

Amélioration de la forme des déversoirs en labyrinthe pour l'évacuation des grands débits

A. OUAMANE, Laboratoire Aménagements Hydrauliques et Environnement U. Biskra
F. LEMPERIERE, HYDROCOOP-France

Email : aouamane@yahoo.fr

RESUME

Le déversoir en labyrinthe est un moyen efficace pour augmenter la capacité de l'évacuateur de crue d'un barrage. Le concept du labyrinthe consiste à faire modifier la forme en plan de la crête pour augmenter sa longueur réelle et permettre le passage d'un débit plus important. Ce type de déversoir convient particulièrement aux sites pour lesquels l'espace pour est limité par des conditions topographiques qui limitent sa largeur. De plus, le déversoir en labyrinthe se caractérise par un coût de construction économique et d'une performance plus importante et sûre que les ouvrages classiques. Néanmoins, son application pour les grands débits spécifiques n'a fait l'objet que rarement à cause de la grande hauteur des parois exigée pour les grand débits se qui conduit à une épaisseur plus important en conséquence un ferrailage plus dense. Ceci rend son application non économique.

La solution qui permet de réduire l'épaisseur des parois et la quantité de ferrailage tout en maintenant des hautes parois pour permettre le passage des grand débits spécifiques consiste à concevoir les alvéoles du labyrinthe avec un remplissage partiel des alvéoles.

Cette nouvelle conception du déversoir en labyrinthe ne peut être préconisée sans vérification sur modèle réduit. A cet effet, des essais sur deux types de déversoir en labyrinthe ont fait l'objet d'étude sur modèle réduit pour déterminer la forme de déversoir la plus rentable et de vérifier l'efficacité de remplissage partiel des alvéoles.

Les résultats expérimentaux obtenus ont montré que la forme efficace correspond à la forme profilée et le remplissage partiel des alvéoles amont et aval n'a aucun effet sur la performance du déversoir en labyrinthe. Par conséquent, la forme de déversoir en labyrinthe qui s'adapte mieux aux grands débits correspond à une forme profilée en plan avec remplissage partiel des alvéoles.

1. L'INTRODUCTION

Malgré les importantes bases de données des crues de pointe enregistrées, et les progrès dans les domaines de l'hydrologie, la crue maximale probable pour une structure existante peut augmenter considérablement en la comparant à la crue de conception initiale. Si l'évacuateur de crues ne permet pas le passage de la crue de pointe actualisée dans des conditions convenables, alors, la structure nécessite une modification pour augmenter l'espace de stockage de la crue et la capacité du déversoir. L'utilisation d'un déversoir en labyrinthe représente une solution innovatrice et efficace qui permet l'augmentation de la capacité du déversoir. Le concept du déversoir en labyrinthe est de modifier la forme en plan du déversoir pour augmenter la longueur de la crête. Ceci fait augmenter remarquablement le débit par unité de largeur du déversoir pour une charge du fonctionnement donnée.

Le déversoir en labyrinthe est souvent utilisé lorsque la largeur du déversoir est limitée ou dans les conditions de charge maximale limitée. Le coût du déversoir en labyrinthe est relativement faible par rapport aux déversoirs avec vannes, ceci conduit à son utilisation simultanément pour augmenter l'espace de stockage et la capacité d'évacuation du déversoir.

Bien que le déversoir en labyrinthe a fait l'objet de plusieurs applications, sa conception pour les grands débits reste un inconvénient à cause de son coût qui croît avec l'augmentation de la hauteur des parois qui deviennent plus épaisses et nécessite un ferrailage plus important contrairement aux déversoirs à faible hauteur. Pour des débits spécifiques plus grands ($50 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$) les parois deviennent plus épaisses et exigent une quantité d'acier très importante (plus de $200 \text{ Kg}/\text{m}^3/\text{s}$).

