

# ETUDE DE L'EFFET DE LA PENTE SUR LES CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUE DES ECOULEMENTS DANS LES DEVERSOIRS EN MARCHE D'ESCALIER

*Boutassouna Kheira<sup>a</sup>, Djaid Naima<sup>a</sup>, Gahmani Ahmed<sup>a</sup> et Gafsi Mostefa<sup>a</sup>*

*<sup>a</sup> Laboratoire de Recherche en Ressources en Eau, Sols et Environnement Département de Génie Civil, Faculté de Technologie, Université Amar Telidji de Laghouat*

*Email : k.boutassouna@yahoo.fr; djaid\_dz@yahoo.fr ; hyroahmed@hotmail.fr; msgafsi@yahoo.fr;*

---

## Résumé

Le présent travail est expérimental et axé essentiellement sur l'étude des différents écoulements sur les canaux à marches, la quantification de l'énergie de dissipation ainsi que le positionnement du point d'inception. Pour cela, l'expérimentation a été effectuée sur trois modèles en marches d'escalier de dimensions géométriques différentes et ceci dans le but de voir l'impact de cet effet d'échelle sur les caractéristiques physiques et hydrauliques des différents écoulements observés, et d'en tirer enfin quelques conclusions. Il existe deux régimes d'écoulement dans les canaux en marches existents. L'écoulement en nappe est caractérisé par des ressauts partiellement développés et pleinement développés. L'écoulement extrêmement turbulent est caractérisé par un écoulement non aéré à l'amont du point d'inception et aéré à l'aval du point d'inception. Le premier écoulement dissipe plus d'énergie que le deuxième du fait de la présence des ressauts hydrauliques. L'apparition de l'écoulement extrêmement turbulent est fonction des dimensions des marches, des débits et des pentes.

**Mots clés :** Aération - Canaux à forte pente - Canaux en marches d'escaliers - Ecoulement en nappe – Ecoulement extrêmement turbulent - Point d'inception.

## 1. INTRODUCTION

La conception de ce type de structure a été conçue à moins de 3500 années. Avec le développement on s'y réfère lors des réalisations à un manuel pour plus d'efficacité technique dans la construction à savoir le béton compacté au rouleau (BCR), la conception des déversoirs en marches d'escalier a été regradué, certaines études ont été menées dans les années 1970 et 1980. En ce moment, les déversoirs en gradins sont largement utilisés dans les barrages à poids en béton et en terre, les déversoirs en gradins sont généralement réalisés avec des marches horizontales (Flat Step). Plusieurs modèles de recherche se sont distingués dans le domaine de l'écoulement dans les canaux en marches d'escaliers, parmi les plus récents sont Benmamar, Kerbache et Benmamar, Gafsi et Benmamar, et les plus populaires sont ceux de Chanson, et Chanson et al.

Pour montrer l'importance de l'étude de ces flux, nous avons fait une approche expérimentale dans le laboratoire de génie civil à l'Université de Laghouat (Algérie), en trois modèles réduits des canaux en marches d'escaliers: le modèle A (4cm x 7.5cm x 4cm) et le modèle B (8cm x 7.5cm x 8cm), et un troisième modèle C (12cm x 12 cm x 7,5 cm) développée en "Plexiglass".

## 2. DESCRIPTION GENERALE DU MODELE

Ces différents aspects sont illustrés par des mesures effectuées au laboratoire de Génie civil de l'université de Laghouat, réalisés sur trois (03) modèles de canal en marches d'escalier de différentes dimensions.

Le modèle physique utilisé pour réaliser la présente étude est composé d'un coursier en marches d'escalier de 0,075 m de large combiné à deux réservoirs en aval et à un canal horizontal en amont (Photo IV.1). Ce dernier présente une longueur de 5m. Les deux réservoirs du modèle sont alimentés en eau par un réseau fermé.



