

APPROCHE EXPERIMENTALE DE LA LONGUEUR DU ROULEAU DU SURFACE DU RESSAUT HYDRAULIQUE DANS UN CANAL PROFILE EN “U” A FOND RUGUEUX

*A.Ghomri, F. Riguet, M.Debabeche

*^aLaboratoire de Recherché en Hydraulique Souterraine et de Surface(LARHYSS),
Universite de Biskra, BP 145 Rp – 07000 Biskra, - Alegria.*

*^bLaboratoire de recherche en génie civil et hydraulique et du développement
durable, Université de Biskra, BP 145 RP – 07000 Biskra, - Alegria.*

ABSTRACT

This study aims to experimentally evaluate an experimental approach to the length of the roller surface of the hydraulic jump controlled by threshold, moving in a channel profile 'U' rough bottom roughness for different tested. a functional relationship in dimensionless term, linking the different characteristics of the projection, showing the effect of the roughness of the channel bottom was obtained.

Keywords: *Hydraulic jump, channel-shaped in U, stilling basin, channel bottom rough.*

RÉSUMÉ

Cette étude a pour objectif d'évaluer expérimentalement une approche expérimentale de la longueur du rouleau de la surface du ressaut hydraulique contrôlé par seuil, évoluant dans un canal profilé en U à fond rugueux pour différentes rugosités testées. une relation fonctionnelle, en terme adimensionnel, liant les différentes caractéristiques du ressaut, faisant apparaître l'effet de la rugosité du fond du canal, a été obtenue.

Mots clés : *Ressaut hydraulique, rugosité, bassin d'amortisseur, canal à fond rugueux.*

© 2013 IJCPS. All rights reserved

1. INTRODUCTION

L'étude à pour but d'étudier l'effet des rugosités testées sur le ressaut hydraulique contrôlé par seuil en canal profilé en “U” à fond rugueux. L'étude bibliographique montre que les caractéristiques adimensionnelles essentielles, intervenant au phénomène du ressaut, dans un canal profilé en “U”, sont le nombre de Froude F_1 ou le débit relatif Q^* , la hauteur relative amont $y_1=h_1/D$ (h_1 est la hauteur au pied du ressaut, D est la largeur du canal), la hauteur relative aval $y_2=h_2/D$ (h_2 est la hauteur maximale mesurée à l'aval du ressaut) et le rapport $y=h_2/h_1$ des hauteurs conjuguées du ressaut.

* Corresponding author. Tel.: +213 554508651

E-mail addresses: alighomri@yahoo.fr (A. Ghomri)

© 2013 IJCPS. All rights reserved.

Egalement on utilise cette expérimentation afin de dimensionner les bassins d'amortissement par le moyen de la formule adimensionnelle obtenue. Elle nous permet d'avoir un bassin plus compacte et réduit, ainsi revient très économique vis-à-vis la réalisation.

2. POSITION DU PROBLEME

La modification des conditions à l'amont (hauteurs, débit,...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.

Pour notre cas il s'agit d'un ressaut contrôlé par seuil mince en canal profilé en 'U' à fond demi-circulaire rugueux. Différentes rugosités ont été testées.

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 premier seuil de hauteur s doit être surélevé. Ainsi à chaque valeur du débit relatif Q^* , 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 (Fig.1).

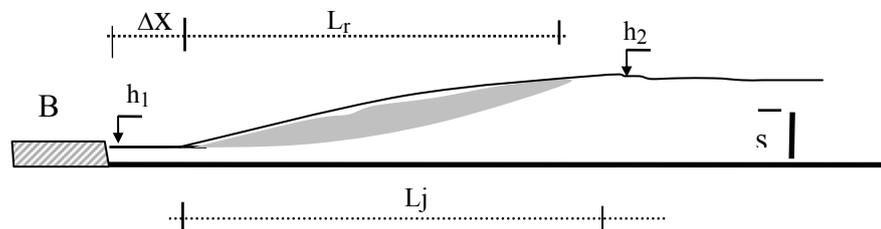


Fig.1 Ressaut contrôlé par seuil mince. h_1 hauteur d'eau amont, h_2 hauteur d'eau aval, s hauteur du seuil, L_r longueur du rouleau de surface, Δx distances séparant la boîte en charge B du pied du ressaut, B boîte en charge.