Lors de la conception du déversoir en labyrinthe du barrage Ute au Nouveau Mexique (U.S.A) l'USBR a rencontré des difficultés se rapportant aux dimensions des parois du déversoir

(D.L.Hinchliff et al, 1984). L'analyse de structure du déversoir en labyrinthe du barrage UTE (U.S.A) a montré que les grandes charges hydrostatiques causées par la hauteur des parois ($P=9\text{m}$) et la charge d'eau sur le labyrinthe ($H=5.8\text{m}$) ont exigé des quantités importantes de ferrailage (03 tonnes/ml) (F. Lux III et al, 1985).

2- CONCEPTION D'UNE NOUVELLE FORME DE DEVERSOIR EN LABYRINTHE

Il est possible de réduire la quantité de ferrailage de la structure qui est la cause principale du surcoût des déversoirs en labyrinthe à grands débits. Cette réduction de ferrailage peut être obtenue par le remplissage partiel en béton des alvéoles amont et aval et la modification de la forme du labyrinthe.

Le modèle de déversoir en labyrinthe proposé par P. Blanc et F. Lempérière (2001), représente une forme économique de déversoir en labyrinthe, il est caractérisé essentiellement par une forme d'entrée arrondie se qui permet d'améliorer sa performance. Cependant, il est souvent utilisé pour des débits spécifiques inférieure à $15\text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$, au-delà de ce débit, l'épaisseur des murs et la quantité d'acier deviennent très significatives.

Par conséquent de telles structures ont été employées avec une profondeur de la nappe déversante entre 1 et 2.5m, des hauteurs des parois entre 2 et 4m et un débit spécifiques entre 5 et $15\text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$. Pour des débits spécifiques plus grands ($50\text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$) les parois deviennent plus épaisses et exigent une quantité d'acier très importante (jusqu'à $200\text{ Kg}/\text{m}^3/\text{s}$) (P. Blanc et al, 2001).

Le remplissage partiel en béton des alvéoles amont et aval des déversoirs à grande hauteur permet de réduire l'épaisseur des parois et la quantité de ferrailage. Cependant, le remplissage partiel des alvéoles peut avoir comme conséquence une réduction de la performance du déversoir en labyrinthe. Pour compenser cette perte de performance il serait utile de choisir une forme de labyrinthe qui aura une performance élevée. L'amélioration de la performance peut être obtenue par le profilage de la forme d'entrée du déversoir en labyrinthe.

