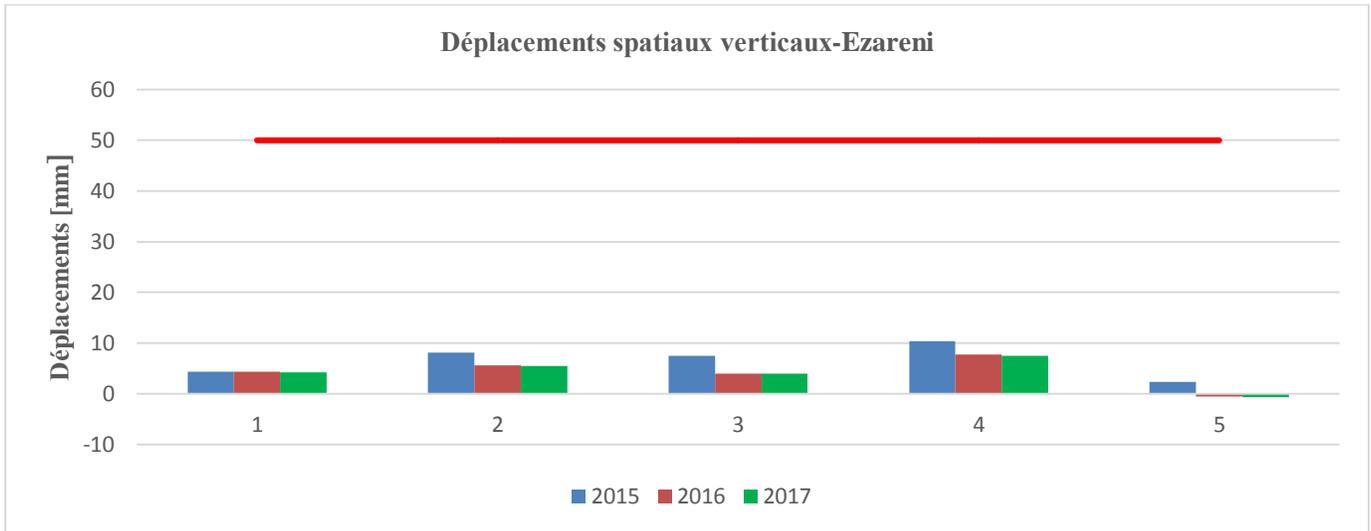


Figure 9. Déplacements spatiaux verticaux-Baragge Ezareni

La figure 9 nous montre un processus de déplacement pour tous les repères surveillés. Le tassement minimal a été réalisé pour R1, R2, R3, R5 avec des valeurs comprises entre 0,1 mm et 4,4 mm et pour le repère R4 13.3 mm. Les déplacements de ce barrage ne présentent pas de risque pour la population en raison de déplacements dans les limites acceptée vu l'âge de la structure. En revanche, l'objectif est classé dans la catégorie "B", ce qui entraîne une surveillance spéciale ayant une fréquence de minimum 6 mois.



Figure 10. Localisation satellitaire du barrage Plopi

Objectif 5-Baragge Plopi

La structure est située dans le village de Belcești dans le département de Iași, au long de la rivière Gurguiata. Mise en service en 1978, il mesure 330 mètres de long et 12 mètres de haut (Figure 10).

La figure 11 décrit un processus de tassement qui a été enregistré pour les 11 repères du barrage. La première observation en 1978 et depuis, deux autres lectures ont été effectuées en 2016 et 2017.

