

EXPERIMENTAL STUDY OF THE SEQUENT DEPTH RATIO OF THE HYDRAULIC JUMP IN A STRAIGHT COMPOUND RECTANGULAR CHANNEL

F. Riguet^{1,2}, M. Debabeche² and A. Ghomri^{3,*}

¹Laboratoire de Recherche en Génie Civil, Hydraulique, Développement Durable et Environnement, Université de Biskra, Algérie

²Département d'Hydraulique et de Génie Civil, Université d'El Oued, Algérie

³Laboratoire de Recherche en Hydraulique Souterraine et de Surface, Université de Biskra, Algérie

Received: 04 October 2019/ Accepted: 22 December 2019 / Published online: 01 January 2020

ABSTRACT

The aim of this experimental study is to analyze the sequent depth ratio of the hydraulic jump evolving in a straight compound rectangular channel. A functional relationship, in non-dimensional terms, linking together the different characteristics of the jump, is obtained.

Keywords: Hydraulic jump, experimental study, compound rectangular channel.

Author Correspondence, e-mail: riguetferhat@yahoo.fr

doi: <http://dx.doi.org/10.4314/jfas.v12i1S.5>

1. INTRODUCTION

L'étude se propose d'étudier le rapport des hauteurs conjuguées Y variant en fonction du nombre de Froude F_1 pour différentes ouvertures h_1 . L'étude bibliographique montre que les caractéristiques adimensionnelles essentielles, intervenant au phénomène du ressaut, dans un canal rectangulaire de forme composée sont entre autres le nombre de Froude F_1 , le rapport $Y=h_2/h_1$ des hauteurs conjuguées du ressaut, la hauteur relative h_0/h_1 . Ces rapports



adimensionnels ont été utilisées pour la détermination des relations expérimentales globales.

2. POSITION DU PROBLEME

La modification des conditions à l'amont (débit, hauteurs,...etc.) et à l'aval (type d'obstacle, sa position, sa hauteur, ...etc.), peut conduire à différentes configurations de ressaut. Le ressaut est dit classique lorsqu'il se forme dans un canal rectangulaire de pente faible ou nulle, sans obstacle à l'aval. Il est dit contrôlé lorsque sa formation est conditionnée par la mise en place d'un obstacle à l'aval de l'écoulement. Il est dit forcé lorsqu'il se forme de part et d'autre de l'obstacle. Le ressaut hydraulique peut évoluer dans des canaux prismatiques ou non prismatiques, à fond lisse ou rugueux.

Pour l'étude actuelle il s'agit d'un ressaut contrôlé par seuil mince en canal rectangulaire de section composée pour différentes ouvertures h_1 (photographie 1)

En effet, pour une hauteur initiale h_1 fixe, l'accroissement du débit entraîne à la fois le déplacement du ressaut vers l'aval et l'augmentation de sa longueur de rouleau L_r . La distance Δx sur laquelle le ressaut s'étend augmente également et pour ramener celui-ci dans sa position initiale, c'est à dire à environ 5 cm de la sortie du convergent, le seuil de hauteur s doit être surélevé. Ainsi à chaque valeur du nombre de Froude IF_1 , correspond une longueur L_j du ressaut et L_r du rouleau, ainsi qu'une hauteur h_2 à l'aval du ressaut et une hauteur s du seuil (Figure 1).

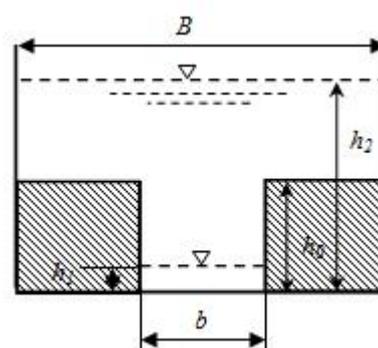
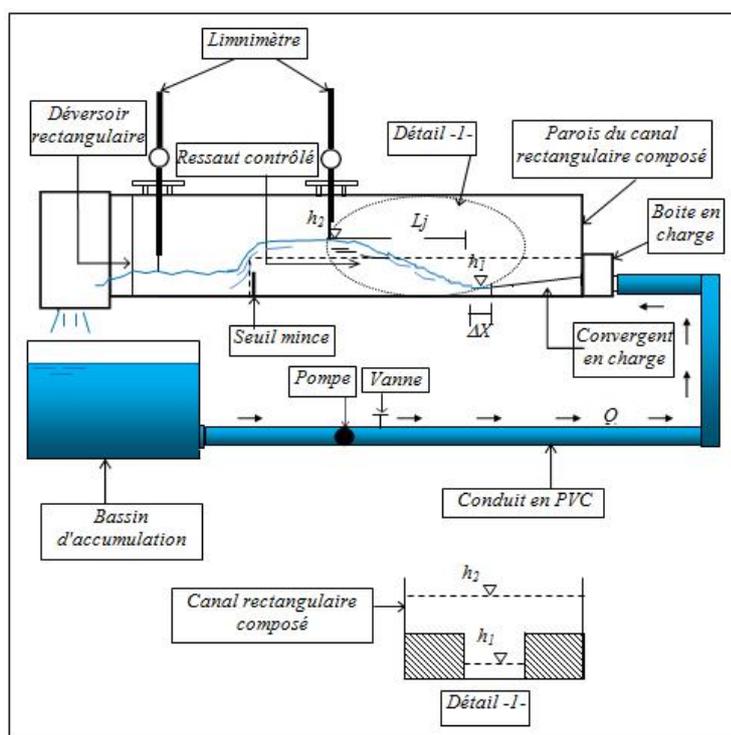