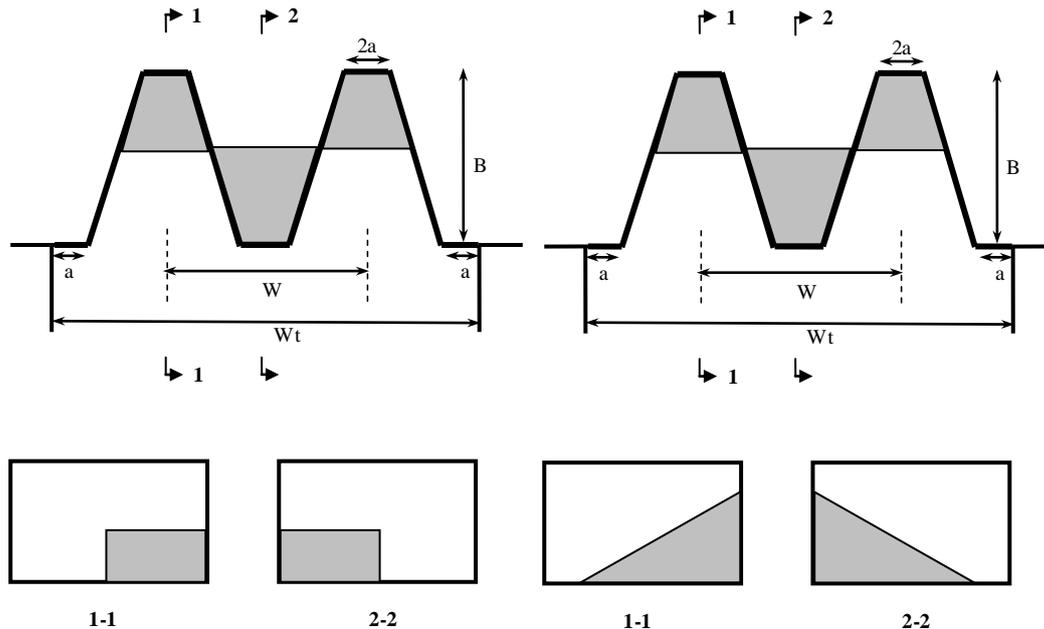


Figure-01- Déversoir en labyrinthe avec remplissage partiel des alvéoles

L'adoption de cette solution pour les déversoirs en labyrinthe à grand débit nécessite une vérification sur modèle réduit.

A cet effet une expérimentation sur modèle réduit a été réalisée pour vérifier le rendement de cette forme en la comparant à la forme classique qui correspond au déversoir en labyrinthe de forme trapézoïdale en plan.

3- ETUDE SUR MODELES REDUITS PHYSIQUES

La première phase de l'étude expérimentale sur modèles réduits a concerné la vérification de la performance de deux déversoirs le premier de forme trapézoïdale en plan et le second de forme profilée. La seconde phase a fait l'objet d'étude du rendement de ces deux types de déversoir en labyrinthe avec remplissage partiel des alvéoles amont et aval par du béton.

Les modèles réduits de déversoir en labyrinthe ont été conçus en tôles d'épaisseur 3mm, les deux modèles ont les mêmes dimensions qui peuvent être exprimées en grandeurs adimensionnelles ($L/W=3.9$, $W/P=1$). Les modèles ont été installés dans un bassin de simulation de retenue qui permet d'avoir un écoulement d'entonnement similaire à celui d'une retenue de barrage.

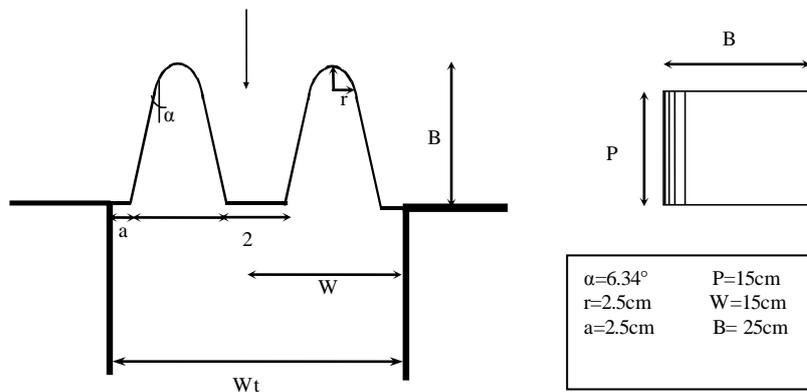


Figure -02- Schéma du modèle expérimental du déversoir en labyrinthe de forme profilée