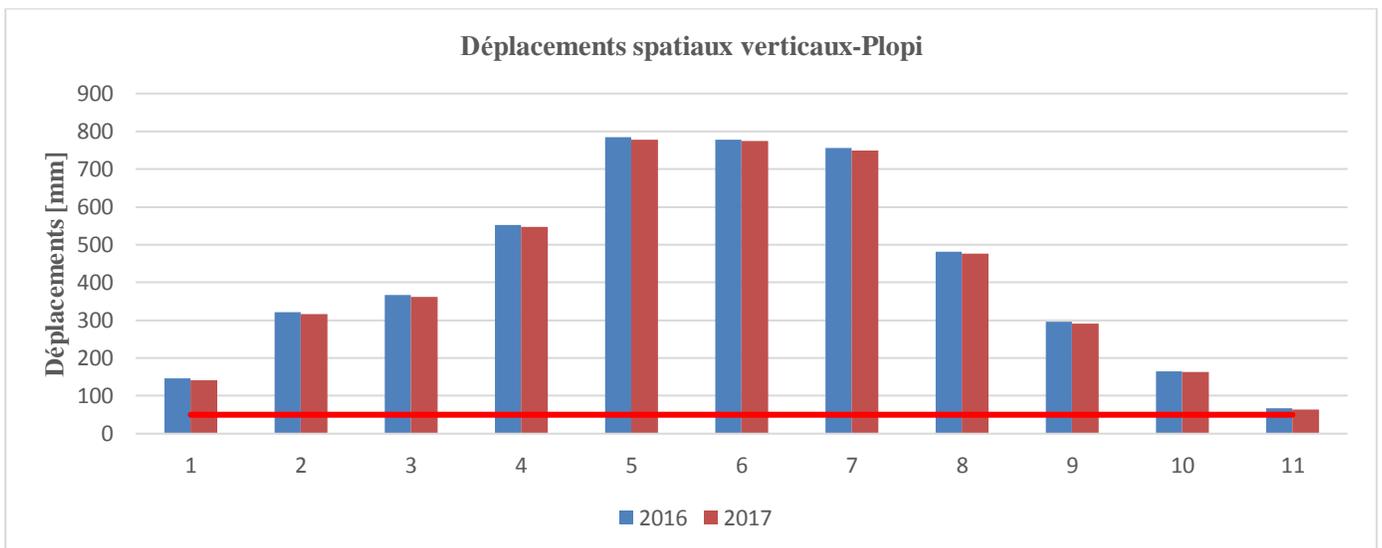


Figure 11. Déplacements spatiaux verticaux-Baragge Plopi

La situation concernant l'objectif 5 est préoccupante parce que les déplacements verticaux vont au-delà des limites acceptées par les normes. Des déplacements spatiaux verticaux se produisent pour tous les barrages, en particulier pour R4-R7, avec des valeurs comprises entre 556 mm et 791 mm. Les repères R1-R4 et R8-R11 sont comprises entre 67 mm et 481 mm.

Les déplacements sont dus à l'âge de la structure et également aux forces externes et des précipitations qui ont produit une accumulation dense dans le bassin du barrage, aux activités sismiques répétés, mais également l'influence des températures.

Afin d'éviter les catastrophes matérielles et les pertes en vies humaines, il est conseillé une surveillance spéciale ayant un intervalle de minimum 3 mois.

Objectif 6-Baragge Ciurbești

L'objectif est situé dans le village de Miroslava, village de Ciurbești dans le comté de Iași (Figure 12). Construit en 1988 au long de la rivière Loci, il a une longueur de 253 mètres et une hauteur de 13,50 mètres.

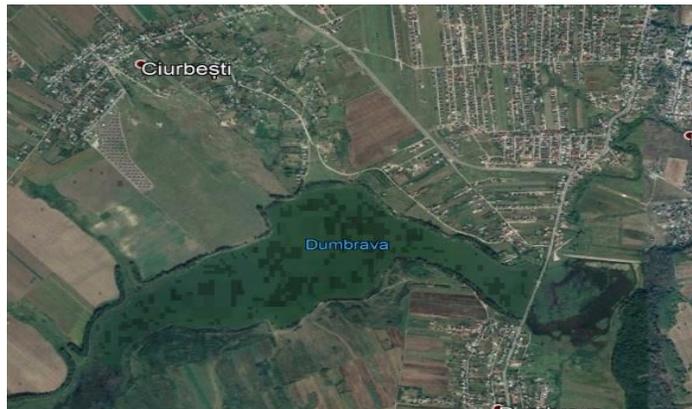


Figure 12. Localisation satellitaire du barrage Ciurbești

La Figure 13 contient l'évolution des déplacements verticaux du barrage de Ciurbești, la lecture initiale étant en 2004. Depuis lors, deux mesures ont été effectuées sur les quatre repères de la structure surveillée.