3. PROTOCOLE EXPERIMENTAL

- **Description du modèle**

Le canal de mesure qui nous a servi de banc d'essai (photographie 1) est constitué essentiellement d'une rigole demi-circulaire en 'pvc' de 5,67 m de longueur, et de diamètre 24,5 cm sur laquelle est fixée latéralement, d'un côté une tôle en aluminium de 0,50 m de hauteur et de l'autre côté une série de 7 panneaux transparents en Plexiglas permettant les prises de vues et observations. Ces panneaux sont reliés entre eux par collage au chloroforme. Le tout est fixé par boulonnage à une structure métallique rigide. L'étanchéité est assurée par des joints en caoutchouc et par de la silicone.

Le fond du canal est parfaitement horizontal ou de pente nulle. Un bassin d'alimentation est relié au canal par le moyen d'une conduite circulaire de 100 mm de diamètre. Celle-ci est reliée à une boîte métallique fermée, sur laquelle est insérée une ouverture à paroi plane en tôle de largeur déterminée débouchant dans le canal. Le rôle de cette paroi est de générer un écoulement incident à grande vitesse. La section de sortie de celle-ci est variable et sa hauteur correspondra à la hauteur initiale h_1 du ressaut.

Le réglage des débits volumes s'effectue par manipulation de la vanne et sont mesurés à l'aide d'un débitmètre électromagnétique à affichage numérique. L'alimentation du canal s'effectue par le moyen d'une pompe débitant jusqu'à 40 l/s.

• **Description des essais**

L'expérimentation a été menée sous quatre hauteurs initiales (h_1 (cm) = 2,3; 3,40; 5,2; 6,1). Une large gamme des nombres de Froude incidents a été ainsi obtenue ($2 < IF_1 < 15$).

Des seuils de différentes hauteurs ont été testés, dont la hauteur s varie entre 3,4 cm et 19,8 cm.

Pour une hauteur s du seuil et pour une hauteur h_1 de l'écoulement incident, l'augmentation du débit volume Q , provoque l'apparition d'un ressaut (photographie 2.). Le couple de valeur (Q, h_1) permet par ailleurs le calcul du débit relatif Q^* . L'accroissement de Q^* entraîne à la fois le déplacement du ressaut vers l'aval et l'augmentation de sa longueur de ressaut L_j . 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 4cm à 5 cm de la sortie du convergent, le seuil de hauteur s doit être surélevé. Ainsi à chaque valeur du Q^* correspond une valeur de la longueur L_j de ressaut et une valeur de la hauteur s du seuil.

Un échantillon constitué d'une plusieurs de points de mesures expérimentales, pour chaque caractéristique, a permis ainsi d'aboutir à des résultats significatifs. Ces paramètres sont : la rugosité ϵ du fond du canal, le débit Q , la hauteur initiale h_1 , la hauteur finale h_2 , la hauteur s du seuil, la longueur L_j du ressaut, compté à partir du début du ressaut.

Ceux-ci permettent de composer les produits adimensionnels suivants :

- le débit relatif Q^* ou le nombre de Froude incident IF_1 ,

$$F_1 = \frac{Q^2 D \sin \alpha}{g \left[\frac{D^2}{4} (\alpha - \sin \alpha \cos \alpha) \right]^3}$$

$$F_1 = \frac{8Q^* \sqrt{\sin \alpha}}{(\alpha - \sin \alpha \cos \alpha)^{3/2}}$$

$$\alpha (rd) = \arccos(1 - 2y_1)$$

$$Q^* = \frac{Q}{\sqrt{gD^5}}$$

- la hauteur relative amont $y_1 = h_1/D$,
- la hauteur relative aval $y_2 = h_2/D$,

- la hauteur relative $S = s/h_1$ du seuil,
- la longueur relative L_j/h_1 du ressaut,
- la longueur relative L_j/h_2 du ressaut.
- la rugosité relative ε/D .