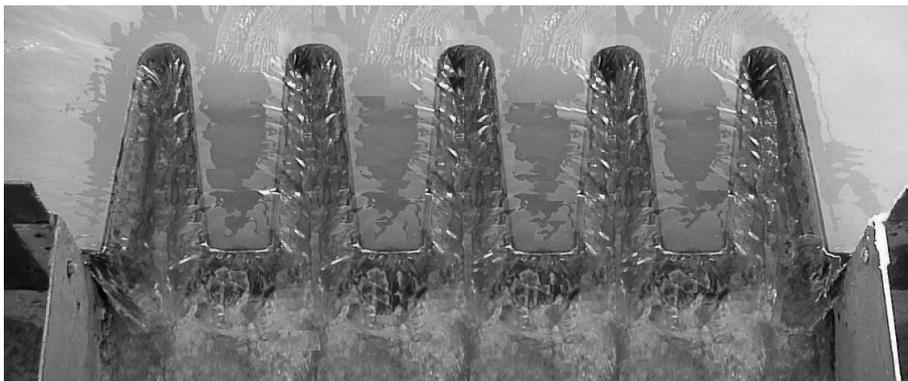


Figure-03- Modèle du déversoir en labyrinthe de forme en plan profilée

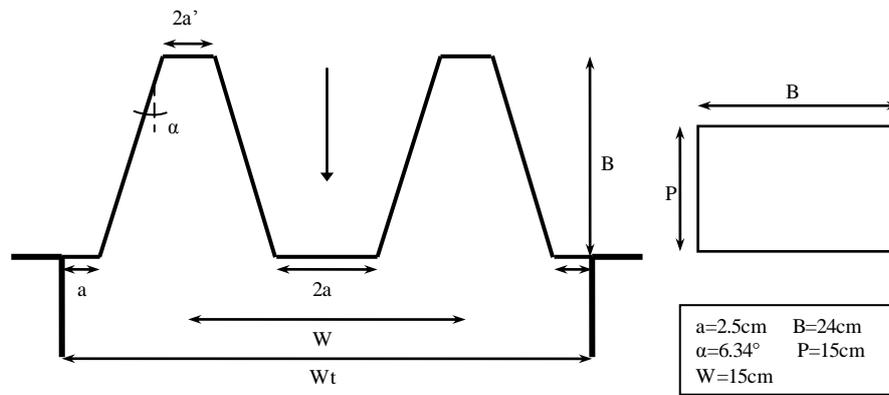


Figure -04- Schéma du modèle expérimental du déversoir en labyrinthe de forme trapézoïdale

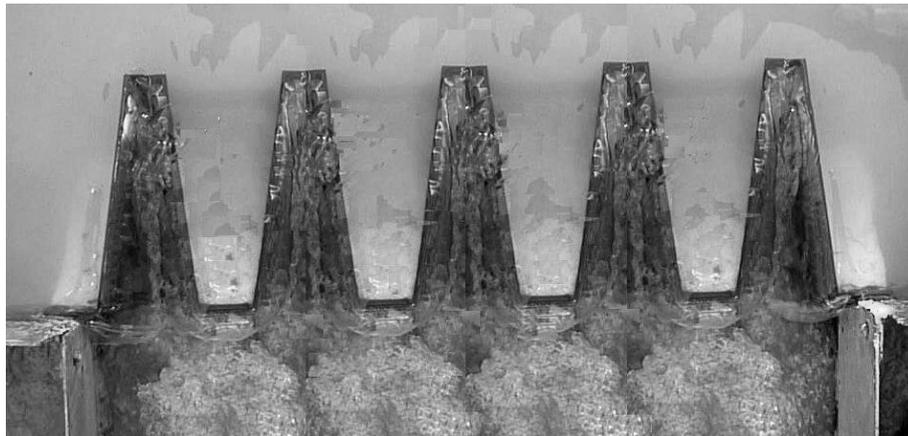


Figure-05- Modèle du déversoir en labyrinthe de forme trapézoïdale en plan

4- RESULTATS EXPERIMENTAUX

Le traitement des couples des valeurs (Q et H) obtenus expérimentalement a permis d'exprimer graphiquement le coefficient de débit C_w en fonction de la charge relative H^*/P en utilisant la relation de Poleni.

$$C_w = \frac{Q}{W_t \sqrt{2gH^{3/2}}} \quad (01)$$

Ou :

Q : Débit mesuré (l /s)

H : Profondeur d'eau sur le déversoir en labyrinthe (cm)

W_t : Largeur totale du déversoir en labyrinthe (cm)

C_w : Coefficient de débit

La charge relative H^*/P correspond au rapport de la charge totale sur le déversoir à la hauteur des parois du labyrinthe.