**Photo 1- Installation expérimental**

### 3.OBSERVATIONS DES ECOULEMENTS

La visualisation de l'écoulement nous a permis de faire les observations suivantes :

- ◆ Pour les très faibles débits, l'épaisseur de la nappe est très réduite, et l'écoulement adhère aux marches (Photo N°5) ;



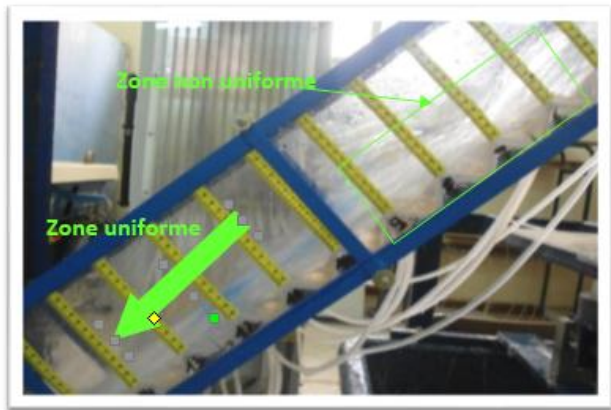
**Photo 2- Ecoulement en nappe pour les faibles débits, modèle (A)**

- ◆ En augmentant faiblement le débit, la nappe s'épaissit et commence à se détacher des marches avec formation des ressauts hydrauliques pleinement développés (Photo N° 6-a) ;.
- ◆ Au fur et à mesure qu'on augmente le débit, une formation de ressauts hydrauliques partiellement développés se fait remarquer. Des bulles d'air sont générées au point d'impact de la nappe sur la marche et s'intensifient avec l'augmentation du débit (Photo N°6-b).



**Photo 3- (a): Ressaut hydraulique pleinement développé pour les moyens débits (modèle A,  $\alpha=30^\circ$ ). (b) : Ressaut hydraulique partiellement développé pour les moyens débits (modèle A,  $\alpha=30^\circ$ ).**

- ◆ Pour de grands débits et fortes pentes (Modèle A), l'expérience a mis en évidence trois (03) zones différentes, dans la première zone, proche de la marche N° 01, l'allure de la ligne d'eau est uniforme et l'eau est "claire" (la marche N°1 jusqu'à la marche N°5). Une deuxième zone où elle succède une zone où des tourbillons de recirculation commencent à se manifester et qui se trouvent coincés entre les deux creux des marches (N°5 jusqu'à la marche N°9). Dans la troisième zone, ces tourbillons existent, mais ils apparaissent fortement aérés et plus uniforme en se propageant sur toute l'épaisseur de la nappe, l'eau est cette fois-ci "blanche" (Photo N°(7)).



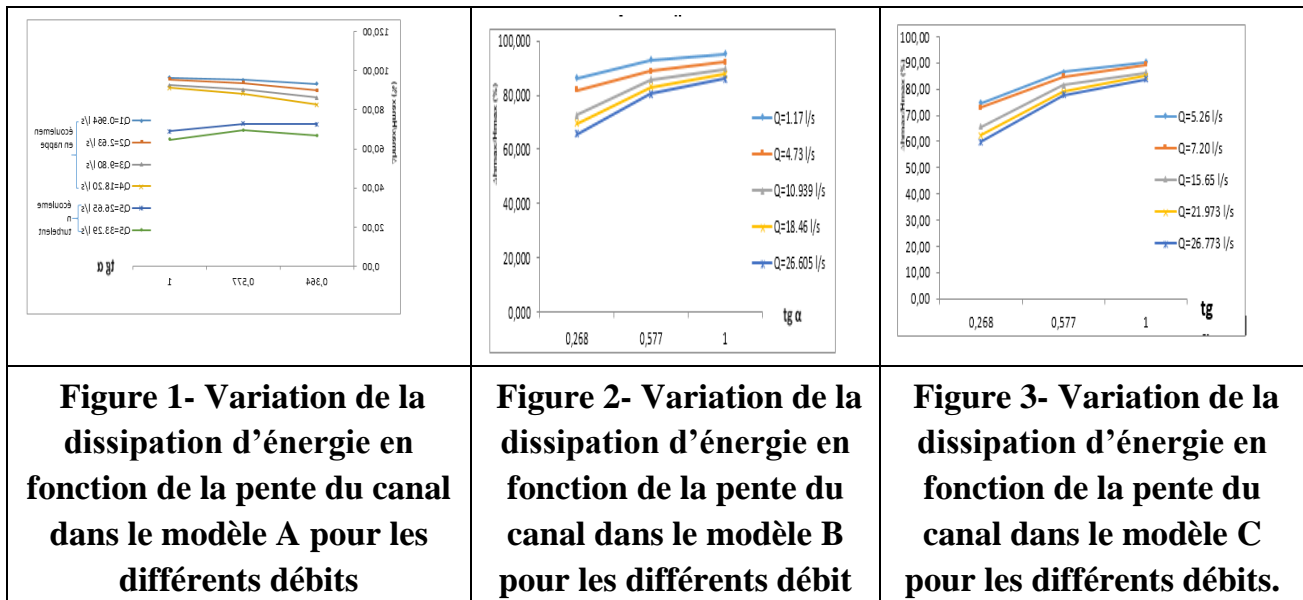
**Photo 4- Régime turbulent (zone uniforme et non uniforme), modèle A ( $\alpha=45^\circ$ )**