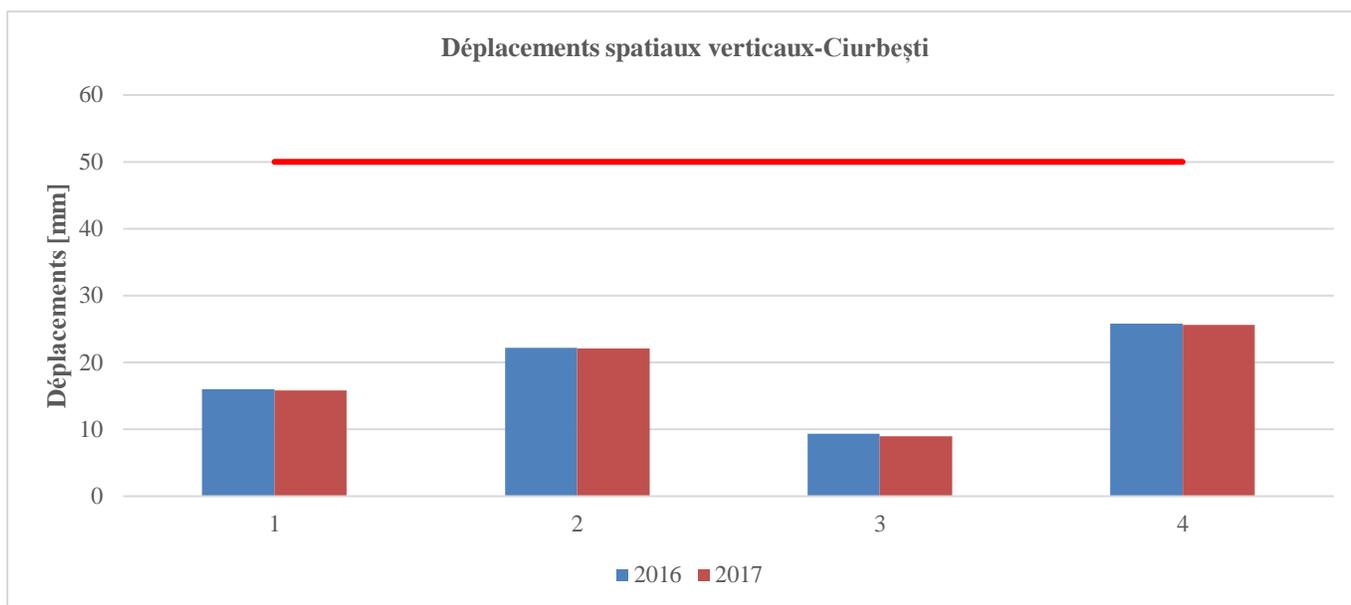


Figure 13. Déplacements spatiaux verticaux Ciurbești

Les déplacements spatiaux verticaux liés à l'objectif 6 se situent dans les limites acceptées par les normes, ayant des déplacements verticaux de 7 à 26 mm. Ces déplacements ne sont pas uniformes au niveau de la structure, les déplacements pour R2 et R4 sont plus grands que les autres repères interrogés. Les dégradations de la structure sont normales en raison de l'âge et d'autres facteurs externes comme les précipitations.

Objectif 7- Baragge Hălçeni

Le barrage est situé au nord du département de Iași, dans le village de Vlădeni, sur le cours de la rivière Mileșin. La structure a été construite en 1986 avec une longueur de 610 mètres et une hauteur de 10,50 mètres (Figure 14). En 2011, il a été touché par la sécheresse, étant principalement séché.