• **Mode de préparation des rugosités testées**

- Le tamisage du gravier de granulométrie différente est effectué par le moyen d'un tamiseur électrique composé par plusieurs tamis de différent diamètres normalisés variant entre 3 et 12mm , avec des temps de tamisage bien fixés en relations avec la gamme de gravier à tamiser environ 5 min.
- Après l'obtention de la gamme voulue, ce dernier est lavé puis séché.
- Les gammes choisies, varient entre 3 et 12 mm selon le refus du tamis normalisé. Les particules obtenues sont ensuite uniformément réparties sur une toile en plastique
- (photographie 3), puis collées par le moyen d'une colle Becta 10000 rigide.
- Enfin, les rugosités équivalentes obtenues sont: $\varepsilon = 5,63 \text{ mm}$; $\varepsilon = 7,14 \text{ mm}$; $\varepsilon = 9,11 \text{ mm}$

4.RESULTATS EXPERIMENTAUX

4.1. Hauteur relative aval L_r/h_1 en fonction du débit relatif F_1

La figure.2 montre quatre séries, correspondant chacune à une valeur bien connue de la rugosité testée. Les traits continus représentent l'ajustement des points de mesures par la méthode des moindres carrés.

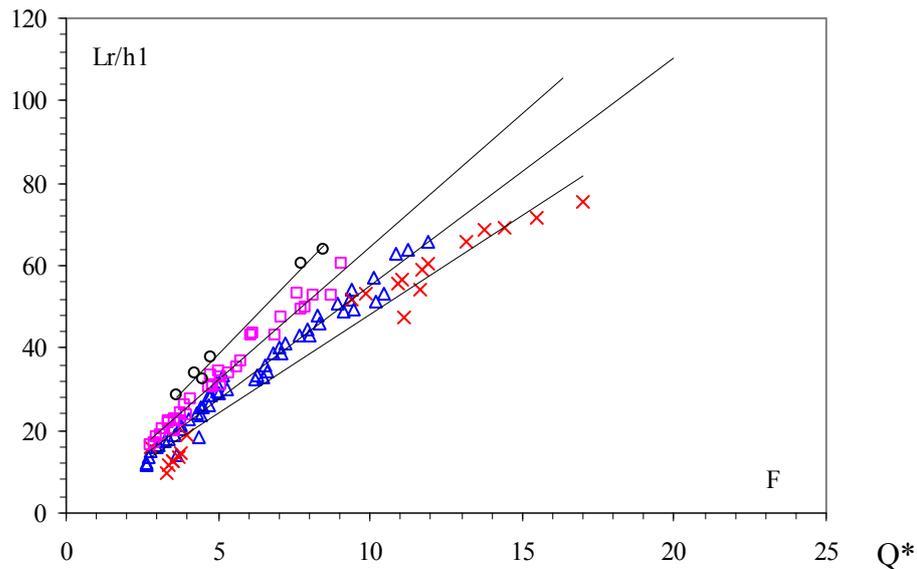


Fig. 2 Ressaut contrôlé en canal à fond rugueux. Variation de la longueur du rouleau de surface en fonction du nombre de Froude F_1 , pour les différentes rugosités testées. ε (mm) : (x) 9.11, (Δ) 7.11, (\square) 5.63et (o)0.00(—) Courbes d'ajustement.

L'analyse des points de mesures expérimentales du ressaut contrôlé en canal profilé en U à fond montre clairement que pour chaque valeur de ε , un ajustement de type linéaire est possible entre la longueur relative du rouleau de surface et le nombre de Froude incident.