## 4. DISSIPATION D'ENERGIE

### 4.1 Effet de la pente

Les figures (1÷3), montrent l'évolution de la dissipation d'énergie relative en fonction de la pente du canal dans les trois modèles A, B et C respectivement.

- ◆ Pour un débit donné (figures 1÷3) l'énergie de dissipation relative croît pour une augmentation de la pente. Ceci s'explique par l'augmentation de la pente du canal qui influe premièrement sur l'augmentation de la hauteur du déversoir ( $H_{dev} = L \sin\alpha$ ), et deuxièmement sur l'augmentation de la déviation du jet dans l'air. Plus l'angle de déviation est grand, et plus la dissipation est grande ;
- ◆ Pour les faibles débits, l'énergie de dissipation relative est maximale est de l'ordre moyen de 95 % pour les trois modèles ;
- ◆ Pour un fort débit donné ( $Q = 2.569\text{l/s}$ ), l'énergie de dissipation relative est minimale et de l'ordre moyen de 66%, 77% et 73% sur les modèles A, B et C respectivement.



## 6. Conclusion

- Les écoulements dans les canaux en marches d'escalier sont les écoulements en nappe et les écoulements très turbulents ;
- L'écoulement en nappe dissipe plus d'énergie, chose tout à fait normale, du fait qu'il est caractérisé par des ressauts;
- Les trois facteurs principaux qui influent sur l'apparition des différents types d'écoulement cité auparavant sont la pente du canal, le débit et les dimensions des marches;
- Les grandes énergies de dissipation sont observées pour les faibles débits et les fortes pentes ;
- Les plus grandes énergies de dissipation sont plus observées sur des modèles de grandes dimensions de marches que sur des modèles à faibles dimensions de marches.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Amador, A., Sánchez-Tembleque, F., Sánchez-Juny, M., Puertas, J., and Dolz, J. (2004). « Velocity and Pressure Field in Skimming Flow in Stepped Spillways ». *Hydraulics of Dams and River Structures*, F. Yanzdandoost and J. Attari, eds., Taylor & Francis, London, pp. 279-286.

Chanson, H. (2006). "Hydraulics of skimming flows on stepped chutes: The effect of inflow conditions". *J. Hydraul. Res.* 44 (1), pp. 51–60.

Djaid, et Boutassouna (2013) « étude de l'effet de la pente sur les caractéristiques hydrauliques des écoulements dans les canaux à motifs périodiques ». Thèse de master, université Ammar Telidji de Laghouat, 99 pages

Gafsi, M., Benmamar S., Djehiche A., and Kerbache K. (2012). « Influence of the Flow Rates and the Channel Slope in the Energy Dissipation on Flows in the Stepped Channel ». *Journal Klagenfurt, Austria*, Vol 19, pp. 385-393.

Hager, W. H. (1991). « Uniform aerated chute flow ». Journal of Hydraulic Engineering, volume 117, N°4, pp. 528-533.