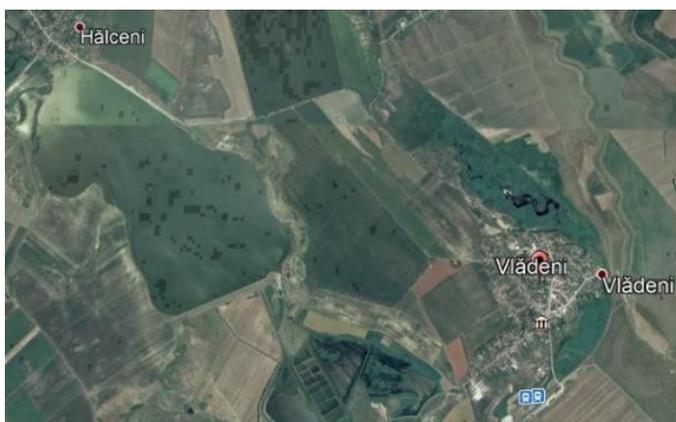


Figure 14. Localisation satellitaire du barrage Hălçeni

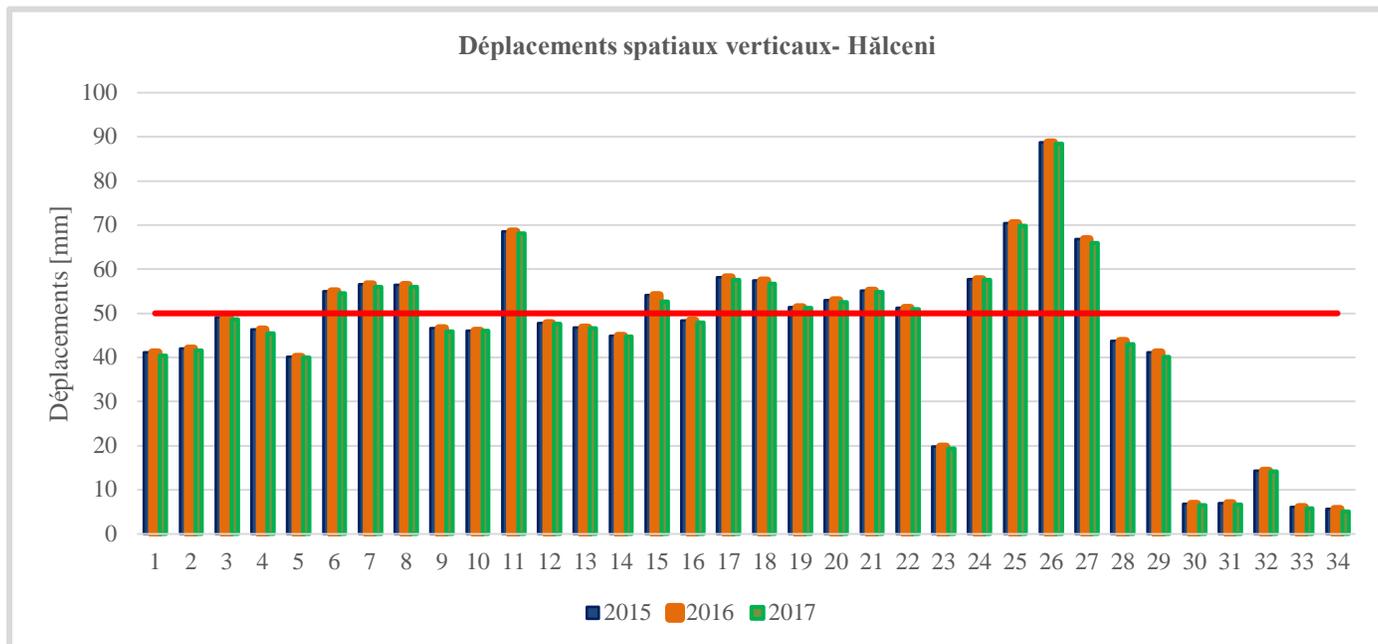


Figure15. Déplacements spatiaux verticaux-Baragge Hălăeni

Nous observons des déplacements verticaux sur tous les repères de barrage, en particulier des valeurs dépassant la limite acceptée par les normes de 50 mm. Les repères R6-R8, R11, R16, R17-R122, R24-R27 ont des tassements importants par rapport aux autres repères de surveillance. Nous pouvons affirmer qu'il existe un processus actif de compactage sur toutes les marques de barrage. Il est conseillé de procéder à un contrôle approfondi afin de détecter rapidement les infiltrations d'eau pouvant entraîner des accidents.



Figure 16. Localisation satellitaire du barrage Rediu

Objectif 8-Baragge Rediu

La construction est située dans le village de Rediu, département de Iași, sur la rivière Rediu, près de la rivière Bahlui (Figure 16). En 1988, il a été mis en service avec une longueur de 253 mètres et une hauteur de 10 mètres.

La Figure 17 montre les valeurs de déplacement verticaux de l'objectif 8, le barrage de Rediu. Les valeurs ont été déterminées sur la base de deux cycles de mesures topographiques. Le premier en 2004 et les deux autre en 2016 et 2017.