Il est intéressant d'effectuer une comparaison entre le déversoir en labyrinthe de forme trapézoïdale en plan et celui de forme profilée, afin de déterminer la forme la plus rentable entre ces deux modèles. Pour atteindre cet objectif, une représentation graphique du coefficient de débit en fonction de la charge relative et la forme en plan a été effectuée.

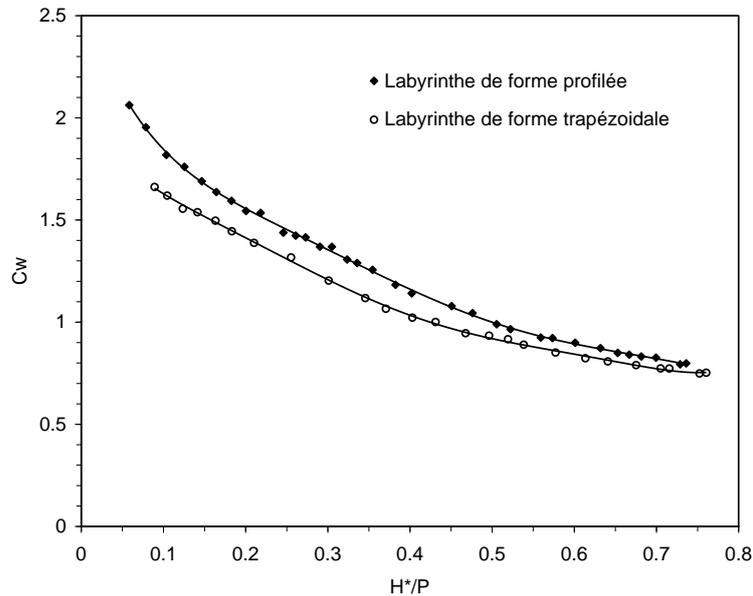


Figure -06- Coefficient de débit en fonction de la forme en plan du déversoir en labyrinthe $L/W=3,9$ $W/P=1$

Le graphique (06) montre que les deux courbes de coefficient de débit correspondant aux deux formes en plan varient de la même manière cela veut dire que le comportement de l'écoulement sur les deux déversoirs est identique et représente les différentes phases d'écoulement d'un déversoir en labyrinthe. La courbe qui représente le coefficient de débit de la forme profilée est nettement supérieure à celle de la forme trapézoïdale en plan. Les valeurs de coefficient de débit de la forme profilée sont supérieures à ceux de la forme trapézoïdale d'environ 10%. Cette amélioration de la performance est le résultat du profilage de la forme d'entrée profilée se qui a permis d'avoir un écoulement meilleur, par conséquent un rendement supérieur à celui du déversoir en labyrinthe de forme trapézoïdale en plan.

Comme rapportée par la bibliographie, le déversoir en labyrinthe reste une solution économique tant que le débit spécifique est inférieure à $50 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$ (P. Blanc et al, 2001). au-delà de cette valeur le déversoir exige des parois de grande hauteur se qui implique une épaisseur plus grande et un ferrailage plus important. La solution qui permet de réduire le coût consiste à remplir la partie inférieure des alvéoles du labyrinthe par du béton ordinaire. Ceci a comme résultat une réduction de l'épaisseur des parois et un faible ferrailage de la structure. Les forces de pression n'agissent que modérément sur la partie supérieure des parois.

Le remplissage des alvéoles peut engendrer des effets sur la performance hydraulique, à cet effet, la forme de la surface supérieure du béton placé dans les alvéoles doit tenir compte des conditions de l'écoulement sur le déversoir en labyrinthe. Pour vérifier l'influence du remplissage des alvéoles l'écoulement par-dessus du déversoir en labyrinthe, un deuxième type d'essais a été réalisé en imposant une forme inclinée à la partie colmatée des alvéoles, ceci favorise un écoulement stable en amont et en aval du seuil du labyrinthe (figure-07).