Fig.1. Schéma de définition du

ressaut contrôlé par seuil continu à paroi mince en canal rectangulaire de section composée.

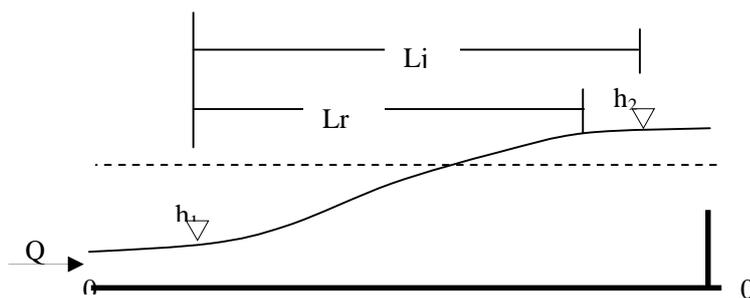


Fig.2. Ressaut hydraulique contrôlé par seuil mince évoluant dans un canal rectangulaire composé.

3. DESCRIPTION DES ESSAIS

Un échantillon constitué de plusieurs points de mesures expérimentales, pour chacun des paramètres intervenant au phénomène, a permis également pour ce type de ressaut, d'aboutir à des résultats significatifs. Ces paramètres sont : le débit Q , la hauteur initiale h_1 , la hauteur finale h_2 , la hauteur du seuil s . Ceux-ci permettent de composer les produits adimensionnels suivants : le nombre de Froude F_1 , le rapport $Y = h_2/h_1$ du ressaut hydraulique. Le nombre de Froude F_1 est tel que :

$$F_1^2 = \frac{Q^2}{b^2 h_1^2 g} \quad (1)$$

Ainsi lorsque nous obtenons une configuration du ressaut contrôlé, nous effectuons, pour une hauteur initiale h_1 et une position x de seuil fixées, les opérations suivantes :

1. Lecture de la hauteur déversant h_q du déversoir rectangulaire.
2. Calcul du débit volume correspondant, par application de la relation du débitmètre rectangulaire (Hachemi 2006):

$$Q = 0,3794 \sqrt{2g} S (1 + 0,16496 S^{2,0716})^{3/2} h_{dev}^{3/2} \quad (2)$$

Avec :

Q : le débit en (m^3/s).

$= b/B$: Rapport de forme.

b : largeur de l'échancrure (m).

B : la largeur du canal (m).

g : l'accélération de la pesanteur (m/s^2).

h_{dev} : La hauteur de la lame déversant en (m).

3. Calcul du nombre de Froude F_1 de l'écoulement incident, par application de la relation (1).

4. Mesure de la hauteur finale h_2 du ressaut.



Photographie 1 : Photographie du canal ayant servi à l'expérimentation

4. RESULTATS EXPERIMENTAUX

4.1. Rapport des hauteurs conjuguées

Le rapport des hauteurs conjuguées du ressaut Y est le rapport de la hauteur d'eau h_2 sur la hauteur initiale h_1 ($Y = h_2/h_1$) du ressaut hydraulique

Les représentations graphiques des points expérimentaux ci-dessous illustrent clairement la variation du rapport des hauteurs conjuguées du ressaut Y en fonction du nombre de Froude F_1 , pour les cinq ouvertures h_1 : 2 ; 2,5 ; 3 ; 3,5 et 4cm pour les deux lits du canal composée.