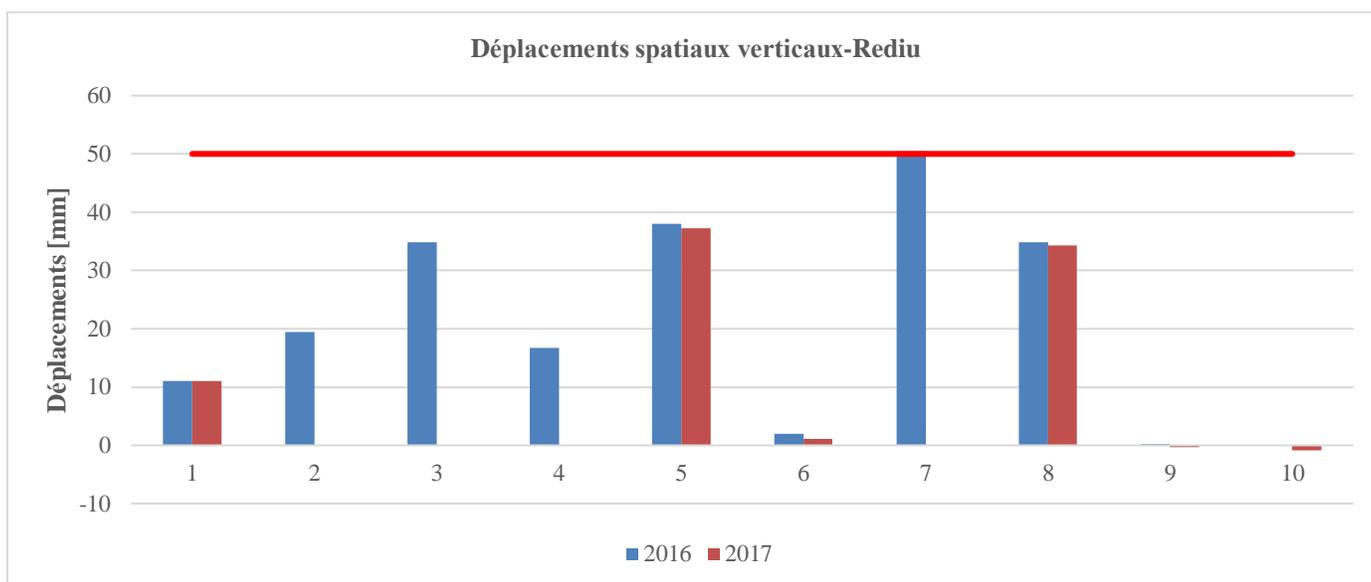


Figure 17. Déplacements spatiaux verticaux-Baragge Rediu

La figure 17 décrit les phénomènes de tassement survenus sur les dix repères du barrage de Rediu. Les valeurs déterminées en 2016 sont supérieures à celles enregistrées en 2017, mais restent dans la limite acceptée par la norme de 50 mm. Il y a un décalage plus important sur les repères R3, R5, R7 et R8.

Objectif 9- Baragge Vânători

Le barrage est localisé dans le village Vânători, département de Iași sur la rivière Cacaina qui a une longueur de 360 mètres et une hauteur de 11,50 mètres (Figure 20). La date de mise en service est 1982.



Figure 18. Localisation satellitaire du barrage Vânători

La Figure 19 présente l'évolution des déplacements des cinq repères de la structure étudiée au cours des deux cycles de mesure.