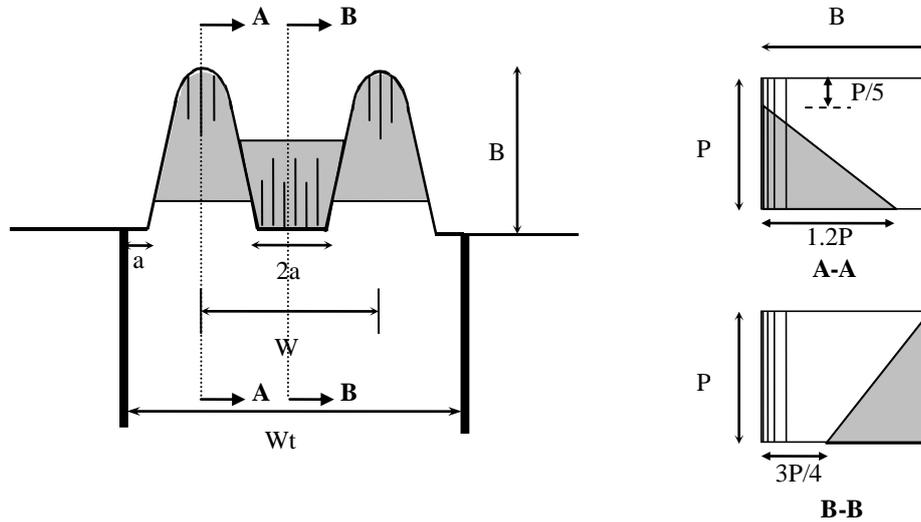


Figure -07- Schéma du modèle expérimental profilé avec remplissage partiel des alvéoles

La vérification de l'écoulement avec la solution de remplissage partiel des alvéoles a fait l'objet d'expérimentation sur deux modèles de déversoir en labyrinthe. Le premier de forme trapézoïdale en plan et le second de forme profilée.

L'observation de l'écoulement au cours de l'expérimentation a montré que l'écoulement sur les déversoirs avec remplissage partiel des alvéoles est plutôt aéré et stable pour les faibles charges sur le déversoir, ce qui n'est pas le cas pour les déversoirs sans remplissage des alvéoles. Ceci justifie le décalage des deux courbes de coefficient de débit pour la gamme des valeurs de la charge relative $H^*/P < 0.25$ (Figures 8 et 9).

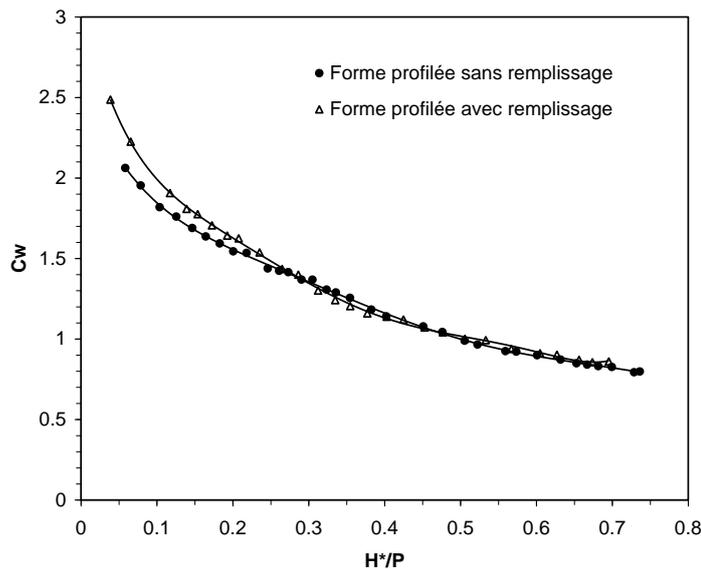


Figure -08- Coefficient de débit du déversoir en labyrinthe de forme profilée en fonction des conditions de remplissage des alvéoles $L/W=3,9$ $W/P=1$