Le tableau 1 regroupe les valeurs des coefficients **a**

Tab.1 Coefficients de **a** des courbes d'ajustements.

ε	a	ε/D	R^2
0	7,698	0	0,98
5,63	6,4655	0,02297959	0,97
7,14	5,5149	0,02914286	0,97
9,11	4,8107	0,03718367	0,97

Le tableau 1 montre que l'augmentation progressive de la rugosité relative ε/D varie inversement aux valeurs des coefficients **a**. L'ajustement statistique des couples des valeurs (ε/D , **a**) par la méthode des moindres carrés donne une relation de type linéaire d'équation :

$a = -76,469\varepsilon/D + 7,8296$ avec le coefficient de corrélation $R^2 = 0,96$. La figure.3 représente bien l'ajustement.

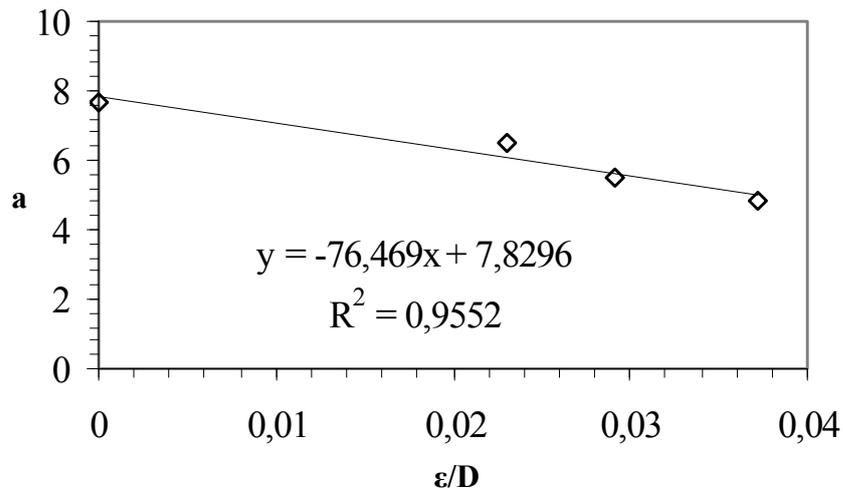


Fig.3 Variation du coefficient **a** en fonction de la rugosité relative ε/D .

En effet, en remplaçant les coefficients **a** par son expression dans la relation $L_j/h_1 = aF_1$, l'équation liant la hauteur relative du rouleau du surface L_r/h_1 au nombre de Froude incident F_1 et à la rugosité relative ε/D est :

$$L_j/h_1 = (-76,47 \varepsilon/D + 7,83) F_1 \quad (1)$$

La figure.4 montre que la relation $L_r/h_1 = f(F_1, \varepsilon/D)$ ajuste avec une bonne corrélation les points de mesures expérimentales. Ces points suivent parfaitement la première bissectrice

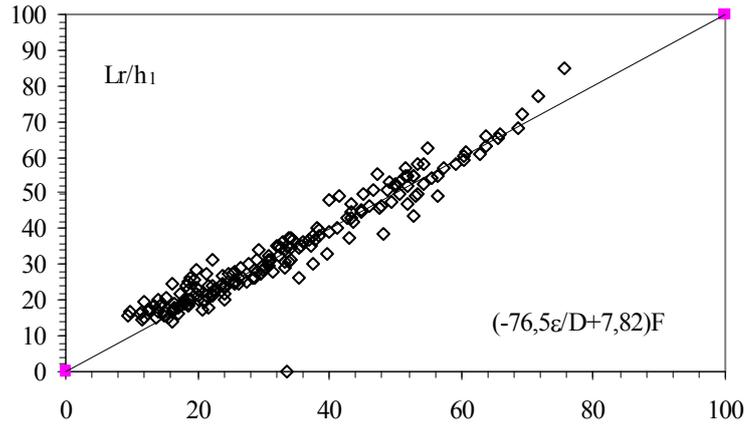


Fig.4 Variation de la longueur relative du rouleau de surface L_r/h_1 en fonction de $(\epsilon/D, F_1)$.
 (◇)Points expérimentaux du ressaut contrôlé en canal profilé à fond rugueux (—) Première bissectrice d'équation :
 $L_j/h_1 = (-76,47 \epsilon/D + 7,83) F_1$