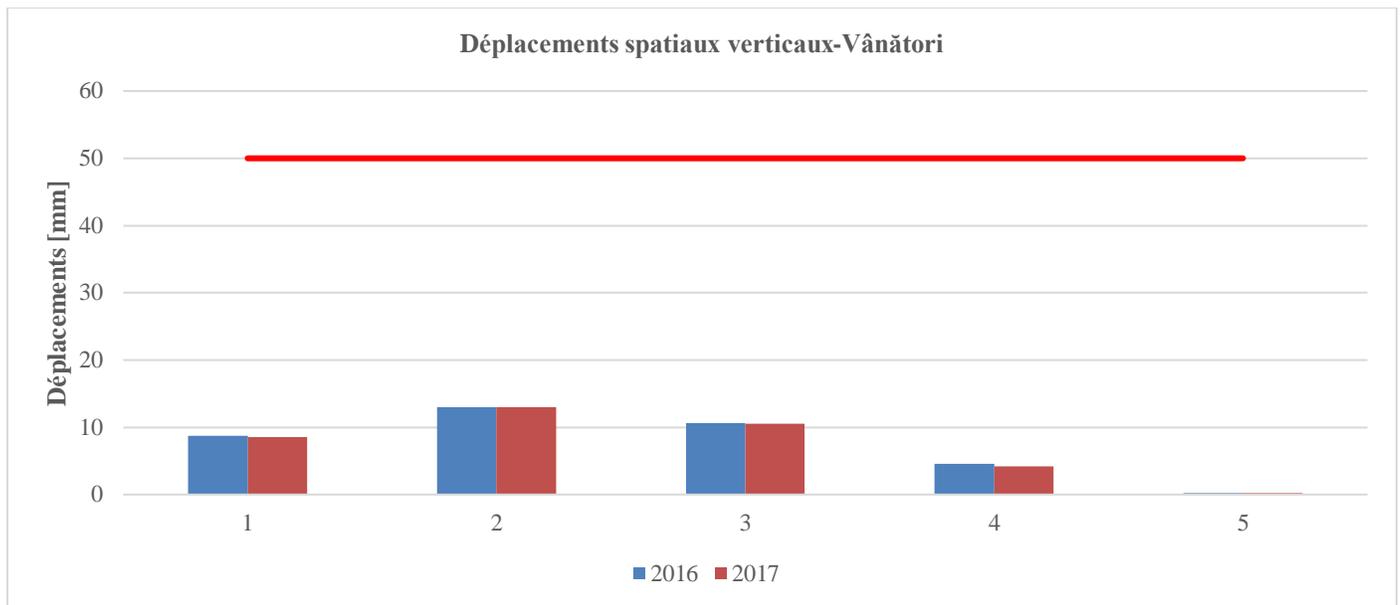


Figure 19. Déplacements spatiaux verticaux-Baragge Vânători

Les déplacements verticaux du barrage sont montrés sur la Figure 19 et elles ne se retrouvent que sur les repères R1-R4, les lectures étant proches des valeurs relatives à la mesure précédente. Les tassements ne sont pas préoccupants et peuvent être dus aux précipitations météorologiques et à l'âge d'objectif.

Objectif 10-Baragge Cârlig

L'objectif est situé au long de la rivière Cacaina, dans le village Cârlig, département de Iași, a une longueur de 225 mètres et une hauteur de 7,05 mètres (Figure 20). La structure fait partie de la catégorie d'importance "D". La première détermination des déplacements a eu lieu en 2004, suivie de deux autres en 2016 et 2017.