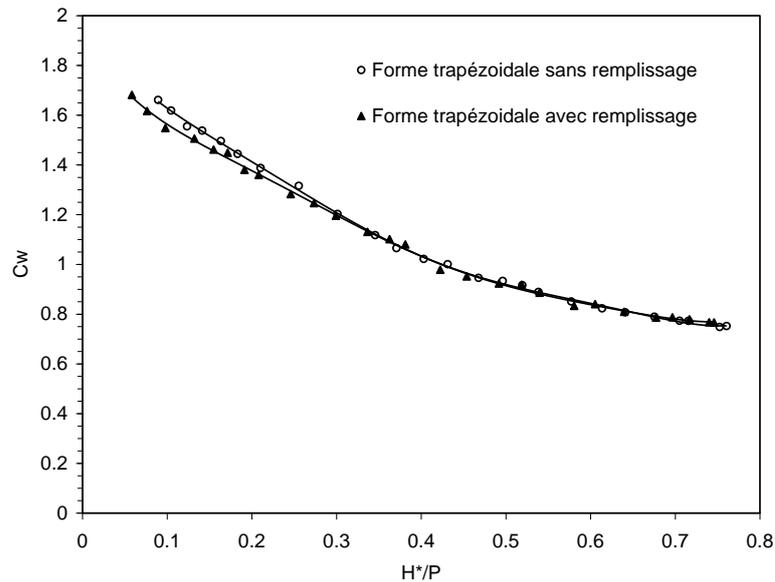


Figure -09- Coefficient de débit du déversoir en labyrinthe de forme trapézoïdale en plan en fonction des conditions de remplissage des alvéoles $L/W=3,9$ $W/P=1$

La comparaison des courbes de coefficient de débit pour les deux cas de fonctionnement avec et sans remplissage (Figure 8 et 9) montre que le remplissage des alvéoles n'a d'effet que pour les faibles charges. Pour la gamme des valeurs de $H^*/P > 2.5$ les deux déversoirs donnent des valeurs identiques de coefficient de débit. Donc, le remplissage partiel des alvéoles n'a pas d'effet sur la performance du déversoir en labyrinthe et permet d'éviter le problème d'aération pour les faibles charges sur le déversoir. A cet effet, il est recommandé pour les débits spécifiques plus grand que $50\text{m}^3/\text{s/ml}$ de concevoir le déversoir en labyrinthe avec des alvéoles partiellement remplies en béton ordinaire ceci permet d'avoir une structure économique et une performance semblable à celle des déversoirs en labyrinthe classiques.

4- Conclusion

Le déversoir en labyrinthe a fait l'objet de plusieurs applications à travers le monde. Cependant, son application pour les grands débits spécifiques a été limitée à cause de la grandeur des parois exigée par l'importance de l'écoulement se qui conduit à un surcoût de l'ouvrage. Ce travail se propose de résoudre problème. La solution préconisée consiste à choisir une forme en plan profilée avec un remplissage partiel des alvéoles se qui permet d'avoir une performance hydraulique élevée et un coût faible. Les résultats expérimentaux ont montré que cette solution peut être rentable de point de vue économique et n'a aucune influence sur la performance du déversoir en labyrinthe

Références

- [1] Blanc, P. et Lempérière, F. « Labyrinth spillways have a promising future » Hydropower and dams, N°4; 2001.
- [2] Hinchliff, D. L. and Houston, K. L. « Hydraulic Design and Application of Labyrinth Spillways » Division of Research Engineering and Research Center, Bureau of Reclamation, Denver, Colorado, January 1984
- [3] Lux III, F., Hinchliff, D.L. « Design and Construction of Labyrinth Spillways » 15th Congress on Large Dams, ICOLD, Vol. IV, Q59, R 15, pp. 249-274, Lausanne, 1985