5. CONCLUSION

l'étude s'est intéressée à la variation de la longueur relative du rouleau de surface L_r/h_1 du ressaut en fonction du nombre de Froude incident F_1 pour différentes rugosités testées. Il a été constaté que pour une valeur du nombre de Froude F_1 , l'augmentation de la rugosité absolue entraîne la diminution de la longueur relative du rouleau de surface. Par ailleurs, l'analyse statistique des points de mesures expérimentales a montré que, pour une rugosité absolue testée, la longueur relative du rouleau de surface L_r/h_1 était liée au nombre de Froude F_1 par la loi de type linéaire [Equation 1].

On peut conclure, que pour une série des nombre de Froude incident, le ressaut hydraulique évoluant dans un canal profilé en 'U' à fond rugueux, présente un effet réducteur de la longueur relative du rouleau de surface du ressaut que son homologue à fond lisse.

Principales Notations

D	Diamètres, largeur du canal [m]
g	Accélération de la pesanteur [m/s^2]
L_j	Longueur du ressaut [m]
L_r	Longueur du rouleau [m]
L_j^*	Longueur du ressaut classique [m]
P	Pression [N/m^2]
Q	Débit volume [m^3/s]
Q^*	Débit relatif [-]
Re	Nombre de Reynolds [-]
s	Hauteur d'un seuil [m]
S	Hauteur relative d'un seuil [-]
V	Vitesse d'écoulement [m/s]
y_1	hauteur relative amont du ressaut (h_1/D) [-]
y_2	hauteur relative aval du ressaut (h_2/D) [-]
ϵ	Rugosité équivalente [mm]
ρ	Masse volumique [kg/m^3]
ϖ	Poids spécifique [N/m^3]

6. REFERENCES

- [1] Achour B., Debabeche M., Ressaut contrôlé par seuil dans un canal profilé en U. *Journal of hydraulic research*.2003, 46, 97-103.
- [2] Debabeche M., Achour B., Ressaut hydraulique classique en canal profilé en “U”. 1^{ER} Séminaire Sur L'eau, Université de Mascara, 2000.
- [3] Debabeche M., Kateb S., Ghomri A., Etude du Ressaut Hydraulique dans un canal triangulaire à parois rugueuses. *Journal of hydraulic research*.2006, 05,187-196.
- [4] Ghomri A.,Debabeche M., Riguet F., L'étude Semi théorique du ressaut hydraulique évoluant dans un canal profilé en U , à fond rugueux . *J. Fund. App. Sci.*, 2009, 1(2).41-56.
- [5] Ghomri A., Riguet F., Contribution à L'étude expérimentale du ressaut hydraulique dans un canal profilé en U à fond rugueux. *J. Fund. App. Sci.*, 2010, 2(2).37-53.
- [6] Ghomri A.,Debabeche M., Riguet F., Effet d'une rugosité au ressaut hydraulique dans un canal profilé en U, à fond rugueux. *J. Fund. App. Sci.*, 2011, 3(1).90-105.
- [7] Ghomri A., Riguet f .,Debabeche M., effect for a single roughness $E = 9,11\text{mm}$ of experimental to study hydraulic jump profile in a channel in u a rough bottom. *J. Fund. App. Sci.*, 2012, 4(2).1-15.
- [8] Hager W.H, Der Ablufss im U-Profil. *Korrespondenz Abwasser*, 1987, 34(5), 468-482.