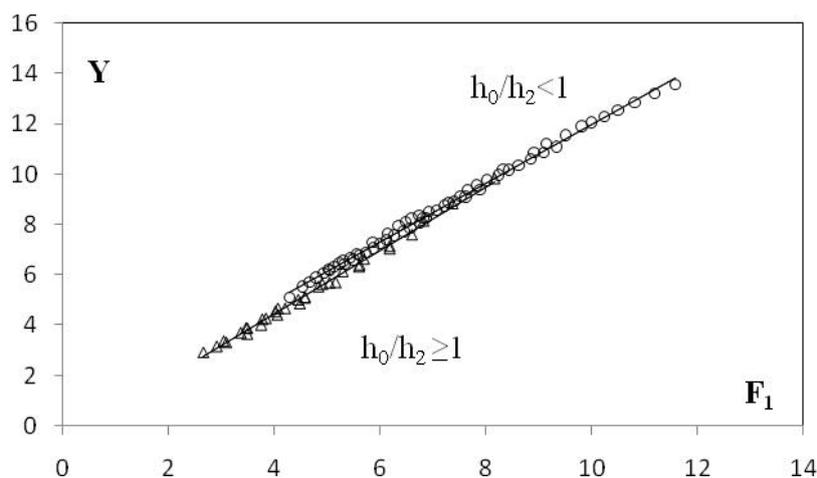


Fig.3. Variation du rapport des hauteurs Y en fonction du nombre de Froude F_1 pour les deux lits du canal composée. (o) points de mesures expérimentales en lit majeur; (Δ) points de mesures expérimentales en lit mineur. (—) Courbes d'ajustements.

Cette figure montre que le rapport Y des hauteurs conjuguée est moindre en lit mineur que celui dans le lit majeur.

L'analyse des points de mesures expérimentales, montre clairement que pour chaque valeur de h_0/h_2 , un ajustement linéaire est possible, de la forme $Y = a F_1 + b$. L'équation liant le rapport des hauteurs conjuguées au nombre de Froude incident s'écrit alors :

$$\text{Pour } h_0/h_2 \geq 1 : 2,64 < F_1 < 8,14 \quad Y = 1,258 F_1 - 0,573 \quad (3)$$

$$\text{Pour } h_0/h_2 < 1 : 4,27 < F_1 < 11,58 \quad Y = 1,165 F_1 + 0,328 \quad (4)$$

4.2 Longueurs caractéristiques du ressaut

4.2.1 Variation de la longueur relative l_j/h_1 du ressaut en fonction du nombre de Froude F_1

La longueur L_j a été considérée comme étant la distance séparant la section initiale du ressaut et la section finale (où s'effectue la mesure de h_2). L'objectif principal de cette partie de l'étude est de quantifier la longueur relative L_j/h_1 dans la gamme de valeurs testées.

La figure 4 montre la variation de la longueur relative L_j/h_1 en fonction du nombre de Froude F_1 de l'écoulement incident.

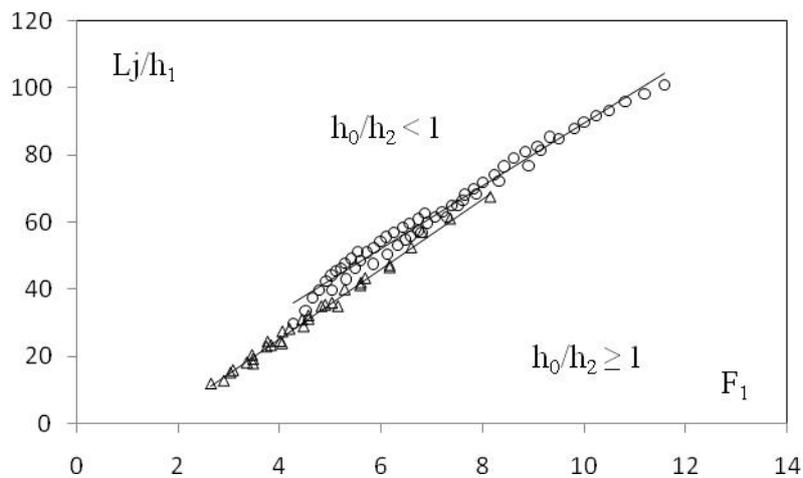


Fig.4. Variation de la longueur relative L_j/h_1 en fonction du nombre de Froude F_1 ,
 (o) points de mesures expérimentales en lit majeur; (Δ) points de mesures expérimentales en
 lit mineur. (—) Courbes d'ajustement.

$$\text{Pour } h_0/h_2 = 1 : \quad L_j/h_1 = 10,41F_1 - 16,23, \quad R^2 = 0,993 \quad (5)$$

$$\text{Pour } h_0/h_2 < 1 : \quad L_j/h_1 = 9,378F_1 - 4,211, \quad R^2 = 0,985 \quad (6)$$

Cette figure montre que pour le même nombre de Froude la longueur relative L_j/h_1 du ressaut dans le lit majeur est plus grande que son homologue dans le lit mineur.