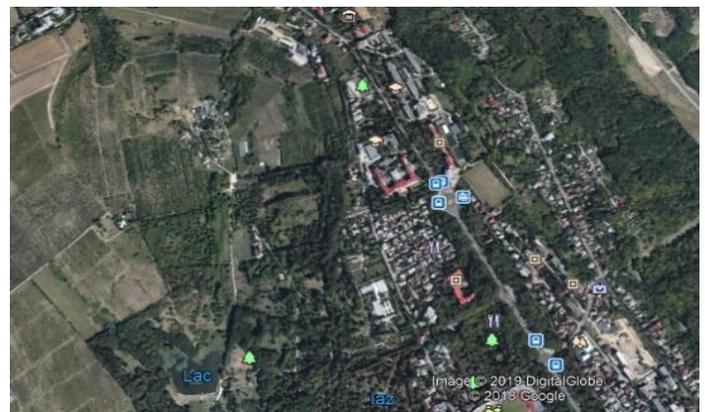


Figure 20. Localisation satellitaire du barrage Cârlig

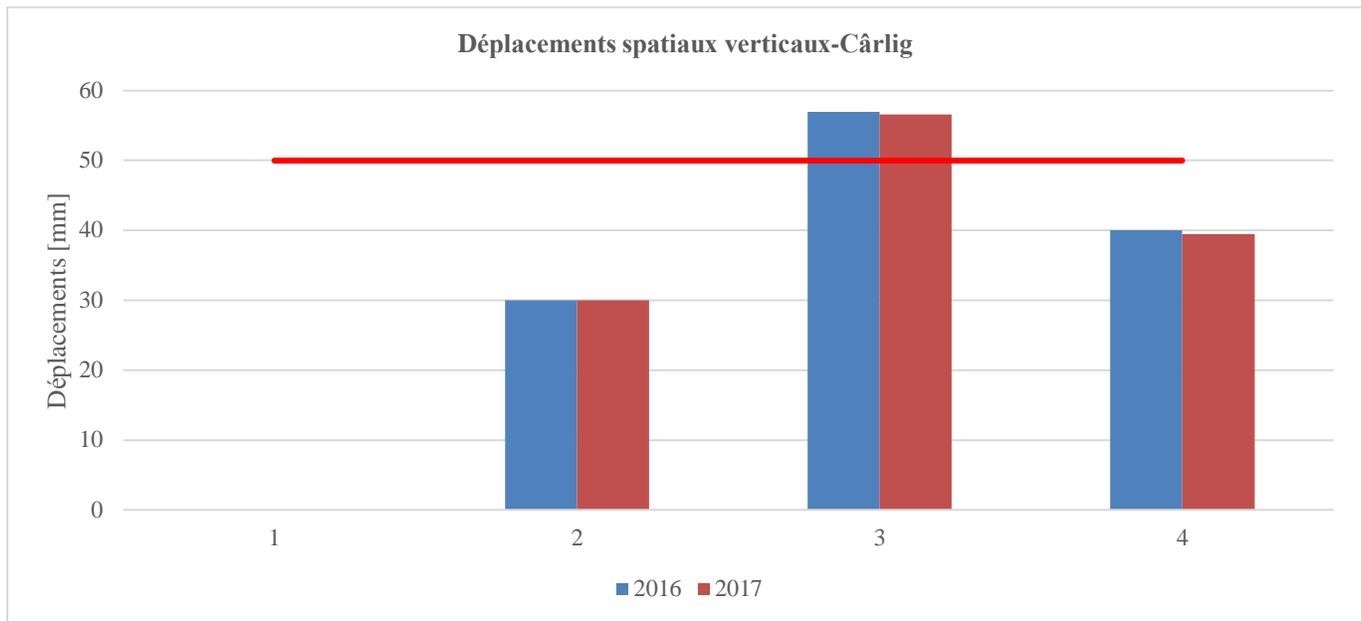


Figure 21. Déplacements spatiaux verticaux-Baragge Cârlig

Il y a un plus grand déplacement vertical pour le repère R3, les valeurs dépassent la limite de 50 mm acceptée par les normes. Seuls R2 et R4 montrent des déplacements proches par rapport au cycle de mesure précédent, R1 n'a pas connu de changement de quota depuis 13 ans.

En conclusion, les objectifs présentés dans ce papier scientifique ont eu des déplacements verticaux par rapport à l'année de la mise en service. Certains barrages étudiés sont dans les limites autorisées par les normes roumaines pour ce type de structure spéciale et d'autres peuvent constituer un risque pour la société.

Ces tassements sont dus à leur âge, mais aussi à l'influence de facteurs externes tels que l'activité sismique, la fondation sur laquelle elles sont localisées, le volume des précipitations survenant dans le bassin de retenue du réservoir qui exerce des forces qui entraînent une dégradation structurelle au fil du temps.

4. CONCLUSIONS

La surveillance opportune des structures d'ingénierie spéciales est conçue pour assurer la stabilité et la sécurité opérationnelle. Le processus de surveillance durant l'exploitation des structures en génie civil est une opération complexe et nécessite une connaissance a priori des phénomènes qui ont pu réagir sur les objectifs étudiés.

Par contre la surveillance optimale de structures spéciales, comme celles analysées dans le présent travail, est particulièrement importante parce qu'elle implique d'éviter les événements indésirables ayant des conséquences sociales, économiques et écologiques tout en éliminant dans une certaine mesure les conséquences des erreurs de conception, d'exécution et d'exploitation.

Suite aux observations sur les objectifs étudiés, des mesures doivent être prises si des écarts par rapport au comportement

normal sont constatés. Les solutions dépendent de la nature du problème et doivent être déterminées suivant le cas. Les actions dont il y a une nécessité urgente sont les suivantes:

- effectuer une inspection visuelle détaillée;
- répéter les mesures pour confirmer les déplacements possibles de la structure;
- réévaluer la stabilité en utilisant les données actualisées;
- augmenter la fréquence des mesures;
- installer des outils supplémentaires;
- conception et construction de mesures correctives;
- le fonctionnement du réservoir du barrage à un niveau inférieur
- l'abaissement d'urgence du réservoir.

La méthode topographique utilisée pour obtenir les déplacements spatiaux verticaux des objectifs étudiés, à savoir le nivellement géométrique associé à l'utilisation du niveau numérique, est une technique offrant une grande précision.

Le nivellement est la méthode topographique la plus utilisée pour la surveillance en service des structures en génie civil et qui peut être considérée meilleure par rapport aux techniques modernes (satellite, station totale robotique, laser scanner) en raison des très bons résultats, éliminant ainsi les erreurs systématiques.

Le but de ce papier était de vous faire connaître le phénomène général de la surveillance des barrages qui sont des structures de génie civil ayant un statut spécial et par conséquent la motorisation durant leur exploitation est obligatoire afin d'éviter les catastrophes qui pourront engendrer des dégâts importants pour la société et notamment quand il y a des pertes de vies.

On peut conclure que les différents déplacements observés sur les dix objectifs étudiés étaient dus aux suivantes facteurs:

1. l'âge des structures,
2. le terrain de fondations
3. l'activité sismique

4. l'influence des précipitations,
5. pression de soulèvement,
6. tension des forces extérieures
7. déformations engendré par la température
8. gonflement du béton et de la terre

La surveillance des barrages par des méthodes topographiques ont révélé des déplacements spatiaux verticaux importants. Par conséquent, une réhabilitation structurelle est proposée en utilisant des matériaux compatibles avec le terrain de fondation et les facteurs externes ayant provoqué leur dégradation.

Il est également possible de proposer l'utilisation de la technologie de surveillance à distance avec des capteurs sans fil pour suivre les déplacements en temps réel afin de collecter et de traiter rapidement les données dans un rayon proche mais avec la même précision que le nivellement.

Enfin, nous pouvons affirmer que la surveillance des structures de génie civil ayant un régime spécial comme les barrages ont deux objectifs:

1. l'évaluation de la sécurité des barrages
2. l'amélioration des procédures liées aux pratiques de la conception des futurs barrages.

6. REFERENCES

- Albu M.R., Giurma I., (2018) Methodes modernes d'analyse des deformations et déplacements de bâtiments, *Buletin De L'institut Polytechnique*, Hydrotechnique Section, Vol.64, no.2, Iasi, Roumanie
- Boş N.C, Iacobescu O., Boş N., (2015) Topographie digitale, *C.H. Beck Publishing*, Bucharest, Romania
- Gomes J.P., Batista L.A., (2017) Gonflement du barrage de Fagilde au Portugal
- Grudnicki F., Ciornei I., (2007) Amenajarea bazinelor hidrotehnice torentiale prin lucrari hidrotehnice
- Herban S. Mesure et surveillance des déformations des bâtiments
- Lepadatu D., (2016) Topographie pour les jeunes constructeurs, Eds. Matei-Teiu Botez, Jassy, Romania
- Mituaki M., Toshio H., (2006) Instrumentation and Monitoring of Dams and Reservoirs
- Morariu D.I., Lepadatu. D., (2017) Méthodes et techniques modernes topo-géodésiques pour la surveillance de bâtiments”, *Symposium International Sur L'agriculture Et L'alimentation, Section Eau Et Sol*, Iasi, Romania, Vol 60, no.2, pp. 139-144
- Morariu D.I., Lepadatu D., (2018) Surveillance des bâtiments en phase de service et identification des causes de dégradation

REMERCIEMENTS

Ce travail fait partie de ma thèse de doctorat "Optimisation des méthodes de surveillance des structures en génie civil durant leurs exploitation par des méthodes topographiques" de l'Université Technique "Gheorghe Asachi" Iasi, Faculté de Génie Civil et des Installations.

Nous voudrions aussi remercier à Mme ing. Isabela Balan d'avoir fourni les informations sur les surveillances des barrages et a ABA Prut-Barlad, Roumanie.

La participation à cette manifestation scientifique a été possible grâce à l'appui financier du programme de l'**AUF**

Soutien aux manifestations scientifiques pour les jeunes chercheurs - 2019 (Europe centrale et orientale)

Agence Universitaire de la Francophonie - AUF

structurelle, *Buletin De L'institut Polytechnique Iasi, Roumanie, Hydrotechnique Section*

Morariu D.I., Lepadatu D., (2018) Optimisation des outils topo-géodésiques pour une surveillance efficace du comportement en phase de service des structures de génie civil, *The Symposium International Sur L'agriculture Et L'alimentation, Section Eau Et Sol*, Iasi, Romania

Morariu D.I., Lepadatu D., Judele L., Cucos I., (2018) Optimisation de la stabilité des points de station pour une surveillance efficace du comportement en phase de service des structures de génie civil utilisant des méthodes topo-géodésiques, *Géocoférence Scientifique Multidisciplinaire Internationale SGEM*, Albena, Bulgarie

Rowater, <http://rowater.ro>

Satmareanu F., (2016) Méthodes de mesure utilisées pour suivre le comportement en temps de bâtiment, *RevCAD*, Vol.no.21, 1 December 1918 University of Alba Iulia, Romania, pp.161-170

United States Society on Dams, (2013) Collecte, gestion et analyse de données d'instrumentation

Wei L., Wang C., (2011) GPS dans la surveillance de la déformation du barrage de résidus, *First International Symposium on Mine Safety Science and Engineering*, Beijing, China