4.2.2 Variation de la longueur relative L_r/h_1 du rouleau de surface en fonction du nombre de Froude F_1

La longueur L_r est considérée comme étant la distance séparant la section initiale et la section finale du rouleau de surface.

La figure 5 montre la variation de la longueur relative L_r/h_1 en fonction du nombre de Froude F_1 de l'écoulement incident.

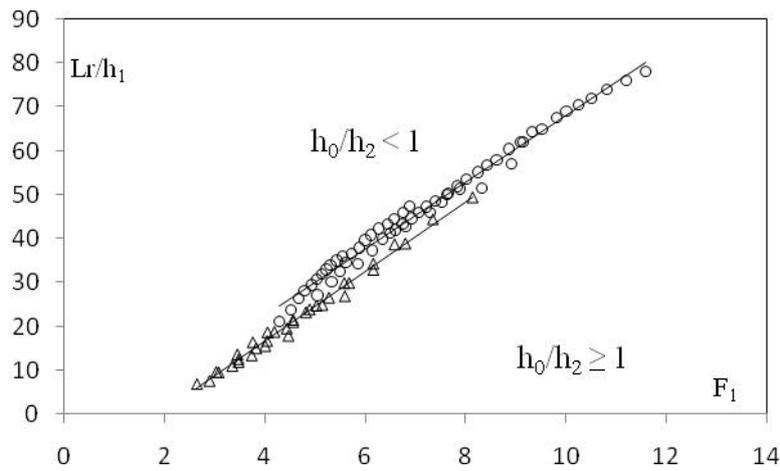


Fig.5. Variation de la longueur relative L_r/h_1 en fonction du nombre de Froude F_1 ,
 (o) points de mesures expérimentales en lit majeur; (Δ) points de mesures expérimentales en
 lit mineur. (—) Courbes d’ajustement.

Pour $h_0/h_2 \geq 1$: $L_r/h_1 = 7,907 F_1 - 14,85$ $R^2 = 0,991$ (7)

Pour $h_0/h_2 < 1$: $L_r/h_1 = 7,599 F_1 - 7,788$ $R^2 = 0,987$ (8)

Cette figure montre que le lit mineur présente une longueur du rouleau plus compacte.

4.3. Rendement du ressaut hydraulique

En tenant compte des relations précédentes, le rendement du ressaut hydraulique dans un canal rectangulaire de section composé, s’écrit comme suit

$$y = 1 - \frac{Y + \frac{F_1^2}{2}}{2[Y/S - (1/S - 1)/\dagger]^2} \quad [9]$$

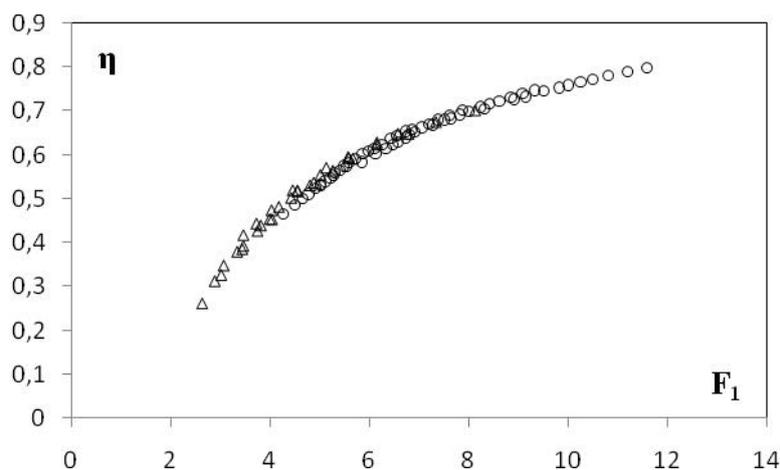


Fig.6. Variation du rendement η en fonction du nombre de Froude F_1 .

(o) points de mesures expérimentales en lit majeur;

(Δ) points de mesures expérimentales en lit mineur.

Cette figure montre la variation du rendement « η » en fonction du nombre de Froude F_1 , pour les deux lits du canal composé. Il est noté que le rendement augmente avec l'augmentation du nombre de Froude.

En effet, pour des nombres de Froude F_1 comprise entre 4 et 6, les points de mesure en lit majeur se trouvent légèrement au dessous du lit mineur, au delà de 6 tous les points de mesures se rejoignent pour former un seul nuage de points.

5. CONCLUSION

A partir des essais et des résultats obtenus au niveau du laboratoire, il ressort que l'effet de l'ouverture h_1 n'apparaît pas sur la relation hauteur relative du ressaut hydraulique et du nombre de Froude F_1 incident.

Dans un premier temps, l'étude s'est intéressée à la variation de Y en fonction du nombre de Froude F_1 pour cinq ouvertures différentes dans les deux lits du canal composé. En remarque en premier lieu que l'augmentation du nombre de Froude F_1 entraîne celle du rapport Y des hauteurs conjuguées pour les deux sections du canal. On constate que le rapport Y augmente avec l'augmentation du nombre de Froude F_1 , et que pour

le même nombre de Froude F_1 , Y est plus grand dans le lit majeur.

Nous pouvons dire, que pour une gamme des nombre de Froude et des différentes ouvertures testées h_1 , le ressaut hydraulique en canal rectangulaire de forme composée, présente deux approches expérimentales globales $Y = f(F_1)$ par lesquelles on pourrait dimensionner le bassin d'amortissement.

L'étude expérimentale s'est intéressée, dans un second temps, à l'évaluation des longueurs caractéristiques du ressaut hydraulique à savoir la longueur du ressaut et la longueur du rouleau de surface. Il a été montré que pour chaque lit du canal une relation de type linéaire est obtenue. On conclue que le ressaut hydraulique évoluant dans un canal rectangulaire de section composée **a un effet réducteur** aux caractéristiques de l'écoulement **en lit mineur** plus que **le lit majeur**.

g	Accélération de la pesanteur [m/s^2]
h_1	Hauteur initiale du ressaut [m]
h_2	Hauteur finale du ressaut [m]
H	Charge totale [m]
L_j	Longueur du ressaut [m]
L_r	Longueur du rouleau de surface [m]
B	Largeur du lit majeur [m]
Q	Débit volume [m^3/s]
Y	Rapport des hauteurs conjuguées
y_1	hauteur relative amont du ressaut
$\tau = h_1/h_0$	Rapport des hauteurs.

6. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Achour, B., Debabeche, M., Ressaut contrôlé par seuil dans un canal profile en U. Journal of hydraulic research, Vol. 41 (02), pp. 97-103, 2003.
- [2] Debabeche, M., Ressaut hydraulique dans les canaux prismatiques. Thèse de doctorat d'état, Département d'Hydraulique, Université de Biskra, Algérie, 2003.
- [3] Hachemi Rachedi, L., (2006). Analyse d'un écoulement au travers d'une contraction

latérale, mémoire de magistère en science hydrauliques, Département d'hydraulique, Université de Biskra, Algérie.

- [4] Khattaoui M ; Achour B ;(2012) Ressaut hydraulique en lit composé droit, J.H.Eng, LJEE N°20. Juin 2012.
- [5] Bousmar D, Rivière N, Proust S, Paquier A, Morel R, Zech Y. (2005) Upstream discharge distribution in compound-channel flumes. J H Eng 2005, ASCE; 131(5): 408-412.
- [6] Kateb, S., Ghomri, A., Debabeche, M., Experimental Study of The Hydraulic Jump In A Sloped Rectangular Channel, Journal of Fundamental and Applied Sciences, Université d'El Oued, pp. 10(1), 216-225,2018
- [7] Debabeche, M., Kateb, S., Ghomri, A., Etude expérimental du ressaut hydraulique dans un Canal triangulaire à paroi rugueuse, Larhyss Journal, N°05, pp.187-196, juin 2006.
- [8] Ghomri, A., Debabeche, M., Riguet, F., l'étude semi théorique du Ressaut hydraulique évoluant en canal profilé en "U" à fond rugueux, Revues des sciences fondamentales et appliquées, centre universitaire d'Oued Souf, N°01, pp.40-57, 2009.

How to cite this article:

Riguet F, Debabeche M and Ghomri A. Experimental study of the sequent depth ratio of the hydraulic jump in a straight compound rectangular channel. J. Fundam. Appl. Sci., 2020, 12(1S), 56-65.